İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

EĞİMLİ ÇATILAR İÇİN GELİŞTİRİLEN BİR BİTÜMLÜ ÇATI KAPLAMA MALZEMESİ ÖNERİSİ

DOKTORA TEZİ

Atila GÜRSES

Mimarlık Anabilim Dalı

Yapı Bilimleri Programı

AĞUSTOS 2019

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

EĞİMLİ ÇATILAR İÇİN GELİŞTİRİLEN BİR BİTÜMLÜ ÇATI KAPLAMA MALZEMESİ ÖNERİSİ

DOKTORA TEZİ

Atila GÜRSES
(502822003)

Mimarlık Anabilim Dalı

Yapı Bilimleri Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Nihal ARIOĞLU

AĞUSTOS 2019

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 502822003 numaralı Doktora Öğrencisi Atila GÜRSES, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı "EĞİMLİ ÇATILAR İÇİN GELİŞTİRİLEN BİR BİTÜMLÜ ÇATI KAPLAMA MALZEMESİ ÖNERİSİ" başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı :	**Prof. Dr. Nihal ARIOĞLU** İstanbul Teknik Üniversitesi	.....
Asil Üye :	**Doç. Dr. Mustafa Erkan KARAGÜLER** İstanbul Teknik Üniversitesi	.....
Asıl Üye:	**Prof. Dr. Oktay CANSUN** Sabahattin Zaim Üniversitesi	……..
Asıl Üye:	**Prof. Dr. Mustafa ÖZGÜNLER** Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi	……..
Asıl Üye:	**Doç. Dr. Seden ACUN ÖZGÜNLER** İstanbul Teknik Üniversitesi	.....

Teslim Tarihi : 11 Temmuz 2019
Savunma Tarihi : 21 Ağustos 2019

Eşime ve kızıma,

ÖNSÖZ

Uzun yıllardan beri sürdürdüğüm çalışmalarımı, iş hayatının yoğunluğu ve zorlukları nedeni ile sonlandırmakta oldukça güçlük çektim. Bu aşamada çok değerli hocam, Sn. Prof. Dr.Nihal ARIOĞLU'na, tezimi sonlandırmam hususundaki sabırlı yaklaşımları ve olağanüstü teşvikleri nedeni ile çok teşekkür ediyorum.

Çok değerli danışman hocalarım, Sn. Prof. Dr. Ayşe Nil TÜRKERİ'ye ve Sn. Prof. Dr. Oktay CANSUN'a, tez izlemelerindeki ciddi yaklaşımları ve akademik düşünme yeteneği kazandırma çabaları ve sabırları nedeni ile çok teşekkür ediyorum.

Saygılarımla.

Temmuz 2019

Atila GÜRSES
(Y. Mimar)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ ..... **vii**
İÇİNDEKİLER ..... **ix**
KISALTMALAR ..... **xv**
SEMBOLLER ..... **xvii**
ÇİZELGE LİSTESİ ..... **xix**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **xxi**
ÖZET ..... **xxix**
SUMMARY ..... **xxxiii**
1. GİRİŞ **1**
1.1 Sorun 3
1.2 Amaç 5
1.3 Kapsam 5
1.4 Yöntem 6
1.5 Hipotez 6
2. ÇATI SİSTEMİ: TANIM, TARİHÇE, PERFORMANS VE SINIFLANDIRMA **9**
2.1 Tanım ve Tarihçe 9
2.2 Performans ve Bileşenler 25
2.2.1 Taşıyıcılık 26
2.1.1.1 Yanal Yükler 27
2.1.1.2 Yerçekimi (düşey) yükleri 27
2.2.2 Güneş ışınımı yansıtma 27
2.2.3 Isıya karşı korunum 29
2.2.4 Suya karşı korunum 29
2.2.5 Neme karşı korunum 30
2.2.6 Rüzgara karşı korunum 30
2.2.7 Yangına karşı korunum 31
2.2.8 Sese karşı korunum 33
2.2.9 Dayanıklılık 33
2.2.10 Sürdürülebilirlik 33
2.3 Sınıflandırma 34
2.3.1 Taşıyıcı sistem bileşen malzemesine göre.. 34
2.3.1.1 Ahşap taşıyıcılı çatılar 34
2.3.1.2 Çelik taşıyıcılı çatılar.. 39
2.3.1.3 Ahşap-çelikbirleşik (kompozit) taşıyıcılı çatılar.. 42
2.3.1.4 Betonarme taşıyıcılı çatılar 42
2.3.2 Çatı kaplama malzemesine göre 43
2.3.2.1 Metal çatılar 43
2.3.2.2 Kil kiremit çatılar 46

2.3.2.3 Bitümlü levha çatılar 47
2.3.2.4 Bitümlü kiremit çatılar 48
2.3.2.5 Bitümlü örtü çatılar 49
2.3.2.6 Şingıl çatılar 50
2.3.2.7 Çimento esaslı kiremit çatılar 51
2.3.2.8 Çimento esaslı levha çatılar 52
2.3.2.9 Plastik esaslı çatılar 53
2.3.2.10 Yeşil (bitkilendirlmiş) çatılar 57
2.3.2.11 Cam çatılar 58
2.3.2.12 Tekstil çatılar 59
2.3.2.13 Doğal taş çatılar 61
2.3.2.14 Seramik çatılar 62
2.3.2.15 Kamış-saz çatılar 63
2.3.2.16 Ahşap çatılar 63
2.3.2.17 Fotovoltaik kiremit çatılar 64
2.3.2.18 Fotovoltaik panel çatılar 64
2.3.2.19 Hibrit panel çatılar 66
2.3.3 Çatı arası havalandırma boşluğunun ve ısı yalıtım malzemesinin konumuna göre 66
2.3.3.1 Sıcak çatılar 67
2.3.3.2 Soğuk çatılar 68
2.3.3.3 Hibrit çatılar 70
2.3.4 Eğimlerine göre 71
2.3.4.1 Az eğimli çatılar 71
2.3.4.2 Orta derece eğimli çatılar 72
2.3.4.3 Dik çatılar 72
2.3.4.4 Değişken eğimli çatılar 72
2.3.5 Suyun çatıdan uzaklaştırılma şekline göre 73
2.3.5.1 Dışa akışlı çatılar 73
2.3.5.2 İçe akışlı çatılar 73
2.3.6 Biçimlerine göre çatılar 74
2.3.6.1 Doğrusal eğimli çatılar 74
2.3.6.2 Eğrisel eğimli çatılar 83
2.3.7 Taşıyıcılıklarına göre çatılar 86
2.3.7.1 Doğrusal taşıyıcılı çatılar 86
2.3.7.2 Yüzeysel taşıyıcılı çatılar 87
2.3.7.3 Asma - germe çatılar 88
2.3.8 Kullanım şekline göre çatılar 90
2.3.8.1 Üzerinde gezilebilen çatılar 90
2.3.8.2 Üzerinde gezilemeyen çatılar 90
2.4 Eğimli Çatıda Kullanılan Çatı Kaplama Malzemeleri 91
2.4.1 Metal çatı kaplama malzemeleri 91
2.4.1.1 Çinko 93
2.4.1.2 Bakır 95
2.4.1.3 Kurşun 97
2.4.1.4 Galvanizli-boyalı sac 99
2.4.1.5 Alüminyum 101
2.4.1.6 Titanyum 106
2.4.1.7 Çinko,titanyum,bakır alaşımı 108
2.4.2 Kil kiremit çatı kaplama malzemeleri 108

2.4.3 Bitümlü çatı kaplama malzemeleri 123
2.4.3.1 Bitümlü oluklu levhalar 124
2.4.3.2 Bitümlü kiremitler 125
2.4.3.3 Modifiye bitümlü örtüler 127
2.4.3.4 Şingıllar 129
2.4.4 Plastik esaslı çatı kaplama malzemeleri 131
2.4.4.1 Plastik esaslı levhalar 133
2.4.4.2 Plastik esaslı örtüler 134
2.4.4.3 Polikarbonat levhalar 135
2.4.4.4 Cam Elyaf Takviyeli Polyester levhalar 137
2.4.5 Çimento esaslı çatı kaplama malzemeleri 138
2.4.5.1 Çimento esaslı levhalar 138
2.4.5.2 Çimento esaslı (beton) kiremitler 139
2.4.6 Diğer çatı kaplama malzemeleri 140
2.4.6.1 Doğal taş çatı kaplama malzemeleri 140
2.4.6.2 Seramik çatı kaplama malzemeleri 142
2.4.6.3 Kamış çatı kaplama malzemeleri 143
2.4.6.4 Ahşap çatı kaplama malzemeleri 144
2.4.6.5 Fotovoltaik çatı kaplama malzemeleri 145
2.4.6.6 Fotovoltaik panel çatı kaplama malzemeleri 147
2.4.6.7 Hibrit panel çatı kaplama malzemeleri 148
2.4.6.8 Cam çatı kaplama malzemeleri 149
2.4.6.9 Tekstil çatı kaplama malzemeleri 150
2.5 Bölüm sonucu... 151
3. MEVCUT BİTÜMLÜ ÇATI KAPLAMA MALZEMELERİ 153
3.1 Bitümlü örtü bileşenleri 153
3.1.1 Bitüm (standartlar) ve modifikasyon malzemeleri (APP, SBS) 153
3.1.2 Taşıyıcı keçe 157
3.1.3 Polietilen film 159
3.1.4 Alüminyum folyo 161
3.1.5 Granül 163
3.2 Bitümlü çatı kaplama malzemeleri 165
3.2.1 Bitümlü oluklu levhalar 165
3.2.2 Bitümlü kiremitler 167
3.2.3 Modifiye bitümlü örtüler 168
3.2.3.1Modifiye bitümlü polietilen yüzeyli örtüler 168
3.2.3.2Modifiye bitümlü mineral yüzeyli örtüler 169
3.2.3.3Modifiye bitümlü alüminyum yüzeyli örtüler 170
3.3 Fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikler 171
3.3.1 Bitümlü oluklu levhalar – kiremitler 171
3.3.1.1 Geometrik özellikler 171
3.3.1.2 Mekanik özellikler 176
3.3.1.3 Fiziksel özellikler 181
3.3.1.4 Dayanıklılık 184
3.3.1.5 Yangına performansı 186
3.3.1.6 Uygunluk değerlendirilmesi 187
3.3.2 Modifiye bitümlü örtülerin fiziksel özellikleri 192
3.3.2.1 Görsel kusurlar 192
3.3.2.2 Boyutlar, toleranslar ve birim alan başına kütle 192
3.3.2.3 Su geçirimsizlik 193

3.3.2.4 Dış yangın performansı 193
3.3.2.5 Yangına tepki 193
3.3.2.6 Ek yeri dayanımı 193
3.3.2.7 Su buharı özellikleri 194
3.3.2.8 Çekme özellikleri 194
3.3.2.9 Darbeye karşı direnç 194
3.3.2.10 Statik yüklere karşı direnç 194
3.3.2.11 Yırtılmaya karşı direnç (çivi ile) 194
3.3.2.12 Boyutsal kararlılık 194
3.3.2.13 Çevrimsel sıcaklık değişikliği altında şekil kararlılığı 195
3.3.2.14 Düşük sıcaklıklarda esneklik (bükülgenlik) 195
3.3.2.15 Yükseltilmiş sıcaklıklarda akma direnci 195
3.3.2.16 Yapay yaşlandırma davranışı 195
3.3.2.17 Granüllerin yapışması 195
3.4 Yapım 199
3.4.1 Bitümlü oluklu levhalar 199
3.4.1.1 Ahşap altyapı üzerine uygulama 199
3.4.1.2 Betonarme altyapı üzerine uygulama 201
3.4.1.3 Çelik altyapı üzerine uygulama 202
3.4.2 Bitüm esaslı kiremitler 204
3.4.2.1 Ahşap altyapı üzerine uygulama 204
3.4.2.2 Betonarme altyapı üzerine uygulama 206
3.4.2.3 Çelik altyapı üzerine uygulama 207
3.4.3 Modifiye bitümlü mineral yüzeyli örtüler 209
3.4.3.1 Betonarme teras çatı üzerine uygulama 209
3.4.3.2 Eğimli betonarme çatı üzerine uygulama 212
3.4.3.3 Eğimli ahşap çatı üzerine uygulama 215
3.4.4 Modifiye bitümlü alüminyum yüzeyli örtüler 215
3.5 Bölüm sonucu 215
4. GELİŞTİRİLEN BİTÜMLÜ ÇATI KAPLAMA MALZEMESİNE BENZER ÜRÜNLER VE ÜRETİM SÜREÇLERİ 217
4.1 Mevcut ürünlerin üretim süreçleri 217
4.1.1 Metal çatı kaplama levhası üretim süreci 217
4.1.2 Bitümlü örtü üretim süreci 219
4.2 Benzer Ürün Araştırmaları 227
4.2.1 Metalbit 227
4.2.2 Ondulit 232
4.2.3 Nu Roof 235
4.2.4 Isolparma 235
4.3 Bölüm Sonucu 238
5. EĞİMLİ ÇATILAR İÇİN GELİŞTİRİLEN BİR BİTÜMLÜ ÇATI KAPLAMA MALZEMESİ ÖNERİSİ 239
5.1 Bitümlü örtü bileşenleri 239
5.1.1 Mevcut bileşen 239
5.1.1.1 Bitüm 240
5.1.1.2 Taşıyıcı 240
5.1.1.3 Polietilen Film 240
5.1.1.4 Alüminyum folyo 241
5.1.1.5 Granül 241
5.1.2 Yeni bileşen altlık 241

5.2 Üretim süreci 242
5.2.1 Üretim süreci çalışmaları 243
5.2.2 Üretim süreci 250
5.2.3 Seri üretim 253
5.3 Bitüpan 254
5.3.1 Granüllü ısı yalıtımsız bitüpan 254
5.3.2 Alüminyum folyolu ısı yalıtımsız bitüpan 255
5.3.3 Granüllü ısı yalıtımlı bitüpan 256
5.3.4 Alüminyum folyolu ısı yalıtımlı bitüpan 257
5.4 Bitüpan'ın fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikleri 258
5.4.1 Boyutsal özellikler 258
5.4.2 Mekanik özellikler 259
5.4.3 Fiziksel özellikler 269
5.4.4 Yangın Performansı 271
5.5 Yapım 274
5.5.1 Isı yalıtımsız bitüpan 274
5.5.2 Isı yalıtımlı bitüpan 274
5.6 Nokta detayları 282
5.7 Ürün Geliştirme Süreci Akış Şeması 286
5.8 Bölüm Sonucu 288
6. PROJE BİLGİLERİ VE KISITLAMALAR 291
7. SONUÇ VE ÖNERİLER 295
KAYNAKLAR 297
ÖZGEÇMİŞ 319

KISALTMALAR

ABD	**:** Amerika Birleşik Devletleri
ABS	**:** Akronitril-Butadien-Stiren
APP	**:** Ataktik Polipropilen
AR-GE	**:** Araştırma - Geliştrirme
B.A.	**:** Betonarme
BİTÜDER	**:** Bitümlü Su Yalıtımı Üreticileri Derneği
BREEAM	**:** Building Research Establishment Environmental Assessment Method
CASBEE	**:** Comprehensive Assessment for Building Environmental Efficiency
CCMC	**:** Canadian Construction Materials Centre
CM.	**:** Santimetre
C.T.P.	**:** Cam takviyeli polyester
ÇATIDER	**:** Çatı Sanayici ve İş Adamları Derneği
ÇEDBİK	**:** Çevre Dostu Yeşil Binalar Derneği
DIY	**:** Do It Yourself
DGNB	**:** Deutsche Gesellschaft fur Nachhaltiges Bauen
EPS	**:** Expanded polystyrene foam - Genleştirilmiş polistiren köpük
ESİNKAP	**:** Eskişehir İli İnovasyon Stratejileri için Kapasite Oluşturma Projesi
ETFE	**:** Etilen Tetra Fluoro Etilen
G.	**:** Gram
GBCA	**:** Green Building Council of Australia
ICC-ES	**:** International Code Council-Evaluation Service
IFD	**:** International Federation for the Roofing Trade
IISBE	**:** International Initiative for Sustainable Built Environment
IPP	**:** Isotactic polypropylene
ISO9001	**:** Kalite yönetim sistemi
İMSAD	**:** Türkiye İnşaat Malzemesi Sanayicileri Derneği
İZODER	**:** Isı Su Ses ve Yangın Yalıtımcıları Derneği
KMK	**:** Kat Mülkiyeti Kanunu
LEED	**:** Leadership in Energy and Environmental Design
NFRC	**:** The National Federation of Roofing Contractors
PVDF	**:** Polivinilidenflorit veya polivinilidene diflorit
PUR	**:** Poliüretan köpük
PIR	**:** Poliizosiyanurat köpük
PF	**:** Fenolik köpük
PE	**:** Polyethylene
PMMA	**:** Polimetil metakrilat – Pleksiglas
PP	**:** Polipropilen
PTFE	**:** Poly Tetra Fluoro Etilen (Teflon)
PV	**:** Fotovoltaik (Photovoltaic)
PVC	**:** Polivinilklorür
RG	**:** Resmi Gazete
SBS	**:** Stiren Bütadien Stiren
SRCA	**:** Slate Roofing Contractors Association of North America, Inc.

SUDER : Su Yalıtımı, Su Yalıtımcıları Derneği
TEBAR : Test Belgelendirme Araştırma ve Geliştirme Ticaret A.Ş.
TİM : Türkiye İhracatçılar Meclisi
TS : Türk Standartları
TSE : Türk Standartları Enstitüsü
UADMK : Ulusal Açık Ders Malzemeleri Konsorsiyumu
UICB : International Union Of Building Centres
URGE : Uluslararası Rekabetçiliğin Geliştirilmesinin Desteklenmesi
URL : Birörnek kaynak konumlandırıcı (Uniform resource locator)
U.V. : Ultra viole
Vb. : Ve benzerleri
XPS : Extruded polystyrene foam - Kalıptan çekilmiş polistiren köpük
yy. : Yüzyıl
RAL : **R**eichs**a**usschuß für **L**ieferbedingungen (Alman Kalite Güvence ve Terim Üretme Birliği tarafından geliştirilen renk kodu sistemi)

SEMBOLLER

U **:** Yapı bileşeninin toplam ısıl geçirgenlik katsayısı. W/m².K (Farklı malzeme tabakalarından oluşan yapı elemanının birim alanından, birim sıcaklık farkında, birim zamanda geçen ısı miktarı).

λ : Isı iletkenlik katsayısı W/m.K (Herhangi bir malzemenin birim kalınlığından, birim zamanda, birim sıcaklık farkında geçen ısı miktarı).

N **:** Newton (1Kg = 9,806 N)

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1 : 2015-16-17 yıllarında PCT patent başvuruları ilk 5 sıra.....**1**
Çizelge 1.2 : 2023 Hedefleri, temmuz 2014. .....**2**
Çizelge 1.3 : Patent başvurularının yıllara göre dağılımı **3**
Çizelge 2.1 : Polikarbonatın özellikleri. **55**
Çizelge 2.2 : Tekstil Çatı Kaplama Malzemeleri Karşılaştırma. **60**
Çizelge 2.3 : Tekstil Çatı Kaplama Malzemeleri Özellikleri. **61**
Çizelge 2.4 : Çinko levhaların piyasadaki tanımlanma şekli. **94**
Çizelge 2.5 : Çinko levhaların bileşimindeki elementler.....**94**
Çizelge 2.6 : Bakır levhaların piyasadaki tanımlanma şekli.....**96**
Çizelge 2.7 : Kurşun levhaların piyasadaki tanımlanma şekli **98**
Çizelge 2.8 : Kurşun Levhaların Renklerine göre Kodları **99**
Çizelge 2.9 : Kenet metal çatı kaplaması özellikleri,65/300-400 .....**105**
Çizelge 2.10 : Kenet metal çatı kaplaması özellikleri,65/280 .....**106**
Çizelge 2.11 : Titanyumun fiziksel özelliklerinin karşılaştırılması **107**
Çizelge 2.12 : Titanyumum direncinin, çelik ve bakır ile karşılaştırılması.....**107**
Çizelge 2.13 : CTP levhaların teknik özellikleri.....**133**
Çizelge 2.14 : Tek kat polikarbonat levhaların teknik özellikleri **136**
Çizelge 2.15 : CTP levhaların teknik özellikleri.....**137**
Çizelge 2.16 : Kaç m² çatıda kaç solar kiremitle kaç KW elektrik elde edilir.....**146**
Çizelge 2.17 : 8W Solar kiremitin özellikleri **147**
Çizelge 2.18 : Örnek bir hibrid panelin teknik özellikleri **149**
Çizelge 2.19 : Çatı kaplama malzemelerinin kullanılabileceği eğimler.....**151**
Çizelge 3.1 : Bitüm 50/70 ürün özellikleri **154**
Çizelge 3.2 : Bitüm 70/100 ürün özellikleri **154**
Çizelge 3.3 : Bitüm 100/150 ürün özellikleri.....**154**
Çizelge 3.4 : Bitüm 160/220 ürün özellikleri.....**155**
Çizelge 3.5 : APP Deneyleri **155**
Çizelge 3.6 : SBS Fiziksel Özellikler **156**
Çizelge 3.7 : Çeşitli SBS özellikleri.....**157**
Çizelge 3.8 : Modifiye Bitüm özellikleri.....**157**
Çizelge 3.9 : Taşıyıcı keçe özellikleri **158**
Çizelge 3.10 : Spunbond keçe özellikler **158**
Çizelge 3.11 : Polyester keçe özellikler, 90-140g/m².....**159**
Çizelge 3.12 : Alüminyum folyo kalınlık tablosu **162**
Çizelge 3.13 : Granül Özellikleri **164**
Çizelge 3.14 : ASTM D 451 Standardında zor nlu tutulan mineral boyutları **164**
Çizelge 3.15 : Bazalt granül özellikleri **165**
Çizelge 3.16 : Test numunelerinin örneklendirilmesi ve koşullandırılması **190**
Çizelge 3.17 : Fabrika üretimi kontrol testi için minimum sıklıklar **191**
Çizelge 3.18 : Çatılarda oluklu bitüm levhaları için ilgili maddeler **192**
Çizelge 3.19 : Test edilecek özellikler.....**196**

Çizelge 3.20 : Fabrika imalât kontrolü için asgarî deney sıklıkları **197**
Çizelge 3.21 : Deney bilgileri **197**
Çizelge 4.1 : Galvanizli sac özellikler tablosu **218**
Çizelge 4.2 : Metalbit performans değerleri **231**
Çizelge 4.3 : Metalbit teknik özellikleri **231**
Çizelge 4.4 : Metalbit geometrik özellikleri ve taşıma kapasiteleri **232**
Çizelge 5.1 : Bitümün özellikleri **240**
Çizelge 5.2 : Sehim Testi **259**
Çizelge 5.3 : Sehim Grafiği **260**
Çizelge 5.4 : Terminal hızları ve test dolu tanelerinin enerjileri **264**
Çizelge 5.5 : ASTM, FM ve UL standart test yön. ile üretilen kinetik enerjiler **265**
Çizelge 5.6 : Sıkıştırma testi ölçümleri **269**
Çizelge 5.7 : Su emilimi testi ölçümleri **270**
Çizelge 5.8 : İngiliz ulusal çatı yangın sınıfları ve karşılık gelen Avrupa s..... **271**
Çizelge 5.9 : Çatıların dış yangın testi özellikleri **271**
Çizelge 5.10 : Çeşitli Yapı Ürünlerinin Karbon Ayak İzleri **276**

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : Konut, Ümraniye-İstanbul....4
Şekil 2.1 : Carmel mağaraları-Hayfa-İsrail....10
Şekil 2.2 : Hinds mağarası-Texsas-ABD....10
Şekil 2.3 : Yarımburgaz mağaraları-İstanbul....10
Şekil 2.4 : Kamış ve dallardan çatkı barınak, sıvalı ahşap kulübe....11
Şekil 2.5 : Doğal malzemeler kullanılarak yapılan yapılar ve hendek yapılar....11
Şekil 2.6 : Paleolitik dönem barınak....12
Şekil 2.7 : İrlanda'da taştan ev....12
Şekil 2.8 : İlk taş yapıların taş çatıları....12
Şekil 2.9 : İlk kamış çatılar....12
Şekil 2.10: Çeşitli dolmenler....14
Şekil 2.11: Göbeklitepe, Şanlıurfa....14
Şekil 2.12: Stonhenge, Salisbury Plain in Wiltshire, England....15
Şekil 2.13: Tümülüs mezarların iç yapısı, plan ve kesit....15
Şekil 2.14: Kelt tümülüs planları ve yapısı....16
Şekil 2.15: Newgrange Stone Age Passage Tomb, İrlanda....16
Şekil 2.16: Çatalhöyük kazı alanı, Çumra-Konya....17
Şekil 2.17: Toprak dam, Büründcek Köyü-İliç- Erzincan....18
Şekil 2.18: Toprak dam, Hüyük Köyü, Çavuş beldesi, Konya....18
Şekil 2.19: Toprak dam, Van....18
Şekil 2.20: Mağara ev, Trablus, Libya....18
Şekil 2.21: Karakalla hamamları, Roma....19
Şekil 2.22: Grek'lerde çatı sistemi....19
Şekil 2.23: Pers ve Sasanilerde çatı sistemi, tromplu kubbe....19
Şekil 2.24: Roman kiremiti, Feurs Arkeoloji Müzesi, Fransa......21
Şekil 2.25: Paris makinalar galerisi....23
Şekil 2.26: Çatı yüklerinin sınıflandırılması....27
Şekil 2.27: Cable & wireless eğitim ve konferans merkezi, Coventy....28
Şekil 2.28: Cable & Wireless eğitim koleji doğal havalandırma eskizi....28
Şekil 2.29: Yağmur İndirme Sistemleri....29
Şekil 2.30: Dış yangın etkisine göre doğru ve yanlış çatı sitemleri....32
Şekil 2.31: Ahşap oturtma çatı örnekleri....35
Şekil 2.32: Ahşap asma çatı örnekleri....36
Şekil 2.33: Ahşap kafes sistem çatı örneği....37
Şekil 2.34: Altındağ Belediyesi laminasyonlu ahşap çatılı manej, Ankara....37
Şekil 2.35: Kutu kesitli kirişli çatı örnekleri....38
Şekil 2.36: OSB dolgulu I kesitli kirişli çatı örnekleri....38
Şekil 2.37: Masif ahşap dolgulu I kesitli kiriş örnekleri....39
Şekil 2.38: Çelik profil makaslı çatı örneği....40

Şekil 2.39: Çelik kafes kirişli çatı örneği **40**
Şekil 2.40 : Çelik uzay kafes kirişli çatı örneği. **41**
Şekil 2.41 : Çelik uzay kafes sistem çatı, Haydar Aliyev Kültür Merkezi, Bakü-Azerbaycan. **42**
Şekil 2.42 : Ahşap-çelik kompozit taşıyıcılı çatı örnekleri **42**
Şekil 2.43 : Betonarme prefabrike taşıyıcılı çatı örneği **42**
Şekil 2.44 : Betonarme taşıyıcılı çatı örneği **43**
Şekil 2.45 : Kenetli çinko çatı uygulamaları **43**
Şekil 2.46 : Çeşitli bakır çatı kaplaması uygulamaları **44**
Şekil 2.47 : Marriot Hotel, Cezayir ve Yedpa Tic. Mrkz. Camii, Ataşehir, İstanbul, Kurşun çatı kaplamaları **44**
Şekil 2.48 : Konut, İstanbul **45**
Şekil 2.49 : Konut, İstanbul **45**
Şekil 2.50 : Hotel Marqués de Riscal Hotel, Gehry, F. O., (2006) **45**
Şekil 2.51 : Çinko-bakır alaşımı çatı uygulamaları, Almanya **46**
Şekil 2.52 : Çeşitli kiremitler **46**
Şekil 2.53 : İspanyol ve Marsilya tipi kiremit uygulamaları **46**
Şekil 2.54 : Bitüm esaslı ondule levha **47**
Şekil 2.55 : Bitüm esaslı ondule levha uygulamaları **48**
Şekil 2.56 : Bitüm esaslı kiremit **48**
Şekil 2.57 : Bitüm esaslı kiremit uygulamaları **49**
Şekil 2.58 : Modifiye Bitümlü Polietilen Yüzeyli Örtülerin katmanları **50**
Şekil 2.59 : Çeşitli asfalt şingıllar **51**
Şekil 2.60 : Lamine ve bakır şingıl çatı uygulama örnekleri **51**
Şekil 2.61 : Çimento esaslı kiremit uygulama örneği **52**
Şekil 2.62 : Çimento esaslı levha uygulamaları **53**
Şekil 2.63 : Çimento esaslı levha uygulamaları **53**
Şekil 2.64 : Polikarbonat çatı uygulamaları **55**
Şekil 2.65 : Altınyunus termal havuz, CTP çatı kaplaması, İzmir **56**
Şekil 2.66 : Zorlu Center, İntensif Yeşil Çatı Uygulaması **57**
Şekil 2.67 : Marmara Forum, İstanbul İntensif Yeşil Çatı Sistemi Uygulaması **58**
Şekil 2.68 : Metro Meydan, Ekstensif Yeşil Çatı Uygulaması **58**
Şekil 2.69 : Cam Çatı Uygulamaları **59**
Şekil 2.70 : Moynihan Station, N.Y, USA **59**
Şekil 2.71 : Times office centre, Wrocław, Poland **59**
Şekil 2.72 : Çeşitli cam çatı kaplama malzemeleri **59**
Şekil 2.73 : Denver Union İstasyon Bölgesi tekstil çatıları, Colorado, 2014 ..... **60**
Şekil 2.74 : Eski şehir merkezinde çatılar, Mostar, (2018) **61**
Şekil 2.75 : Seramik çatı örneği, İtalya **62**
Şekil 2.76 : Kamış çatı uygulama örnekleri **63**
Şekil 2.77 : Ahşap çatı kaplaması tipleri **64**
Şekil 2.78 : Ahşap şingıl ve ahşap kiremit uygulama örnekleri **64**
Şekil 2.79 : Solar tip kiremitler uygulama örnekleri **65**
Şekil 2.80 : Solar tip kiremitler uygulama örnekleri **66**
Şekil 2.81 : Hibrid PV Panel çatı uygulama örnekleri **66**
Şekil 2.82 : Sıcak çatı katmanları **67**
Şekil 2.83 : Isı yalıtım malzemesinin konumuna göre sıcak çatı katmanları. **68**
Şekil 2.84 : Birinci tip soğuk çatı katmanları **69**
Şekil 2.85 : İkinci tip soğuk çatı katmanları **69**
Şekil 2.86 : Isı yalıtım malzemesinin konumuna göre soğuk çatı katmanları **70**

Şekil 2.87 : Hibrit çatıların katmanlaşması **70**
Şekil 2.88 : Konut, Antalya **71**
Şekil 2.89 : Okan Üniversitesi,İstanbul **71**
Şekil 2.90 : Salina Tuz Fabrikası, Cihanbeyli, Konya **71**
Şekil 2.91 : Öğretmen evi, Sinop **71**
Şekil 2.92 : Çiftlik evleri, Kore **72**
Şekil 2.93 : Hafta sonu evleri, Kore **72**
Şekil 2.94 : Çiftlik evleri, Kore **72**
Şekil 2.95 : Villa, Seul, Kore **72**
Şekil 2.96 : Maşukiye Camii, İzmit **72**
Şekil 2.97 : Konut, Tahran, İran **72**
Şekil 2.98 : Konut, İstanbul **73**
Şekil 2.99 : Konut, Sapanca **73**
Şekil 2.100 : Helal residence – B.A.E. – Steven Ehrlich mimarlık **73**
Şekil 2.101 : Doğrusal eğimli çatı örnekleri **74**
Şekil 2.102 : Spring Giz Plaza, Maslak, İstanbul **76**
Şekil 2.103 : Konut, İsrail **77**
Şekil 2.104 : Apartman, Tebriz, İran **77**
Şekil 2.105 : Restoran, Beyrut, Lübnan **77**
Şekil 2.106 : Konut, Kore **77**
Şekil 2.107 : Ofis, Seul,Kore **77**
Şekil 2.108 : Okul, Erbil,Irak **77**
Şekil 2.109 : Haç biçimli çatılı evler ve kameriye **78**
Şekil 2.110 : Levering Ticaret, Zapopan-Mexico **79**
Şekil 2.111 : Ofis Binası, Zwartsluis, Hollanda **79**
Şekil 2.112 : Otobüs Bakım Merkezi, Islais Creek-San Francisco **79**
Şekil 2.113 : Berkshire Evi XIII, West Stockbridge, Massachusetts, ABD **79**
Şekil 2.114 : Spor Salonu, Illinois, ABD **80**
Şekil 2.115 : Faisal Camii, İslamabad, Pakistan **80**
Şekil 2.116 : Xishuangbanna Dai tiyatrosu, Yunnan , Çin **80**
Şekil 2.117 : Vilela School/CNLL, Portekiz **80**
Şekil 2.118 : Hammer hill stadyumu, Hong Kong **80**
Şekil 2.119 : Sivri Çatılı Kuleler, Mersebourg, Almanya **81**
Şekil 2.120 : Çeşitli Sivri Çatılı Yapılar, Mersebourg, Almanya **81**
Şekil 2.121 : Konut, Kore **81**
Şekil 2.122 : Konut, Tahran, İran **81**
Şekil 2.123 : Konut, Reims, Fransa **82**
Şekil 2.124 : Konut, Boston, ABD **82**
Şekil 2.125 : Konut, Buffalo, ABD **82**
Şekil 2.126 : Konut Ohio, ABD **82**
Şekil 2.127 : Konut, İngiltere **82**
Şekil 2.128 : Konut, Newyork, ABD **82**
Şekil 2.129 : Outlet, Florida, ABD **83**
Şekil 2.130 : Konut, Kaliforniya, ABD **83**
Şekil 2.131 : Çeşitli tonozlar **83**
Şekil 2.132 : İkiz Tonoz Konut, İngiltere, West Sussex **84**
Şekil 2.133 : Şarap İmalathanesi, İspanya **84**
Şekil 2.134 : Konut, Kashentroch, İngiltere **84**
Şekil 2.135 : Kubbe çeşitleri, Uzay Strüktür Sistemler **85**
Şekil 2.136 : Çeşitli Jeodezik Kubbeler **85**

Şekil 2.137 : Mihrimah Sultan Camii, İstanbul **86**
Şekil 2.138 : Kubbe ev, ABD **86**
Şekil 2.139 : Kubbe Ev, İtalya **86**
Şekil 2.140 : Altan Kültür Merkezi, Yalova **86**
Şekil 2.141 : Konut, ABD **86**
Şekil 2.142 : Konut, Sydney, Avustralya **86**
Şekil 2.143 : Konut, Kaliforniya, ABD **87**
Şekil 2.144 : Konut, Rangsdorf, Almanya **87**
Şekil 2.145 : Villa, Libeskind, Almanya **87**
Şekil 2.146 : Servis Binası, ABD **87**
Şekil 2.147 : Havalimanı, İstanbul **88**
Şekil 2.148 : Büfe, Fransa **88**
Şekil 2.149 : Haydar Aliyev Kültür Merkezi, Bakü **88**
Şekil 2.150 : Tacoma Cam Müzesi, ABD **88**
Şekil 2.151 : Gölgelik, Antalya **88**
Şekil 2.152 : Han Çadırı, Astana **88**
Şekil 2.153 : Asma – Germe Formları **89**
Şekil 2.154 : Asma – Germe Formları **89**
Şekil 2.155 : Olimpiyat Stadı, Münih, Almanya **89**
Şekil 2.156 : Lizbon Expo 1996, Portekiz **89**
Şekil 2.157 : Gölgelik, İzmir **90**
Şekil 2.158 : Kanyon alışveriş merkezi, İstanbul **90**
Şekil 2.159 : Meydan alışveriş merkezi, İstanbul **90**
Şekil 2.160 : Grand Şeker Hotel, Manavgat, Antalya **91**
Şekil 2.161 : Çeşitli trapez ve oluklu sac çatı kaplama malzemesi ölçüleri **92**
Şekil 2.162 : Çelik sac sandviç çatı paneli **93**
Şekil 2.163 : Kenetli çinko çatı, L.A., ABD **95**
Şekil 2.164 : Gölgeli bakır şingıl **97**
Şekil 2.165 : Geleneksel bakır şingıl **97**
Şekil 2.166 : At çiftliği bakır çatı uygulama, Salvador **97**
Şekil 2.167 : Kubbe kurşun kaplama **99**
Şekil 2.168 : Kurşun çatı uygulama **99**
Şekil 2.169 : Martin Luther kilisesi, Hainburg-Avusturya **100**
Şekil 2.170 : Alüminyum sandviç panel **103**
Şekil 2.171 : Çeşitli kenetli alüminyum çatı panelleri **104**
Şekil 2.172 : Terminal, Kuveyt **105**
Şekil 2.173 : Güral Otel, Sapanca **105**
Şekil 2.174 : Titanyum çinko çatı kaplaması **106**
Şekil 2.175 : Çeşitli Marsilya tipi kiremitler ve uygulama örneği **110**
Şekil 2.176 : Çeşitli Valensiya tipi kiremitler **111**
Şekil 2.177 : Valensiya tipi kiremit uygulama örneği, konut **111**
Şekil 2.178 : Yassı tip kiremitler **112**
Şekil 2.179 : Düz tip kiremitler **113**
Şekil 2.180 : Oluklu kiremit örnekleri **113**
Şekil 2.181 : Oluklu kiremit uygulamaları **114**
Şekil 2.182 : Flaman kiremitleri ve uygulama öreneği **115**
Şekil 2.183 : Çeşitli Kunduz Kuyruğu kiremitleri **115**
Şekil 2.184 : Konkav tip kiremitler **116**
Şekil 2.185 : Akdeniz tip kiremitler ve uygulama örnekleri **116**
Şekil 2.186 : Roman tipi kiremitler ve uygulama örneği **117**

Şekil 2.187 : Roman tipi düz kiremitler ve uygulama örnekleri **118**
Şekil 2.188 : Modern kiremitler ve uygulama örneği **119**
Şekil 2.189 : Şingıl tipi kiremitler ve uygulama örnekleri **120**
Şekil 2.190 : İspanyol tipi kiremitler ve uygulama örnekleri **121**
Şekil 2.191 : Sırlı İspanyol tipi kiremitler **121**
Şekil 2.192 : Oryantal Japon tipi kiremitler ve uygulama örneği **122**
Şekil 2.193 : Bitüm esaslı ondule levha **125**
Şekil 2.194 : Bitüm esaslı ondule levha uygulamaları **125**
Şekil 2.195 : Bitüm esaslı kiremit **126**
Şekil 2.196 : Bitüm esaslı kiremit uygulamaları **126**
Şekil 2.197 : Modifiye Bitümlü Polietilen Yüzeyli Örtülerin katmanları **127**
Şekil 2.198 : Standart tip asfalt şingıl kesiti, boyutları ve özellikleri **129**
Şekil 2.199 : Design tip asfalt şingıl kesiti, boyutları ve özellikleri **130**
Şekil 2.200 : Biltmore tip asfalt şingıl kesiti, boyutları ve özellikleri..... **130**
Şekil 2.201 : Plastik çatı kaplama levhaları örnekleri **133**
Şekil 2.202 : Plastik çatı kaplama malzemesi uygulamaları..... **134**
Şekil 2.203 : Yeni Bao'an stadyumu, Shenzhen-Çin **135**
Şekil 2.204 : Universiade ana stadyumu, Shenzhen-Çin..... **136**
Şekil 2.205 : Halı saha CTP çatı kaplaması, Bartın **137**
Şekil 2.206 : Elyaflı çimento oluklu levhalar ve mahyası..... **138**
Şekil 2.207 : Çimento Esaslı Kiremitler **140**
Şekil 2.208 : Kayrak taşı çatılı yapılar, Yunanistan..... **141**
Şekil 2.209 : Geleneksel kayrak taşı çatılı ev, Sinop **141**
Şekil 2.210 : TİGEM binası arduvaz çatısı, Dalaman, Muğla **142**
Şekil 2.211 : Seramik çatı uygulama, Kayseri **142**
Şekil 2.212 : Çeşitli seramik çatı uygulamaları, İtalya..... **143**
Şekil 2.213 : Kamış demeti, İngiltere..... **144**
Şekil 2.214 : Kamış çatı uygulama..... **144**
Şekil 2.215 : Kamış çatı uygulama, İngiltere..... **144**
Şekil 2.216 : Ahşap şingıl tipleri ve uygulamaları..... **145**
Şekil 2.217 : Solar tip kiremitler uygulama örnekleri **146**
Şekil 2.218 : Perpignan Saint Charles Conteneur Terminal Solar çatıları **147**
Şekil 2.219 : Solar panellerin çatıya yerleşimi **148**
Şekil 2.220 : Hibrit panellerin çatıya yerleşimi **150**
Şekil 2.221 : İran Mall A.V.M. Tahran ve Sarphan Finans Park İstanbul **151**
Şekil 2.222 : Münih Havaalanı, PVC/PES çatıları..... **151**
Şekil 3.1 : APP granülleri **155**
Şekil 3.2 : SBS granülleri **156**
Şekil 3.3 : Polyester keçe rulosu, ve cam elyaf keçe..... **158**
Şekil 3.4 : Spunbond dokumasız keçe üretim hattı **159**
Şekil 3.5 : Polietilen Film Ruloları..... **160**
Şekil 3.6 : Boyalı Alüminyum Folyolar. **162**
Şekil 3.7 : Çeşitli granül yüzey özellikleri..... **163**
Şekil 3.8 : Çeşitli granül örnekleri **164**
Şekil 3.9 : Çeşitli bitüm esaslı oluklu levhalar..... **166**
Şekil 3.10 : Bitümlü levhaların renkleri **166**
Şekil 3.11 : Bitüm esaslı kiremit **167**
Şekil 3.12 : Modifiye bitümlü polietilen yüzeyli örtülerin katmanları..... **168**
Şekil 3.13 : Modifiye bitümlü mineral yüzeyli örtüler..... **169**
Şekil 3.14 : Modifiye bitümlü mineral yüzeyli örtü renkleri **170**

Şekil 3.15 : Modifiye Bitümlü Alüminyum Yüzeyli Örtüler **170**
Şekil 3.16 : Modifiye bitümlü alüminyum yüzeyli örtü renkleri..... **171**
Şekil 3.17 : Uzunluk ve genişlik ölçüm düzeneği **172**
Şekil 3.18 : Komparatör ile kalınlık ölçümü **173**
Şekil 3.19 : Yükseklik ölçümü düzeneği..... **174**
Şekil 3.20 : Tümseklerin derece ve süre örnekleri..... **175**
Şekil 3.21 : Karelik ölçümü düzeneği..... **176**
Şekil 3.22 : Aşağı doğru yükün altında eğilme düzeneği..... **178**
Şekil 3.23 : Darbe dayanımı testi düzeneği..... **179**
Şekil 3.24 : Yırtılma dayanımı testi **180**
Şekil 3.25 : Su geçirgenlik testi **181**
Şekil 3.26 : Ürünün homojenliği..... **183**
Şekil 4.1 : Sac çatı kaplama levhası üretim hattı **218**
Şekil 4.2 : Sandviç panel üretim hattı **219**
Şekil 4.3 : Bitümlü örtü üretim süreci akış şeması **220**
Şekil 4.4 : Bitümlü örtü üretim hattı şeması..... **220**
Şekil 4.5 : Bitümlü örtü üretim hattı **221**
Şekil 4.6 : Bitümlü örtü üretim makinesi **221**
Şekil 4.7 : Bitüm emdirme tankı..... **223**
Şekil 4.8 : Bitümlü levha ve bitümlü kiremit üretim hattı **224**
Şekil 4.9 : Bitümlü levha ve kiremit üretim hattı şeması..... **225**
Şekil 4.10 : Taşıyıcı altlığın kesilmesi ve istiflenmesi..... **225**
Şekil 4.11 : Bitüm tanklarına daldırma yolu ile bitümleme ve bitmiş ürün **226**
Şekil 4.12 : Bitümlenmiş ürünün boyanması ve konveyörle istiflemeye gidişi **226**
Şekil 4.13 : Form verilmiş organik elyaf taşıyıcının kurutma fırınına girişi..... **226**
Şekil 4.14 : Kurutma fırını ve kurumuş levhanın bitümlemeye gidişi..... **226**
Şekil 4.15 : Metalbit renkleri..... **228**
Şekil 4.16 : Boyalı galvanizli sac metalbit'in katmanları **228**
Şekil 4.17 : Profilli oluklu metalbit'in katmanları..... **229**
Şekil 4.18 : Alüminyum çinko alaşımlı metalbit kesiti ve katmanları..... **230**
Şekil 4.19 : Metalbit levha boyutları ve ek yeri bini detayı **231**
Şekil 4.20 : Bitüm kaplı oluklu metal çatı paneli **232**
Şekil 4.21 : Farklı ölçülerde bitüm kaplı trapez metal çatı panelleri **233**
Şekil 4.22 : Isolparma ruloları **236**
Şekil 4.23 : Isolparma üretim hattı..... **237**
Şekil 4.24 : Isolparma uygulama **237**
Şekil 5.1 : Çivi veya vida ile uygulanacak çatı levhası altlığı..... **241**
Şekil 5.2 : Boyuna binileri yapıştırılarak uygulanacak çatı levhası altlığı..... **242**
Şekil 5.3 : Orta tümsek..... **243**
Şekil 5.4 : Kenar üst bini desteği..... **244**
Şekil 5.5 : Taşıyıcı altlık kenar bitiş detayı **245**
Şekil 5.6 : Plan..... **245**
Şekil 5.7 : Kesit..... **246**
Şekil 5.8 : Bitümlü ondule çatı levhası **246**
Şekil 5.9 : Bitümlü trapez çatı levhası **247**
Şekil 5.10 : Dalga..... **247**
Şekil 5.11 : Üçgen..... **247**
Şekil 5.12 : Dalgalı kesitli ısı yalıtımlı çatı paneli..... **248**
Şekil 5.13 : Trapez kesitli ısı yalıtımlı çatı paneli **248**
Şekil 5.14 : Alüminyum yüzeyli ısı yalıtımlı bitümlü çatı kaplama levhası **248**

Şekil 5.15 : Mineral yüzeyli ısı yalıtımlı bitümlü çatı kaplama levhası **249**
Şekil 5.16 : Mineral yüzeyli bitümlü çatı kaplama levhası düşey yük uygulaması . **249**
Şekil 5.17 : Bitüpan üretim makinesi,boyuna kesit **251**
Şekil 5.18 : Bitüpan üretim makinesi, plan **251**
Şekil 5.19 : Bitüpan üretim makinesi **252**
Şekil 5.20 : Isı yalıtımlı bitüpan seri üretim **253**
Şekil 5.21 : Isı yalıtımsız bitüpan seri üretim **253**
Şekil 5.22 : Isı yalıtımsız, granüllü bitüpan ölçüleri **254**
Şekil 5.23 : Isı yalıtımsız, granüllü bitüpan tümsek detayı **254**
Şekil 5.24 : Isı yalıtımsız, alüminyum folyolu Bitüpan ölçüleri **255**
Şekil 5.25 : Granüllü ısı yalıtımlı bitüpan – bitüpan GY **255**
Şekil 5.26 : Isı yalıtımlı, granüllü bitüpan ölçüleri **256**
Şekil 5.27 : Isı yalıtımlı, granüllü bitüpan tümsek detayı **256**
Şekil 5.28 : Isı yalıtımlı, alüminyum folyolu bitüpan ölçüleri **257**
Şekil 5.29 : Isı yalıtımlı, alüminyum folyolu bitüpan tümsek detayı **257**
Şekil 5.30 : ASTM D 3746'ya göre geliştirilen test aparatı **261**
Şekil 5.31 : Bitüpan darbe testi (ASTM D 3746'ye göre) **262**
Şekil 5.32 : Dolu çarpma test cihazı (gaz tabancası) ve şematik gösterimi **263**
Şekil 5.33 : Bilgisayar kontrollu buz topu silahı **263**
Şekil 5.34 : Dolu test düzeneği **266**
Şekil 5.35 : Dolu testinde kullanılan buzlar **267**
Şekil 5.36 : Bitüpan tespit elemanları **267**
Şekil 5.37 : Yırtılma testi **268**
Şekil 5.38 : Sıkıştırma testi **268**
Şekil 5.39 : Ürünün homojenliği **270**
Şekil 5.40 : Yangın testinde kullanılan tel sepet **273**
Şekil 5.41 : Bitüpan yangın testi **273**
Şekil 5.42 : Isı yalıtımlı bitüpan boyuna bindirme detayı **275**
Şekil 5.43 : Isı yalıtımlı bitüpan boyuna bindirme alternatif detayı **275**
Şekil 5.44 : Çivi veya vida ile uygulanacak mineralli çatı levhası **278**
Şekil 5.45 : Boyuna binileri yapıştırılarak uygulanacak mineralli çatı levhası **278**
Şekil 5.46 : Saçak elemanı (düzlüklerden çakılarak uygulanacaktır) **279**
Şekil 5.47 : Tip A **279**
Şekil 5.48 : Tip B **280**
Şekil 5.49 : Olivin minerali ile yapılan yüzey kaplaması denemesi **280**
Şekil 5.50 : Kiremit kırığı mineral **281**
Şekil 5.51 : Mermer kırığı mineral **281**
Şekil 5.52 : Doğal şartlarda 11 yıl yaşlandırılmış kiremit kırığı kaplı bitümlü örtü **281**
Şekil 5.53 : Çatıda karşılaşılabilecek detay noktaları **282**
Şekil 5.54 : Saçak detayı **283**
Şekil 5.55 : Alın duvarı kenar detayı **283**
Şekil 5.56 : Eğik dere detayı **283**
Şekil 5.57 : Mahya detayı **284**
Şekil 5.58 : Mahya detayı **284**
Şekil 5.59 : Baca dibi detayı uygulaması, 1. aşama **285**
Şekil 5.60 : Baca dibi detayı uygulaması, 2. aşama **285**
Şekil 5.61 : Baca dibi detayı uygulaması, 3. aşama **286**
Şekil 5.62 : Projenin 1. Aşaması, form ve malzeme seçimi **286**
Şekil 5.63 : Projenin 2. Aşaması, ürün nitelik ve seçeneklerinin belirlenmesi **287**
Şekil 5.64 : Projenin 3. Aşaması, seçeneklerin test edilip değerlendirilmesi **287**

Şekil 5.65 : Projenin 4. Aşaması, taşıyıcı malzeme seçimi ve form kararı **287**
Şekil 5.66 : Projenin 5. Aşaması, ürün kararı **288**
Şekil 5.67 : Ek yeri ayrılma testi..... **289**
Şekil 6.1 : Tek eğimli çatıda uygulama..... **291**
Şekil 6.2 : Üretimde kullanılacak bitümlü örtü **292**
Şekil 6.3 : EPS taşıyıcı altlık **293**
Şekil 6.4 : Bitüpan'ların palet üzerine yerleşimi şeması..... **293**
Şekil 6.5 : Tek eğimli çatıda aluminium folyolu bitüpan uygulama..... **294**
Şekil 6.6 : Bitüpan'ların palet üzerine yerleşimi **294**

EĞİMLİ ÇATILAR İÇİN GELİŞTİRİLEN BİR BİTÜMLÜ ÇATI KAPLAMA MALZEMESİ ÖNERİSİ

ÖZET

Türkiye İhracatçılar Meclisi (TİM-www.tim.org.tr) tarafından 19.04.2011 tarihinde açıklanan Hedef 2023, 500 Milyar Dolar İhracat" Stratejisi ile Türkiye, 2023 yılına kadar dünyanın ilk on ülkesi arasına girmeyi hedeflemiştir. Referans senaryo çerçevesinde, Türkiye'nin 2023 yılında 500 milyar dolar ihracat hedefine ulaşması için, dünya ticaretinden 2013 yılında %1,00 2018 yılında %1,25 ve 2023 yılında %1,50 pay alması ve yıllık %5,0 ve daha fazla bir büyüme oranını yakalaması gerekmektedir. Büyüme genelde, sanayi ve teknolojide gelişme ve ürettiklerimizin büyük bir bölümününün ihraç edilmesine bağlı kalmaktadır.

Bilindiği üzere, ihracatı geliştirmede en etkin yöntem ürün çeşitliliğini artırmak, yeni ürünler geliştirmektir. Geçirilen 7 yılda gerçekleşen büyüme oranları; 2011'de %11,1, 2012'de %2,2, 2013'de %4,0, 2014'de %2,9, 2015'de %4,0, 2016'de %3,5, 2017'de %7,4 ve 2018'in ilk çeyreğinde %5,4 şeklinde gerçekleşmiştir. Büyümedeki beklenmedik düşüş, 2023 hedeflerine ulaşılabilmesi için gereken yıllık en az %6,0'lık büyüme oranının oldukça uzağındadır.

İnşaat sektörü her dönemde Türkiyenin lokomotif sektörü durumundadır ve öyle olmaya da devam etmektedir. İnşaat firmalarımız yaptıkları taahhüt işleri ile birçok gelişmiş ülkeyi geride bırakarak dünya sıralamasında ilk üç içinde yer almaktadır. Yaptıkları işlerde kullandıkları Türk Malı inşaat malzemeleri, dünya piyasalarında ürünlerimize güveni arttırmış, inşaat malzemeleri ihracatımız, Türkiye Otomotiv Sektörü ile yarışabilecek düzeye ulaşmıştır.

Ancak bu gelişimi daha da üst sıralara taşımamız gerekmektedir. Bunun için de yenilikçi yapı malzemeleri geliştirmemiz kaçınılmazdır. Bunun gerçekleşebilmesi için, üniversite-sanayi iş birliğinin geliştirilmesi, arge çalışmalarına hız verilmesi, ve argede çalışacak teknik personelin yetiştirilmesi ve işlendirilmesi gereklidir.

Bu çalışmada, yapının en önemli bileşenlerinden biri olan çatılar için yeni bir çatı kaplama malzemesi geliştirilmesi hedeflenmiştir. Yenilikçi çatı kaplama malzemelerinin sürekliliği yalnız ihracat için değil, ülkemiz için de önemli bir faktördür. Her ne kadar piyasada kaliteli çatı kaplama malzemeleri bulunsa da, yüksek maliyetler ve yüksek işçilikler, bu ürünlerin yaygın bir şekilde kullanılmasına olanak vermemektedir. Ayrıca Türkiye'deki bazı alışkanlıklar (çatılara sebepsiz yere sıklıkla çıkılması, çatı kaplama malzemesi üzerinde dikkatsizce gezilmesi, v.b.), nitelikli çatı kaplama malzemelerinin üstünlüklerini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu nedenle çatılar, yapılardaki en sorunlu bileşenlerden biri konumundadır.

Kat Mülkiyeti Kanunu Madde 19'a göre; Kat malikleri, ana gayrimenkulün bakımını ve mimari durumu ile güzelliğini ve sağlamlığını titizlikle korumaya mecburdurlar. (Değişik: 13/4/1983 - 2814/8 md.) Kat maliklerinden biri, bütün kat maliklerinin rızası olmadıkça,ana gayrimenkulün ortak yerlerinde inşaat, onarım yaptıramaz.

KMK'nun 19. maddesi, birden fazla bağımsız bölümün bulunduğu binalarda, çatılarda çıkan sorunlar, ciddi ihtilafların doğmasına ve çözümün imkansız hale gelmesine neden olmaktadır.

Binaların Yangından Korunması Hakkındaki Yönetmeliğin 28. Maddesinde; Çatı kaplamalarının BROOF sınıfı malzemelerden, çatı kaplamaları altında yer alan yüzeyin veya yalıtımın en az zor alevlenici malzemelerden olması gerekir. Ancak, çatı kaplaması olarak yanmaz malzemelerin kullanılması durumunda üzerine çatı kaplaması uygulanan yüzeyin en az normal alevlenen malzemelerden olmasına izin verilir. Bu nedenle BROOF özelliği olmayan çatı kaplama malzemeleri kullanımdan kaldırılmıştır.

Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği'nin 7. ve 8. maddelerinde; mimari uygulama projesi ve sistem detayları, ısı yalıtım projesindeki malzemeler ve nokta detayları ile bütünlük sağlamalı, ısı yalıtımında sürekliliği sağlayacak şekilde, çatı-duvar, duvar-pencere, duvar-taban ve taban-döşeme-duvar bileşim detaylarını ihtiva etmelidir. Her bir iklim bölgesi için bina kabuğunu oluşturan; ısıtılan hacimleri ayıran duvar, döşeme ve taban ile tavan ve çatılar için alınacak "U" değerlerinden herhangi biri veya birkaçının tavsiye edilen değerlerden %25 daha büyük olması durumunda, diğer "U" değerlerinden biri veya bir kaçı için seçilecek değer/değerler, standartta tavsiye edilen değerin/değerlerin %25'inden daha düşük olmamalıdır.

Son yıllarda yeşil bina kavramı da önem kazanmaya başlamış, binaları çevresel etkilerine göre değerlendiren pek çok sistem geliştirilmiş ve geliştirilmektedir. Bu sistemler, yeşil dönüşüm sürecinde en etkili aşamalardan biridir.

Bugüne kadar birçok yeşil bina sertifika sistemi geliştirilmiştir. Bunların en yaygın olarak kullanılanları, 1990'da İngiltere'de ortaya çıkan BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method), 1998'de Amerika Birleşik Devletleri'nde ortaya çıkan LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), 1998'de gelişmiş ülkelerin biraraya gelmesiyle kurulan kurulan IISBE (International Initiative for Sustainable Built Environment), 2003'de BREEAM'den uyarlanarak Avustralya'da GBCA (Green Building Council of Australia) tarafından oluşturulan GREENSTAR, 2004'de Japonya'da ortaya çıkan CASBEE (Comprehensive Assessment for Building Environmental Efficiency) ve 2009'da Almanya'da ortaya çıkan DGNB (Deutsche Gesellschaft fur Nachhaltiges Bauen)'dir.

Binaların sertifikalandırılmasında, yapımda kullanılan herbir malzemenin geri dönüşüm oranı ve üretiminde ve/veya geri dönüşümünde harcanan enerji miktarı, puanlamadaki en önemli ölçüttür.

Bu nedenle çatıların en gelişmiş yapı malzemeleri ile, en sağlıklı şekilde çözülmesi ve başarımını (performansını) yıllar boyunca sürdürmesi gerekmektedir.

Çatı kaplama malzemelerinin üretiminde ithal ham madde kullanımı da, ülke ekonomisi açısından önemli bir sorun oluşturmaktadır. Geliştirilen üründe %100 yerli ham madde kullanımı hedeflenmiştir.

Ülkemiz ekonomisinin lokomotifi olan inşaat sektörünün toplam büyüme rakamlarına etkisi ~%1,3'tür. 2023 hedeflerinin gerçekleşmesi için, yıllık büyümenin istikrarlı bir şekilde %5 ile %7 arasında olması gerekmektedir .

Patent tescilleri açısından bakıldığında Türkiye'de, inşaat malzemeleri ile ilgili buluşlar yok denecek kadar azdır. Bunun sonucunda da ihracatımızın geliştirmesi

adına pek çok ürünün de ithal edilmesi zorunluluğu doğmaktadır. Türkiye'de 2015 yılında verilen yerli patent sayısı tüm gruplarda 1730 olarak gerçekleşmiştir.

Ülkemizde birçok teşviğe rağmen ürün geliştirme konusuna gereken önem verilememekte ve çoğu teşvik ise ürün geliştiremeden, hedef çerçevesinde kullanılamamaktadır.

Tüm dünyada olduğu gibi Türkiye'de de birçoğu kurumsallaşmamış firmalarımız, sistematik bir ürün geliştirme stratejisine sahip değildir. Firmalarımız herşeyden önce ürün geliştirme süreçlerini kurgulamalı, pazarın beklentisine göre talepleri belirlemeli ve doğru ve rakabetçi ürünü seçerek geliştirmelidir.

Diğer taraftan birçok inşaat malzemesinde olduğu gibi, çok sayıda ithal çatı kaplama malzemesinin Türkiye pazarına girmesi ve girmek için araştırma firmalarına fizibilite raporları hazırlatması, bu konuda ciddi bir açık olduğunun en önemli göstergesidir.

Çalışmanın giriş bölümünde; sorun, amaç, kapsam, yöntem, hipotez ve sınırlamalara yer verilmiştir.Türkiye'deki çatı kaplama malzemelerinin bir kısmının üretiminde kullanılan minerallerin ithali, ülke ekonomimize bir yük getirmektedir. Yıllık bitümlü örtü üretimi 120 milyon metrekare olup bunun 1/5'i mineralli örtülerdir. Bu üretimin %60'ını 6 büyük firma gerçekleştirmekte ve bu firmalar minerallerin tamamına yakınını ithal etmektedir. Bu ise ülkemiz ekonomisi açısından istenmeyen bir durumdur.

Özellikle bitümlü mineralli su yalıtım örtülerinin eğimli çatılarda yaygın olarak kullanılmaya başlaması, beraberinde çatılarda yoğuşma sorununu da getirmiştir. Oluşan sorun özel detaylar uygulanarak çözülebilmektedir ancak bu da malzemenin kullanım amacına ters düşmektedir. Tüm olumsuzluklarına rağmen, bitümlü mineralli örtülerin kullanımı giderek artmaktadır.

Bu çalışmada; bitümlü mineralli su yalıtım örtülerinde kullanılan ithal mineraller yerine yerli malzemelerin kullanılmasını sağlayarak dış ticaret açığının azalmasına katkıda bulunmak, bu malzemelerin eğimli çatılarda kullanılması sonucu oluşan problemlere basit ve ucuz çözümler getirmek, binaların yangından korunması hakkındaki yönetmeliğin işlerlik kazanması ile kullanımdan kalkacak çatı kaplama malzemelerinden oluşacak boşluğu dolduracak yeni çatı kaplama malzemelerinin üretimine katkıda bulunmak, üreticilerin yeni ürün tasarımında kullanabilecekleri bir süreç oluşturmak, sektördeki açığın giderilmesine katkıda bulunmak ve toplumsal refahımıza katkı sağlayacak yeni bir çatı kaplama malzemesinin üretim ve uygulama süreçlerinin tanımlanarak geliştirilmesini sağlamak amaçlanmıştır.

Çalışmanın 2. bölümünde, çatının tanımı, tarihçesi ve çatıdan beklenen performanslara yer verilmiştir. Bu bölümde çatı, ''binayı güneş ışınları, yağmur, kar, rüzgar v.b. dış etkilerden korumak üzere, betonarme, ahşap, çelik v.b. malzemelerle konstrüksiyonu oluşturulan, ısı yalıtımı ve su yalıtımı olan ve kil, çimento, metal, bitüm, polimer, ahşap, cam, doğal taş, seramik v.b. malzemelerle oluşturulmuş elemanlarla üzeri örtülen, en az %2 eğime sahip bir yapı bileşenidir''şeklinde tanımlanmıştır. Ayrıca çatılar çok detaylı şekilde sınıflandırılmış ve bu çatılar hakkında kısa açıklamalara ve örnekfotoğraflara yer verilmiştir.

Çatının tarihçesi detaylı bir şekilde anlatılmış ve çatılardan beklenen performanslar; taşıyıcılık, güneş ışınımı yansıtma, suya karşı korunum, rüzgara karşı korunum, yangına karşı korunum şeklinde 5 ana başlık altında incelenmiştir. Daha sonra Türkiye'de kullanılan çatı kaplama malzemeleri detaylı olarak incelenmiştir.

Çatılar, taşıyıcı sistem bileşen malzemesine göre, çatı kaplama malzemesine göre, çatı arası havalandırma boşluğunun ve ısı yalıtım malzemesinin konumuna göre, eğime göre, yağmur suyu drenajına göre, biçimlerine göre çatılar, taşıyıcılıklarına göre çatılar ve kullanım şekline göre çatılar şeklinde 8 ayrı grupta sınıflandırılmıştır. Ayrıca, eğimli çatılarda kullanılan çatı kaplama malzemeleri, metal çatı kaplama malzemeleri, kil kiremit çatı kaplama malzemeleri, bitümlü çatı kaplama malzemeleri, plastik esaslı çatı kaplama malzemeleri, çimento esaslı çatı kaplama malzemeleri ve diğer çatı kaplama malzemeleri olmak üzere 6 grupta incelenmiştir. Çalışmanın 3. bölümünde, bitümlü çatı kaplama malzemelerinin fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikleri detaylı olarak incelenmiştir ve uygulama konusuna yer verilmiştir. Çalışmanın 4. bölümünde, geliştirme süreci önerisi yapılacak çatı kaplama malzemesine benzer ürünler ve üretim süreçleri incelenmiştir. Çalışmanın 5. bölümünde, bitüpan adı verilen, eğimli çatılar için geliştirilen bir bitümlü çatı kaplama malzemesi önerisi, geliştirme sürecini kapsayacak şekilde detaylı olarak incelenmiştir. Çalışmanın 6. bölümünde proje bilgileri ve kısıtlamalar açıklanmıştır. Çalışmanın 7. bölümünde sonuçlar değerlendirilmiş ve önerilere yer verilmiştir.

A BITUMINOUS ROOFING MATERIAL DEVELOPED FOR SLOPED ROOFS

SUMMARY

After the declaration of "EXPORT GOAL : 500 Billion Dollar in 2023" strategy on 19.04.2011 by TİM, Turkey is targetting to be one of the top 10 developed countries of the World in the year 2023.

Following the reference scenario, Turkey should reach growth rate of 5% per year and more, has got a 1% share in 2013 from World Trade, and increased its share to 1,25% in 2018 and will have 1,5% in 2023 in order to reach its final EXPORT GOAL : 500 Billion Dollar in 2023.

The growth in general is related to exporting most of our products thanks to the industrial and technological evolution .

For consequent and effective growth in exporting goods and to reach its goals it is necessary to augment the product range and innovate in new products.

The growth rate realized in the past 7 years are as follows: 2011- 11.1%, 2012-2.2%, 2013-4%, 2014-2.9%, 2015-4%, 2016-3.5%, 2017-7.4% and in the first quarter of 2018-5.4%.

The unexpected decline in the growth is making difficult to reach the goals of 2023 because the actual growth rate is far from the targeted minimum average of 6% yearly.

The construction sector is the locomotive industry in Turkey since many years and continue boosting Turkey's economic growth.

Our contracting companies are ranked the third in the world with increasing number of international contracts. The building materials made in Turkey that Turkish contactors are using for their projects have increased the trust to our products and our building materials exports have surpassed automotive sector's. We should move this improvement on the highest position. It is inevitable to innovatein new generation building materials. And in order to realize this reform we have to develop the collaboration between the university and industry, accelerate research and development works, educate and hire the technical staff to be employed in research and development.

The roof is one of the most important part of the building. In this study our goal is to develop a new roof covering material. The sustainability of the innovative roof covering materials is an important factor for our country and its exports. Despite the fact that many high quality roofing materials are already available in the market, high material and labor costs are not permitting the extensive usage of these materials. In addition some habits in Turkey like "walking on the roof without reason" is affecting negatively the superiority of these qualitative materials. For this reason the roofs are the most problematical parts of the buildings. According to Turkish Condomium Law ARTICLE 19- The owners of the apartment have joint and several liability in preserving the strength, beauty, and architectural design of the main landed estate.

One of apartment owners, without written consent of four fifth of all apartment owners, cannot have the construction, repair and works made in the common places of main real estate. This article is usually creating conflicts in buildings where there are more then one independent division and make the solution difficult.

Turkey's Regulation On Fire Protection; Article 28; The roofing material should be BROOF . The underlayment or the insulation should be made with incombustible materials. Only incombustible materials can be used in case the roofing material is fireproof. Therefore the use of all roofing materials which are not BROOF are abolished .

Directive on the Energy Performance of the buildings: Article 7 and 8; Architectural project and system details should comply with materials used in heat insulation project and its fine details, and include all connecting details such as roof-wall, wall-window, wall-ground, ground-flooring-wall connections in order to create a sustainable artwork.

For each climatic zone in case the "U-values" of the partition walls, flooring, ceiling, roofs separating the heated volume of the building envelope is higher then 25% of reference values, other "U-values" to be considered should not be less then 25% of the recommended value on the standard.

In recent years green building concept starts to gain importance, many systems for evaluating the buildings for their environmental impact have been developped and continue to be improved. These systems are very important in environmental recycling phases.

Up today many green building certification system have been developped. BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) created in 1990 in UK, LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) which showed up in 1998 in USA, IIESBE (International Initiative for Sustainable Built Environment) created by developped countries in 1998, GREENSTAR adapted from BREEAM in 2003 in Australia by GBCA (Green Building Council of Australia), CASBEE (Comprehensive Assessment for Building Environmental Efficiency) created in Japan and DGNB (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen) established in Germany.

For certification of the buildings each material's recycling ratio and the quantity of energy used for the production or recycling of the building material are the most important criterions in green building rating systems.

For this reason it is very important to solve the roofing with most modern and developped innovative systems for sustainable roofs.

The use of imported raw materials in the production of roofing materials pose also an important problem for the country's economy. It is targeted to use 100% local raw material in the production of the material being developped.

The construction sector is the locomotive industry of our country's economy and its impact is ~1,3%

In order to realize 2023 targets Turkey should reach a steady growth rate of 5% to 7%.

When we look at the patent registrations, inventions on the building materials in Turkey are very little if any. For developping our exports we have to import many

materials. The number of local patents registered in Turkey in the year 2015 is 1730 in all groups.

Despite of many incentives, companies do not take care of the research and development and most of the incentives are not used for the development of the targeted products.

Most of the companies in Turkey are non-institutional like everywhere in the world and they don't have any systematic product development approach. These companies should first of all build product development stages, define the demand of the market and innovate in the competitive products.

In the other hand many imported roofing materials are available in the market and several foreign companies are spending time and money in research companies for feasibility studies is the important indicator of the vulnerability of our market.

In the prologue of this study; problems, aims, scope, methods, conjecture and restrictions or limitations are ranked. Import of some minerals used in the production of some of the roofing materials are forcing our economy. The production of bituminous sheets per year is 120 millions of m2 and 1/3 is mineral protected cap sheets. 6 big companies are producing 60% of this product and imports almost all the mineral slates used in the protection of the cap sheets. And this is creating an undesirable circumstances for our national economy.

Most particularly the groving use of the mineral protected membranes on the sloped roofs has leaded to a new problem of condensation. The problem can be solved by the application of special details but this is opposite to the intended use of the material.

In spite of all unfavorableness the use of mineral cap sheet is increasing gradually.

In this study our intention is trying to replace the imported slate minerals used for bituminous mineral protected sheets with local raw materials in order to help decrease foreign trade deficit, to find simple and cheap solutions to the problems created by the use of these sheets on sloped roofs, support the production of new roofing products which will replace existing non fire-proof materials after the fire regulation will go into effect, initiate for new processes in order to innovate for new design, contribute to cover the vulnerability in the sector and finalize the production of a new roofing material and the definition of the application process thus contributing in our social welfare.

In the 2nd section of the study: under the title of definition of the roof, the history, expected performances; definition of the roof, history of the roof system, and expected performance from the roof is explained.

In this section the roof description is: the roof having at least 2% of slope covered with clay, concrete, metal, bitumen, polymer, wood, glass, natural stone or ceramic roofing materials laid or fixed on concrete, wood, or steel structure with heat and water insulation protecting the building from external effects such as solar rays, rain, snow, wind, etc. is one of the components of the building.

The roof history has been explained in detail.

The expected performances are described as follows; solid and durable roof structure, solar rays reflection, waterproofing, wind proofing, fire-proofing are 5

major titles studied. Furthermore the roofing materials used actually in Turkey have been examined in detail.

In the 3rd section of the study: Bituminous roofing materials are examined in detail.

In the 4th section of the study: Products similar to roofing materials to be proposed for the process of development and production have been examined.

In the 5th section of the study: Proposal of a bituminous roofing material developed for sloping roofs called Bitupan was examined in detail to cover the development process.

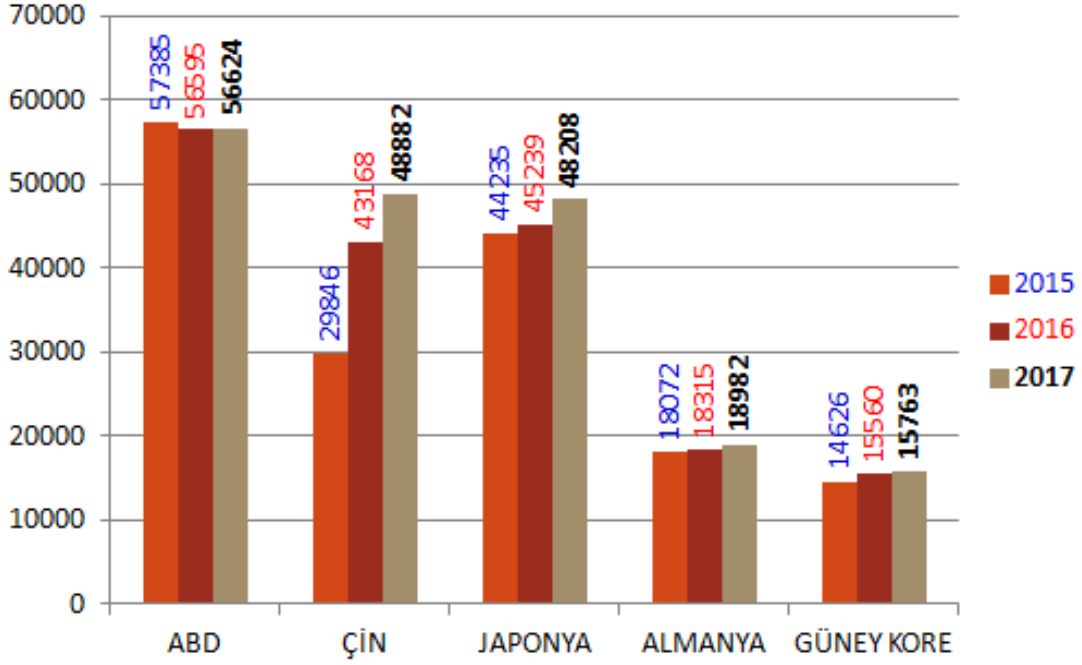
In the 6th section of the study: Project information and limitations.

In the 7th section of the study: conclusion and suggestions.

1. GİRİŞ

Sanayi ve teknolojideki gelişmeler gereksinimleri de değiştirmekte, dünyada her geçen gün birçok yeni yapı malzemesi kullanıma sunulmakta ve bunların bir kısmı da kendilerine önemli bir pazar oluşturmaktadır. Dünya Fikri Mülkiyet Örgütü'nün (WIPO-The World Intellectual Property Organization) Dünya Fikri Mülkiyet Göstergeleri Raporu'na göre, 2017 yılında toplam 243500 uluslararası patent başvurusu yapılmış ve 2016 yılına göre yüzde 4,5'luk bir artış gerçekleşmiştir. Bu başvuruların ilk sırasında 56624 başvuru ile ABD yer almıştır. İkinci sırada ise, 48882 başvuru ile son yıllarda bilim ve teknoloji alanında büyük ilerleme kaydeden ve bir önceki yıla göre %13'lük artış gösteren Çin bulunmaktadır. Japonya 48208 patent başvurusu ile 3. sırada, Almanya 18982 patent başvurusu ile 4. sırada ve Güney Kore 15763 patent başvurusu ile 5. sırada yer almıştır. ABD, Çin, Japonya, Almanya ve Güney Kore'nin 2017 yılındaki uluslararası patent başvuruları toplamı, dünyadaki patent başvurularının %77'sini oluşturmaktadır [1].

Çizelge 1.1 : 2015-2016-2017 yıllarında, PCT (Patent cooperation Treaty-Patent İşbirliği Anlaşması) uyarınca yapılan patent başvurularında ilk 5 sıra.



Ekonomistlere göre Türkiye'nin 2023 hedeflerine ulaşabilmesi ihracat rakamlarımızın artmasına bağlıdır ve 2017 yılı sonu itibarı ile dış ticaret açığımız giderek artmaktadır. İhracatımızın artması için yüksek teknoloji ürünleri geliştirmemiz ve bunları dış piyasalara kabul ettirmemiz gerekir [2]. Türkiye 2023 hedeflerine, katma değeri yüksek ürünleri üreterek ulaşabilir [3]. Türkiye 2017 yılındaki 1235 patent başvurusu ile 21. Sırada yer almıştır. Türkiye'nin uluslararası patent başvuruları, dünyadaki patent başvurularının binde 5'ini oluşturmaktadır [3]. Gelişmiş ülkelerin patent başvurularının yaklaşık olarak %50'si tescil edilirken, Türkiye patent başvurularının tescil oranı %25 civarındadır. Türkiye'de patent tescilleri açısından bakıldığında, inşaat malzemeleri ile ilgili buluşlar yok denecek kadar azdır. Bunun sonucunda da bir yandan ihracatımızı geliştireceğiz derken, diğer yandan pek çok ürünün ithalatı gerçekleştirilmekte ve ithalat ihracat dengesi bir türlü kurulamamaktadır [4]. Ülkemizde birçok teşviğe rağmen ürün geliştirme konusuna gereken önem verilmemekte ve çoğu teşvik ise, ürün geliştirme hedefleri çerçevesinde kullanılmamaktadır [5]. Bunda, üniversite, sanayi ve sektörel sivil toplum kuruluşları işbirliğinin istenen düzeyde olmamasının büyük etkisi olduğunu gözardı etmemek gerekir.

Çizelge 1.2 : 2023 Hedefleri, temmuz 2014.

Gösterge	2013 (Mevcut durum)	2023 (Hedef)
GSYH (Milyar USD)	820	2.000
Kişi Başı Gelir (USD)	10.782	20.000
Büyüme (on yıllık ortalama, %)	5	7
Türkiye ekonomisinin büyüklük sırası	17'nci	İlk 10 arasında
İhracat (Milyar USD)	163	500

Ülkemiz ekonomisini ayakta tutan inşaat sektöründe 2014 yılında %1,8, 2015 yılında %1,5 gibi çok düşük büyüme oranları gerçekleşirken, inşaat sektörünün en önemli bileşeni olan yapı malzemeleri sektöründe, 2014 yılında %3,5 2015 yılında ise %5 oranında büyüme gerçekleşmiştir. Bunların toplam büyüme rakamlarına etkisi %0,13 ve %0,10'dur. 2023 hedeflerinin gerçekleşmesi için, yıllık büyümenin istikrarlı bir şekilde %5 ile %7 arasında olması gerekmektedir [4,6].

Çizelge 1.3 : Patent ve marka başvurularının yıllara göre dağılımı.

Yıl	Yerli		Yabancı		Genel	Genel
	Toplam	Artış Oranı	Toplam	Artış Oranı	Toplam	Artış Oranı
2000	277	%0,36	3156	%15,01	3433	%13,68
2001	337	%21,66	2877	-%8,84	3214	-%6,38
2002	414	%22,85	1460	-%49,25	1874	-%41,69
2003	490	%18,36	662	-%54,66	1152	-%38,53
2004	685	%39,80	1577	%138,22	2262	%96,35
2005	935	%36,50	2526	%60,18	3461	%53,01
2006	1090	%16,58	4075	%61,32	5165	%49,23
2007	1838	%68,62	4351	%6,77	6189	%19,83
2008	2268	%23,39	4869	%11,91	7137	%15,32
2009	2588	%14,11	4653	-%4,44	7241	%1,46
2010	3250	%25,58	5093	%9,46	8343	%15,22
2011	4087	%25,75	6154	%20,83	10241	%22,75
2012	4543	%11,16	7056	%14,66	11599	%13,26
2013	4528	-%0,33	7527	%6,68	12055	%3,93
2014	4861	%7,35	7514	-%0,17	12375	%2,65
2015	5512	%13,39	8446	%12,40	13958	%12,79
2016	6645	%16,93	10333	%22,34	16778	%20,20
2017	8625	%33,82	10658	%3,15	19283	%14,93

Tüm dünyada olduğu gibi Türkiye'de de birçoğu kurumsallaşmamış firmalarımız, sistematik bir ürün geliştirme stratejisine sahip değildir. Firmalarımız herşeyden önce ürün geliştirme süreçlerini kurgulamalı, pazarın beklentisine göre talepleri belirlemeli ve doğru ve rakabetçi ürünü seçerek geliştirmelidir [7, 8]. Diğer taraftan birçok inşaat malzemesinde olduğu gibi, çok sayıda ithal çatı kaplama malzemesinin Türkiye pazarına girmesi ve girmek için araştırma firmalarına fizibilite raporları hazırlatması bu konuda bir açık olduğunun en önemli göstergesidir [9].

1.1 Sorun

Satın alma gücü yüksek kullanıcıların binaların görünümlerindeki beklentilerinin artması, çatılarda fonsiyonel çözümlerin yanısıra estetik arayışları da ön plana çıkarmıştır. Çatı örtüsünden beklentilerin artması, bilinen çatı kaplama malzemelerinin hem teknolojik hem de estetik açıdan geliştirilememesi ve 1995 yılında kabul edilen, 1 Ocak 1996'da yürürlüğe giren Gümrük Birliği Anlaşması ile Avrupa Birliği (AB'nin sanayi mallarına uygulanan gümrük vergilerini kaldırılması)

çatı kaplama malzemelerinin Türkiye'ye ithal edilmesinin önünü açmıştır. Bu da Türkiye'nin ciddi bir döviz kaybına uğramasına neden olmaktadır.

Satın alma gücü düşük kullanıcıların ekonomik çözüm arayışları sonucunda ise, bitümlü mineralli su yalıtım örtüleri eğimli çatılarda yaygın olarak kullanılmaya başlanmış, bu ise beraberinde çatılarda yoğuşma sorununu getirmiştir.

Şekil 1.1 : Konut, Ümraniye-İstanbul, Bitümlü örtü kaplanmış çatı ve çatıdaki yoğuşma problemi [11].

Oluşan sorun özel detaylar uygulanarak çözülebilmektedir ancak bu hem malzemenin kullanım amacına ters düşmekte hem de maliyetleri arttırmaktadır. Tüm olumsuzluklarına rağmen, modifiye bitümlü mineralli örtülerin eğimli çatılarda kullanımı giderek artmaktadır.

Binaların yangından korunması hakkındaki yönetmelik hükümleri, çatılarda en az B_{ROOF} (dış yangın etkisine dayanımlı) malzemelerin kullanımına izin vermektedir [10]. Diğer bir anlatımla piyasadaki bazı malzemelerin artık çatılarda kullanılamayacağını tarif etmektedir.

Geleneksel çatı kaplama malzemelerinin maliyetleri ekonomik olmakla birlikte, bakım maliyetlerinin yüksek olması, kullanıcıların bu malzemeleri tercih etmemelerine ve daha az bakım gerektiren çatı kaplama malzemelerine yönelmelerine neden olmaktadır. Piyasadaki diğer çatı kaplama malzemelerinin ise, kimi maliyet, kimi performans özellikleri, kimi de garanti şartları nedenleri ile kullanıcılar tarafından tercih edilmemektedir. Özellikle büyük şehirlerde bilinçli son kullanıcılar, ürünü satın alırken, kullanım ömrünün sonunda malzemeyi nasıl bertaraf edilebileceğini sorabilmektedirler.

1.2 Amaç

Eğimli çatılarda kullanılabilecek, yüksek performanslı, az bakım gerektiren, kolay uygulanabilen ekonomik bir çatı kaplama malzemesi geliştirilmesi amaçlanmaktadır. Teknolojik olarak performansı arttırılan bu malzemenin, estetik özellikleri de geliştirilerek çatı pazarından pay alması ve çatı kaplama malzemesi ithalatının azalması sağlanarak dış ticaret açığının azalmasına katkıda bulunulması amaçlanmaktadır.

Su yalıtım örtülerinin eğimli çatılarda kullanılması sonucu oluşan yoğuşma problemlerinin ve pahalı detay çözümlerinin önlenmesine katkıda bulunması amaçlanmaktadır.

Binaların yangından korunması hakkındaki yönetmeliğin işlerlik kazanması ile kullanımdan kalkacak çatı kaplama malzemelerinin yerine kullanılabilecek yeni bir çatı kaplama malzemesinin kullanıma sunulması amaçlanmaktadır.

Geliştirilen ürünün, canlı ve çok çeşitli renkleri ve her türlü detay çözümüne uygun olma özellikleri ile, villa, kameriye ve sundurma çatılarının vazgeçilmez çatı kaplama malzemesi olması amaçlanmaktadır.

1.3 Kapsam

Mevcut su yalıtım örtüleri modifiye edilerek yeni bir çatı kaplama malzemesi üretilmesi amaçlanmıştır. Türkiye'de okside bitümlü su yalıtım örtüsü üretimi bulunmadığı için bu ürün kapsam dışı bırakılmıştır. Sentetik örtüler de tüm yüzeye yapıştırılmadan uygulandıkları için kapsam dışı bırakılmıştır.

Modifiye bitümlü örtüler çok yaygın olarak üretilmekte ve ısıtılıp eritilerek yapıştırılmak suretiyle uygulanmaktadır. Çok esnek olması ve düşünülen altlık üzerine ilave bir yapıştırıcı gerektirmeden yapıştırılabilmesi nedenleri ile, geliştirilmek istenen ürün için en uygun bileşen olduğu düşünülmüştür.

Geliştirilecek ürün az bakım gerektirecek ve kullanım maliyeti düşük olacaktır. Ayrıca ürün kullanım ömrünü doldurduğu zaman bulunduğu çatı yüzeyinden kolaylıkla sökülüp bertaraf edilebilecektir.

Kolaylıkla şekillendirilebilmeleri, ham madde malzeme maliyetinin düşük olması ve çatı uygulamacıları tarafından bilinen bir malzeme olması nedeni ile ürün geliştirme süreç ve işlemleri, modifiye bitümlü örtüler ile sınırlı tutulacaktır.

Testlerde kullanılacak az sayıda malzeme üretebilmek için emek yoğun bir makina tasarlanıp imal edilecektir. Seri üretimin nasıl yapılabileceği tasarlanacak ancak üretimin gerçekleştirileceği makina konusunda detaylı çalışma yapılmayacaktır. Bu nedenle, üretimin nasıl gerçekleştirileceği konusu, bir proses şeması olarak hazırlanacaktır.

Piyasadaki hızlı değişimler nedeni ile maliyet konusuna girilmeyecektir. Ancak ürünün ekonomik olduğunu belirtecek göstergelerden kısaca bahsedilecektir. Ayrıca ürünün maliyet açısından satın alınabilir bir ürün olabilmesi için, olabildiğince ekonomik bir ürün olmasına çalışılacaktır. Gerekirse bazı performansların isteğe bağlı olarak seçilebilmesini sağlayabilmek için yüzey ve renk farklılığı gibi birkaç değişik tipte malzeme önerisi geliştirilecektir.

1.4 Yöntem

Çalışmada deneysel araştırma yöntemi kullanılacaktır. Kullanılmakta olan çatı kaplama malzemelerinin belirlenmesi için literatür taraması yapılacak, bu ürünlerden geliştirilmesi düşünülen ürüne benzer ürünler incelenerek performans kriterleri incelenecek ve geliştirilecek ürünün benzer performans özelliklerini sağlamasına çalışılacaktırGeliştirilecek emek yoğun makina ile üretilecek sınırlı sayıdaki numune, laboratuvarda şartlandırılarak darbe dayanımı, statik yüklere mukavemet ve dış yangın etkisine performansı testleri yapılacaktır [12,13,14]. Numune ürünler ayrıca bir çatı maketi üzerinde uygulanarak, detay çözümlerinin yapılabilirliği irdelenecektir.

1.5 Hipotez

Geliştirilecek ürünün, çatıda yoğuşmaya neden olmayacağı, çatı katmanları arasında iyi bir havalandırma sağlayacağı, dış yangın etkisi performansının yüksek olacağı ve ekonomik olacağı düşünülmektedir. Son kullanıcı için ekonomik, sorunsuz ve bakım maliyeti düşük bir ürün olacağı , yüklenici için, ekonomik ve uygulama işçiliği düşük bir ürün olacağı, mimar için her tip çatı detayında kullanılabilen estetik bir ürün olacağı düşünülmektedir.

Yüksek darbe mukavemetine sahip ve talebe bağlı olarak istenen RAL renklerinde üretilebilecek olan bu ürünün, dış pazarlarda da yer edinebileceği ve yapılacak ihracat ile ülke ekonomimize de katkıda bulunabileceği düşünülmektedir.

Geliştirilen çatı kaplama malzemesi sadece çatılarda değil, çatı ile cephenin bütünleştiği yapılarda da rahatlıkla kullanılabilecek ve bu uygulama olanağı mimarlara tasarım rahatlığı getirmesinin yanısıra, sürekliliği nedeni ile uygulamacılara da büyük kolaylık getirecektir.

2. ÇATI SİSTEMİ : TANIM, TARİHÇE, PERFORMANS VE SINIFLANDIRMA

Çatılar ile ilgili hemen hemen her kaynakta yapılmış olan çatı tanımları, ana hatları ile belirli bir alanın üzerinin örtüsü olarak tanımlanmaktadır. Üzeri örtülü bir mekan arayışı insanlığın varoluşu ile başlasa da, bugün anladığımız şekilde çatı yapımı binyıllar sonra gerçekleştirilebilmiştir.

2.1 Tanım ve Tarihçe

Çatı kelimesi çeşitli kaynaklarda farklı şekillerde tanımlanmıştır.

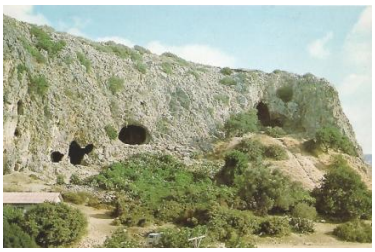
- Çatılar, bir yapının üzerini örten, bitişini sağlayan ve yapıyı biçimlendiren yapı elemanıdır. Amacı yapıyı üst taraftan atmosfer etkilerine karşı korumak olan çatıların şekli, örtü malzemelerinin rengi ve dokusu, yapının genel görünümünü etkiler [15].
- Çatılar, dış şekillerine, eğimlerine, konstrüksiyonlarına, örtü malzemelerine, konstrüksiyon malzemesine ve ısı yalıtım uygulama biçimlerine göre sınıflandırılabilirler ve buna göre adlandırılabilirler [16].
- Bir yapıyı örten ve eğik yüzeyleri olan damın tahtadan iç yapısı [17].
- Yapıların üstünü akıntılı bir tarzda örtecek malzemeyi taşımak üzere yapılan çoğu ahşap veya maden iskelet [18].
- Çatı, bina iç ortamını dış hava koşullarından koruyan en önemli elemandır. Çatı, bir binanın taşıyıcı sisteminin üst başlığını oluşturur. Dış ortamdan gelen ve binayı etkileyen tüm yükler ile sıcaklık ve nem değişimleri sonucu oluşacak hareketler, çatının taşıyıcı sistemi ile ana taşıyıcılara iletilirler [19].
- Yapıları dış atmosferden gelen yağmur, rüzgar, kar ve dolu gibi etkenlerden koruyan elemanlar [20].
- Çatı, bir binayı dış tesirlere (yağmur, kar, rüzgar, soğuk, sıcak vs. gibi hava tesirlerine) karşı muhafaza etmek için üzerlerine örtü malzemesi konulan meyilli satıhlar ile bunların istinadına mahsus duvar, ağaç, demir veya betonarme gibi imalatın heyeti mecmuasıdır [21].

- Yapının üstüne gelen ve yapıyı yağmur, kar, rüzgar ve güneş ışınları gibi etkenlerden korumak üzere, bu işlere elverişli gereçlerle yapılmış tabaka [22].
- Bir yapının üstünü doğal etkilerden koruyan eğimli yüzey [23].
- Çatı; bir yapının, bir evin damını kuran parçaların tümü. Dam, binaları her türlü dış etkiden korumak için üzerlerine inşa edilen, çoğunlukla kiremit kaplı örtü [24].
- Çatı, binayı dış ortamdan ayıran ve sınırlayan, dış ortam etkilerinin doğrudan etkili olduğu bina bölümünde binayı üsten örten ve yağışlar (yağmur, kar, dolu), nem, rüzgâr, güneş ışınları, ısı, gürültü, toz, yangın gibi dış etkenlerden koruyan bir yapı elemanıdır [25].
- Yapıların üstünü akıntılı bir tarzda örtecek malzemeyi taşımak üzere yapılan çoğu ahşap veya maden iskelet [26].

Buna göre çatı; ‘’binayı güneş ışınları, yağmur, kar, rüzgar v.b. dış etkilerden korumak üzere, betonarme, ahşap, çelik v.b. malzemelerle konstrüksiyonu oluşturulan, su yalıtımı ve gerektiğinde ısı yalıtımı olan ve kil, çimento, metal, bitüm, polimer, ahşap, cam, doğal taş, seramik v.b. malzemelerle oluşturulmuş bir örtüdür’’şeklinde tanımlanabilir.

İnsanlar, ilk çağlardan itibaren barınmak için çareler aramış, öncelikle doğadaki mağara, kovuk v.b. mevcut kapalı alanları kullanmayı tercih etmiş ve konut/çatı teknolojisini geliştirebilmesi için bir milyon yıldan fazla bir sürenin geçmesi gerekmiştir [27, 28, 29, 30].

Bu aşamada herhangi bir yapısal faaliyetten ve buna bağlı olarak da çatı kavramından söz etmek mümkün değildir (Şekil 2.1, 2.2, 2.3). Daha sonra insan, bütün doğal olanaklardan yararlanarak ve yine doğadan sağladığı malzemeleri de kullanarak ilk yapıları ve buna bağlı olarak ilk çatıları yapmıştır [29].



Şekil 2.1 : Carmel mağaraları-Hayfa [27].

Şekil 2.2 : Hinds mağarası Texas [28].

Şekil 2.3 : Yarımburgaz mağaraları-İstanbul [29].

İlk çatı kaplamaları, mevcut malzemelerin hiçbir işleme tabi tutulmadan kullanılması ile gerçekleştirilmiştir. Daha sonraları yine ahşap, doğal taş gibi mevcut malzemelere şekil verilmesi ile çatı kaplama malzemeleri oluşturulmuştur. İklimin sıcak olduğu bölgelerde, kamıştan, ağaç dallarından ve büyük hayvan kemiklerinden çatma kulübeler kurulmuş ve bunların üzerleri önceleri yapraklarla ve deri parçaları ile örtülmüştür [29, 30]. Daha sonra bu örtülerin üzerleri otlarla karıştırılmış çamurla, tezekle kaplanarak, bir anlamda ilk çatı örtüsü imalatı gerçekleştirilmiştir. Ancak, bu kulübeler duvar-çatı sisteminden çok, bu türden bir ayrımın yapılamayacağı konik veya eğrisel yüzeyli çatkı biçimindedir (Şekil 2.4). Zamanla, mevcut barınakları yetersiz bulan insanlar, yine doğal malzemelerden yararlanarak ilk binaları, dolaysıyla ilk çatıları yapmışlardır (Şekil 2.4).

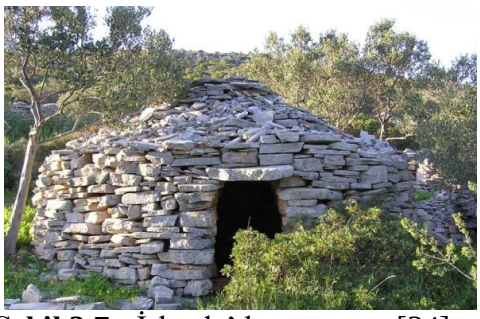
Şekil 2.4 : Kamış ve dallardan çatkı barınak, sıvalı ahşap kulübe [31].

Toprağa kazılmış çukurların üstlerinin dallar çatılarak, otlar ve sazlarla örtülmesi ile oluşan hendek ev türü, oyulan çukur üzerine sadece bir çatı yapılarak gerçekleştirilmesi, çatının tarihi açısından özel bir öneme sahiptir. Bu ilk gerçek çatı uygulamaları, genellikle dairesel bir çukurun ortasına bir dikme dikilerek ışınsal çatı strüktürünün oluşturulması, dallardan yapılan bu taşıyıcı strüktürün yer yer enine bağlanması ve üzerinin otlar, sazlar, yapraklar gibi bitkilerle örtülmesi şeklinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 2.5). Günümüzden yaklaşık olarak 40 bin yıl öncesinde Orta ve Doğu Avrupa'da olduğu bilinen bu yapılarda, ısınma sorunu da belirli bir ölçüde çözülebilmiştir [32,33].

Şekil 2.5 : Doğal malzemeler kullanılarak yapılan yapılar ve hendek yapılar [33].

Bu yapıların tümü, uygulama basitliği nedeni ile yuvarlak planlı olarak tasarlanmıştır (Şekil 2.6,2.7,2.8,2.9).

Şekil 2.6 : Paleolitik dönem barınak [33].



Şekil 2.7 : İrlanda'da taştan ev [34].

Şekil 2.8 : İlk taş yapıların çatıları [34].

Şekil 2.9 : İlk kamış çatılar [33].taş

Günümüzden 16 bin yıl önce, artık açık alanlarda geçici, mevsimlik yerleşimlerin kurulduğu görülür. Bu dönem bize, iklim koşullarının daha uygun hale geldiği ve bununla birlikte insan gruplarının bulundukları bölgeye göre bazı uzmanlaşmış geçim kaynakları geliştirdikleri bir süreci yansıtır. Artık uzmanlaşmış balıkçı/toplayıcı topluluklar, açık alanlarda yine dal, saz, çamur gibi doğada rahatça bulunabilecek malzemelerden barınaklara sahiptir. Yuvarlak plan uygulamasının devam ettiği bu dönemlerde yapılar, yatmak ve sınırlı işleri gerçekleştirmek için kullanılırken günlük işler için yapı önleri ya da yapılar topluluğunun ortasındaki alanlar kullanılır. Böylelikle insan mevcut teknolojik bilgisiyle gerek barınma, gerekse beslenme konusunda doğal çevre koşullarına uyum sağlayabildiği yeni bir sürece adım atmıştır. Bu dönem aynı zamanda, konut gibi üretiminde farklı bir mimarlık bilgisine ihtiyaç duyulan kalıcı, sabit yerleşmelerin ve yeni barınma biçimlerinin öncülüğünü yapar. İnsan artık çevresindeki olanakların daha fazla bilincindedir ve bunlardan yararlanabilecek kültürel birikime ve teknolojiye sahip olmaya başlamıştır [34].

M.Ö. 11 binli yıllara gelindiğinde özellikle Yakındoğu ve Anadolu'da sabit yerleşmeler kurulmaya başlanır. Rahatça ulaşılabilen taş, ahşap, dal, saz ve çamur gibi doğal yapı malzemeleri kullanarak inşa edilen yapılar ortaya çıkar. Bu tip yerleşmeler insanların sürekli yer değiştirmek zorunda kalmadan gerekli besini bulabilecekleri özelliklere sahip alanlarda kurulur. Son yıllarda tespit edilen çok sayıdaki yerleşme, yaygın kanının ötesinde, tarım toplumları öncesinde yerleşik yaşam biçimlerinin ortaya çıktığını kanıtlar [34].

Anadolu'da Hallan Çemi (Batman), Çayönü (Diyarbakır), Aşıklı (Aksaray) gibi yerlerdeki bilinen yerleşik topluluklarda, toplayıcılığın arttığı, bazı hayvanların evcilleştirildiği ve çevrenin sunduğu diğer olanaklardan da yararlanıldığı anlaşılır. Mekanların içinde yiyecek işlemek, depolamak gibi bazı işlerin yürütüldüğü ve yapıların çevresinde barınma işlevi olmayan, depolamaya yönelik bazı ek yapıların yer aldığı görülür. Hâlâ yuvarlak plana sahip yapılar, ahşap direklerin arasını dallarla örmek suretiyle oluşturulan sepet görünümünde duvarlara ve yine saz, sap gibi hafif malzemeden yapılmış çatı örtüsüne sahiptir. Bu yapılar Hallan Çemi örneğinde olduğu gibi çapları dört metreye kadar ulaşan boyutlarda olabilmektedir.

Tahılların besin ekonomisinde önemli bir yer tutmaya başlamasıyla birlikte yerleşmelerin daha kalıcı bir hal aldığı ve uzun süreli sabit yerleşmelerin kurulduğu görülür. Toplumların beslenme alışkanlıkları, yerleşme düzeninde olduğu kadar yapıların inşaa biçimi ve planlarında da etken oluşturur. Ev içi ekonomisinin gelişmesi, daha kalıcı depolama ve işleme alanlarına ihtiyaç duyulması, yapı içini farklı işlevlere yönelik bölümleme ihtiyacını doğurur. Bütün bu ihtiyaçlar yapıların şekillendirilmesinde, yuvarlak planlı yapılardan dörtgen planlı yapılara geçilmesine neden olur. Bu geçiş, mimarlık tarihi açısından, köşe bağlantısı, çatı gibi teknik olarak çözümü uzun bir birikim gerektiren sorunların çözülmesi anlamına da gelir. İnsanlar artık sabit yerleşmelerde dörtgen planlı yapılardan oluşan, olasılıkla önceden tasarlanmış bir düzene sahip köyler kurmaya başlarlar. Dörtgen plan, yapı içinde bölümlemeye olanak sağladığı gibi, yine ihtiyaca göre bir takım eklerle büyütülmeye de uygun bir plan anlayışıdır. Öte yandan, yığma yapı tekniğinin gelişmesi öncesinde, dolmenler ilk örtücü taş uygulamaları olarak kabul edilir. Aynı zamanda mezar mimarlığının ilk örneklerinden olan, mezar yapısı niteliği taşıyan dolmenler, Neolitik Devir (M.Ö. 5000'e kadar) den itibaren görülmeye başlanmıştır. Bunlar, taş

ayaklar üzerine oturtulan, yassı kayalardan oluşmaktadırlar. 2-4 m. yükseklikte, 4 m2'ye kadar alanların kaplandığı örnekler vardır (Şekil 2.10) [35-38].

Şekil 2.10 : Çeşitli Dolmenler [37].

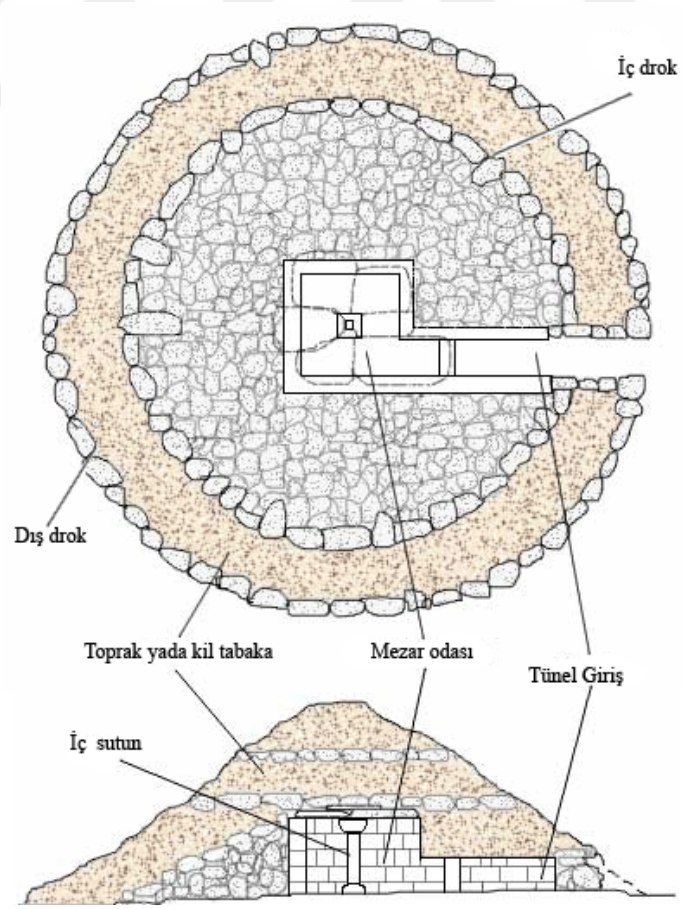
Bugüne kadar bilinen, insanlar tarafından inşa edilen en eski yapıların bulunduğu Göbeklitepe, M.Ö. 10000 yılına tarihlenmektedir. Şu ana kadar 6 tapınağın gün ışığına kavuşturulduğu Göbeklitepe'de, toplam 20 tapınak bulunduğu düşünülmektedir [39].

Şekil 2.11 : Göbeklitepe, Şanlıurfa [39].

İngiltere'nin Wiltshere kentinde bulunan ve geçmişi milattan önce 8000 yılına kadar dayanan Stonehenge taş çemberinin tam olarak ne amaçla kullanıldığı hünüz anlaşılamamakla birlikte, birçok araştırmacı cenaze törenlerinin düzenlendiği tapınak olarak kullanıldığına inanırken, bazı araştırmacılar da, güneş ve ayın hareketlerini incelemek için kullanıldığına inanmaktadır. Eski İngilizce'de asılı taş anlamına gelen Stonehenge'nin nasıl inşa edildiği hala gizemini korurken, bulunduğu bölgede sismik cihazlarla yapılan yeraltı incelemesinde 17 farklı yapının daha izine rastlanmıştır.

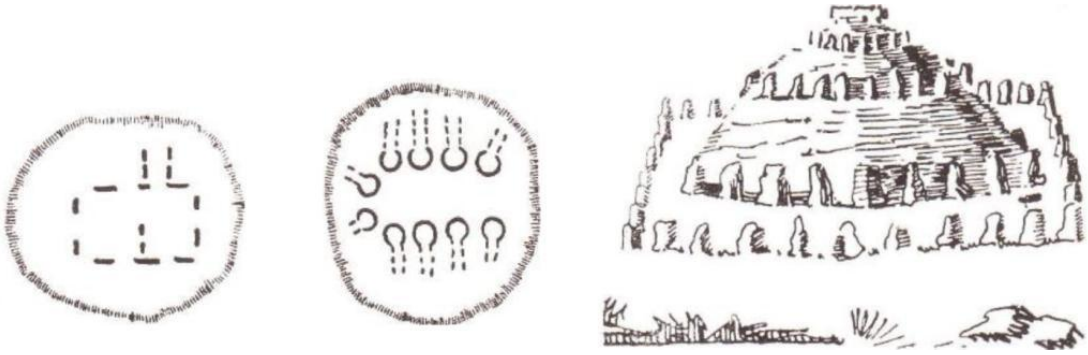
Şekil 2.12 : Stonehenge, Salisbury Plain in Wiltshire, England, M.Ö.3000-1500 [42].

Yine mezar yapıları olan, Avrupa'da tümülüs veya tumba, Asya'da kurgan adı verilen, içi dolmenli galerilerden oluşmuş, genellikle merkezde orta mezar odaları bulunmaktadır [40,41], (Şekil 2.11).



Şekil 2.13 : Tümülüs (Kurgan) anıt mezarların iç yapısı, Plan ve Kesit [43].

İlk lentolu çatılar olarak nitelendirebileceğimiz bu taş örtülerin yanı sıra Mezopotamya'da Neolitik Devrin sonlarından itibaren bindirme tekniği ile yapılmış, üzeri kalın toprak örtü ile örtülü yalancı tonoz ve kubbeler görülmektedir.



Şekil 2.14 : Kelt tümülüs planları ve yapısı [43,44].

İrlanda'da, Country Meath vadisindeki megalitik Newgrande Tümülüsü, bir Taş Devri anıtıdır. Neolitik dönemde, M.Ö. 3200 yılında, Stonehenge ve Mısır piramitlerinden daha önce inşa edilmiş olan Newgrange, taş geçit ve içinde odalardan oluşan ve antik tapınak olarak sınıflandırılan büyük bir dairesel höyüktür.

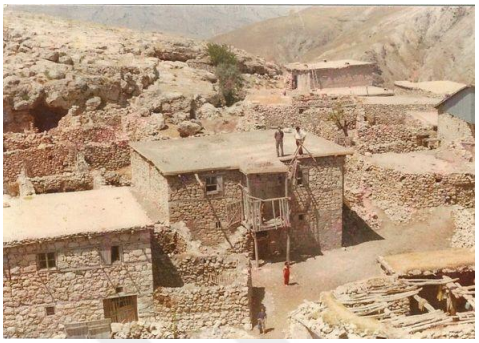
Şekil 2.15 : Newgrange Stone Age Passage Tomb, İrlanda [45].

Neolitik dönemde Anadolu'nun farklı kesimlerinde farklı yerleşim düzenleriyle karşılaşılır; Orta Anadolu'da bitişik düzende evlerin oluşturduğu köyler kurulurken, Güneydoğu Anadolu'da köyler bağımsız konut birimlerinden oluşur. Bununla birlikte yapımı için toplu bir işgücüne ihtiyaç duyulan ve toplumun hiyerarşik yapısına işaret eden tapınak türü yapılara rastlanır. Bu dönemde tüm yerleşim yıkılarak yeniden inşa edilmekte, yapıların taban altlarına ve ev içinde sekilerin altına gömü yapılmakta ya da Çatalhöyük örneğinden bildiğimiz gibi mekan içinde, çatıyı taşıyan ana direğin altına kafatası bırakılmakta, ev duvarları Şekillerle bezenmektedir [46]. Bütün bunlar konut ve yerleşmenin bugünkünden farklı bir anlam taşıdığını; bir bakıma kutsallaştırıldığını ve "toplumsal bir hafızanın" ürünü olduğunu ortaya koyar.

Şekil 2.16 : Çatalhöyük kazı alanı, Çumra-Konya [46].

Eski Mısır'da M.Ö.3000'den itibaren, yapılarda ilkel kemer, tonoz ve kubbelerin kullanıldığı bilinmektedir. Bu devirlerde Mısır'da basit ev yapılarında da hafif çatma konstrüksiyonlar yer almaktadır. Örneğin, I. Hanedan devrinden, yaklaşık M.Ö. 3000'de, fildişi üzerine oyulmuş bir ev eskizinde, sazlardan çatılmış, bir giriş kapısı olan, bir kulübe görülmektedir. Burada sazlar yapının üzerinde bükülerek, adeta bir kubbe oluşturmaktadır. Yapı yapraklar ile örtülmektedir. Bu türden benzer örtülere bazı mezar yapılarında da rastlanmaktadır. Ancak, gerek Mezopotamya'da saray türü yapılarda, gerekse Mısır'daki büyük yapılarda, tapınakların dışında, düz tavan oluşturan lentolu sistemler kullanılmıştır. Sık kolon üzerine oturtulan kirişler ve aralarını örten taş plaklar döşemeyi oluşturmakta, bunun üzeri döğülerek sıkıştırılan kalın bir toprak tabakası ile örtülerek teras çatılar gerçekleştirilmektedir. Anadolu'da da geçmişten günümüze dek düz çatıların [47,48,49], damların ahşap kirişlerle geçilerek ve üstleri sıkıştırılmış toprak ile kaplanarak yapıldığı bilinmektedir (Şekil 2.17,2.18,2.19). 1600'lü yıllarda sıcak bölgelerde, hendekler içinden açılan mağaraların da konut amaçlı kullanıldığı bilinmektedir (Şekil 2.20) [50]. Anadolu'da M.Ö. ikinci binin sonuna dek sadece düz çatıların, damların kullanıldığı kabul edilmektedir. Geniş açıklıkların geçilmesinde payandalar ve konsol çalışan takviyelerle ahşap çatı kirişlerinin desteklendiği görülmektedir. Örneğin Truva'daki bulgularda geniş açıklıkları geçen ahşap kirişlerin, bu şekilde ahşap payandalar ve

duvar üzerinde birbirlerine çıkıntı yaparak oturan konsol taşıyıcılarla desteklendiğine dair düşüncelere varılmıştır. Doğuda, Sasaniler Devri'nde de hacimlerin tonoz ve kubbe kullanılarak geçildiği (Şekil 2.21), bunların yüzeyinin sıvanarak örtüldüğü, küçük ev tipi yapılarda düz damların saman katkılı balçıkla yapıldığı görülmektedir [45, 46].



Şekil 2.17 : Toprak dam, Büründek Köyü-İliç- Erzincan [47].

Şekil 2.18 : Toprak dam, Hüyük Köyü, Çavuş Beldesi -Konya [48].

Mertekler üzerine boşluksuz olarak tespit edilen tahtaların üzerine, saman ile toprağın karıştırılıp 40-50cm kalınlıkta serilmesi ile oluşturulan toprak damlar, kış gelmeden önce, bölgeye göre farklı isimleri olan (loğ taşı, yuvgu taşı, yuvak taşı) silindir bir taş ile sıkıştırılarak sertleştirilir. Bu işlem yapılmazsa gevşeyen toprak su sızdırmaya başlar.

Şekil 2.19: Toprak dam, Van [49].

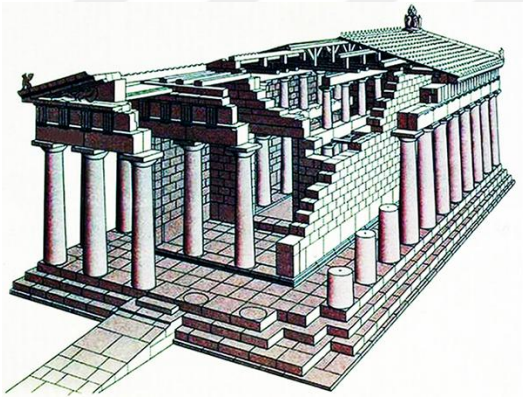
Şekil 2.20:Mağara ev – Trablus, Libya [50].

Çatı örtüsünde ve suların toplanmasında oluk, kiremit gibi öğelerin varlığı, eğimli çatının da bu bölgede kullanılmış olma olasılığını güçlendirmektedir. Anadolu'da da Frigya Çağı'nda ve sonrasında kiremit kaplama ve beşik çatı ve kıyı bölgelerde yapılmaya başlanmıştır. Ahşap kirişlerle geçilerek oluşturulan örtüler, Sasaniler'de olduğu gibi, Eski Yunan'da da kullanılan bir çatı tipidir. Bu çatılarda kiremidin yanı sıra madeni levhalar da örtü malzemesi olarak kullanılmışlardır. Çatıların yapımında en basit hali ile bırakma kirişi (asma çatı makasında alt başlık), baba, göğüsleme,

mahya kirişi gibi elemanlar kullanılarak ahşap çatı taşıyıcı sisteminin oluşturulduğu günümüze dek ayakta kalan örnek yoksa da, bazı yapı kalıntılarındaki izler bu düşünceyi doğrular niteliktedir. Örneğin, Karakalla hamamının soğukluğunda (Şekil 2.19), çağdaş ‘’T’’ profillere benzer şekilde demirler görülmekte, bunların demir taşıyıcı sistemi olan bir çatıya ait oldukları düşünülmektedir [51].

Şekil 2.21 : Karakalla (Caracalla) hamamları, Roma [51].

Greklerin bu devirde çatı örtüsü olarak ağır malzeme kullandıkları (Şekil 2.20), taş duvar yapımına başlamalarından anlaşılmaktadır. 70cm x 90cm x 4cm boyutlarında, yaklaşık 30kg ağırlığında ve S biçimindeki toprak kiremitler, bronz levha ve mermer kiremitlerin yanı sıra, çimento benzeri bağlayıcılar ile yapılan kiremitler ile diğer metal levhaların da kullanıldığı aktarılmaktadır [52].



Şekil 2.22 : Grek’lerde çatı sistemi [51].

Şekil 2.23 : Pers ve Sasani’lerde çatı sistemi, tromplu kubbe [51].

Çatı strüktürlerinin oluşturulmasında taş ile çalışmanın zorlukları ahşap kullanılarak aşılmıştır. Sıcak bölgelerde çatılarda kamış kullanımı da oldukça yaygın hale gelmiştir.

Dünya tarihinde imalatı yapılan ilk yapı malzemelerinden biri olan Kiremit’in çatı kaplama malzemesi olarak kullanımı M.Ö. 13.yy.’da önce Korint’te ve Orta Doğu’da, M.Ö.10. yy.’da da bunlardan bağımsız olarak Çin’de başlamış ve bu bölgelerden Avrupa ve Asya’ya yayılmıştır. . Korintler, bugün de kullanılan iç bükey

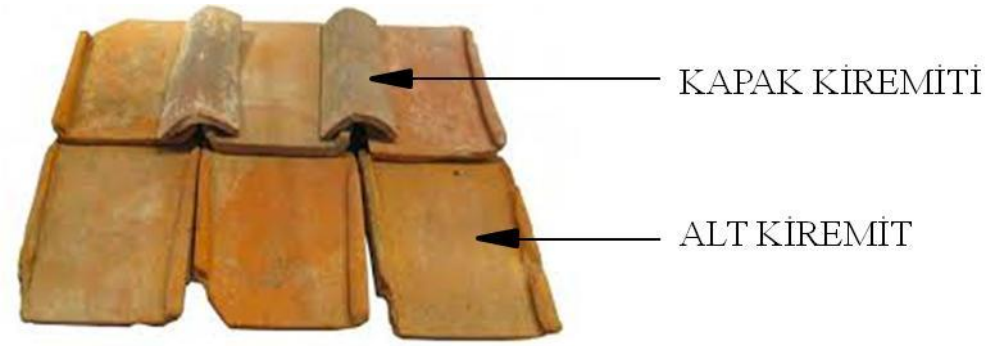
kiremitleri M.Ö. 4. yy.'da, şu anda üretilenlerden 2,5 kat daha büyük olarak imal etmişlerdir (50cmx100cm, kalınlık 2-3cm). Tasarım ürünü olmaları ve üretimlerinde kalıp kullanılması nedeni ile çatı kaplamaları içinde önemli bir yer tutan kiremitte ilk standartları geliştiren Romalılar, oluklu kiremitte neredeyse bugünkü üretim kalitesine erişmişlerdir. Kalınlık nedeni ile oluşan kuruma ve pişirme problemlerini çözmeye çalışmaları ile, ilk araştırma faaliyetlerini de yine Romalılar başlatmış, kiremiti bir sanayi dalı haline getirmişlerdir. Anadolu'da Romalılar ile başlayan Alaturka kiremit üretimi Selçuklu ve Osmanlı mimarisinin vazgeçilmez bir çatı kaplama malzemesi olmuştur. Kil Kiremitler, Avrupa ülkelerinde ve Uzakdoğu'da yaygın olarak kullanılmaktadır. Kil kiremitlerde kalıp değişikliği yapılarak sadece biçimsel farklılıklarla yeni ürünler tasarlanmıştır. Üretim prosesleri, ilk üretildiğinden bu yana neredeyse aynıdır [53].

Özellikle Avrupa'da kiremitlerin genel görünüşleri birbirlerine çok benzemekle birlikte, neredeyse tüm üreticiler farklı ölçülerde üretimler yapmaktadır. İtalya'da 40'a yakın kiremit üreticisinin ürünleri incelenmiş ve hepsinin kiremitlerinin farklı ölçülerde olduğu tespit edilmiştir. Keza İspanya, Fransa ve Almanya'da da durum çok farklı değildir. Ancak Türkiye'ye bakıldığında çok kısa bir süre öncesine kadar özel bir boyutsal standart zorunluluğu getirilmiş gibi, tüm üreticilerin kiremit ölçülerinin aynı olduğu görülmektedir. Bu durum patent yasalarının işlemeyişinin yanısıra, uzun süre kiremit kalıbını yapan bir tek imalathanenin bulunmasının sonucu olarak yorumlanabilir. Ancak son birkaç yıldan bu yana, az da olsa farklı boyutlarda ve tiplerde kiremitlerin üretilmeye başlanmış olduğu fakat bunların Avrupa'daki üretimlerin kopyaları olması nedeniyle yeni tasarım olarak değerlendirilemeyeceği açıktır. Günümüzde tamamen el değmeden üretimlerin gerçekleştirildiği sistemler olsa da, ülkemizde henüz bu sistemlerin kullanıldığı bir fabrika mevcut değildir. Ürünün kalıp üzerine elle konulması ve pişirilmesi sırasındaki deformasyonlar, kullanımda birçok problemlere neden olmaktadır [53].

Seramik kelimesi Yunanca KERAMOS veya kil anlamına gelen KERAMIKÉ 'den türetilmiştir. Kil kelimesi, her türlü nesneyi elde etmek amacı olan tüm faaliyetleri kapsar. Plastik hale getirilen kil kolaylıkla şekillendirilir ve pişirildikten sonra çok sert ve mukavemetli hale gelir. Seramik öncelikle inşaat, dekorasyon amaçlı objeler, gıda deolama ve taşımacılıkta kullanılmak amacı ile üretilmiştir. Kırmızı kil

kullanımının, Neolitik Dönem - M.Ö. 8000 yıllarında başladığı tahmin edilmektedir [54].

Taş Devri sonunda kil, daha dayanıklı ürünler elde etmek için özel olarak geliştirilmiş fırınlar içinde pişirilmeye başlar. O zaman bu hammadde ünlü Babil Kulesinde, Çin'de, kil döşeme yapımında ve ilk hiyeroglif yazıtlar gibi oldukça cesur projelerde kullanılmaya başlamıştır. Romalılar seramik üretimi için farklı teknikler geliştirilmiş ve bu teknikler tüm imparatorluğa yayılarak, seramiğin yaygın kullanımının ve farklı yapıların inşa edilebilmesinin önünü açmıştır.



Şekil 2.24 : Roman kiremiti, Feurs Arkeoloji Müzesi, Fransa [55].

Romalıların kiremit çatılar için yaptıkları farklı tanımlamalarda kullandıkları Tegula kelimesi Latince'den gelir. Bazı döşeme kaplama malzemesi üreticileri ürünlerinde belirgin bir işaret kullanmışlardır. Bu, tuğla kullanımının da en az kiremit kullanımı kadar eski olduğunu düşündürmektedir. Ancak, Roma'da antik yapıların çatılarının çok kötü durumda olması nedeni ile, çatılarda kiremit kullanımının tam olarak ne zaman başladığı bilinmemektedir. Kiremit, kullanımı yaygınlaştıktan ve özellikle yüksek dayanıklılığı anlaşıldıktan sonra, dekorasyon için de kullanılmaya başlanmıştır.

Romalılar iki farklı tipte kil kiremit kullanmışlardır. Birinci tip kiremitler, dikdörtgen şeklinde ve ortalama 34-40 cm uzunluğunda ve 23-27 cm genişliğindedir. İkinci tip kiemitler ise, buna ilaveten silindirik bir bölüme sahiptir. Roma'da bu tip kil kiremitler 18. yüzyıl kadar kullanılmıştır. Ancak 11. yüzyıldan itibaren yeni kil kiremit modelleri geliştirilmeye başlanmıştır [56].

Kiremitler, birbirlerinin kenarına binip suyu alta geçirmeden akıtacak biçimde yapılmış çatı kaplamalarıdır. Bir kiremit, yanlarından iki dayanak üzerine oturtulduğunda ortasına 120 kg'lık tek bir yük uygulanınca kırılmamalıdır [57]. Pişmiş toprak kiremitlerin günümüzde kullanılan birçok çeşitleri bulunmaktadır.

İnsanların yerleşik yaşamaya başlamaları ile birlikte çatı kaplama sorunu ortaya çıkmış ve bin yıllar öncesinden günümüze kadar çok çeşitli malzemeler, çatı son kat kaplaması olarak kullanılmıştır.

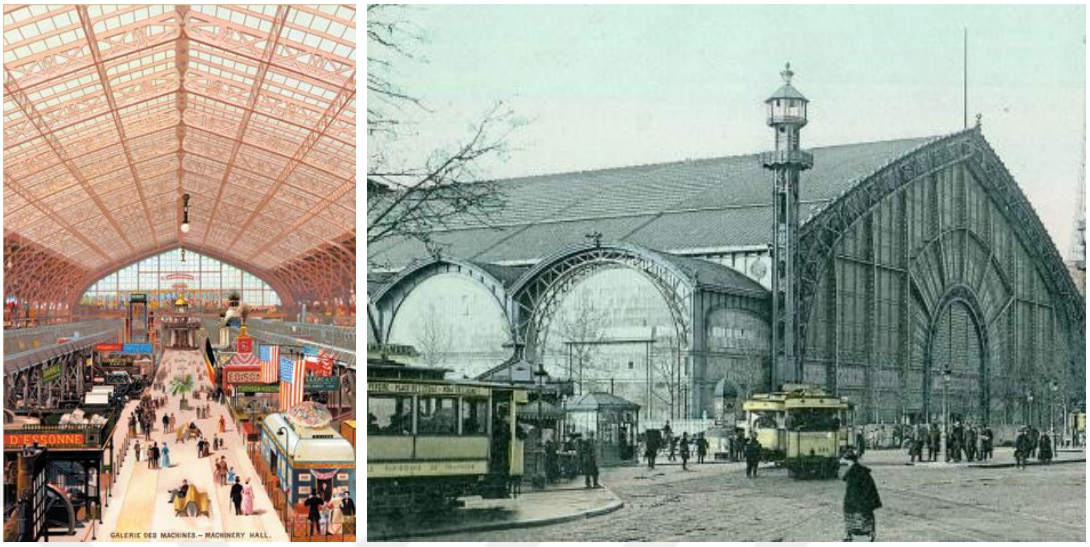
Kil kiremit üretiminde devrim yaratan buluş, 1841 yılında Gilardoni kardeşler tarafından yapılmıştır. Marsilya tipi kiremitlerin ilk prototipi geliştirildikten sonra, 1890'larda bugün de yaygın bir şekilde kullanılan Marsilya tipi kiremit geliştirilmiştir [58].

Kil kiremitler, kalıplanmış kilin pişirilmesi yolu ile üretilmektedir. Kilin yoğunluğu değişkendir ve ısıtılma süresine bağlı olarak belirlenir. Kiremitlerin su emme özelliğinin azaltılması için yüzeyleri sırlanabilir. Ayrıca görsellik için yüzey dokusu uygulanmış olabilir. Sonuç olarak, kiremitler çeşitli profillere, stillere, bitirme şekillerine ve geniş bir renk çeşitliliğine sahiptir. Buna ek olarak, mahya, üç ve dört yollu mahya ve mahya uçlarında kullanılmak üzere tasarlanmış çeşitli şekillerde mahya sonlama tasarımları çok çeşitli kiremitlerle uyumludur. Uygulama yöntemleri kullanılan kiremitin özelliklerine bağlı olarak değişir.

Çatılarda ilk metal kullanımı M.Ö. 3000 yıllarına tarihlenmektedir. Önceleri, ergime sıcaklığı oldukça düşük ve işlenmesi çok kolay bir metal olan kurşun, sonra bakır ve çinko, daha sonra demir ve son olarak ta alüminyum, çatı kaplaması olarak kullanılmaya başlamıştır. Metal çatı kaplamalarının çatılarda yaygın kullanımı, 14.yy. da gerçek anlamda dökme işlemine geçilmesi ve 18.yy. da pota yöntemi ile demir üretiminin başlaması ile mümkün olmuştur. Bu tarihlere kadar taşıyıcı sistem içindeki başlıca görevi kemerlerde gergi olan demir, üretiminin yaygınlaşması ve demir profillerin, putrellerin üretime girmesi ile taşıyıcı iskeletin oluşturulmasında, açıklık geçmede kullanılmaya başlanmıştır [59].

İlk önemli metal çatı örneği Paris'te 1811′de yapılan 40 metrelik dökme demir kubbeli hal binasıdır [60]. 1837'de de metal çatı makaslarının üretimine geçilmiştir. 19.yy.'ın ortalarından itibaren ise seri çelik üretim yöntemlerinin bulunarak, geliştirilmesi, dökme demirin yerini kısa sürede çeliğin almasına neden olmuştur. 1851'de İngiltere'de dökme demir elemanlar kullanılarak yapılan Crystal Palace, tümü dökme demir parçalardan oluşan ve kurulup sökülebilen nitelikte bir yapıdır. Burada tüm taşıyıcı sistem ve üst örtü taşıyıcıları demir olup, aralarında cam örtü

kullanılmıştır. Bu şekilde yapılan bir dizi çelik yapı arasında Paris Sergisi sırasında inşa edilen Makineler Galerisi de (Şekil 2.22), konu ile ilgili önemli bir örnektir [60].



Şekil 2.25 : Paris Makinalar Galerisi (Paris Exposition of 1889) [61-62].

Yapılarda metal malzemenin tarih boyunca çatı ve bunun uzantısı olarak da cephe bölümlerinde kullanıldığını görmekteyiz. Kurşun ve bakır ilk ve en yaygın olarak kullanılan malzemelerdendir. Bulunabilen en eski bakır çatı, Kudüs'te bir tapınağın bakır kaplı çatısıdır ve M.Ö. 970 yılına tarihlenmektedir [60]. Bunları daha sonra çinko malzemeler izler. Metal malzemeler, taban görevini gören daha önce hazırlanmış bir yüzey üzerine levhalar halinde kaplanarak yapı bölümlerini dış etkenlerden korur. Zamanla sac malzemenin ve özellikle galvanizleme tekniklerinin gelişmesi ve bunların ondüle hale getirilmesi ile elde edilen tabaka levhalar ile yalnızca aşık veya ızgaralar, tespit sistemleri ve kısmen kendini taşıyan metal çatı kaplama sistemi gelişmiştir. Bu yöntemle, alt kaplama gereği ortadan kalkmış ve aynı zamanda, hafif çatı yapma teknikleri gelişmeye başlamıştır. Çatı kaplama malzemesi olarak metallerin tercih edilmesinde etkin bir başka neden de, metal kaplamaların geniş alanda, çeşitli çatı formlarında ve eğimlerinde kullanılabilme kolaylığını sağlamasıdır.

Mimar Sinan, cami ve diğer yapılarında kubbenin tuğla örgüsünü hava koşullarından korumak amacıyla çoğunlukla kurşun levhalardan yararlanmıştır [63]. Ülkemizde özellikle Sinan dönemi yapılar; kurşun çatı kaplamaları ile bir anlamda, çatıda kaplama malzemesi olarak metal kullanma geleneğini ve güvenilirliğini, geçmişten günümüze getirmiştir.

Özellikle sanayi yapılarında geniş bir kullanım alanı bulan metal kaplamalar, maliyetlerinin çok yüksek olması nedeni ile değişik şekillerde biçimlendirilerek düşey yük altında eğilme mukavemetleri arttırılmış ve bu sayede 1mm'nin altındaki kalınlıklarda imal edilmeye başlanmıştır.

Cumhuriyet dönemi ile başlayan, endüstrileşme hareketi ile paralel olarak gelişen sanayi yapıları, depolar, spor salonları gibi geniş açıklıklı yapılar beraberlerinde hafif konstrüksiyonla geçilebilen yapılar gerekliliğini getirmişlerdir.

Metal malzemeler deyince bakır, kurşun ve çinkonun yanı sıra çelik, alüminyum ve çeşitli alaşımlar da örtü malzemesi olarak kullanılırlar. Bazı metaller, yalıtım özelliklerini de beraberlerinde getirerek, çeşitli tasarım alternatiflerini çözümlerler.

Kompozit metal sistemler, tek başına bir metal malzemede bulunmayan özellikleri sağlayabilmeleri açısından tercih edilen sistemlerdir. Metaller, birbirlerine sıcaklık ve basınç altında moleküler olarak birleştirilirler. Genellikle, sistemin %50 oranında kalınlığına sahip olan ana metal malzemenin, her iki tarafına birden diğer bir metalin birleştirilmesi ile oluşan malzemelerdir. Paslanmaz çelik, nikel kromlu paslanmaz çelik, galvanize çelik bu malzemelere örnektirler.

Metal çatı kaplama malzemeleri; kimyasal reaksiyonlar sonucunda paslanma, oksitlenme gibi etkilerle hasarlanabilmektedir. Isı iletkenlik değerlerinin yüksek olması ve ses yalıtımı gerektirmeleri de diğer olumsuz özellikleridir [64].

19. yy ikinci yarısından, özellikle 20. yy'ın başından itibaren betonarmenin kullanılmaya başlanması, betonarme çatı plaklarının ek konstrüksiyonlara gerek kalmaksızın oluşturulabilmesi olanağını getirmiştir. Bilindiği gibi, betonarme çatı plaklarının üzerine istenebilen türde bir örtü malzemesi uygulanabilmektedir. Betonun kalıplanabilme özelliğinin de katkısı ile betonarme çatı çok değişik biçimlerde uygulanmaya başlanmıştır. Eğimli yüzeylerde uygulana betonarmede düzgün yüzeyler elde etmek oldukça zor olduğu için, birçok uygulamada yüzey düzeltme işlemiuygulanması kaçınılmazdır. Mimarinin ayrılamaz bir parçası olan çatı, yapının plastik görselliğine de etki eder. Günümüzde halen uygulanan ve giderek geliştirilen asma çatı, çelik makaslar, prefabrike çatı kirişleri, öngerilmeli kirişler ve nihayet uzay kafes sistemler artık çok büyük açıklıkları örtebilmektedir. Bilindiği gibi yüzyılımızda, özellikle ikinci yarısından itibaren asma germe sistemler ve daha sonra şişirme sistemler geliştirilmiştir [65-69].

2.2 Performans ve bileşenler

Çeşitli malzemelerle çeşitli şekillerde oluşturulan çatılar, malzeme özelliklerine bağlı olarak çeşitli performansları karşılar. Çatı performansı, çatı sistemini oluşturan bileşenlerin, belirlenen amaçlara ve standartlara dış etkiler altında ne ölçüde ulaşabildiğinin göstergesidir.

Performans kavramının tasarıma uygulanması ile tasarım sorunlarına yaklaşım, bir tür tasarlama yöntemidir. Tasarım sorunlarının belirlenmesi, analizi ve değerlendirilmesinde olduğu kadar, tasarlanan ürünün ekonomik verimliliğinin saptanmasında da performans yaklaşımı önemli bir yer tutar.

Performans kavramı, bina üretim sisteminin her düzeyinde, gerek ürün gerekse süreçlerin geliştirilmesi, yenilerinin bulunması, değerlendirilmesi ve seçiminde kullanılabilir bir nitelik taşımaktadır. Bu çalışmada ürüne yönelik performans yaklaşımı bakış açısı ele alınmıştır. İşlevsellik, performans yaklaşımı yöntemi ile değerlendirilen konulardır. Çalışma kapsamında işlevsel performans gereksinimlerine bağlı olarak performans yaklaşımı ile çatı kaplama malzemesi tasarımı ele alınmıştır. Performans kavramı, belirli bir sıra içinde geliştirilen ve gelişmenin her bir evresinde bir öncesine göre daha çok kesinlik kazanan bir dizi öğeyi içermektedir. Bu hiyerarşinin ilk düzeyinde kullanıcı gereksinimlerine bağlı olarak ürün veya süreçten göstermesi beklenilen performans gereksinimleri yer almaktadır [70].

Performans hedeflerine ulaşılabilmesi için, performansların anlaşılabilir bir şekilde belirtilmesi gerekir. Performans, sistem gereksinimleriyle ilgili belirtilen bir kriter değilse, tasarımcıların performans sorunlarını dikkate almamaları gibi bir sonuç ile karşılaşılabilir. Eksik veya yanlış tanımlanmış performans kriterleri, son kullanıcılar ve tedarikçiler arasında anlaşmazlıklara yol açabilir. Çoğu durumda, performans gereksinimleri hiçbir zaman tanımlanmaz, çünkü tanımlanmış performans gereksinimlerini tam olarak karşılamayan bir sistem, pazara çıkma amacı ile piyasaya sürülebilir. Ancak bu acelecilik, ileride giderilmesi zor problemlerin ortaya çıkmasına neden olabilir. Bu nedenle, performans gereksinimleri tam olarak karşılanmamış, gerekli destek ürünleri tanımlanmamış, veya tasarlanmamış, satış noktaları belirlenmemiş ürünler pazara sunulmamalıdır.

2.2.1 Taşıyıcılık

Çatı sistemi, üzerine gelen kendi ağırlığını, yağmur, kar gibi statik yükleri ve rüzgar, deprem gibi dinamik yükleri güvenli bir şekilde taşıyarak, binanın strüktür sistemine iletmelidir. Çatı sistemi, taşıyıcı sistem hareketlerine, ısıl genleşmeye, nem/don ile ilgili genleşmeye, kimyasal olay kaynaklı genleşmeye dayanım sağlamalıdır. Çatı sisteminin taşıyıcı yapısı, ana bina gövdesini gelebilecek her türlü (kar, rüzgar, v.b.) düşey ve/veya yatay etkilerden ayıran en üst örtü elemanı olup, hem kendi ağırlığını, hem hareketli yükleri, hem de ısı ve su yalıtımının gerektirdiği diğer tüm elemanların yükünü emniyetle taşıyabilecek nitelikte, sabit ve stabil olmak zorundadır [69]. Taşıyıcı yapı, yapı yerinde uygulanan betonarme, çelik hafif çelik veya ahşap konstrüksiyon olabileceği gibi, taşıyıcı niteliği olan, prefabrike beton, çelik, hafif çelik, ahşap veya kompozit elemanlardan yapılabilir. Taşıyıcı yapı hangi yöntemle yapılırsa yapılsın, yapının diğer elemanlarının sağlıklı bir şekilde uygulanabilmesi için gerekli sağlamlıkta ve konstrüktif niteliklerde olmalıdır.

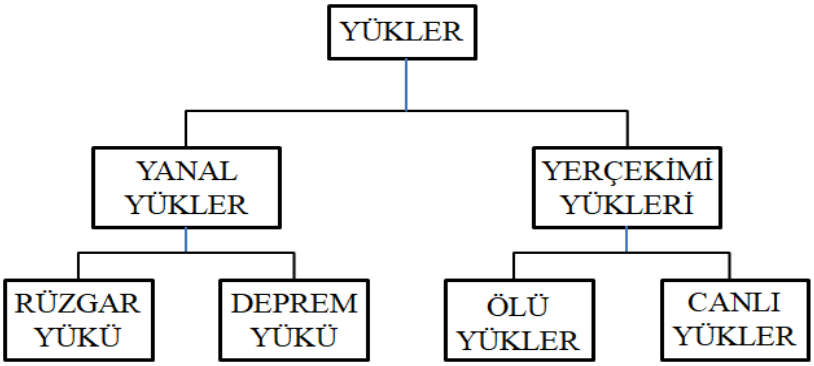
Çatılar yüklenme açısından; kendi strüktür ağırlıklarının yanı sıra tüm katmanları, örtü malzemelerini ve statik yükleri taşır. Bu ölü yüklerin yanı sıra rüzgar, kar, deprem veya gezilebilen çatılar için insan veya motorlu araç trafiği gibi hareketli yükleri de taşıyacak şekilde dizayn edilmelidir. Çatılar, bölgesel kar yüklerine dayanabilmeli, çatı pencereleri, havalandırma, elektrik ve su şebekesi ile ilgili tesisatı, çatı kaplama malzemesine zarar vermeyecek bir şekilde detaylandırılmalıdır.

Yapı gövdesindeki ısısal değişmelerle, taşıyıcı konstrüksiyona gelen ısısal ve mekanik zorlamaların kısıtlanması, taşıyıcı konstrüksiyonda da bunlara karşı yeterli bir direncin varlığını zorunlu kılar. Söz konusu direnç, çatı taşıyıcısı konstrüksiyonun ana yapı gövdesiyle olan ilişkilerine son derece bağlıdır. Gerek ana yapı gövdesinde, gerekse çatı taşıyıcı konstrüksiyonunda çatlama ve ayrılmalara sebep olabilecek düzenlemelerden kaçınılmalı, taşıyıcı konstrüksiyonun ana yapı gövdesine en uygun şekilde oturmasına dikkat edilmelidir [71]. Bazı konstrüksiyonlarda çatıya uygulama aşamasında gelen tekil canlı yükler en büyük yük olabilir. Taşıyıcı aşıkların ortasına gelebilecek canlı yükler (adam yükü) strüktürü olumsuz olarak etkilememeli ve bu düşey olarak etki eden bu tekil yükler konstrüksiyon tarafından güvenle taşınmalıdır.

Çatılar, kendi ağırlıklarının yanı sıra ek olarak aşağıda belirtilen yükleri de taşımak durumundadır:

2.2.1.1 Yanal yükler

- Rüzgar yükleri.
- Deprem yükleri.



Şekil 2.26 : Çatı yüklerinin sınıflandırılması [72].

1.1.1.2 Yerçekimi (düşey) yükleri,

- Ölü yükler. Tekil statik yükler: Çatı kaplama malzemesi ağırlığı, kar yükü, su deposu, güneş enerjisi kollektörleri ve aksamı, fotovoltaik paneller, ısıtma-soğutma sistemleri dış üniteleri, Paratoner, antenler, yürüme yolları yükleri,
- Canlı yükler. Tekil dinamik yükler. Çatıya montaj, bakım veya onarım amaçlı çıkacak kişilerin yükleri, çatıda kullanılacak araç ve hareketli ekipmanların yükleri [72].

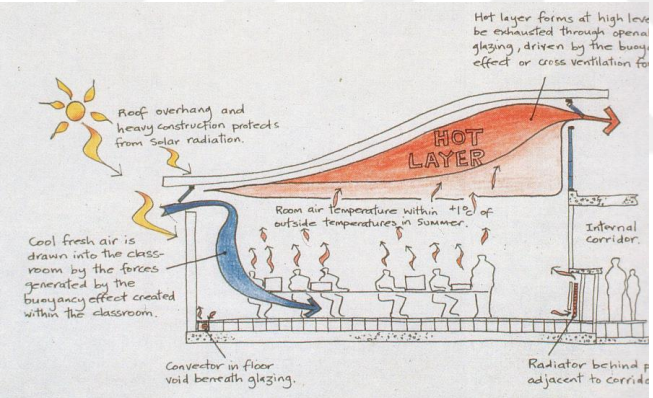
Taşıyıcılık performansını, çatı sistemini etkileyen tüm yüklerin ve ısısal değişimlerin neden olabileceği gerilmelerin, standartların öngördüğü limit değerler içinde kalacak şekilde karşılanması olarak tanımlayabiliriz.

2.2.2 Güneş ışınımı yansıtma

Yapılarda çatı sisteminin, istenilen düzeyde ısı geçişine olanak verecek şekilde tasarlanması gerekir. Yapılarda enerji verimliliğini sağlamanın yollarından biri; yapıların dış kabuğun mevcut yapılarda enerji etkin sistemler ile iyileştirilmesi, yeni yapılacak yapılarda ise enerji etkin sistemler ile tasarlanmasıdır. Yansıtıcı çatı sistemi, ışınım yansıtma oranı ile yayınlama oranı yüksek olan ve söz konusu değerleri hizmet ömrü boyunca koruyabilen çatı kaplama malzemeleri ile tasarlanan çatı sistemidir. [73].

Güneş ışınımı, belli faktörler altında ve özellikle zamana bağlı olarak oldukça değişik değerler gösterir. Değişik ısı farkları için, her bir yapı elemanı veya yapı malzemesinin genleşme katsayısına bağlı olarak belirli oranlarda genleştiği bilinmektedir. Bu yüzden çatı sistemini oluşturan malzemeler birbirinden ayrı çalışabilmelidirler (Şekil 2.27,2.28).

Şekil 2.27 : Cable & Wireless Eğitim ve Konferans Merkezi, Coventry, İngiltere [74].



Şekil 2.28 : Cable & Wireless Eğitim Koleji doğal havalandırma eskizi [75].

Çatı kaplama malzemelerinin güneş ışınlarını yansıtma değerleri de, özellikle yaz aylarında yapı içinde konfor şartlarının sağlanmasında en önemli kriterlerden biridir. Güneş ışınlarını yansıtıcılık R sembolü ile gösterilir ve % ile ifade edilir. Güneş Işını Yansıtma İndeksi de SRI sembolü ile ifade edilir. ASTM E 1980 ile belirlenen bu değerlerin, LEED Sertifikasyonunda belirtilmesi zorunludur. %15'den daha yüksek eğimli çatılar için SRI değeri 29'dan küçük olamaz. Beyaz mineralli şingılların SRI değerleri taşın renk tonuna bağlı olarak 21 ile 40 arasında değişirken, siyah mineralli asfalt şingılın SRI değeri 1'dir. Metal çatı yüzeylerindeki farklı tonlardaki mavi renklerin SRI değerleri 28 ile 32 arasında değişmektedir [74-76].

2.2.3 Isıya karşı korunum

Çatı sistemi, detaylarında kullanılan ısı yalıtım malzemeleri ile ısı akımını kontrol altına almalıdır. Isının istenilen miktarının geçişini sağlamalı ve istenilen iç yüzey sıcaklığını sağlayacak ısıl dirence sahip olmalıdır. Kullanılacak ısı yalıtım malzemesinin tipi ve kalınlığı TS825'e göre hesaplanmalı, gerekiyorsa sistemde reflektif örtüler kullanılmalıdır [77].

Çatı sistemi oluşturulurken, çatı kaplama malzemesinin ısıtmaya ve soğutmaya etkileri de dikkate alınmakıdır. Açık renkli çatı kaplama malzemelerinin kış mevsiminde ısıtmaya olumsuz etkisi, yaz mevsiminde soğutmaya olumlu katkısının yanında ihmal edilebilecek kadar azdır [78].

2.2.4 Suya karşı korunum

Su, tüm yapı için olduğu gibi çatılar içinde zararlıdır. Bu nedenle çatı sistemi su geçirmsiz olarak tasarlanmalıdır. Çatıda su toplanması çatı içinde hasarların oluşmasına sebep olur. Bu nedenle çatılar, üzerlerine gelecek suları (yağmur-kar) belirli noktalarda toplayıp en kısa yoldan dışarı atmak zorundadırlar. Yağmur sularının oluk ve derelerde toplanarak borular vasıtası ile dış ortama atılması (Şekil 2.25), yapının sulardan en az etkilenmesi bakımından önemlidir.

Şekil 2.29 : Yağmur indirme sistemleri [79].

Suyun çatı örtüsü altına sızması, özellikle buharlaşmanın az olduğu bölgelerde istenmeyen sonuçlara neden olur. Tıkanma, taşma, gölleşme sebebiyle suyun çatıda birikmesi, su yalıtımının su tarafından zorlanmasına sebep olmakta ve iyi yalıtılmamış yaşlı çatılarda su yalıtımının hasarlanmasını ve suyun yalıtım tabakalarının altında birikmesini beraberinde getirir. Bu durumda, ısı yalıtımı da etkisini kaybeder. Bu nedenle suyun çatı üzerinde birikmesi önlenmelidir [80].

Eğimli çatılarda su eğim yönünde akacağından problem olmaz, ancak düz çatılarda döşeme üzerinde minimum %2 eğim verilerek suyun akışı sağlanmalıdır [81].

Soğuk bölgelerdeki yapıların su inişlerinde donmaya karşı gerekli önlemler alınmalıdır. Gizli derelerden mümkün olduğu kadar kaçınılmalıdır. Parapet diplerinde, su geçirimsiz örtü düşeyde yeterince yükseltilmeli, mümkünse parapet üzerine kadar çıkartılmalıdır. Aksi halde, inişler tıkanıklar sonucu yükselen su seviyesi, parapet duvarı üzerinde ıslaklık oluşturarak hasar neden olur. Su, toz, kimyasal artıkları vb. beraberinde sürükleyerek su giderleri içerisinde tıkanmalara ve korozyona sebep olabilir [82].

Parapet kotunun saçak kotundan yüksek olduğu çatılarda, taşmaya karşı önlem alınmalıdır. Parapet uçları daha alçak yapılabilir veya çörten yapılabilir.

Çatı sisteminde yağış suyu geçirimsizliği sağlanmalıdır. Çatı yüzeyinde biriken sular, çok soğuk ve çok sıcak havalarda çatının hasarlanmasına neden olmamalıdır. Bu bağlamda çatı üzerine gelen yağış suları, belirli noktalarda toplanarak en kısa yoldan güvenli bir şekilde yapıdan uzaklaştırılmalı veya kullanma suyu olarak depolanmalıdır [82].

2.2.5 Neme karşı korunum

Çatı sisteminin, yapı içindeki nemi içeride tutacak veya kontrollu olarak yapı dışına atacak şekilde tasarlanması gerekir. Uygulama detayına bağlı olarak nemli hava, çatı sistemi içinden geçebilir veya geçmeyebilir. Çatı sistemi su buharı geçirmeyecek şekilde tasarlanmışsa yoğuşma problemi yaşanmaz. Çatı sistemi su buharını geçirecek şekilde tasarlanmışsa, çatı sistemi katmanlarından geçen su buharının yoğuşmaya sebebiyet vermeyecek süre içinde yapı dışına atılması gerekir. Yapı dışına atılamayan su buharı çatı sisteminin soğuk tarafında kalması halinde yoğuşmaya neden olabilir ve bu da yapı içinde önemli sorunlar yaratır [77,83].

2.2.6 Rüzgara karşı korunum

Rüzgarın çatıya etkisi değişik biçimlerde olabilir. Bu etki, rüzgarın hızına, yapının yüksekliğine ve çatı eğimine bağlı olarak artar. Rüzgar, serbest olarak serilen malzemeleri kaldırabilir veya taşıyabilir. Köşelerde ve bitiş noktalarında yırtılmalara

sebep olabilir. Oluşabilecek zararları önlemek için çatı sisteminin taşıyıcı sisteme sağlam bir şekilde tespit edilmesi gerekir.

Rüzgar, çatının her tarafında aynı etkiyi yaratmaz; çatının bir tarafında basınç gerilmesi yaratırken diğer tarafta emme etkisi ve buna bağlı olarak çekme gerilmesi yaratır. Oluk ve boruları tıkayan tüm maddelerde rüzgarla birlikte taşınır. Yağışla birlikte esen şiddetli rüzgar suların çatı örtüsünden içeri sızmasına sebep olabilir.

Düz çatılarda ısı ve su yalıtımını koruyan kum-çakıl tabakası da rüzgarla birlikte taşınarak homojenliğini kaybederek yalıtım tabakalarının açıkta kalmasına sebep olabilir. Uzun süre güneş altında kalan bitümlü örtüler veya yaşlanmış malzemelerde rüzgarla birlikte ek yerlerinden ayrılabilir veya kırılabilirler. Rüzgarın azlığı veya olmaması da sorun yaratabilir. Neme bağlı olarak havalandırmanın sağlanması içinde belirli hızda bir rüzgara ihtiyaç vardır [84].

2.2.7 Yangına karşı korunum

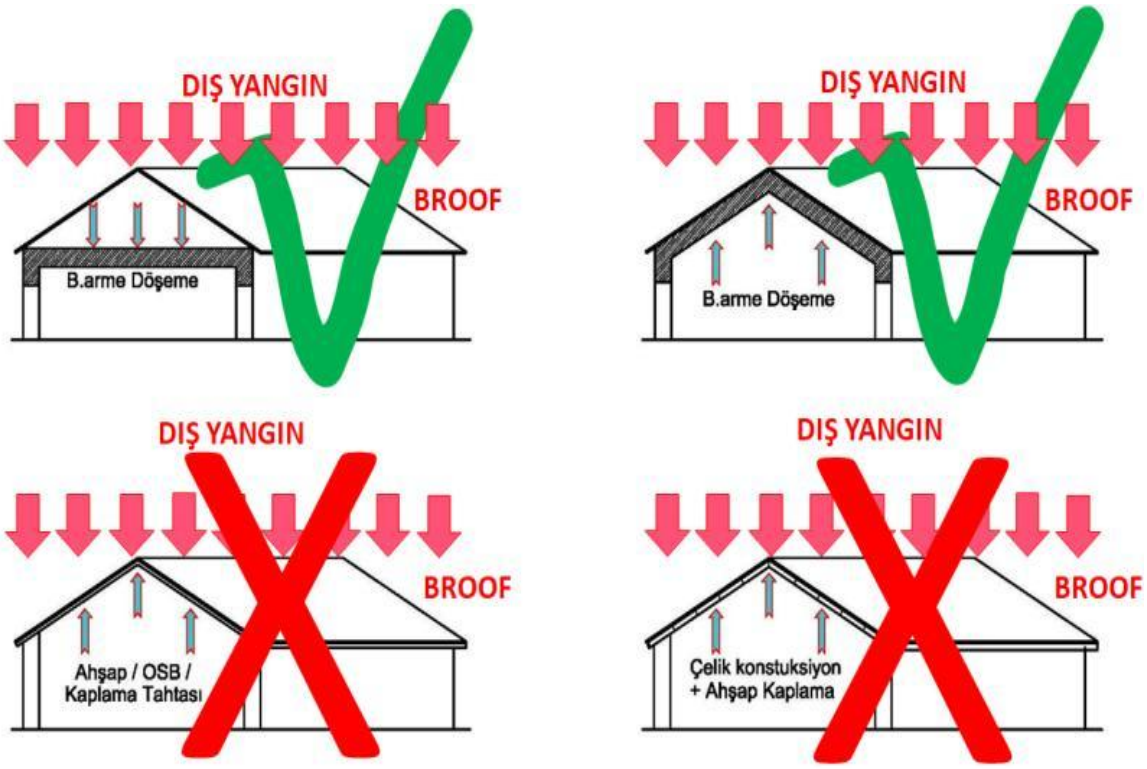
Çatılarda yangın, çatının tüm niteliklerini kaybetmesine neden olur. Çatı sistemenin, dış yangın etkisine dayanıklı olmasının yanısıra, yapı içindeki yangının yayılmasına ve yapı içinde zehirli gazların birikmesine neden olmaması gerekir. Çatı sisteminde kullanılan malzemelerin birçoğu yangına karşı son derece dayanıksızdır. Yalıtım tabakaları, çoğu zaman yanıcı ve kolay tutuşan nitelikteki malzemelerden üretilirler. Çatının ana taşıyıcısı da genellikle yangın dayanımı az olan malzemelerden (ahşap, çelik) imal edilir. Çatılarda yangının oluşturduğu hasarların azaltılması ve yangının büyümeden önlenmesi için yangın geçirmeyen-geciktiren bölmelerin oluşturulması zorunludur [10].

Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik hükümlerine göre, çatı kaplamalarının en az B_{ROOF} sınıfı malzemelerden, çatı kaplamaları altında yer alan yüzeyin veya yalıtımın en az zor alevlenici malzemelerden olması gerekir. Ancak, çatı kaplaması olarak yanmaz malzemelerin kullanılması durumunda üzerine çatı kaplaması uygulanan yüzeyin en az normal alevlenen malzemelerden olmasına izin verilir [85-87]. Yangın yönetmeliğinde,binaların yüksekliklerine ve bitişiğindeki binaların konumuna bağlı olarak da bazı hükümler bulunmaktadır.

Yüksek binalarda ve bitişik nizam yapılarda;

a) Çatıların oturdukları döşemelerin yatay yangın kesici niteliğinde olması zorunludur.

b) Çatı taşıyıcı sistemi ve çatı kaplamalarının yanmaz malzemelerden, olması gerekir (Burada kullanılan çatı kaplaması terimi, çatı düzeneğinde en üst tabakayı oluşturan malzemeyi tanımlamak için kullanılmaktadır). B_{ROOF} sınıfı malzemeler zor alevlenen malzemeler olup, yüksekliği 21,50 m'den az olan binalarda çatı kaplama malzemesi olarak kullanılabilir.



Şekil 2.30 : Dış yangın etkisine göre doğru ve yanlış çatı sistemleri.

B_{ROOF} ve F_{ROOF} Terimleri:

Çatıların dış yangın sınıflarından B_{ROOF} dış alev yayılımına dayanıklı çatı ve çatı kaplama malzemelerini, F_{ROOF} ise dış alev yayılımına dayanıksız çatı ve çatı kaplama malzemelerini belirtmektedir [10,85].

Çatı sisteminin üzerinde TS EN 13501-5 standardına tanımlanan TS ENV 1187'ye göre belli bir boyuta, eğimde ve rüzgar hızına sahip yangın çıkartılarak, en üst malzeme yüzeyindeki alev izi standart ta belirtilen sınır değerden kısa ise, dış yangın etkisine dayanıklı malzeme veya sistem B_{ROOF} olarak adlandırılır. Malzeme üzerinde oluşan alev izi standardın öngördüğünden fazla ise o zaman bu malzeme, dış yangın

etkisine dayanıklı olmayan yanıcı malzeme veya sistem F_{ROOF} olarak adlandırılır [10,85-88].

Bunun dışında yönetmelik herhangi bir test yapılmasına gerek kalmaksızın bazı malzemeleri B_{ROOF} olarak kabul eder. Yapı Malzemelerinin yanıcılık sınıfları, TS EN 13501-1 Ek-2/Ç tablosunda verilmiştir [10,87].

2.2.8 Sese karşı korunum

Çatı sistemi, yapı içindeki sesin dışarı çıkışını ve dış ortamdaki sesin yapı içine girişini kabul edilebilir oranlarda engellemelidir. Çatı kaplama malzemesinin darbe sesini sönümleyici özelliğe sahip olması, çatı sistemi tasarımındaki önemli kriterlerden biri olarak gösterilebilir. Kil kiremit ve beton kiremit gibi ağır çatı kaplama malzemeleri ve asfalt şingıl, bitümlü kiremit gibi düzgün olmayan yüzeye sahip malzemeler, darbe sesinin sönümlenmesinde etkili olurlar. Isı yalıtımlı bir çatıda kullanılan lifli ısı yalıtım malzemeleri de (cam yünü, taş yünü), hava sesinin (pembe gürültü) sönümlenmesine önemli ölçüde etki eder [89].

2.2.9 Dayanıklılık

Çatı sistemi, yüksek ve düşük sıcaklıklar, havanın nemi, yağmur, kar, rüzgar, dolu, ultraviole ışınları, elektriksel etkiler vb. tüm atmosferik şartlarda, işlevini en az belirlenmiş olan kullanım ömrü kadar sürdürebilmelidir. Ayrıca rüzgar ve yağmurla birlikte çatı yüzeyine gelen kimyasal maddeler, gazlar, bitkiler, hayvanlar, bakteriler ve mikroorganizmalara karşı dayanıklı olmalıdır. Çatı sistemini oluşturan malzemeler ve bileşenler, ısısal etkiler sonucu oluşan genleşmeler ve büzüşmelere, mekanik ve fiziksel etkiler sonucu oluşabilecek aşınma ve kırılmalara ve kimyasal ve biyolojik etkiler sonucu oluşabilecek bozulmalara ve hasarlanmalara dayanıklı olmalıdır [90].

2.2.10 Sürdürülebilirlik

Sürdürülebilir çatı sistemi tasarım değişkenleri, konum, yön, biçim ve kaplama malzemesine ait teknik ve tasarımsal özellikler olarak değerlendirilebilir. Söz konusu değişkenlere göre doğru tasarlanmış bir çatı sistemi, enerji verimli, çevre etkileri düşürülmüş ve konfor şartlarını sağlayan yapı tasarımı için büyük önem taşımaktadır.

Yapı yerindeki iklim şartlarına göre çatı sistemi tasarımı gerçekte yeni bir kavram olmayıp, tarih boyunca geleneksel olarak uygulanmıştır. Son yıllarda Isı Yalıtım Yönetmeliğinin, Leed, Bream gibi sertifikasyon sistemlerinin gündeme gelmesi, çatı aralarının kullanılmaya başlaması ile çatılar önem kazanmaya başlamış ve çatıların yüksek performanslarının yanısıra, enerji ve kaynakları etkin bir şekilde kullanan, karbon salınımını en aza indiren, çevreye etkileri en az olan yenilenebilir malzemelerle tasarlanması hedeflenmeye başlamıştır [91,92].

2.3 Sınıflandırma

Yapı elemanları, çeşitli sistemlere göre değişik şekillerde sınıflandırılmışlardır. İnşaatın maliyet etkin, şeffaf, ekonomik bir şekilde uygulanması ve maliyetlerin yapılandırılması için bir organizasyon aracı olarak düzenlenen DIN276'a göre yapı elemanları, taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan elemanlar olmak üzere ikiye ayrılırlar. Çatı, taşıyıcı elemanlar arasında gösterilmiştir [93]. The Common Arrangement'a göre yapı elemanları, üstyapı ve iç bitirmeler olarak iki sınıfta tanımlanmıştır [94]. Çatılar, üstyapı içinde belirtilmiştir. Başka bir sınıflandırma sistemi olan CI/SFB'e göre ise yapı elemanları birincil elemanlar, ikincil elemanlar ve bitirmeler olmak üzere üç sınıfa ayrılmışlardır. Çatılar burada birincil elemanlar arasında gösterilmiştir [95].

Çatıları; taşıyıcı sistem bileşen malzemesine, çatı kaplama malzemesine, çatı arası havalandırma boşluğunun ve ısı yalıtım malzemesinin konumuna, eğimlerine, suyun çatıdan uzaklaştırılma şekline (yağmur suyu drenajına), biçimlerine, taşıyıcılıklarına ve kullanım şekline göre sınıflandırabiliriz.

2.3.1 Taşıyıcı sistem bileşen malzemesine göre

Çatı sisteminin taşıyıcıları, ahşap, çelik, betonarme veya birden fazla malzeme kullanılarak yapılır. Malzeme seçimi, yapı yerinin iklimsel ve sismik özelliklerine, geçilecek açıklığa, ekonomikliğe ve daha birçok ölçüte bağlı olarak belirlenir [96].

2.3.1.1 Ahşap taşıyıcılı çatılar

Konstrüksiyonu ahşaptan yapılan, üzerine gelen yükleri ve kendi ağırlığını ana taşıyıcılara ileten çatılardır. Bağlantılarında özel olarak profillendirilmiş metal elemanlar kullanılabilmektedir.

Ahşap oturtma çatılar

Çatı yüklerinin, alttaki taşıyıcı elemanlara dikmelerle aktarıldığı ahşap çatı türüdür. Bu tür çatılarda, çatının yükünü alan dikmelerin alttaki taşıyıcıya (taşıyıcı duvar, betonarme döşeme, kolon, kiriş vb.) en uygun biçimde oturtulması gerekir. Ahşap oturtma çatı esas olarak, en üstte çatı örtüsünün altlığını oluşturan kaplama, kaplamanın altında mertekler, merteklerin oturduğu aşıklar ve aşıkların oturduğu dikmelerden oluşur. Dikme, aşık ve mertekler, kuşaklamalar aracılığı ile birbirine bağlanarak üçgen biçiminde çatı makasları oluşturulur. Bu makaslar çatının ana taşıyıcısı olup, seçilen aşık kesiti ile geçilebilecek aralıkta tekrarlanır. Ayrıca, aşıklara alttan destek veren göğüslemeler ve dikmeler arasına çapraz atılan rüzgar bağlantıları ile stabilite artırılır. Makaslar, çatı genişliğine bağlı olarak 1 (tek), 2,3,4... dikmeli olarak düzenlenir.

Şekil 2.31 : Ahşap oturtma çatı örnekleri [11].

Ahşap asma çatılar

Çatıyı taşıyabilecek mesnetler arasındaki açıklık, oturtma çatı ile çözülemeyecek kadar büyük ise (> 4 m.), asma makas konstrüksiyonlarından yararlanılır. Asma makaslar, aşıkların geçebileceği açıklıklarda düzenlenir ve aşıklar bu makaslara taşıtılır. Asma çatı makaslarında babalar (mesnete oturmayan dikmeler) ve payandalar, yükleri alttaki kirişin uçlarına (kirişin oturtulduğu mesnetlere) aktarırlar. Baba sayısı açıklığa bağlı olarak değişir ve makaslar '1 babalı', '2 babalı', '3 babalı' makas diye anılırlar. Asma çatıda, mesnetlerde moment oluşmamalı, çubuklar eğilmeye ve burulmaya değil, çekme ve basınca çalışmalı, çekme ve basınç yoluyla yükleri taşıyıcı sisteme aktarmalıdır. Bu tür çatılarda prensip olarak makaslar, deforme olmayan biçim olan, üçgenlerden oluşturulur.

Şekil 2.32 : Ahşap asma çatı örnekleri [11].

Makaslarda yanlamalar basınca, baba ve gergi çekmeye çalışır.

Yanlamaların eğimi arttıkça, Yanlama ve gergilere gelen kuvvetler azalır. Dolayısıyla yanlamaların dik olması tercih edilir. Yanlamaların düğüm noktalarında kullanılan ahşap babaların görevleri:

- İki yanlamanın konstruktiv bağlantısı kolayca oluşturulabilir,
- Aşığa göğüsleme yapabilme olanağı sağlanabilir,
- Tavan, babalara asılarak taşıtılabilir.

Ahşap kafes sistem çatılar

Açıklığın fazla olması durumunda, basınç ve çekme elemanlarından oluşan çeşitli ahşap kafes sistemlerin yapılması yoluna gidilebilir. Kafes sistemler, doğru eksenli çubukların eklemli birleşimi ile oluşur. Düğüm noktası olarak anılan birleşimlerde geçmeler yapılabilir, çivi, bulon, özel yapılmış metal bağlantı levhaları ve tutkal kullanılır. Ahşap kafes sistem çatılarda;

- Fazladan eğilme gerilmelerine neden olmamaları için, çatı yüklerinin (aşıkların) düğüm noktalarınagelmesine özen gösterilir,
- Eleman boyutları, geçilen açıklığa, seçilen makas çeşidine, yüklerin dağılım biçimine, kullanılan ahşabın niteliğine ve türüne bağlı olarak hesapla belirlenir,
- Gerektiğinde yatay yüklere karşı makasların alt ve üst başlıklarına (kafes kiriş düzlemine) dik yönde çapraz bağlama yapılır.

Şekil 2.33 : Ahşap kafes sistem çatı örneği [97].

Laminasyonlu (tutkallı lamine tabakalı) ahşap kirişli çatılar

Küçük kesitli birçok ahşabın geniş yüzleri boyunca üst üste yapıştırılarak istenen biçimde oluşturulan kirişlerdir. Kemer biçimindeyapılan laminasyonlu ahşapla, 152,5 m'lik açıklıklar geçilebilir [98]. Makas araları fazla olan (>4m) yapılarda, lamine ahşap aşıklar tercih edilir.

Şekil 2.34 : Altındağ Belediyesi laminasyonlu ahşap çatılı manej, Ankara [99].

Kutu kesitli kirişli çatılar:

Masif ahşap alt ve üst başlıkların arasına getirilen ahşap payandalarla oluşturulan kafes strüktürün her iki tarafının kontraplak kaplanması ile kutu biçimli kirişler oluşturularak yapılan çatılardır [99].

Şekil 2.35 : Kutu kesitli kirişli çatı örnekleri [100].

Kontraplak veya OSB dolgulu I kesitli kirişli çatılar

Kontrplak ya da OSB dolgu gövdeli olarak yapılırlar. Biribirine paralel lamine veya masif ahşap alt ve üst ahşap başlıkların arasına kontraplak veya OSB yerleştirilerek I biçimli kirişler elde edilir. Kontraplak veya OSB, tek veya çift olarak uygulanabilir. Tek kontraplak dalgalı biçimde de uygulanabilir. Bunlar eğimli çatılarda mertek gibi kullanılarak geniş açıklıklar geçilebilir [101].

Şekil 2.36 : OSB dolgulu I kesitli kirişler ve çatı örneği [102].

Masif ahşap dolgulu I kesitli kirişli çatılar:

Ahşabı yapısal kapasitesinin en üst düzeyine çıkarmak için tasarlanmış olan masif ahşap dolgulu I kirişler, masif veya lamine ahşaptan birbirine paralel alt ve üst başlıklar arasına diyagonal ve çapraz olarak iki veya üç kat ahşap yerleştirilerek

yapılırlar. Bu kirişler de eğimli çatılarda mertek gibi kullanılarak çok geniş açıklıkların geçilmesinde kullanılır. Boşluklu olmaları, içlerinden tesisat kablo ve borularının geçirilmesinde kolaylık sağlar [101].

Şekil 2.37 : Masif ahşap dolgulu I kesitli kiriş örnekleri [101].

2.3.1.2 Çelik taşıyıcılı çatılar

Büyük açıklıklar geçilmesi gereken atölye, fabrika, depo, toplantı ve spor salonları, yüzme havuzları vb. binaların çatılarında genellikle çelik konstrüksiyonlar tercih edilir. Nedeni, çelik konstrüksiyonların büyük açıklıklarda ekonomik olması, hafiflik sağlaması ya da başka sistemlere göre daha kolay uygulanabilir olmasıdır.

Çeşitli biçimlerde düzenlenebilen çelik çatı konstrüksiyonlarında değişik biçim, boyut ve mukavemette çelik profiller, levhalar kullanılır. Bağlantılar kaynak, bulon ya da perçinle yapılır [17]. Çelik çatı konstrüksiyon uygulamaları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Çelik profil çatılar
- Düzlem kafes kirişler
- Uzay kafes kirişler
- Uzay kafes (uzaysal) sistemler

Çelik profil makaslı çatılar: Çelik profiller belirli açıklıklar üzerine, aralıklı olarak yerleştirilerek çatının esas taşıyıcı konstrüksiyonu oluşturulabilir. Profil kirişler düz, eğimli ya da kemer biçiminde yapılabilir. Kirişler, NPI, IPE, IPN, HE, UPE, UPN gibi standart profillerle yapılabileceği gibi, dolu gövdeli veya petek kiriş gibi yapma profillerle de yapılabilir. Taşıyıcı aşıklar kirişler üzerine saçağa paralel olarak yerleştirilir. Aşıklar, kaplama malzemesinin geçebileceği aralıklarda yerleştirilir.

Şekil 2.38 : Çelik profil makaslı çatı örneği [103].

Çelik düzlem kafes kirişli çatılar : Basınç ve çekmeye çalışan çubukların, aynı düzlemde, üçgen çerçeve oluşturacak biçimde bir araya getirilmesi ile elde edilirler. Makasların yapımında eleman olarak, genellikle strüktürel köşebentler (L), T ve U profiller kullanılır. Birleşim yerleri, düğüm noktası olarak anılır. Makası oluşturan elemanların ince olması nedeniyle, birleşimlerde genellikle bağ levhaları kullanılır. Bağlantılar en çok kaynak ve bulonla yapılır.

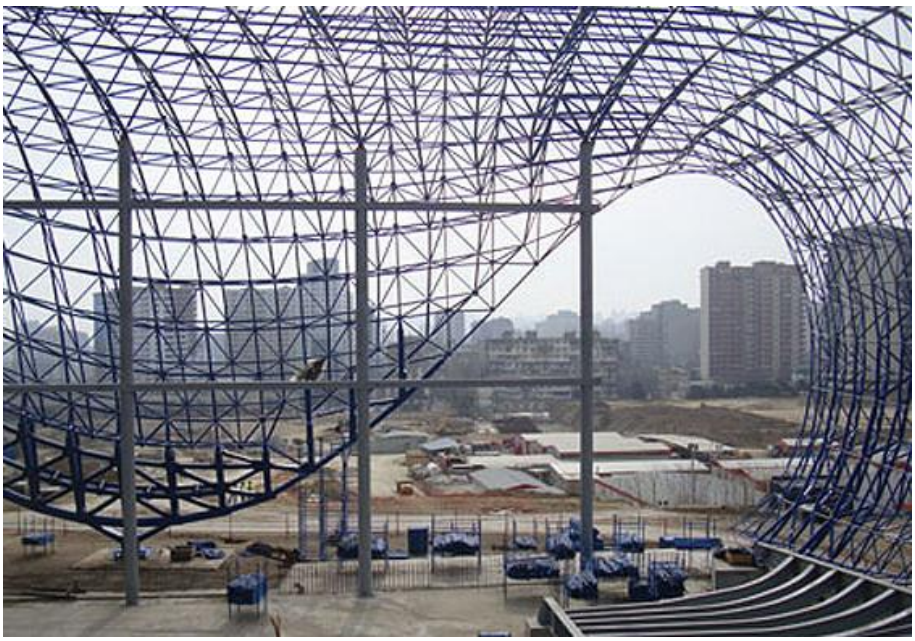
Şekil 2.39 : Çelik kafes kirişli çatı örneği [104].

Çelik uzay kafes kirişli çatılar : Farklı düzlemlerdeki boyuna doğrultuda çekme ve basınç kuvvetleri alan çubukların bir düğüm noktasında birleşmesi ile oluşan üç boyutlu kirişlerdir. 'Uzay' sözcüğü, çubukların tümünün, düzlem kafes kirişlerde olduğu gibi tek bir düzlemde değil, birbirini kesen fazla düzlemde bulunması

nedeniyle oluşan üçüncü boyutu anlatmaktadır. Bu kirişlerin belirli aralıklarda, yerleştirilmesi ile taşıyıcı çatı konstrüksiyonu oluşturulur. Kirişler eğrisel (yay, yarım daire gibi) de yapılabilir ve böylece mukavemetleri artırılabilir.

Şekil 2.40 : Çelik uzay kafes kirişli çatı örneği [105].

Çelik uzay kafes (uzaysal) sistemler: Üç ayrı düzlemde bulunan ve basit çekme ve basınca çalışan doğrusal çubuk elemanların bir düğüm noktasında birleştirilmesinden oluşan modüler bir sistemdir. Sistem, üçgen biçiminin rijitliğine dayanır. Farklı düzlemlerdeki çubukların bir araya gelmesiyle oluşan ağ sistemi, aslında üç boyutlu bir plak strüktürdür ve diğer sistemlere göre daha hafiftir. Sabit, doğrusal ve radyal hareketli olarak düzenlenebilirler. Strüktürün mesnetlere bağlantısı sadece düğüm noktalarından yapılabilir.



Şekil 2.41 : Çelik uzay kafes sistem çatı, Haydar Aliyev Kültür Merkezi, Bakü [106].

2.3.1.3 Ahşap-çelik birleşik (kompozit) taşıyıcılı çatılar

Ahşap ve çeliğin bir arada kullanıldığı konstrüksiyonlardır. Bağlantı noktalarında ve çekmeye çalışan kısımlarda çelik kullanılarak modern konstrüksiyonlar elde edilir.

Şekil 2.42 : Ahşap-çelik kompozit taşıyıcılı çatı örnekleri [107].

2.3.1.4 Betonarme taşıyıcılı çatılar

Betonarme çatı sistemi genellikle büyük garaj, depo, spor salonları, camiler, gösteri merkezleri ve alışveriş merkezlerinde kullanılır. Taşıyıcı sistemi yapı yerinde veya prefabrike olarak imal edilen ve eğimi %5'ten az olan betonarme veya hazır elemanlarla yapılan çatılar, teras çatı olarak isimlendirilir [108,109]. Eğimli betonarme plaklar genellikle çok düzgün yüzeyli olmaz. Bu nedenle çatı kaplama malzemesi uygulaması yapabilmek için mutlaka düzgün bir yüzey oluşturulmalıdır. Gizli yağmur dereli betonrme plak çatılarda, derenin daha düşük kotta yapılmaması da yine çözümü çok zor ve yüksek maliyetli sorunlara neden olmaktadır.

Şekil 2.43 : Betonarme prefabrike taşıyıcılı çatı örneği [110].

Şekil 2.44 : Betonarme taşıyıcılı çatı örneği [11].

2.3.2 Çatı kaplama malzemesine göre

2.3.2.1 Metal çatılar

Metal çatı kaplamaları, yangına dayanıklı, hafif, su geçirmeyen, alev almayan,

sıcak ve soğuktan etkilenmeyen, yapım ve kullanım sırasında fire vermeyen ve hafifliği nedeniyle çatı taşıyıcı sisteminde ekonomi sağlayan büyük boyutlu elemanlardır.. Isı ve ses iletim değerleri yüksektir. Metal çatı sistemlerinde, su, ses, sıcaklık etkilerine karşı yalıtım yapılması gerekir [111-118].

Çinko, bakır, kurşun, galvanizli-boyalı sac, alüminyum,

Çinko, sac levhaların, demir boruların galvanizlenmesinde ve levha halinde çatı kaplama malzemesi olarak kullanılır [112,116].

Şekil 2.45 : Kenetli çinko çatı uygulamaları [113].

Bakır, diğer metallere oranla eğilmeye ve esnemeye daha fazla dayanıklı olması ve kolay şekillendirilebilmesi nedenleriyle, kaplaması zor çatılarda çatı kaplama malzemesi olarak tercih edilir [119].

Şekil 2.46 : Çeşitli bakır çatı kaplaması uygulamaları [120,121].

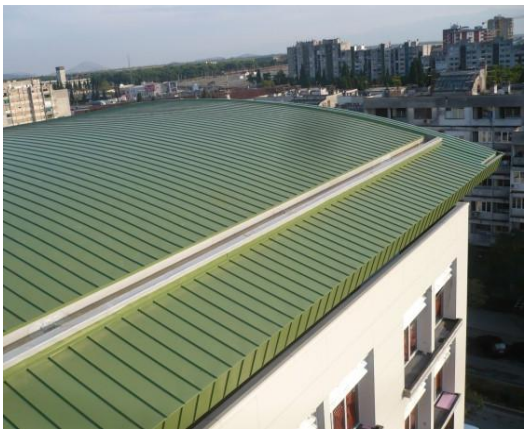
Yumuşak ve sert olmak üzere iki tipte üretilen kurşun levhalar, kolay şekil verilebilmesi ve iklimsel koşullara dayanıklı olması nedenleri ile çatı kaplama malzemesi ve karmaşık detayların çözüm malzemesiolarakkullanılır [113].

Şekil 2.47 : Marriot Hotel, Cezayir ve Yedpa Tic. Mrkz. Camii, Ataşehir, İstanbul, Kurşun çatı kaplamaları [116].

Diğer metal çatı kaplama malzemelerine oranla daha yüksek mukavemet değerlerine sahip olan ve dolayısıyla kiriş ve aşık maliyetlerinde tasarruf sağlayan galvanizli sac levhalar, çatı uygulamalarında yaygın olarak kullanılırlar.

Alüminyum veya galvaniz sac iki levha arasına cam yünü, taşyünü, polistiren köpük, poliüretan köpük gibi ısı yalıtım malzemesi konularak üretilen sandviç paneller, ısı yalıtımı istenen sanayi yapılarının çatılarında kullanılmaktadır.

Alüminyum levhalar, kullanım kolaylığı, hafiflik, kimyasal açıdan nötr olma, yüksek elektrik iletkenliği, haddelenebilme ve sertleşbilme niteliklerinden dolayı çatılarda geniş bir kullanım alanıbulmuştur [115,123].



Şekil 2.48 : Konut, İstanbul [122].

Şekil 2.49 : Konut, İstanbul [114].

Titanyum çatı kaplama malzemeleri, yüzeylerinde kir tutmama ve çok az bakım gerektirme özellikleri nedeni ile, özellikle bakım ve işletme maliyetlerinin yüksek olduğu binalarda tercih edilirler [123,126].

Şekil 2.50 : Hotel Marqués de Riscal, A Luxury Collection Hotel.
Frank O. Gehry, 2006 [125].

Çatı uygulamaları için optimum mekanik ve fiziksel özellikleri sağlamak amacı ile geliştirilmiş olan çinko- titanyum-bakır alaşımı levhalar, çapı küçük, zor kıvrımlarda dahi uygulanabilir olmaları ve kullanma maliyetlerinin düşük olması nedeni ile çatı kaplama malzemesi olarak tercih edilmeye başlanmıştır [127,128].

Titanyum alaşımlarının mükemmel korozyon direnci, çok kararlı, sürekli ve çok yapışkan koruyucu oksit oluşumundan kaynaklanır. Titanyum alaşımlarında oluşan koruyucu yüzey oksitlerin doğası, bileşimi ve kalınlığı çevresel koşullara bağlıdır.

Şekil 2.51 : Çinko-bakır alaşımı çatı uygulamaları, Almanya [129].

2.3.2.2 Kil kiremit çatılar

Dünya tarihinde imalatı yapılan ilk yapı malzemelerinden biri olan Kiremit, günümüzde de tüm dünyda yaygın birşekilde kullanılan çatı kaplama malzemesidir [125]. Çok değişik tiplerde ve ölçülerde üretilen kil kiremitlerin en yaygın kullanılanları; Marsilya kiremitler, valensiya kiremitler, yassı kiremitler, düz kiremitler, oluklu kiremitler (alaturka kiremitler), flaman kiremitleri, kunduz kuyruğu kiremitler, konkav kiremitler, akdeniz kiremitler , roman kiremitler, roman düz kiremitler, modern kiremitler , şingıl kiremitler, ispanyol kiremitler ve oryantal japon kiremitlerdir [130].

Şekil 2.52 : Çeşitli kiremitler [130].

Şekil 2.53 : İspanyol ve Marsilya tipi kiremit uygulamaları [131].

2.3.2.3 Bitümlü levha çatılar

Bitüm emdirilmiş organik elyaf ile özel bir reçinenin bileşiminden oluşan bitümlü levhalar, 89cm – 97cm x 200 cm boyutlarında ve 4 kg/m² ağırlığındadır. İyi bir su geçirimsizliğine sahip, esnek olması nedeni ile çatlamayan, kesinlikle paslanmayan, küflenmeyen, UV ışınlarına dayanıklı, havadaki kimyasal ve biyolojik maddelerden etkilenmeyen ve bakım gerektirmeyen bu malzemenin, ısı iletkenliği de düşüktür. Ses yutuculuk değeri ortalama 40 dB'dir. Çeşitli tuz, asit, alkali ve bazlara karşı davranışı, sıcaklık ve konsantrasyona bağlı olarak farklılıklar gösterir.. Hafif olması taşıyıcı aşıklarda ve çatı sisteminde malzemeden tasarruf sağlar. Sıcaklık farklarında, boyut değişimi azdır. 5m yarıçaplı eğrisel yüzeyli çatılara ve 0,5 m yarıçaplı silindirik düşey yüzeylere uygulanabilir. Teknik detaylarına uygun olarak kaplanmaları halinde çok sert iklim koşullarında bile iyi bir performans gösterirler.

Su ve nem geçirmemelerinin yanı sıra yapıştırıcı ve birleştirici olmaları, kesme kuvveti karşısında yavaş ve sürekli biçim değiştirme eğilimi özellikleri de vardır. Kırılganlıkları çok düşüktür. Noktasal darbe dayanımları düşüktür. Elastik oldukları için değişik formdaki çatı tiplerinde kullanılabilirler. TS EN 534 standartlarına göre üretilen bitüm esaslı oluklu levhaların birçok farklı tipi bulunmaktadır [132].

Boyutlar: 95 cm x 200 cm.

Kalınlık: 0.3 cm.

Oluk yüksekliği: 3.8 cm.

Oluk aralığı: 9.5 cm.

Oluk sayısı: 10 adet

Ağırlık: 4 kg / m^2

Şekil 2.54 : Bitüm esaslı oluklu levha [11].

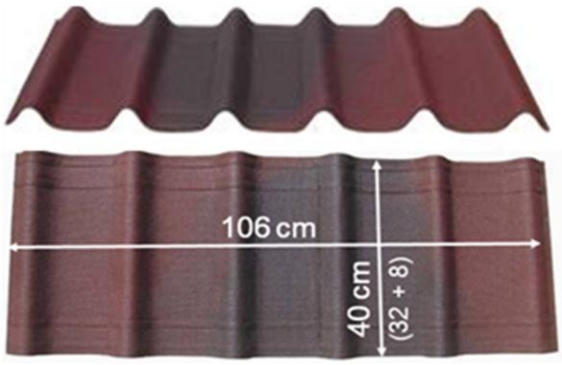
Dünyada, 4 firma tarafından 9 ülkede (Türkiye, Rusya, ABD, İspanya, Fransa, Polonya, İtalya, Brezilya ve Malezya), 14 fabrikada üretimi yapılan bitümlü levhaların boyutlarında farklılıklar olmakla birlikte, hepsi EN 534'e göre üretilitler. Oldukça küçük boyutsal farklılıkların yanısıra, ana taşıyıcılarının üretiminde, renklendirme teknolojilerinde ve yüzey dokularında farklılıklar bulunmaktadır.

Şekil 2.55 : Bitüm esaslı oluklu levha uygulamaları [11].

Bünyesine reçine ile birlikte boya emdirilen tipleri daha uzunömürlüdür. Sonradan boyanan tiplerin boyaları ultraviole etkisi ile kısa sürede yok olmakta ve levha siyah renge dönüşmektedir. Rengin kaybolmasını engellemek için boya üzerine cilalama işlemi yapılabilmekte, ancak bu işlem levha maliyetini 2 kat arttırmaktadır.

2.3.2.4 Bitümlü kiremit çatılar

Bitüm emdirilmiş organik elyaf ile özel bir reçinenin bileşiminden oluşan bitümlü kiremitler, 40cm x 106 cm boyutlarında 4 kg/m² ağırlığındadır. İyi bir su geçirimsizliğine sahip, esnek olması nedeni ile çatlamayan, kesinlikle paslanmayan, küflenmeyen, UV ışınlarına dayanıklı, havadaki kimyasal ve biyolojik maddelerden etkilenmeyen ve bakım gerektirmeyen bitümlü kiremitlerin ısı iletkenlikleri oldukça düşüktür. Ses yutuculuk değeri ortalama 40 dB'dir. Türkiye'de tasarlanıp ilk olarak 1998 yılında üretilen bitümlü kiremitler, 6 yıllık test çalışmalarından sonra, önce Kafkaslar ve Orta Asya, daha sonra Avrupa, Uzak Doğu ve ABD, 2010 yılından itibaren de tüm dünyada pazara sunulmuştur. TS EN 534 standartlarına göre üretilen bitüm esaslı kiremitlerin üretim boyutları şöyledir [132]



Boyutlar : 40 cm x 106 cm

Kalınlık : 3 mm

Oluk yüksekliği : 38 mm

Oluk sayısı : 6 adet

Ağırlık : 4 kg / m²

Şekil 2.56 : Bitüm esaslı kiremit [11].

Çeşitli alkalil, tuz, asit ve bazlara karşı davranışları, TSEN 13707 standardındaki bitümün kimyasallara dayanımı tablosunda belirtilen değerlere uygundur. Tekrarlayan altı oluk ve beş düzlükten oluşan bitüm esaslı kiremitlerle kaplanmış çatılarda, kiremitlerin sadece düz kısımlarına basılarak, çatıya hasar vermeden gezinmek mümkündür. Kırmızı, kahverengi ve yeşil renklerde 3 tonlu olarak üretilen bitüm esaslı kiremitler, aynı zamanda çatının görsel etkisini de güçlendirmektedir. Aralıklı ahşap ve çelik çatı aşıklara monte edilebilen bitüm esaslı kiremitler, korozyondan etkilenmezler ve kimyasallar etkisinde, bitümün gösterdiği davranışları gösterirler [132]. Pürüzlü yüzeye sahip olmaları, ses yutuculuğu oranlarını yükseltir. %15'in üzerinde eğime sahip çatı yüzeylerinde problemsiz bir şekilde kullanılabilirler.

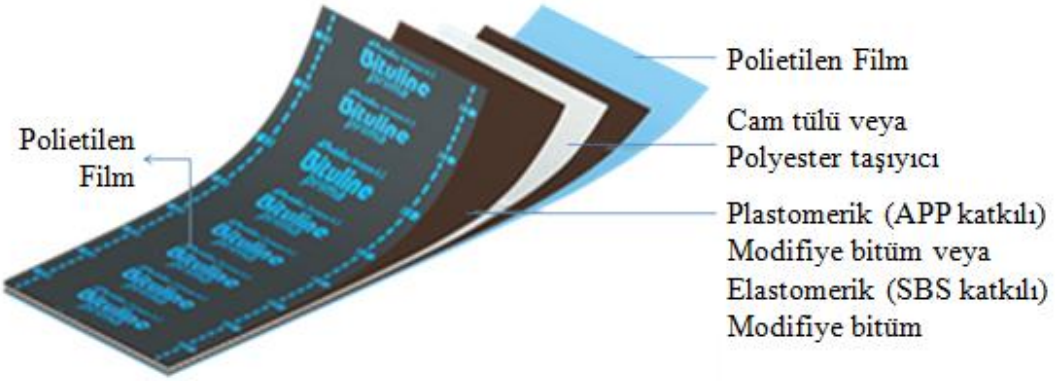
Şekil 2.57 : Bitüm esaslı kiremit uygulamaları [11].

2.3.2.5 Bitümlü örtü çatılar

1967 yılında APP'nin, 1968 yılında SBS'in bitümü modifiye etmek için kullanılmaya başlaması ve 1970 yılında taşıyıcı olarak non-woven polyesterlerin kullanılmaya başlaması ile, su yalıtımında yeni bir döneme girilmiş ve o güne kadar büyük zorluklarla yapılan su yalıtımı işleri, daha kolay, daha hızlı ve daha ekonomik olarak çözümlenmeye başlamıştır [133-137]. O günden bu güne sürme esaslı su yalıtım malzemeleri, plastik esaslı su yalıtım malzemeleri başta olmak üzere birçok su yalıtım malzemesi geliştirilmiş, ancak bunların hiçbirisi bitüm esaslı su yalıtım örtülerinin kullanım miktarlarının yanına dahi yaklaşamamıştır [138].

APP katkılı modifiye bitümden üretilenler plastomerik, SBS katkılı modifiye bitümden üretilenler ise elastomerik su yalıtım örtüleri olarak adlandırılır. Kalınlık ve taşıyıcı özelliklerine bağlı olarak çok çeşitli tiplerde üretilen bitümlü su yalıtım

örtüleri, temel su yalıtımlarında 2 kat olarak, teras su yalıtımlarında ise %5 eğime kadar 2 kat, %5'den yüksek eğimlerde ise istenirse tek kat olarak kullanılabilirler.



Şekil 2.58 : Modifiye Bitümlü Polietilen Yüzeyli Örtülerin katmanları [11].

APP'li su yalıtım örtüleri ılıman iklim özelliklerine sahip olan bölgelerde, esnekliği ve soğukta bükülme değerleri daha yüksek olan SBS'li su yalıtım örtüleri ise soğuk iklim özelliklerine sahip olan bölgelerde kullanılırlar.

Bitüm uzun süre ultraviole etkisinde kaldığı zaman bozulmaya başladığı için, yüzeyi mineralli ve alüminyum folyo kaplı bitümlü örtüler üretilmektedir. Kullanılan bu yüzey kaplamaları, bitümlü örtülere aynı zamanda dış yangın etkisine dayanım özelliği kazandırmaktadır.

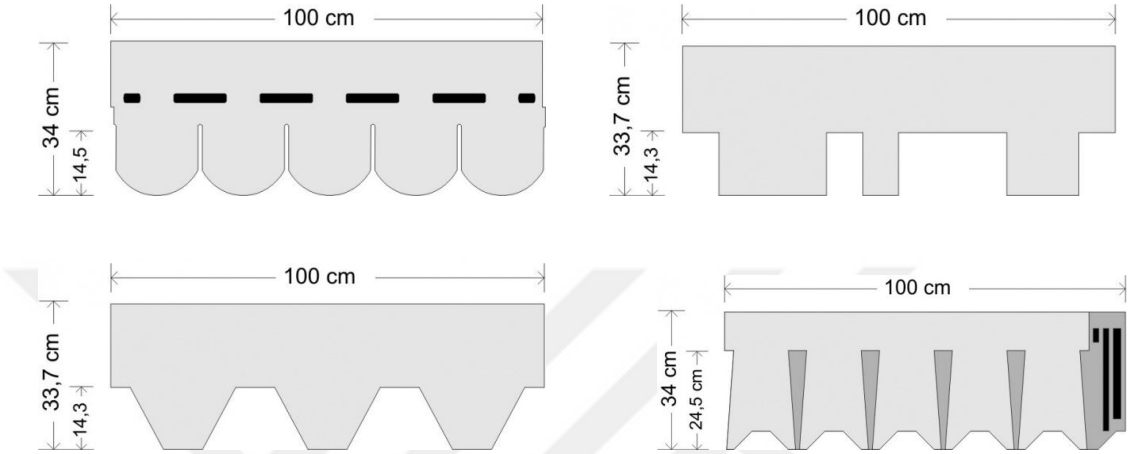
2.3.2.6 Şingıl çatılar

20. yüzyılın başlarından itibaren kullanılmaya başlayan asfalt şingıllar, özellikle ABD'de popülaritesini giderek arttırmış ve en çok kullanılan çatı kaplama malzemesi haline gelmiştir. Ortasına 50-90gr/m² ağırlıkta cam elyaf veya organik elyaf taşıyıcı konulan ve okside bitümle üretilen örtüden kesilerek elde edilen asfalt şingıllar, yüzeylerindeki renkli mineraller sayesinde UV'den etkilenmezler ve dış yangın etkisine dayanım (B_{ROOF}) özelliği kazanırlar.

Genellikle 30-35cn en ve 100-105cm boyda ve 2,5-3mm kalınlıkta üretilen asfalt şingılların m² ağırlıkları 10-12 kg arasında değişir. %30'dan yüksek eğimlerde kullanımlarında eğik dere ve mahyalar dışında su yalıtım örtüsü gerektirmeyen asfalt şingıllar, daha düşük eğimlerde tüm yüzeyde su yalıtım örtüsü kullanımını gerektirir.

Asfalt şingıllar, tamamen dolu bir alt yapı üzerine uygulanabilir. Alt yapıda kullanılacak olan kaplama tahtalarının lamba-zıvanalı olması gerekir. OSB

kullanımında da lamba-zıvanalı OSB'ler tercih edilmelidir. Kenarları düz biten OSB kullanılması halinde, OSB'ler arasında en az 3mm genleşme boşluğu bırakılması gerektiği unutulmamalıdır. Ayrıca çatıya tekil yük uygulandığı zaman, şingılların zımbalama etkisinde kalmaması için, OSB'lerin kenarlarının altı tamamen dolu olmalıdır. OSB'lerin ahşap alt yapıya tespitinde sivri uçlu vidalar, metal alt yapıya tespitinde matkap uçlu vidalar kullanılmalıdır.



Şekil 2.59 : Çeşitli asfalt şingıllar [11].

Yüzlerce değişik tipi ve rengi olan asfalt şingıllar, karmaşık ve eğrisel çatı yüzeylerinde uygulanabilir. Esnektir, çatlamaz, kırılmaz, havanın sıcaklık ve soğukluk değişimlerinden etkilenmez. Yağmur ve dolu gibi atmosferik etkilerde sesi kısmen yutar. Genellikle konut çatılarında kullanılır [139,140].

Şekil 2.60 : Lamine ve bakır şingıl çatı uygulama örnekleri [11].

2.3.2.7 Çimento esaslı kiremit çatılar

Çimento kullanılarak üretilen çatı kaplama malzemesidir. Boyutları 330 – 377 mm x 370 - 440 mm ve ağırlıkları 40 – 46 kg/m2'dir. Bu tür kiremitler az su emer (%2–3). Donma ve çözülme etkilerine karşı kil esaslı kiremitlere göre daha dayanıklıdır.

Üretiminde atık madde olmadığı için doğayı kirletmez. Kil esaslı kiremitlere göre daha yüksek basınç dayanıklılığına sahiptir. Kilit sistemi sayesinde fazla yüksek olmayan eğimlerde ve kuvvetli rüzgar alan bölgelerde yüksek performans gösterir.

Şekil 2.61 : Çimento esaslı kiremit uygulama örneği [141].

Yapısal özellikleri nedeni ile darbelere ve kimyasal etkilere karşı dayanıklıdır. Üretim teknolojisi gereği, milimetrik ölçülerde üretilir. Metrekare ağırlıkları kil esaslı kiremitlere oranla 5-10 kg daha fazladır. Değişik renklerde üretilebildiğinden estetik bir görünüme sahiptir. Çimento içerikli oldukları için kırılgandır. Üzerinde gezilmesi halinde kırılabilir. Nakliye ve uygulama sırasında fire verebilir. Kiremitlerin tespit edilmesinde bölgesel ikli şartları göz önüne alınmalıdır. Kiremitlerin altında su yalıtımı yapışması gerekir.

Çimento esaslı kiremitlerin ağırlıklarını azaltmak için hamurunda katkı olarak perlit kullanılan tipleri vardır. Perlitli çimento esaslı kiremitler, standant çimento esaslı kiremitlere göre 5 – 7 kg/m² daha hafiftir.

2.3.2.8 Çimento esaslı levha çatılar

İnorganik birleşimler (kalsit + mikro silika) ve organik lifli (selüloz) çimentodan oluşan bir kaplama malzemesidir. Günümüzde asbest kullanımı terk edilmiştir. Erime sıcaklığı 1200 ºC olan yanmaz bir malzemedir. Sanayi yapılarında kullanılanlar, 92 cm genişlilikte, 125 cm ile 330 cm arasındaki boylarda ve 5,5mm ile 6 mm olmak üzere 2 farklı kalınlıkta üretilirler. Ortalama ağırlıkları 11,5 kg/m2 ağırlıktadır. Levha boyuna, kalınlığına ve bini miktarlarına göre çatıya verdikleri yük 14

kg/m²'ye kadar çıkabilir. Asidik ortamlar dahil üretimde oluşabilecek kimyasal etkilere karşı dayanıklıdır. Su geçirmez bir yapıya sahiptir.

Şekil 2.62 : Çimento esaslı levha uygulamaları [142].

Su buharı difüzyon özelliği vardır. Yüzeylerinde yoğuşma meydana gelmez. Paslanmaz, nem yapmaz, çürümez, donma ve çözülmeye karşı dayanıklıdır. Ultraviyoleye ve sıcaklık farklarına karşı olağanüstü dirençlidir. Çimento esaslı levhaların yüzeylerinde zamanla bozulma olabilir. Çimento içerikli olduğu için kırılgandır. Her levhanın en ince olduğu kısmına konulan 4 adet polipropilen şerit sayesinde levhaların dayanımı arttırılmıştır. Polipropilen şeritler, levhaların olası değildir [143].

Konutlarda kullanılmak üzere farklı renk, boyut ve biçimlerde üretilen bu levhaların, ayrıca fotovoltaik panel özelliğine sahip olan tipleri bulunmaktadır. 1166 mm x 625 mm ölçülerindeki bu paneller, minimum 7 ° 'lik bir çatı eğiminde bile güvenle kullanılabilir [144].

Şekil 2.63 : Çimento esaslı levha uygulamaları [144].

2.3.2.9 Plastik esaslı çatılar

Plastik sanayiinin 1868 yılında nitroselüloz'un ticari üretimi ile başladığı kabul edilir. Ancak PVC (polyvinyl chloride) çatı örtüleri, 1960'ların başlarında Avrupa'da kullanılan ilk PVC-tabanlı sistemlerle birlikte, termoplastik örtüler tarihinde en eski

yere sahiptir. Geosentetik örtüler esnek polimer levhalar halinde üretilen ve özellikle sıvı/buhar geçirimsizlik özellikleri ile kullanılan geosentetik ürünlerdir. Polimerik geosentetik örtüler, doğal kil veya diğer geçirimsizlik seçeneklerinin kullanılmasının mümkün olmadığı uygulamalarda kullanılmak üzere (su göletleri, madeni çözeltiler, kirlenmiş endüstriyel sıvı atıklar, sızıntı suları, proses sıvıları gibi) geçirimsiz astarlar olarak tasarlanmıştır. Geosentetik örtülerin en yaygın türleri, yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE), çok esnek polietilen (VFPE), polivinil klorür (PVC), güçlendirilmiş polietilen örtü (CSPE) ve EPDM örtülerdir [145].

LDPE örtüler, düşük yoğunluklu polietilen hammaddeden üretilen ve genellikle sıvı atık depolama sahalarında ve sulama göletlerinde kullanılan geosentetik örtü tipidir. HDPE örtülere göre daha yumuşak bir yapıya sahip olan LDPE örtüler, 1mm, 1,2mm, 1,5mm, 2mm, 2,5mm ve 3mm kalınlıklarda ve istenilen renklerde, genişlikleri, 2.10 m'den 7,00 m'ye kadar , boyları standart olarak 50m ve 100m veya istenilen uzunluklarda üretilebilmektedir.

Daha düşük yoğunluklu polietilen hammaddeden üretilen LLDPE örtüler, genellikle süs göletlerinde ve sulama kanallarında kullanılan kullanılan geosentetik örtü tipidir. Polietilen tipleri içindeki en yumuşak malzemelerden biri olan LLDPE'nin boyutsal özellikleri LDPE'de olduğu gibidir.
En düşük yoğunluklu polietilen hammaddeden üretilen VLDPE örtüler, genellikle göletlerde ve su depolarında kullanılan geosentetik örtü tipidir.

Polikarbonat çatılar

Polikarbonatlar, termoplastiklerin (ısı ile bozulmadan tepkimeye giren plastik) özel bir grubudur. Tek katlı polikarbonat çatı kaplama levhaları 0,5 mm – 3,0 mm kalınlıkta, çeşitli ölçülerde ve çeşitli formlarda üretilirler. Boşluklu (odacıklı) polikarbonat levhalar ise, 3 mm – 16 mm kalınlığında, 210 x 600 cm boyutlarında düz levhalardır. Yoğunluğu 1,2 kg/cm³ olan polikarbonat hafiftir (aynı kalınlıktaki camın %15'i) ve darbelere karşı dayanıklıdır (camdan 200 kat fazla). 4 mm kalınlığındaki levhanın ağırlığı 2 kg/m²'dir. Kimyasal maddelere karşı dayanıklıdır. Asit ve su buharlarının oluştuğu yapılarda gerekli yalıtım yapılmaz ise yüzeylerinde yoğuşma meydana gelir. Pahalı bir malzemedir. Ekonomik ömrü 10 – 12 yıldır [145,147,148].

Çizelge 2.1 : Polikarbonatın özellikleri [147].

Özellikler	Birim	Değer	Standard
Fiziksel Özellikler			
Yoğunluk	g/cm³	1.2	ISO 1183
Işık geçirgenliği (Işık kaynağı D65, kalınlık 1 mm)	%	88	ASTM D 1003
Kırılma indisi		1.586	ISO 489
Nem emilimi - 24 saat, 23ºC, %50 RH	%	0.15	ISO 62
Mekanik Özellikler			
Çekme dayanımı	N/mm²	63	ISO 547
Uzama dayanımı	%	6(110)	ISO 527
Elastisite modülü	N/mm²	2300	ISO 527
Charpy çentiksiz darbe dayanımı, + 23ºC	kj/m²	NB	ISO 179/2D
Charpy çentiksiz darbe dayanımı, + 40ºC	kj/m²	NB	ISO 179/2D
Izod çentikli darbe dayanımı, + 23ºC	kj/m²	65	ISO 180/1A
Izod çentikli darbe dayanımı, + 30ºC	kj/m²	10	ISO 180/1A
Rockwell sertliği		M70	ISO 2039-2
Termal özellikler			
Doğrusal genleşme katsayısı (23ºC-40ºC)	10^{-6}x K^{-1}	70	ASTM D 696
Isısal sapma, HDT A (1,80 N/mm²)	ºC	132	ISO 75
Isısal sapma, HDT B (0,45 N/mm²)	ºC	142	ISO 75
Termal iletkenlik λ	W/mK	0,21	DIN 52612
Yangın Özellikleri			
UL 94 yangın sınıflandırmasına göre (3,0 mm'de)	Sınıf	HB	UL 94
Oksijen indisi	%	26	ASTM D 2863-77
Elektriksel Özellikler			
Hacim direnci, kuru	W x cm	10^{16}	IEC 60093
Yüzey direnci, kuru	W	10^{15}	IEC 60093
Dielektrik direnci, kuru (1 mm)	kV/mm	30	IEC 60093
Dielektrik sabiti, kuru 1 MHz		2,9	IEC 60093
Dağılım faktörü, kuru 1 MHz		0,01	IEC 60093

Şekil 2.64 : Polikarbonat çatı uygulamaları [146].

Cam Elyaf Takviyeli Polyester çatılar

Cam elyaf takviyeli polyester (CTP), cam elyafı ile polyester reçinenin birlestirilmesi ile elde edilen kompozit bir malzemedir. Genellikle, 1,5 mm kalınlığında, 1 x 15 m boyutlarında üretilebilmektedir. Doymamış polyesterin yoğunluğu 1,35 g/cm³'tür. Polyester, termoset grubunda yer alan bağlayıcı reçinedir. Endüstriyel tesislerde, seralarda ve yapılara doğal ışık alınmasında kullanılır [16, 17]. Cam elyaf takviyeli polyester malzeme yüksek mekanik dayanımına sahiptir. Hafif, korozyon ve kimyasal etkilere dayanıklı bir malzemedir. Elektrik yalıtımı ve düşük ısı iletkenliğine sahip olması, uzun yıllar bakım ve boya gibi ek bir hizmete ihtiyaç duymaması önemli avantajlarındandır. Montaj kolaylığı, tasarım esnekliği sağlaması, kolay tamir edilebilmesinin yanı sıra üretimin düşük iş gücü ile yapılabilir olması önem taşır. Dış ortamdan gelen seslere karşı yüksek ses yalıtımına sahiptir. Darbelere karşı dayanıklıdır. Kendinden renklendirilebilme olanağı, istenildiğinde ışık geçirgenlik özelliği sağlanması, düşük taşıma maliyeti gibi özellikleri de vardır.

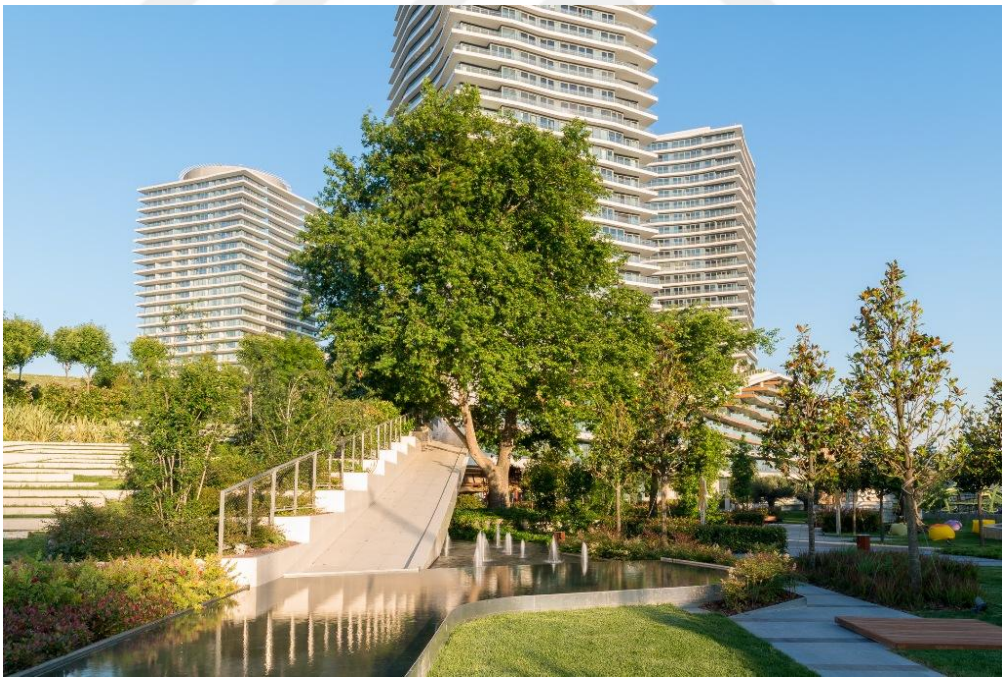
Şekil 2.65 : Altınyunus termal havuz, CTP çatı kaplaması, İzmir [149].

CTP'nin çekme, eğilme ve darbe dayanımları içindeki cam elyafın kalınlığına ve bileşimine bağlı olarak farklılıklar göstermekle birlikte oldukça yüksektir. Oda sıcaklığında sertleşmeleri için formüle edilen CTP'lerde sertleştirici olarak MEKP (Metil Etil Keton Peroksit), reçine kullanılır. Tek kat olan tiplerinin ışıklık olarak kullanıldıkları bölümlerde, ayrıca ses ve ısı yalıtımı yapılamaz. Isı ve ses yalıtımı için, polikarbonat levhalarda olduğu gibi odacıklı tipleri de üretilmektedir. Güneş altında uzun süre kalmaları halinde ışık geçirgenlikleri azalır ve kırılgan hale gelirler. [148,149].

2.3.2.10 Yeşil (bitkilendirilmiş-bahçe) çatılar

Yeşil çatılar, son yıllarda, enerji verimliliği ve karbon ayak izi gibi tanımlamalarla ortaya çıkan binaların sertifikalandırılması ile geniş bir kullanım alanı bulmuştur. Yeşil çatılar, bitkilerin ihtiyacı olan mineralleri ve suyu, doğadakinden daha az kalınlıkta ve daha düşük ağırlıkla sağlayan sistemlerdir.

Yeşil çatıların uygulamasında geçerli, 2 ana yöntem intensif (yoğun) ve ekstensif (seyrek) yeşillendirmedir. Bunlar yoğun bakımlı ve az bakımlı olarak da gruplandırılabilir. İntensif bitkilendirilmiş çatılarda kullanılan bitkiler bakım gerektirir. Bu çatılarda bakım sürecinde çatıya gelecek mekanik etkiler ve sulama gereksinimi dikkate alınmalıdır. Ekstensif yeşillendirilmiş çatılarda, seçilen bitkiler ve kullanılan özel malzeme ve yöntemlerle çatıya verilen yük, suya doymuş toprakla birlikte en fazla 150 kg/m²'dir. Bu tip uygulamalar için binanın statiğinde değişiklik yapılmasına gerek yoktur. Mevcut binaların çatıları da, herhangibir güçlendirmeye gerek kalmadan bu sisteme dönüştürülebilir.



Şekil 2.66 : Zorlu Center, İntensif Yeşil Çatı Uygulaması [150].

Çatılar, biçimsel özelliklerinin yanısıra, kullanılan malzemeler ve yapım sistemleri açısından da farklılıklar gösterirler. Prensip olarak, eğimi %100 ve daha az olan her çatı için bir bitkilendirme yöntemi vardır. Garaj, depo, otopark gibi ısıtılmayan yapılanda kullanılan ısı yalıtımsız çatı sistemleri için, bitkilendirme açısından, yapı taşıyıcı sisteminin yük kapasitesi dışında herhangi bir kısıtlama yoktur.

Havalandırmasız, ters ve havalandırmalı ısı yalıtımlı çatı sistemleri için çeşitli tipte bitkilendirilmiş çatı sistemleri bulunmaktadır.

Şekil 2.67 : Marmara Forum, İstanbul İntensif Yeşil Çatı Sistemi Uygulaması [151].

Şekil 2.68 : Metro Meydan, Ekstensif Yeşil Çatı Uygulaması [11].

2.3.2.11 Cam çatılar

Cam çatı kaplama malzemeleri de, yüksek maliyetleri nedeni ile uzun süre yagın olarak kullanılamamış, teknolojinin gelişmesi ve maliyetlerin düşmesi ile özellikle seralarda çok büyük bir kullanım alanı bulmuştur. Gereksinime bağlı olarak çok çeşitli camların kullanılabildiği bu çatılarda fotovoltaik özellikli camlar da kullanılabilmektedir. Ayrıca istenirse kısmen veya tamamen açılabilen cam çatı sistemleri uygulanabilmektedir.

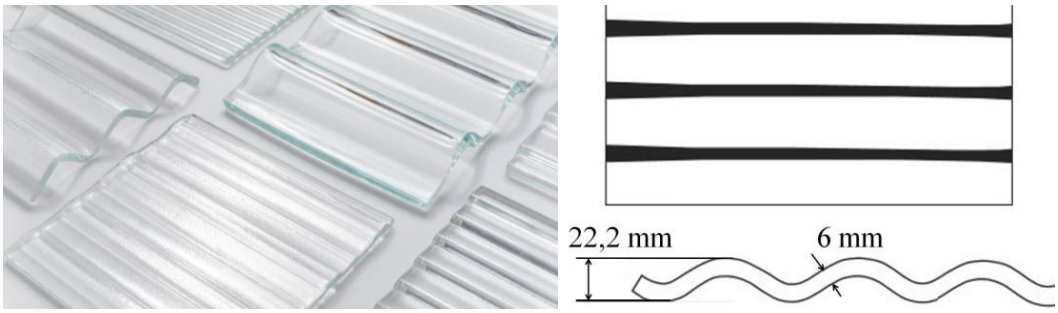
Son yıllarda AVM'ler, hava limanları, okullar gibi birçok projede çatılarda cam kullanımı önemli ölçüde artmıştır. Özellikle dış pencerelerin uzak olduğu iç mekanlarda çatıdan ışık almak amacı ile kullanılmaktadır [152].

Şekil 2.69 : Cam Çatı Uygulamaları [153].

Bu üst düzey yapısal cam elemanlar, maksimum miktarda doğal ışığın yapı içine girmesine olanak vermekte ve cam teknolojisindeki gelişmeler ile dış iklim şartları ne olursa olsun, iç mekanı uygun ısıda ve konforlu tutabilmektedir. Yapısal cam çatılar, büyük açıklıkların geçilmesi söz konusu olduğunda, düşük demir oranlı cam kirişler kullanılarak, tüm bağlantılar ve sabitlemeler cam kirişine gizlenerek, çerçevesiz sürekli şeffaf bir örtü oluşturabilir. Cam kirişler, çok sayıda cam parçaları lamine edilerek 12,00 m uzunluğa kadar üretilebilmektedir.

Şekil 2.70 : Moynihan Station, N.Y., USA [154].

Şekil 2.71 : Times office centre, Wrocław, Poland [155].

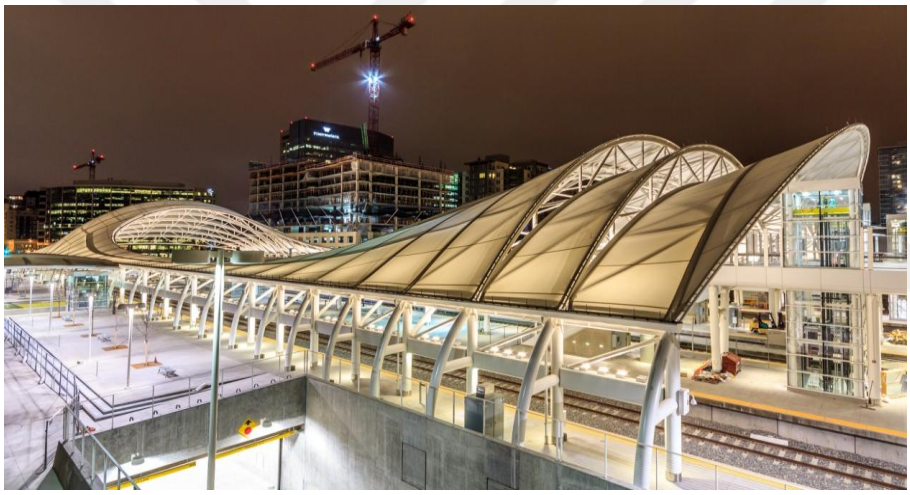


Şekil 2.72 : Çeşitli cam çatı kaplama malzemeleri [156].

2.3.2.12 Tekstil çatılar

Geleneksel olarak, dokuma kumaşlar, özellikle kaplanmış kumaşlar, gerilme ve zar mimarisinde kullanılmıştır. Gelişmiş gölgelendirme ve güneş kontrolü sağlamak için ısmarlama kaplamalarla uygulanabilen yüksek performanslı kumaşların geliştirilmesi. Mimari uygulamaların kapsamı şimdi basit "dört noktalı yelkenlerden" büyük stadyum cephelerine ve çatılara kadar uzanıyor.

Tekstil çatı kaplama örtüsü yelpazesi sürekli artmaktadır ve PVC kaplı polyester kumaşlar (genellikle PVC / PES olarak adlandırılır) ve PTFE kaplı cam elyaf kumaşlar, saçaklar ve örtü çatı kaplama çözeltileri dahil olmak üzere çeşitli uygulamalar için kullanılmaktadır. Silikon cam veya PTFE kumaşlar gibi teknolojik malzemeler, geri çekilebilir çatılar gibi özel uygulamalar için uygundur [157].



Şekil 2.73 : Denver Union İstasyon Bölgesi tekstil çatıları, Colorado, 2014 [158].

Çizelge 2.2 : Tekstil Çatı Kaplama Malzemeleri Karşılaştırma.

MALZEME	KULLANIM YERİ	ÖMÜR	IŞIK GEÇİRGENLİĞİ	GERİ DÖNÜŞÜM	BAKIM SIKLIĞI	BÜTÇE	YANGIN DAYANIMI	KİRLENME
PVC(polyester)	Dış mekan	****	*	EVET	***	**	***	***
SILICON	Dış ve iç	*****	***	EVET	**	**	*****	*
PTFE GLASS	Dış mekan	*****	*	HAYIR	**	****	*****	*****
ETFE	Dış mekan	*****	****	EVET	*	***	*****	*****
PVC GLASS	Iç mekan	***	**	HAYIR	***	*	*****	****
STRECH	Dış ve iç	**	**	HAYIR	***	**	*****	***
LYCRA	Iç mekan	*	***	HAYIR	*****	*		

Çizelge 2.3 : Tekstil Çatı Kaplama Malzemeleri Özellikleri [159].

	Yük taşıma kapasitesi (çekme dayanımı)	**Yangın Sınıflandırması** (DIN 4102-1'e göre)	**Çevresel etkilere karşı direnç** (kimyasal / biyolojik)	**Çapraz kırılmaya karşı direnç** (katlanır, geri çekilebilirlik)	**Işık Geçirgenliği**	**Şeffaflık**
Malzeme / Birim	**[kN/m]**	**[class]**	**[high/med./low]**	**[high/med./low]**	**[%]**	**[evet/hayır]**
PVC/Polyester-kumaş (Type V)	**yüksek (190/166)**	B2 veya B3	orta	orta	10'a kadar	hayır
Silikon/Cam elyaf-kumaş (Type G VII)	**yüksek (170/158)**	B1	orta	orta	25'e kadar	hayır
PTFE/Cam elyaf-kumaş (Type G VII)	**yüksek (170/158)**	**A2** veya B1	**yüksek**	düşük	14'e kadar	hayır
Floropolimer kumaşlar (ETFE/PTFE/FEP)	orta (80/80)	B1	**yüksek**	**yüksek**	**40 - 85'e kadar**	hayır
ETFE-folyo (250 µm	düşük (13/13)	B1	**yüksek**	düşük	**90 'a kadar**	**evet**
	⇩	⇩	⇩	⇩	⇩	⇩
Tercih edilen malzeme:	PES veya cam elyaf kumaşlar	PTFE-Cam elyaf kumaşlar	Floropolimer kaplamalar veya folyolar	Floropolimer kumaşlar	Floropolimer kumaşlar veya folyolar	Floro-polimer folyolar

2.3.2.13 Doğal taş çatılar

Doğal taş çatı kaplama malzemeleri (Arduvaz) her dönemde popüler ve prestij sembolü olmalarına rağmen, güçlü bir altyapı gerektirmesi ve yüksek maliyetli olması nedeni ile yaygınlaşamamıştır. Kalınlıkları 2-3cm civarında olan bu doğal taş çatılar, ağırlıkları nedeni ile oldukça güçlü bir altyapı gerektirmektedir [160].

Şekil 2.74 : Eski şehir merkezinde çatılar, Mostar, 2018 [161].

2.3.2.14 Seramik çatılar

İtalya ve İspanya'da çok yüksek fiyatlı olmaları nedeni ile oldukça küçük bir pazara sahip olan seramik çatılar, Türkiye'de son yıllarda küçük te olsa çatı pazarından bir pay almaya başlamıştır. Türkiye'de geliştirilip kullanılan çatı seramikleri, tek bir biçim ve 5 renkle sınırlı olup, talep oluşması halinde hem biçim, hem de renk bakımından kolaylıkla geliştirilebilecek potansiyele sahiptir.

Ancak geliştirilen sistem, su yalıtımını açıklık atlayabilen ve oluk ve tümseklerden oluşan bir su yalıtım malzemesi ile mükelmmel bir şekilde çözümlediği için, sistemde standart seramikler de kullanılabilmektedir.

İtalya'da ve İspanya'da çok çeşitli tiplerde ve renklerde üretilen çatı seramikleri de yaygın bir kullanım alanı bulamamıştır. Fiyatlarının çok yüksek oluşu nedeni ile sadece villa tipi yapılarda tercih ediilmektedir.

Şekil 2.75 : Seramik çatı örneği, İtalya [162].

2.3.2.15 Kamış-saz (thatching) çatılar

Birçok ülkede kullanılan kamış çatılar, özellikle turistik yörelerde, bungalov (tek katlı ahşap taşıyıcılı bina), sundurma, v.b. çatı uygulamalarında kullanılmaktadır. Türkiye'de Konya Sultan Sazlığı'ndan hasad edilen kamışlar, kurutulup demet haline getirildikten sonra çatılarda kullanılmaktadır. 18. yüzyıla kadar en ucuz çatı sistemlerinden biri olan ve yoksulluk işareti sayılan kamış çatılar, günümüzde binalarda prestij sembolü haline gelmişlerdir. Son 30 yılda özellikle İngiltere'de çok sayıda kamış çatı yapılmış ve yapılan bir araştırmada 60 binden fazla kamış çatılı bina olduğu tespit edilmiştir. Günümüzde İngiltere'de kamış çatı yapımında tam gün çalışan 1000 usta bulunmaktadır.

Türkiye'de özellikle Akdeniz bölgesindeki turistik tesislerde uygulanan 34cm kalınlıktaki kamış çatıların ağırlıkları 35 kg/m² civarındadır. Kamış çatılar her ne kadar su geçirimsiz olsa da, çatı katmanları içinde su yalıtım örtüsü katmanı da kullanılmaktadır. Kamış çatılar çok düşük ısı iletkenlik katsayıları (λ=0,20) nedeni ile iyi bir ısı yalıtımı da sağlar [163].

Kamış çatılar hafif oldukları için taşıyıcı konstrüksiyonları da ekonomik olarak uygulanabilir. Kamış, düzensiz yapıların çatılarını örtmekte kullanılabilecek en ideal çatı kaplama malzemelerinden biridir.

Şekil 2.76 : Kamış çatı uygulama örnekleri [163].

2.3.2.16 Ahşap çatılar

Antik dönemlere dayanan köklü bir geçmişi olan ahşap çatı kaplama malzemeleri, günümüz teknolojisi ile daha hızlı ve verimli bir şekilde üretilmekte ve İskandinav ülkelerinin kırsal bölgelerinde yaygın şekilde kullanılmaktadır. Ayrıca bu bölgelerde çatı kaplama malzemesi olarak 1950'lere kadar kullanılan tek malzemedir. Yangın

dayanımının düşük olması nedeni ile tüm ülkelerde yaygın bir kullanım alanı bulamasa da, tarihi yapılar, villalar gibi prestijli yapılarda tercih edilmektedir. Ancak, günümüz teknolojisinin getirdiği kolaylıklar sayesinde artık bu malzemeler yangına karşı dayanımlı olarak da üretilebilmektedir. Ahşap çatı kaplamaları, ahşap şıngıllar ve ahşap kiremitler olarak iki ayrı tipte üretilirler. Parçalı ve kısa boylu olan ve boşluklu alt yapı üzerine uygulanan malzemelere Ahşap Şıngıl (wood shingles), daha büyük boyutlu ve tek parça olan ve tamamen dolu alt yapı üzerine uygulanan malzemelerde Ahşap Kiremit (wood shake) adı verilmektedir. Yüzey dokuları da, damarlı yüzeyli veya düz yüzeyli olarak iki farklı şekilde sınıflandırılmaktadır [164].

Şekil 2.77 : Ahşap çatı kaplaması tipleri [165].

Şekil 2.78 : Ahşap şıngıl ve ahşap kiremit uygulama örnekleri [166].

2.3.2.17 Fotovoltaik kiremit çatılar

Teknolojik gelişmelere ayak uyduran çatı sektöründe, kiremitlere son kat çatı kaplama malzemesi olma özelliğinin yanısıra, güneş enerjisinden elektrik elde etme ve bazılarında da aynı zamanda ışık geçirme özellikleri eklenmiştir. Kiremit boyutlarında üretilen solar kiremitler, çatının uygun yerlerine hiçbir ilave altyapı ve aksesuar gerekmeden normal kiremit döşer gibi yerleştirilebilmektedir. Işık geçiren kiremitlerde, kiremit içine yerleştirilen solar hücreler, kiremitlerin çatı arasına

olabildiğince fazla ışık geçirmesine olanak verecek şekilde tasarlanmıştır. Solar kiremitlerin, kiremit üzerine solar hücre entegre edilen tipleri de bulunmaktadır.

Şekil 2.79 : Solar tip kiremitler uygulama örnekleri [167].

2.3.2.18 Fotovoltaik panel çatılar

Büyük boyutlu fotovoltaik (PV) paneller, kiremit gibi üst üste bindirilerek veya özel kenar detayları ile üretilerek çatı kaplama malzemesi olarak kullanılmaktadır. Yağmur, kar, dolu, dış yangın etkisine dayanım gibi özelliklere sahip olan bu paneller, çatı kaplama malzemesi olmalarının yanısıra, üzerinde bulunduğu binanın ihtiyacı olan elektriği de önemli ölçüde sağlamaktadır. PV panel kaplamalarda, enerji üretimi için çatı yüzeyinin her bir cm²'si birlikte kullanılır ve böylece maksimum enerji kazanılır. PV çatı kaplamaları, grid tied (şebeke bağlantlı) veya of grid (şebeke bağlantısız-akülü) olarak tasarlanabilir. Şebeke bağlantılı olan sistemlerde üretilen elektrik bir sayaçtan geçerek sisteme verilir. Kullanıcı tüm elektriği şebekeden kullanır ve ay sonlarında mahsuplaşılır. Şebekeden bağımsız (off grid) sistemlerin ana elektrik şebekesi ile bağlantısı yoktur. Gündüz saatlerinde üretilen elektrik akülerde depolanır ve akşam saatlerinde kullanılır. Ahşap, çelik veya betonarme alt yapı üzerine doğrudan tespit edilebilen PV panellerin boyutları ve ağırlıkları, bir ustanın kolaylıkla taşıyabileceği ve çatıya standart kiremitlerden daha fazla ağırlık vermeyecek şekilde tasarlanmıştır. Bu nedenle, uygulanacağı binaların çatı taşıyıcılarında herhangi bir güçlendirme yapılmasını gerektirmez. PV panellerin çatının su yalıtımına hasar vermeden çatıya yerleştirilmesi için özel bağlantı sistemleri geliştirilmiştir. Fotovoltaik sistemler şu anda ~%20 elektrik, ~%80 oranında ısı üretmekle birlikte, verimlilikleri her geçen gün artmaktadır[168]. Fotovoltaik panellerdeki aşırı ısınma problemlerinin giderilmesi konusunda da önemli gelişmeler olmuştur. Yeni nesil PV paneller, altlarında havalandırma

gerektirmemektedir. PV panellerin amortisman süreleri 3 yıla kadar düşmekle birlikte, ekonomik ömürleri 25 yıl olarak hesaplanmaktadır..

Şekil 2.80 : Solar tip kiremitler uygulama örnekleri [169].

2.3.2.19 Hibrit panel çatılar

Standart bir fotovoltaik panel % 80 ısı ve sadece % 20 elektrik üretir. PV panelin sıcaklık arttıkça azalan fotovoltaik verimliliğine de ters düşen bu durum, özel olarak geliştirilen ısı eşanjörü ve PV panelin arkasına yerleştirilen 5mm çapındaki borularda dolaşan su sayesinde paneli soğutur ve standart bir PV panelden daha fazla elektrik üretmesini sağlar. PV paneli soğutmada kullanılan su 70 ° C'ye kadar ısınır ve ısınmış su daha sonra binanın ısıtılması, kullanım sıcak suyu, havuz suyu, v.b. farklı ısıtma ihtiyaçları için kullanılabilir [170].

Şekil 2.81 : Hibrid PV Panel çatı uygulama örnekleri [170].

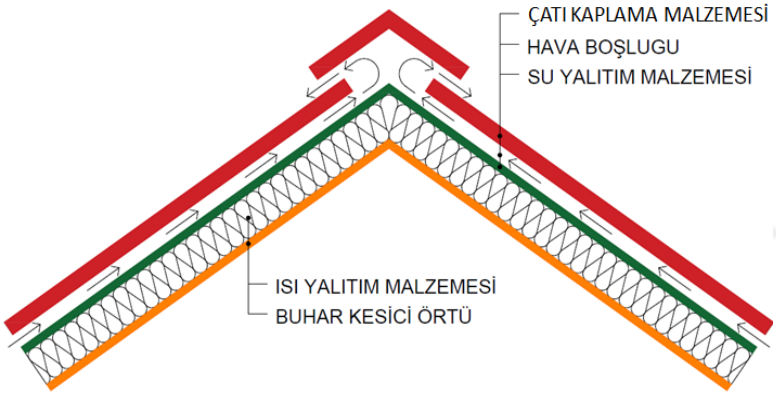
2.3.3 Çatı arası havalandırma boşluğunun ve ısı yalıtım malzemesinin konumuna göre

Binayı dış ortam şartlarından ayıran en önemli yapı bileşeni olan çatı, belirlenen performansları karşılayacak şekilde tasarlanmış olmalıdır. Çatı sisteminin işlevini sağlıklı bir şekilde yerine getirebilmesi için, çatıda kullanılacak ısı yalıtım malzemesinin ve havalandırma boşluğunun konumu, çatı katmanlarından geçen su

buharının yoğuşmaya neden olmadan bina dışına atılmasını sağlayacak şekilde düzenlenmelidir. Çatılar, çatı arasındaki hava boşluğunun, ısı yalıtım malzemesinin ve buhar kesicinin konumuna bağlı olarak sıcak çatılar, soğuk çatılar ve hibrit çatılar olarak 3 gruba ayrılırlar.

2.3.3.1 Sıcak Çatılar

Bu tür çatılarda ısı yalıtım malzemesinin altına buhar kesici örtü, üzerine su yalıtım malzemesi serilir. Tek havalandırma boşluğu, çatı kaplama malzemesi ile su yalıtım malzemesinin arasında yer alır. Isı yalıtım malzemesinin altına serilen buhar kesici örtü, soğuk iklim şartlarında, iç ortamdaki içinde su buharı bulunduran havanın, ısı yalıtım malzemenin içine girmesini ve yoğuşarak ısı yalıtımına zarar vermesini engeller (Şekil 2.78).



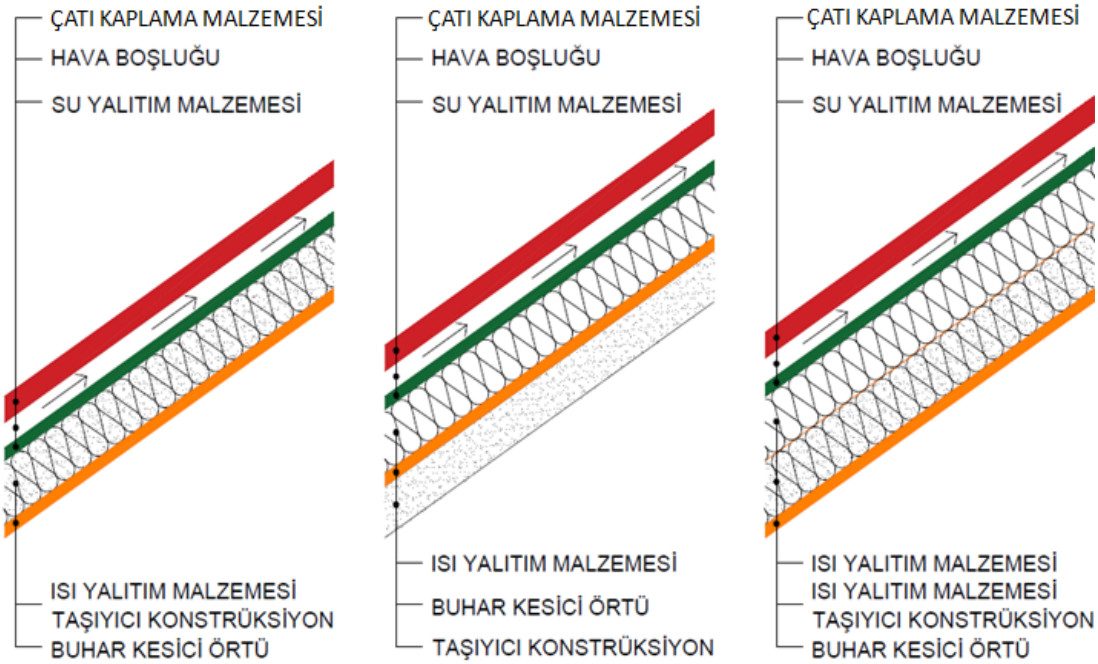
Şekil 2.82 : Sıcak çatı katmanları.

Isı yalıtım malzemesinin altında buhar kesici olmaması, ısı yalıtım malzemesi üzerinde nefes alan örtü (havayı geçiren, suyu geçirmeyen) bulunmaması ve çatı katmanları arasında saçaktan hava girişi, mahyadan hava çıkışı olmaması veya yeterli olmaması halinde, malzeme içinde yoğuşma olabilir. Bunun sonucunda ısı yalıtım malzemesinin iletkenlik katsayısı yükselir ve malzeme ısı yalıtım özelliğini kaybeder.

Sıcak çatılar, ısı yalıtım malzemesinin konumuna bağlı olarak 3 ayrı şekilde oluşturulabilirler.

- Isı yalıtım malzemesinin mertekler arasında yer aldığı sıcak çatılar.
- Isı yalıtım malzemesinin taşıyıcı elemanların üzerinde yer aldığı sıcak çatılar.

- Isı yalıtım malzemesinin hem mertekler arasında, hem de mertekler üzerinde yer aldığı, çift ısı yalıtım katmanlı sıcak çatılar [171].



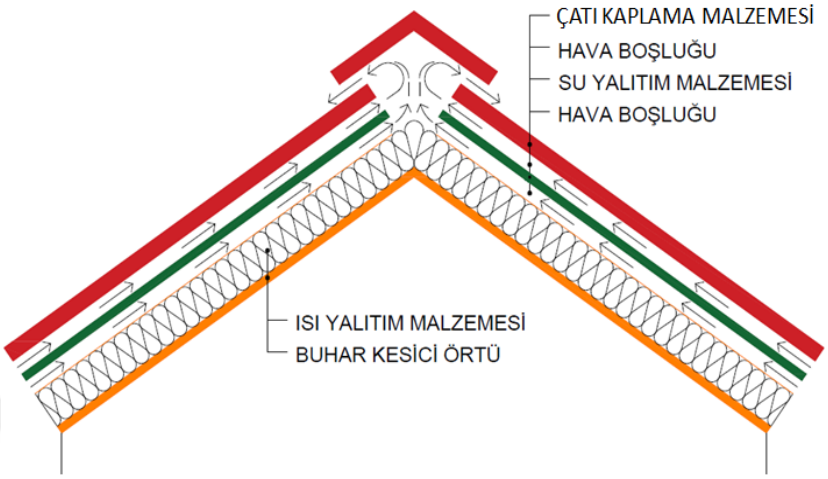
Şekil 2.83 : Isı yalıtım malzemesinin konumuna göre sıcak çatıların katmanlaşması.

2.3.3.2 Soğuk Çatılar

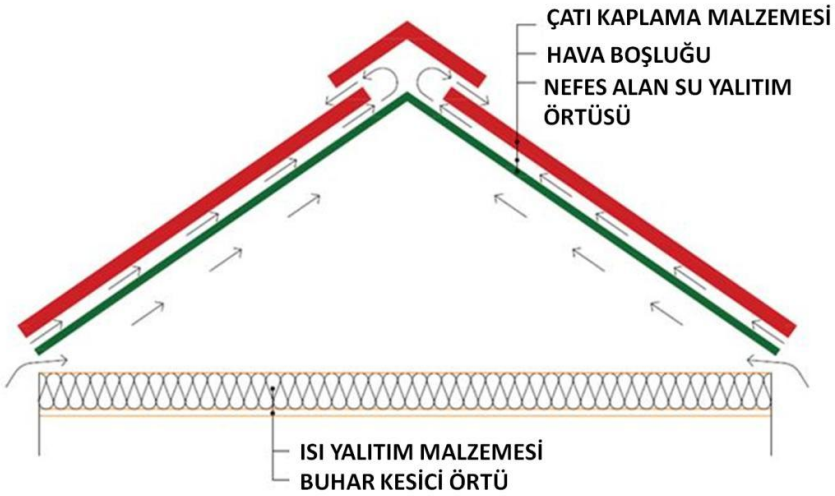
Taşıyıcı kısım ile örtü kısmı birbirinden ayrı olan çatılarda çatı arasında, çatı arası havası vardır. Bu tür çatılar, taşıyıcı konstrüksiyon ısınmadığı için soğuk çatılar olarak adlandırılır. Literatürde çok çeşitli şekillerde tanımlamalar olmakla birlikte, soğuk çatıları genel olarak 2 ayrı şekilde tanımlayabiliriz.

- Isı yalıtım malzemesi mertekler arasında olan, hem ısı yalıtım malzemesi üzerindeki su yalıtım malzemesi ile ısı yalıtımı arasında, hem de su yalıtım malzemesi ile son kat çatı kaplama malzemesi arasında havalandırma boşluğu bulunan çatılara soğuk çatılar denir (Şekil 2.80). Bu çatılarda ısı yalıtım malzemesinin altına buhar kesici örtü serilir. Buhar kesici örtünün reflektif özellikte olması, aynı zamanda güneş radyasyonunun yansıtılmasını sağlar.
- Isı yalıtım malzemesinin yatay çatı döşemesinin üzerinde bulunduğu ve ayrıca çatı kaplama malzemesinin altında havalandırma boşluğu bulunan çatılara soğuk çatılar denir (Şekil 2.80).

Soğuk çatılarda, biri ısı yalıtım malzemesi ile su yalıtım malzemesi arasında, diğeri de su yalıtım malzemesi ile çatı kaplama malzemesi arasında olmak üzere çift katmanlı hava boşluğu vardır [171,172].

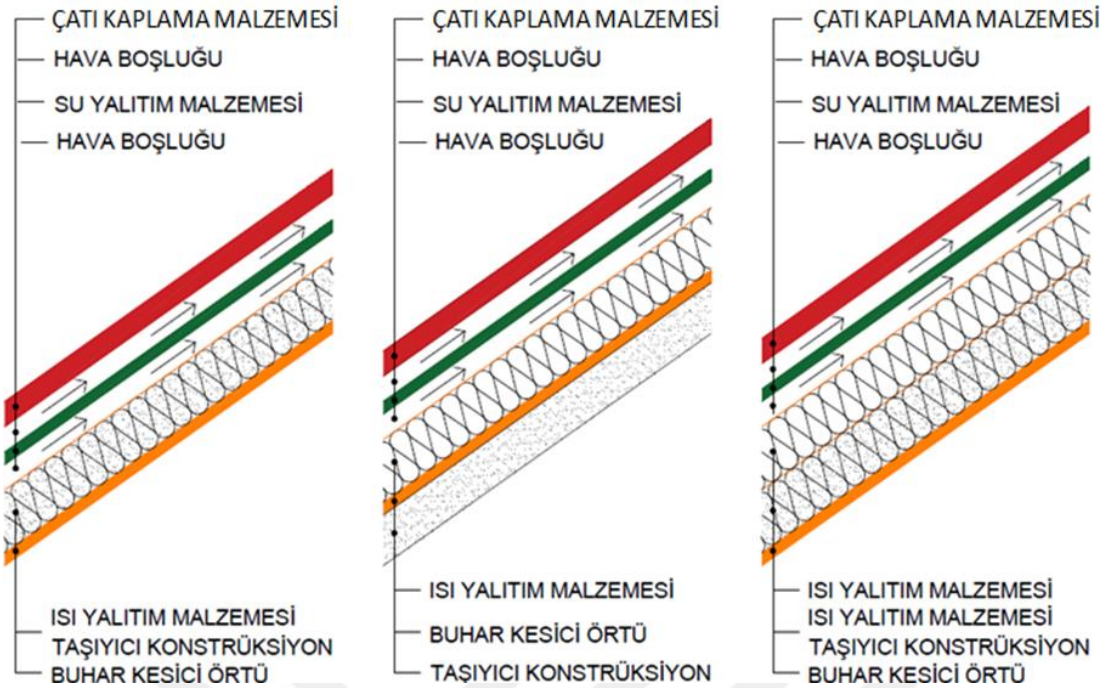


Şekil 2.84 : Birinci tip soğuk çatı katmanları.



Şekil 2.85 : İkinci tip soğuk çatı katmanları.

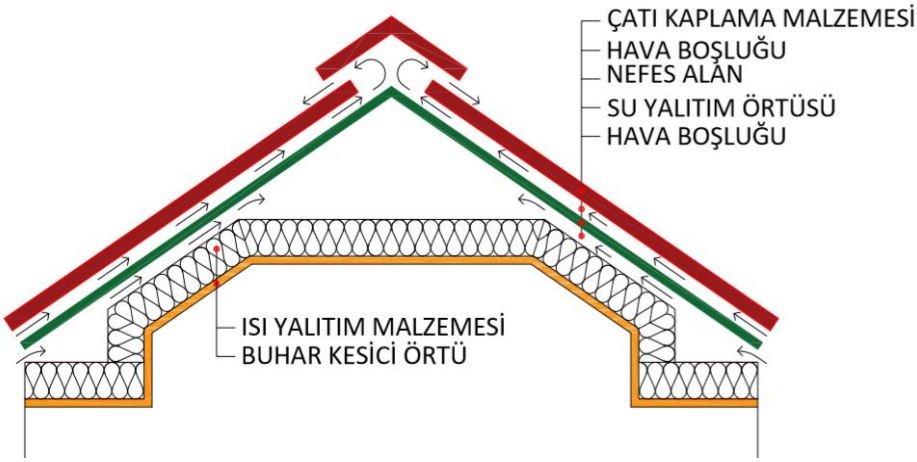
Çatı arası kullanılmayan yapılarda döşeme üzerine buhar kesici konulduktan sonra ısı yalıtım malzemesi serilir. Eğimli çatı yüzeyine nefes alan su yalıtım örtüsü serilir ve en az 3cm yükseklikte hava boşluğu bırakıldıktan sonra çatı kaplaması uygulanır. Hava çıkışları, hava girişlerinden %20 fazla olacak şekilde düzenlenmelidir. Çatı taşıyıcı elemanları genellikle yapı saçağına dik olarak yerleştirildiğinden, herbir aralığın saçaktan hava girişi, mahyadan hava çıkışı olmalıdır. Bunun yapılmasının olanaksız olduğu durumlarda, saçağa dik olarak yerleştirilen taşıyıcılar arasında hava geçisi sağlanmalıdır.



Şekil 2.86 : Isı yalıtım malzemesinin konumuna göre soğuk çatıların katmanlaşması.

2.3.3.2 Hibrit Çatılar

Çatı arası kullanılan binalarda çatı sistemi, hem sıcak çatı hem de soğukçatı katmanlarını oluşturacak şekilde düzenlenmektedir. Sıcak çatı şeklinde katmanlaşan bölüm, çatı arasının kullanıldığı soğuk çatı katmanlaşması ile aynı olmakla birlikte, ısı yalıtımı ile su yalıtımı arasında küçük bir hava boşluğu bulunmaktadır. Hibrit çatılarda ısı yalıtımı altında buhar kesici örtü ve su yalıtım örtüsü olarak nefes alan bir su yalıtım örtüsü kullanılması gereklidir [172].



Şekil 2.87 : Hibrit çatıların katmanlaşması.

2.3.4 Eğimlerine Göre

2.3.4.1 Az eğimli çatılar

Eğimleri %25'den daha az olan çatılardır. Kar yağışının olmadığı ya da çok az olduğu bölgelerde tercih edilen bu tip çatılar, yüksek eğimli çatılara göre daha az malzeme kullanımı ile ekonomik olarak imal edilebilirler.

- % 0,0 - % 5 Eğimli Çatılar: Bu tip çatılara düz çatılar da denebilir. Sızdırmaz örtülü, üzerinde yürünebilir çatılardır.
- % 5 - % 15 Eğimli Çatılar: Bu tip çatılar, sızdırmaz örtülü, üzerinde kısmen yürünebilen çatılardır.
- % 15 - % 25 Eğimli Çatılar: Bu tip çatılar, kaplama esaslı olup üzerinde yürünemeyen çatılardır.

Şekil 2.88 : Konut, Antalya [11].

Şekil 2.89 : Okan Üniversitesi,İstanbul [11].

Şekil 2.90 : Salina Tuz Fabrikası [11].

Şekil 2.91 : Öğretmen evi,Sinop [11].

2.3.4.2 Orta Derece Eğimli Çatılar

Eğimleri % 25 ile % 70 arasında olan çatılardır. Her türlü iklim şartında çatıların büyük bir bölümü bu eğim aralığında uygulanır. Türkiye'de yerel yönetimlerin imar yönetmeliklerinde genellikle %33 olan izin verilen en yüksek çatı eğimleri, son yıllarda Ankara'da %40'a, İstanbul, Kayseri ve Kocaeli'de %45'e, Konya'da ise 45º'ye çıkarılmıştır.

Şekil 2.92 : Çiftlik evleri, Kore [11].

Şekil 2.93 : Hafta sonu evleri, Kore [11].

2.3.4.3 Dik Çatılar

Eğimleri % 70 ya da daha çok olan çatılardır.

Şekil 2.94: Çiftlik evleri, Kore [11].

Şekil 2.95 : Villa, Seul, Kore [11].

2.3.4.4 Değişken Eğimli Çatılar

0 ile %200 arasında eğime sahip, kubbe, tonoz, vb. çatılardır.

Şekil 2.96: Maşukiye Camii, İzmit [11].

Şekil 2.97 : Konut, Tahran, İran [11].

2.3.5 Suyun çatıdan uzaklaştırılma şekline (yağmur suyu drenajına) göre

Çatılar, yağış sularının çatıdan uzaklaştırılma şekline bağlı olarak iki gruba ayrılır.

2.3.5.1 Dışa akışlı çatılar

Çatıların yağmur iniş sistemleri genellikle dışa akışlı olarak tasarlanırlar. Bu sistemler her noktasına dışarıdan ulaşılabilmeleri nedeni ile olası problmler kolaylıkla giderilebilir. Bu çatılar istenildiğinde, serbest akışlı olarak ta tasarlanabilir (Şekil 2.11,2.12).

Şekil 2.98 : Konut, İstanbul, Türkiye [11].

Şekil 2.99 : Konut, Sapanca, Türkiye [11].

2.3.5.2 İçe akışlı çatılar

Yağmur ve kar sularının çatının ortasında toplanıp, binanın içinden veya dış kenarlarından indirildiği çatılardır. Bina içinden inişli olan çatılarda ciddi sorunlar yaşanabilir. Bu tipçatılar, düşey inişlerdeki tıkanmaların önlenebilmesi için düzenli aralıklarla bakım yapılmasını gerektirir.

Şekil 2.100 : Helal Residence – B.A.E. – Steven Ehrlich Mimarlık [173].

2.3.6 Biçimlerine Göre

İklimsel şartlar, düz ve eğimli çatılarda kaplama malzemesi seçimi etkiler. Yumuşak iklimlerde, iklimin malzeme seçimine etkisi oldukça azdır. Sıcak ve kuru iklimlerde, ağır yağışların pek görülmemesi ve çatı yüzeyinden olabildiğince yararlanma isteği nedeni ile düz çatılar daha yaygındır. Ancak son yıllarda, iklimsel değişiklikler nedeni ile anlık şiddetli yağışlar oluşmakta ve bu da kısmen eğimli çatılara dönüşü beraberinde getirmekle birlikte, düşey yağmur inişlerinin sayılarının ve çaplarının son yağış verilerine göre hesaplanmasını gerektirmektedir. Yoğun yağışların görüldüğü bölgelerde çatı eğimi dikleşir ve düz çatı kullanımı azalır. Eğimli çatılarda kiremit, bitümlü levhalar, metal kaplamalar gibi malzemeler çatı kaplama malzemesi olarak kullanılır. Çatı kaplama malzemeleri, bünyelerine suyun girişini tamamen kesecek veya minimize edecek şekilde üretilirler. Bu malzemelerin, suları altlarına geçirmemeleri ve yağmur indirme sistemine en hızlı şekilde ileterek yapıdan uzaklaştırılmasını sağlaması beklenir. Çatı eğimi, çatı kaplama malzemelerinin uzunluk, genişlik ve biçimlerine bağlı olarak farklılıklar gösterir. Su yalıtım örtüleri, düz veya eğimli çatı yüzeylerde kullanılabilirler ancak, bitümlü örtülerin eğimli yüzeylerde kullanılması halinde, örtünün üretiminde kullanılan bitümün türüne dikkat edilmeli ve akışkanlığı düşük bitüm türleri tercih edilmelidir. Düz ve eğimli çatılarda iklim ve kaplama malzemesi seçimi etkiler. Ilıman iklimlerde iklimin etkisi daha azdır. Sıcak ve kuru iklimlerde ağır yağışların pek görülmemesi ve kullanışlı bir yaşam alanı sağlaması bakımından düz çatılar daha yaygındır.

2.3.6.1 Doğrusal Eğimli Çatılar:

Yüzeylerinde herhangi bir eğrisellik bulunmayan çatı tipidir. Eğimlerine göre az, orta ve yüksek eğimli olarak sınıflandırılabilirler. (Şekil 3.31)

a) Az eğimli çatı b) Orta eğimli çatı c) Yüksek eğimli çatı

Şekil 2.101 : Doğrusal eğimli çatı örnekleri [11].

Teras (düz dam) çatılar

Eğimi %5'in altında olan çatılardır. Bu tür çatıların seçiminde öncelikli etken mimari anlayıştır. Düz diye anılsalar da, suyun akabilmesi için az da olsa eğimli yapılırlar. Dolayısıyla yoğun ve uzun süreli kar yağışı olan bölgelerde, kar yükünün fazla olması nedeniyle tercih edilmemelidir. «Üzerinde yürünebilen» ya da «yürünmeyen» biçiminde düzenlenebilirler. Üzerinde yürünebilen teras çatılarda eğim % 1,5' in, yürünmeyenlerde ise % 5' in üzerine çıkmamalıdır. Eğimin az olması nedeniyle en önemli sorun sızdırmazlıktır. Parçalı su yalıtım örtülerinde birleşim yerleri en sorunlu noktalardır. Çatı örtüsü eksiz olmalı ya da ek yerlerinde su geçirimsizlik kesinlikle sağlanmalıdır. Teras çatılarda yağış suyunun en kısa yoldan ve dolaştırılmadan yapı dışına atılması sağlanmalıdır. Dolayısıyla, öncelikle, sudan arınım planlarının doğru yapılması gereklidir. Sudan arınım planı yapılırken, dilatasyon derzlerinin eğimin en üst kısmına gelmesine, suyun dilatasyona yönelmemesine dikkat edilmelidir. Ayrıca, paratoner, anten v.b. tesisat elemanlarının yalıtım tabakalarını delmemesine özen gösterilmelidir. Düz çatılarda, çatı malzeme katmanlarının yapı fiziği kurallarına uygun olarak sıralanması esastır. Isı yalıtım malzemesinin yerine göre; iki türlü yapım sistemi söz konusudur:

1) Geleneksel teras çatı sistemi.

2) Ters teras çatı sistemi.

Geleneksel çatıda su yalıtım malzemesi, hem üzerinde bulunan koruyucu katmanının mekanik etkileri, hem de büyük sıcaklık dalgalanmalarının etkisiyle kısa sürede bozulabilir; birleşim yerlerinde ayrılmalar ortaya çıkabilir. Ayrıca, su yalıtımının alt tarafında yoğuşma ve hava kabarcıkları oluşumunu önlemek için eğim betonu ve ısı yalıtım malzemesi arasına buhar kesici gerektirir. Bu da sistemi karmaşık hale getirir, detay çözümlerini zorlaştırır, malzeme ve işçilik maliyetini artırır ve uygulama süresini uzatır. Bu sorunlara çözüm olarak, ısı yalıtımının su yalıtımı üzerine uygulanması ile ters teras çatı sistemi ortaya çıkmıştır. Böylece su yalıtım tabakası, bina iç sıcaklığına yakın bir sıcaklıkta tutulabileceğinden ısısal gerilimlerden ve iç yoğuşmalardan korunur ve buhar kesiciye gerek kalmaz. Ancak bu sistemde kullanılan ısı yalıtım malzemesinin bünyesine su kabul etmemesi, yani kapilaritesinin sıfır olması, yüksek yoğunlukta, sert ve mekanik etkilere karşı dayanıklı olması gibi özellikleri taşıması gerekir. Bu özellikleri taşıyan ekstrude

polistren sert köpük (XPS) ısı yalıtım malzemelerinin uygulamada bu amaçla kullanımları yaygındır. Ters çatılarda ısı yalıtım tabakaları yapıştırılmadan, serbest olarak yerleştirilir. Dolayısıyla malzeme kolayca kaldırılabilir, çatı kontrol ve bakımı kolaylıkla yapılabilir; kat ilavesi gerektiğinde tekrar kullanılabilir. Isı yalıtım tabakalarının yüzmemesi ya da rüzgarda hareket etmemesi için üzerlerine en az yalıtım tabakası kalınlığında ağırlık tabakası (çakıl - Ø16-32 mm) serilmelidir. Diğer yandan, yalıtım tabakasını altına geçen bir miktar su, döşemeden ısı kaybına neden olabilir. Ancak bu ısı kaybı göz ardı edilebilecek düzeyde olup ısı yalıtım kalınlığının bir miktar artırılmasıyla telafi edilebilir. Isı yalıtım malzemelerinin arasında boşluklar kalmamalı, tercihan lamba zıvanalı veya binili XPS levhalar kullanılmalıdır. Aksi halde soğuk havalarda teras altındaki tavan yüzeyinde yoğuşma nedeni ile rutubetlenmeler meydana gelmesi kaçınılmazdır. Bu tür çatılar, az yağış alan bölgeler için daha uygundur.

Ters çatı sisteminde, istenirse ısı yalıtım malzemesi üzerine bir geosentetik örtü serilerek, karo montaj takozu ile karolar yerleştirilebilir. Karo montaj takozları 2cm, 3 cm gibi sabit ölçülerde olabileceği gibi, yükseklikleri ayarlanabilir tipte de olabilir. Hatta karoların oturduğu yüzeylerin eğimleri ayarlanabilen tipleri de vardır. Bu sistemlerde hertürlü tesisat geçişleri karoların altına döşenebilmektedir.

Şekil 2.102 : Spring Giz Plaza, Maslak, İstanbul [11].

Tek eğimli çatılar:

Duvarlar üzerine oturan (Şekil 2.57) veya mahyası düşey duvara saplanan (Şekil 2.58) tekil eğik düzlemlerden oluşur. Bina duvarlarına bitişik olarak yapılan sundurmalar da tek eğimli çatı olarak adlandırılırlar.

Şekil 2.103 : Konut, İsrail [11]. **Şekil 2.104 :** Apartman, Tebriz,İran [11].

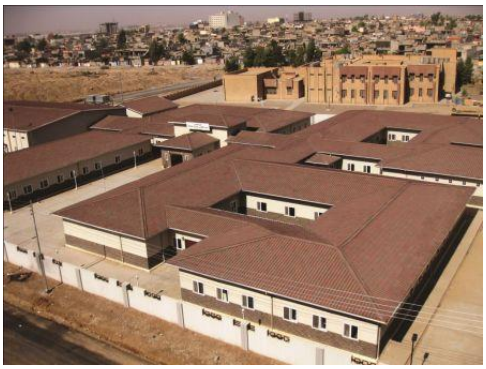
Beşik çatılar:

İki eğik düzlemin mahyada birleştiği ve alınları kalkan duvarlı veya farklı biçimlerde bitirilen çatılardır (Şekil 2.59,2.60).

Şekil 2.105 : Restoran, Beyrut, Lübnan [11]. **Şekil 2.106 :** Konut, Kore [11].

Kırma çatılar:

3 veya daha fazla kenardan oluşan alanlar üzerine yapılan, 3 veya daha fazla eğik yüzeyi bulunan çatılardır. Çatı, köşelerden 45°'lik açılarla kırılır ve kırılan köşeler tepede birleştirilir. Saçak ve mahya biribirlerine paralel olacak şekilde projelendirilir.



Şekil 2.1037 : Ofis, Seul,Kore [11]. **Şekil 2.108 :** Okul, Erbil,Irak [11].

Bu çatılarda tüm yüzeylerin eğiminin aynı olması tercih edilse de, bunun dışına çıkan çatılar da vardır. Bu nedenle çok eğimli çatılar olarak da tanımlanırlar. En yaygın biçimi 4 eğik yüzeyli çatılardır. Bu çatılar inşaat piyasasında zarf çatılar olarak da adlandırılırlar.

Haç biçimli çatılar:

Genellikle bir kare plan veya kesişen iki eşit beşik çatıdan oluşan çatılardır. Kesişen çatıların mahyaları aynı yükseklikte olup dört adet eğik dereleri vardır. Çatıların bitişleri genellikle beşik çatı şeklindedir. Böylelikle çatı arası yüksekliğinden en fazla şekilde yararlanılmakta ve yapı içine bol ışık alınabilmektedir.Çatı boşluğu kullanılmayan haç biçimli çatıların bitişleri, istenirse kırma çatı şeklinde de yapılabilir.

Şekil 2.109 : Haç biçimli çatılı evler ve kameriye [174].

Şed (testere dişi) çatılar:

Fabrika, sanat galerileri gibi parıldamayan ışık alınmasına uygun, bir katlanmış plağa veya bir testerenin dişlerine benzerler. Cam gibi ışık geçirgen bir malzemenin bulunduğu düşey veya hafif eğik bir düzlem genelde kuzeye doğru yönlendirilir. Böylece bina içinde gerekli olan doğal aydınlatma parıltısız bir ışıkla sağlanırken, eğimli ve düşey diğer yüzeyler, suya ve dış etkilere karşı yalıtılmaktadır. Bu çatılarda

çok sayıda yatay dere oluşur. Yatay derelerin iyi tasarlanmaması ve su yalıtımlarının iyi yapılmaması, ciddi su kaçağı problemlerine neden olabilir. Bu nedenle düşey yağmur inişlerinin olabildiğince dış cephelerde düzenlenmesine çalışılmalı ve yatay dere eğimleri inişlere doğru verilmelidir. Bu tip çatılarda anlık yağışlar dikkate alınarak yatay derenin taşıyamadığı suyun yapı dışına atılmasını sağlayacak acil durum drenajı yapılmalıdır.

Şekil 2.110 : Levering Ticaret, Zapopan-Mexico [175].

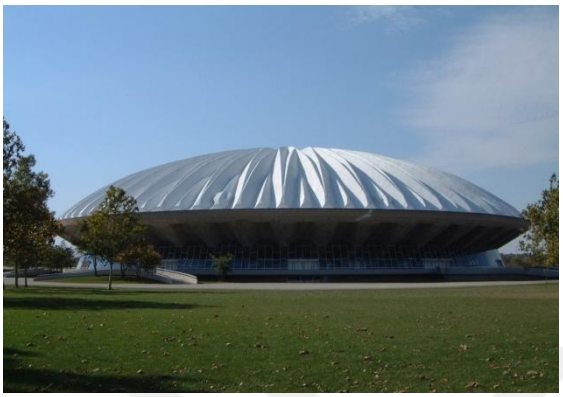
Şekil 2.111 : Ofis Binası, Zwartsluis, Hollanda [176].

Şekil 2.112 : Otobüs Bakım Merkezi, Islais Creek-San Francisco, ABD [177].

Şekil 2.113 : Berkshire Evi XIII, West Stockbridge, Massachusetts, ABD [178].

Katlanmış plak çatılar:

Katlanmış plaklar, kalınlığı diğer boyutlarına göre küçük olan düzlemsel elemanların, katlanmış olarak birbirlerine mesnetlenmesi ile elde edilen yüzeysel taşıyıcı sistemlerdir.



Şekil 2.114 : Spor Salonu, Illinois, ABD [179].

Şekil 2.115 Faisal Camii, İslamabad, Pakistan [180].

Şekil 2.116 : Xishuangbanna Dai tiyatrosu, Yunnan , Çin [181].

Şekil 2.117 : Vilela School/CNLL, Portekiz [182].

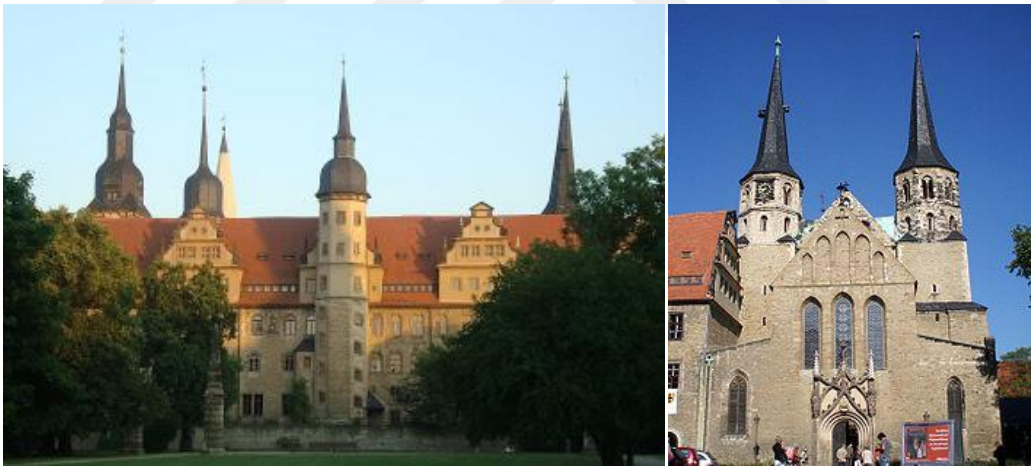
Şekil 2.118 : Hammer hill Stadyumu, Hong Kong [183].

Katlanmış plaklar kendi ağırlıklarının 300 katı kadar yük taşıyabilirler. Bu nedenle büyük açıklıkların geçilmek istendiği birçok projede tercih edilmiştir.

Sivri (topuz) çatılar:

Daire, kare, altıgen, sekizgen vb. çok duvarlı alanları koni veya piramit benzeri bir geometri ile örten çatılardır. Genellikle ön plana çıkarılmak istenilen yapıların yükseltilmiş kısımlarında ve kulelerinde kullanılırlar.

Şekil 2.119 : Sivri Çatılı Kuleler, Mersebourg, Almanya [184].



Şekil 2.120 : Çeşitli Sivri Çatılı Yapılar, Mersebourg, Almanya [184].

Şekil 2.121 : Konut, Kore [11].

Şekil 2.122 : Konut, Tahran, İran [11].

Mansard çatılar:

Çatı arasının kullanımını verimli kullanımını sağlamak amacıyla, kenarlarda yüksek eğimli çatı yüzeyleri, ortada ise daha az eğimli çatı yüzeylerden oluşan çatılara mansard çatılar adı verilir. Ülkemizde yaygın olmamakla birlikte, Fransa, Almanya, İsviçre gibi Orta Avrupa'da sık görülen bir çatı sistemidir.

Şekil 2.123 : Konut, Reims, Fransa [185].

Şekil 2.124 : Konut, Boston, [186].

Şekil 2.125 : Konut, Buffalo, ABD [186].

Şekil 2.126 : Konut Ohio, ABD [186].

Kelebek çatılar

İki eğik yüzeyin içe doğru kırılarak yağmur oluğunun ortaya alındığı çatılara kelebek çatılar denir.

Şekil 2.127 : Konut, İngiltere [187].

Şekil 2.128 : Konut, Newyork [188].

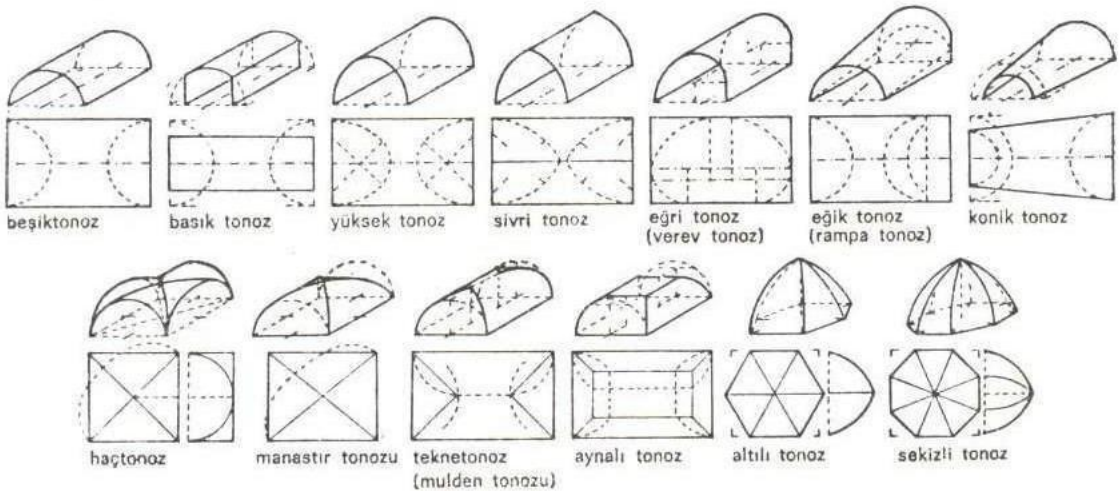
Şekil 2.129 : Outlet, Florida [189]. **Şekil 2.130 :** Konut, Kaliforniya [190].

Genellikle simetrik olarak tasarlanan kelebek çatılar, asimetrik veya biribirinden kopuk çatı parçaları halinde de tasarlanmaktadırlar. Yapının orta bölümünde gizli yağmur oluğu oluşturan bu sistemlerde, oluğun eğimleri doğru tasarlanmalı ve iyi bir işçilikle uygulanmalıdır. Bu sistemlerde yağmur iniş borularının cephelerde yapılamaması halinde, yağmur sularının yapıdan uzaklaştırılması zorlaşmakta ve bina içindeki yağmur inişlerinde ses yalıtımı yapılması da gerekmektedir.

2.3.6.2.Eğrisel Eğimli Çatılar

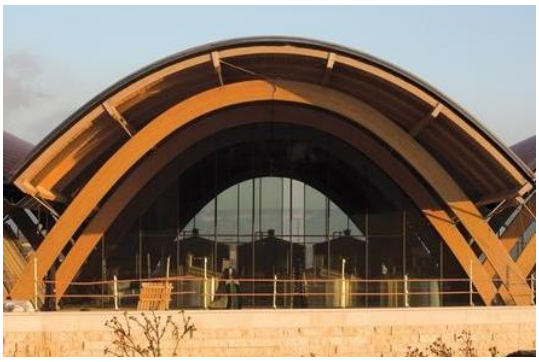
Tonoz çatılar

Tonoz biçimi, alttan içbükey olmak üzere taş ya da harçla örülmüş yarım silindir biçiminde tavan ve bir kemerin ötelenmesi ile meydana gelen örtüdür. Parçalı elemanlarla açıklıkların kolaylıkla geçilebilmesini sağlayan tonozlar, çok çeşitli şekillerde inşa edilmiştir.



Şekil 2.131 : Çeşitli tonozlar [191].

Şekil 2.132 : İkiz Tonoz Konut, İngiltere, West Sussex [192].



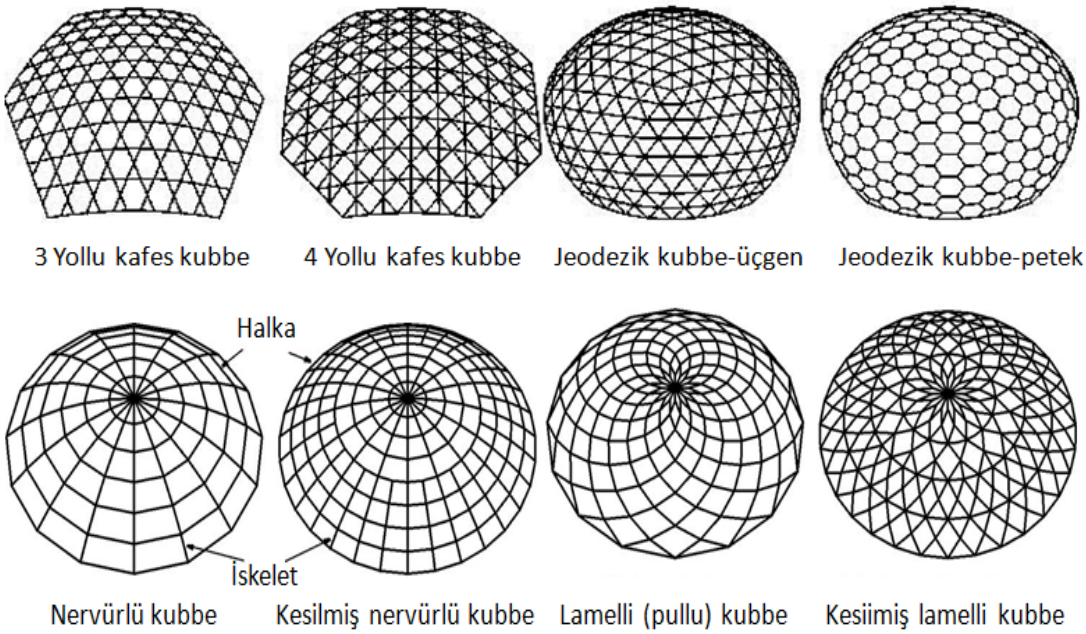
Şekil 2.133 : Şarap İmalathanesi, İspanya [193].

Türkiye'de son yıllarda birçok yerel yönetimin çatı eğimlerini %45'e çıkarması ve çatı aralarının alttaki bağımsız birimlerle ruhsatlandırılmasına izin verilmesi ile çatı aralarının kullanımı artmış ve bu da çatı aralarının en verimli ne şekilde kullanılabileceği arayışlarına neden olmuştur. Tonoz biçimindeki strüktürlerle büyük açıklıkları desteksiz olarak geçmek daha ekonomik olduğu için özellikle turistik tesislerin çatılarında tonoz sistemler tercih edilmeye başlanmıştır.

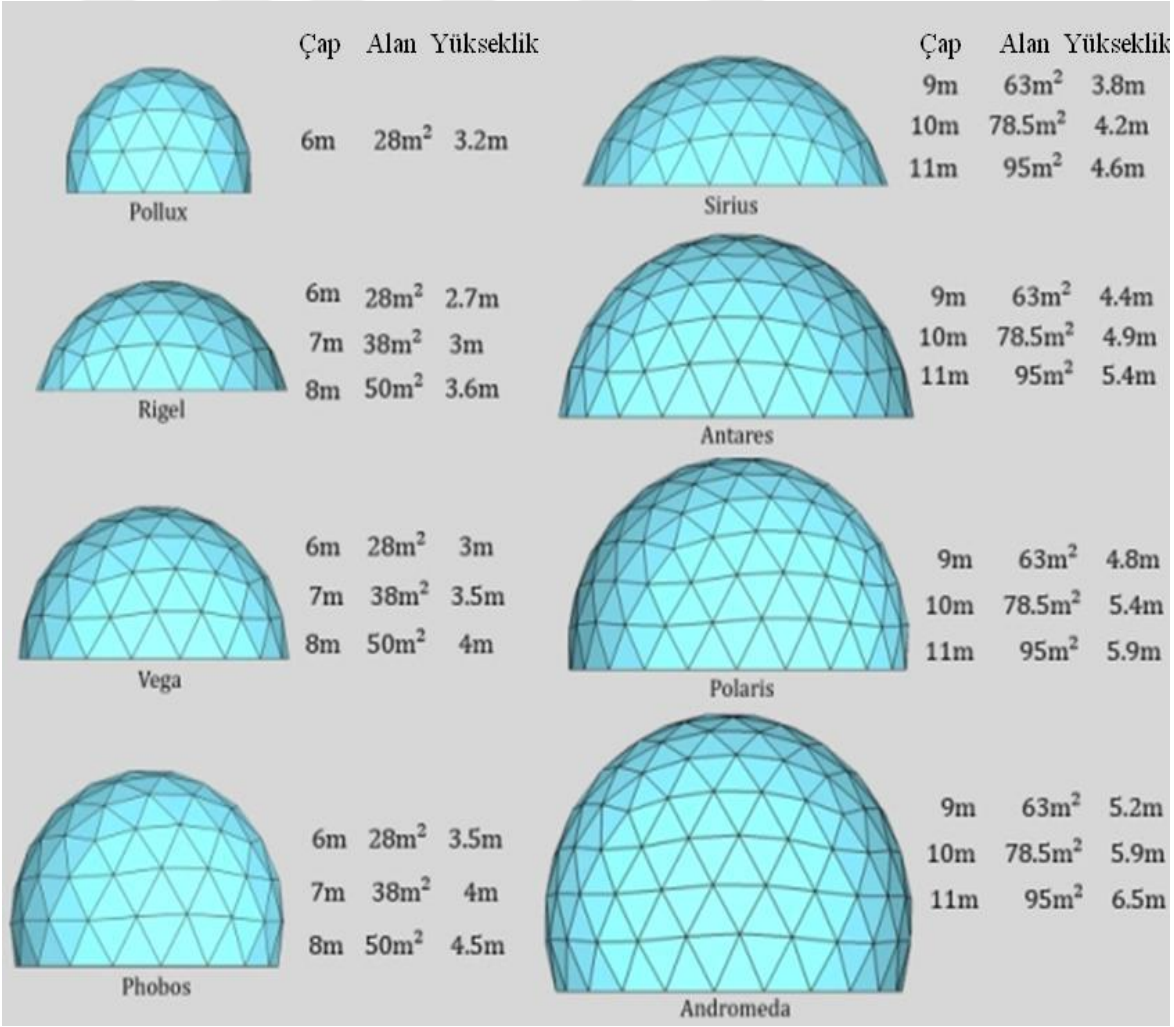
Şekil 2.134 : Konut, Kashentroch, İngiltere [194].

Kubbe çatılar

Mimaride örtü olarak kullanılan yarım küre biçimindeki kubbe, küre takkesi, yuvarlak dam, yarım küre veya toparlakça kümbet biçimi verilen yapı örtüsüdür [14]. Binlerce yıldan beri kullanılan kubbe çatılar, günümüzün gelişmiş malzemeleri ve teknolojileri ile çok çeşitli şekillerde uygulanmaktadır. Kubbeler çok hafif yapı eleanlarıdır. Hiçbir destek olmadanbirmekanın üzerini örterler. İlk olarak dini yapıların üzerini örtmekte kullanılan kubbe çatılar, günümüzde ticari yapılar, rekreasyon alanları ve spor kompleksleri, iletişim kuleleri ve konutlar gibi pekçok yapının üzerini örtmekte kullanılmaktadır. İlk dönemlerde taş kullanılarak inşa edilen kubbe çatılar, günümüzde betonarme, çelik ve ahşap kullanılarak inşa edilmektedir.



Şekil 2.135 : Kubbe çeşitleri, Uzay Strüktür Sistemler [195].



Şekil 2.136 : Çeşitli Jeodezik Kubbeler [196].

Şekil 2.137 : Mihrimah Sultan Camii, İstanbul [197].

Şekil 2.138 : Kubbe ev, ABD [198].

Şekil 2.139 : Kubbe Ev, İtalya [199].

Şekil 2.140 : Altan Kültür Merkezi, Yalova [200].

2.3.7 Taşıyıcılıklarına Göre

Çatılarda hemen hemen en büyük konstrüksiyon parçası ana taşıyıcılardır. Çatının taşıyıcı yapısı ana bina gövdesini atmosferik etmenlerden ayıran en üst örtü elemanıdır. Dolayısıyla, hem kendi ağırlığını, hem de ısı ve su yalıtımının gerektirdiği diğer bütün elemanların yükünü emniyetle taşıyabilecek nitelikte olmak zorundadır. Çatılar, taşıyıcılıklarına göre 3 ana bölümde incelenebilir.

2.3.7.1 Doğrusal taşıyıcılı çatılar

Tek yönlü doğrusal taşıyıcılı çatılar

Strüktürel elemanların aynı yönde doğrusal elemanlardan oluştuğu çatılardır.

Şekil 2.141 : Konut, ABD [201].

Şekil 2.142 : Konut, Sydney [202].

Çift yönlü doğrusal taşıyıcılı çatılar

Strüktürel elemanların en az iki farklı yönde doğrusal elemanlardan oluştuğu çatılardır.

Şekil 2.143 : Konut, Kaliforniya, ABD, [203].

Şekil 2.144 : Konut, Rangsdorf, Almanya [129].

2.3.7.2 Yüzeysel taşıyıcılı çatılar

Strüktürel elemanların yüzeysel elemanlardan oluştuğu çatılardır.

Düzlem yüzeysel taşıyıcılı çatılar (Plaklar ve perdeler, katlanmış plaklar)

Strüktürel elemanların düzlem yüzeysel elemanlardan oluştuğu çatılardır.

Şekil 2.145 : Villa, Libeskind, Almanya [204].

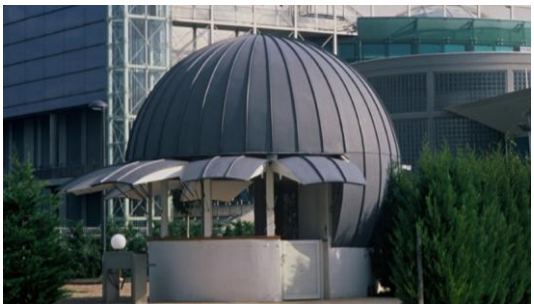
Şekil 2.146 : Servis Binası, ABD [205].

Eğrilikli yüzeysel taşıyıcılı çatılar (Kabuklar, şişme yapılar)

Strüktürel elemanların eğrilikli yüzeysel elemanlardan oluştuğu çatılardır. Tek eğrilikli veya çok eğrilikli olan tipleri vardır (Şekil 2.99,2.100,2.101,2.102,2.103).

Kabuk kalınlıkları 6cm olan ve 30 m'ye kadaraçıklıkları geçebilen şişirme beton çatılar da bu sınıflandırmada yer alır.

Şekil 2.147 : Havalimanı, İstanbul [129].



Şekil 2.148 : Büfe, Fransa [129].

Şekil 2.149 : Haydar Aliyev Kültür Merkezi, Bakü [11].

Şekil 2.150 : Tacoma Cam Müzesi, ABD [206].

Bu tip çatıların cephe ile bütünleşen tipleri de vardır ve uygulamaları oldukça zordur. Standart çatı kaplamaları ile kaplanmaları mümkün olmadığı gibi, her bir parçasının farklı ölçülerde imal edilmesi gerekebilmektedir. Tüm zorluklarına rağmen, simgesel yapılarda tercih edilen bir çatı tipidir.

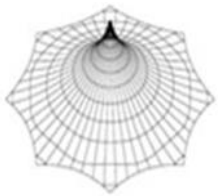
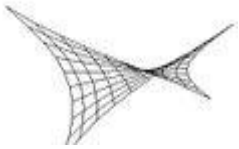
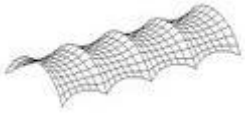
2.3.7.3 Asma-germe çatılar

Asma-germe çatılar, ana taşıyıcılara bağlanan hafif konstrüksiyonlar üzerine gerilen örtülerle oluşturulan sistemlerdir (Şekil 2.104). 1950'li yıllara kadar çadırların ötesine gidemeyen bu tip çatılar, 1960'lı yılların başında Stuttgart Üniversitesinde Frei Otto tarafında kurulan örtü yapıların gelişimi enstitüsü ile kısa sürede büyük gelişme göstermiştir.

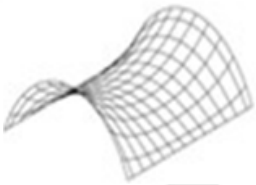
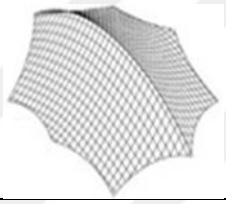
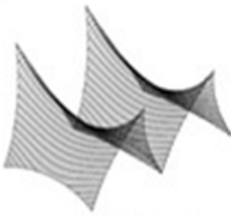
Şekil 2.151 : Gölgelik, Antalya [207].

Şekil 2.152 : Han Çadırı, Astana [208].

Teknolojinin gelişmesine paralel olarak örtü yapılarda kullanılan farklı üretim şekilleri olan malzemeler, büyük ve geniş açıklıkların, görsellik kaygısı olmadan tasarlanarak uygulanabilir duruma gelmesini sağlamıştır.

KONİK	YARASA	ÇOK KEMERLİ	KULELİ
			

Şekil 2.153 : Asma – Germe Formları [209].

HİPERBOLİK PARABOLOİD	TEK KEMERLİ	KAVİSLİ	SEMERLİ
			

Şekil 2.154 : Asma – Germe Formları [210].

Şekil 2.155 : Olimpiyat Stadı, Münih, Almanya [211].

Şekil 2.156 : Lizbon Expo 1996, Portekiz [212].

Şekil 2.157 : Gölgelik, İzmir, Türkiye [213].

2.3.8. Kullanım Şekline Göre

2.3.8.1 Üzerinde Gezilebilen Çatılar

Teras, bahçe çatılar, açık ya da kapalı otoparklar v.b. çatılar (Şekil 2.42, 2.43), uygun şekilde dizayn edilerek üzerlerinde yürümeye elverişli hale getirilebilirler [59]. Bir çatının üzerinde yürünebilmesi, çatının, statik, dinamik ve darbe etkili trafik ve yüklenmelerden korunması gerekliliğini beraberinde getirir [72].

Şekil 2.158 : Kanyon alışveriş merkezi bitkilendirilmiş çatısı [11].

Şekil 2.159 : Meydan alışveriş merkezi bitkilendirilmiş çatısı [11].

Üzerinde yürünen ya da yürümeye elverişli olan çatılar. Teras çatılar, bahçe çatılar, açık ya da kapalı otoparklar vb [15,17,18]. Bir çatının üzerinde yürünebilmesi çatının, statik, dinamik ve darbesel etkili trafik ve yüklenmelerden korunması gerekliliğini doğurur.

2.3.8.2 Üzerinde Gezilemeyen Çatılar

Üzerinde yürünmeyen ya da yürümeye elverişli olmayan çatılar (Şekil 2.43). Üzerlerinde sadece bakım, onarım nedeni ile yürünebilir. Yürüme sırasında çatının su yalıtımına hasar verilmemesi için gerekli önlemler alınmalıdır.

Şekil 2.160 : Grand Şeker Hotel, Manavgat, Antalya [11].

2.4 Eğimli çatıda kullanılan çatı kaplama malzemeleri

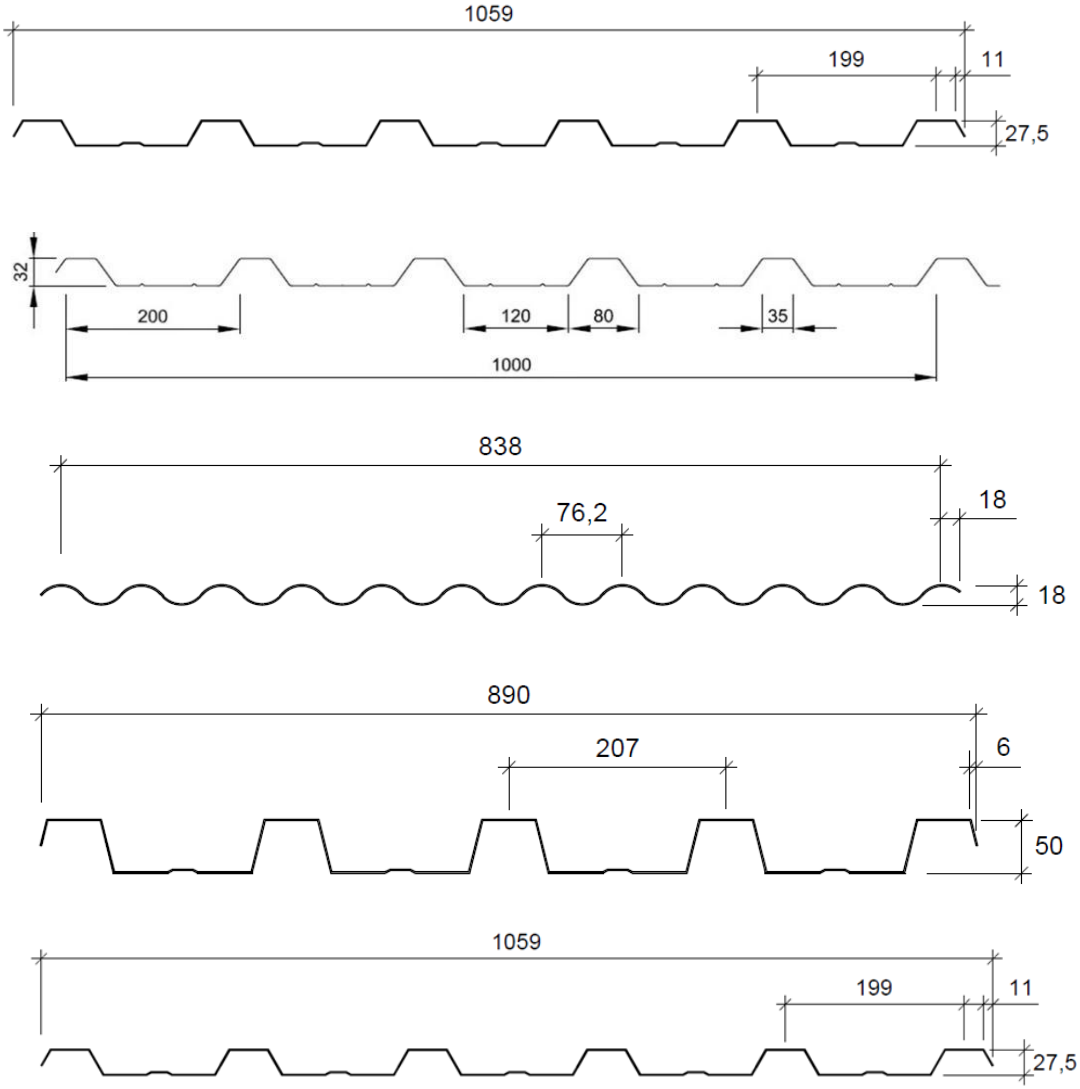
2.4.1 Metal çatı kaplama malzemeleri

Metal çatı kaplama malzemeleri; kimyasal reaksiyonlar sonucunda paslanma, oksitlenme gibi etkilerle hasarlanabilmektedir. Isı iletkenlik değerlerinin yüksek olması ve ses yalıtımı gerektirmeleri de diğer olumsuz özellikleridir. Metal çatı kaplamaları, yangına dayanıklı, hafif, su geçirmeyen, alev almayan, sıcak ve soğuktan etkilenmeyen, yapım ve kullanım sırasında fire vermeyen ve hafifliği nedeniyle çatı taşıyıcı sisteminde ekonomi sağlayan büyük boyutlu elemanlardır.. Isı ve ses iletim değerleri yüksektir. Metal çatı sistemlerinde, su, ses, sıcaklık etkilerine karşı yalıtım yapılması gerekir [73-83].

Türkiye'de çatılarda metal kullanımı cumhuriyet dönemine kadar camiler başta olmak üzere, yapıların kubbelerinin kurşun levhalarla kaplanması ile sınırlı kalmıştır. Ergime sıcaklığı çok düşük ve nötr bir malzeme olan kurşun kullanımı, dayanıklılığı nedeni ile geçmişten günümüze geleneksel bir malzeme olarak gelmiştir. Ancak malzeme ve işçilik maliyetinin çok yüksek olması nedenleri ile kullanımı oldukça sınırlı kalmıştır. Kurşuna göre daha ekonomik olan çinko, kiremit kaplanan çatılarda detay noktalarının çözümünde yaygın bir şekilde kullanılmıştır.

Cumhuriyet dönemi ile başlayan, endüstrileşme hareketi ile paralel olarak gelişen sanayi yapıları, depolar, spor salonları gibi geniş açıklıklı yapılar beraberlerinde hafif konstrüksiyonla geçilebilen yapılar gerekliliğini getirmişlerdir. 1937 yılına kadar ithal edilerek kullanılan yapı çelikleri, Karabük Demir Çelik Fabrikası'nın açılması ile yerli olarak üretilmeye başlamıştır.1960 yılında Ereğli Demir çelik Fabrika'sının faaliyete geçmesi ile de, oluklu sac kullanımı yaygınlaşmaya başlamıştır. Düz saclar, çok basit, ucuz (~20000-50000$) ve fazla yer kaplamayan (~100-150m²) makinalarla

kolaylıkla şekillendirilebilmektedir. Bu da sacın yaygın olarak kullanımındaki en önemli etkenlerden biridir.

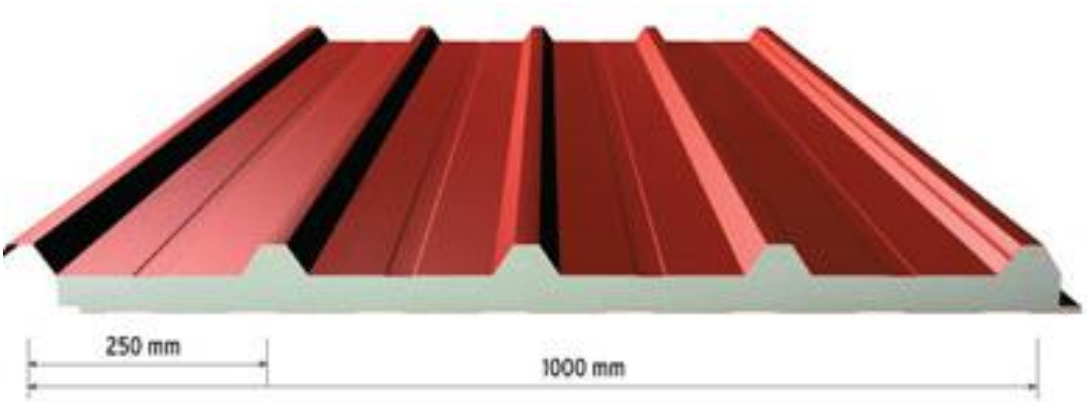


Şekil 2.161 : Çeşitli trapez ve oluklu sac çatı kaplama malzemesi ölçüleri.

Bakır, kurşun ve çinko, çelik, alüminyum, titanyum ve çeşitli alaşımlardan oluşan ince plak metal malzemeler, şekillendirilerek örtü malzemesi olarak kullanılırlar. Bazı metal çatı kaplama malzemelerine, ısı ve ses yalıtım özellikleri verilerek beraberlerinde getirerek, çeşitli tasarım alternatiflerini çözümlerler.

Kompozit metal sistemler, tek başına bir metal malzemede bulunmayan özellikleri sağlayabilmeleri açısından tercih edilen sistemlerdir. Metaller, birbirlerine sıcaklık ve basınç altında moleküler olarak birleştirilirler. Genellikle, sistemin %50 oranında kalınlığına sahip olan ana metal malzemenin, her iki tarafına birden diğer bir metalin

birleştirilmesi ile oluşan malzemelerdir. Paslanmaz çelik, nikel kromlu paslanmaz çelik, galvanize çelik bu malzemelere örnektirler.



Şekil 2.162 : Çelik sac sandviç çatı paneli [214].

2.4.1.1 Çinko

Çinko; mavimsi beyaz renkte, 7.11kg/dm³ yoğunluğunda, 419.41°C'de ergiyen bir madendir. Elektroliz veya indirgeme yoluyla elde edilen çinko, sac levhaların, demir boruların galvanizlenmesinde ve levha halinde çatı kaplama malzemesi olarak kullanılır. Katran, bakır, demir, çelik, çimento ve kireçle temastan zarar görür. Bu özelliğinden dolayı, çatıda tercihan doğrudan ahşap alt yapı üzerine uygulanır. Metal konstrüksiyon üzerine uygulanmasının zorunlu olduğu hallerde, araya mutlaka ayırıcı bir tabaka (lastik, kauçuk, mantar v.b.) konulmalıdır. Çinko kaplama daima lamba-zıvanalı tahta kaplama üzerine yapılmalıdır. Aksi durumda tahtaların çalışması sonucunda metal kaplama zarar görebilir [117].

Çinko levhalar kalınlıklarına göre sınıflandırılır. Genellikle, 12 Numara 5 kg/m² ağırlığında ve 1000 x 2000 mm levhalar halinde kullanılır. Zamanla atmosfer etkileri ile üzerinde gri beyaz renkte, asit karbonikli çinko oksitten bir tabaka meydana gelerek malzemenin korozyonunu önler. Tuz ve asit buharları çinkoyu tahrip eder, kullanım süresini azaltır.

Çinko çatı kaplaması, kaplama esaslı bir çatı örtü malzemesi olarak %10'dan sonsuz eğime kadar kullanılabilen, kurşun ve bakıra göre daha ekonomik bir malzemedir. Düşük eğimlerde kullanılabilmesi nedeniyle çatı hacminin büyümesine neden olmayan bu kaplama, çinko malzemenin dış etkilere dayanıklılığı nedeniyle tercih edilmektedir. Çinko levhalar 1,0x2,0 m boyutlarında üretilmektedir. Bu nedenle malzemeyi iyi kullanmak için çinko ile kaplanacak bir çatıda çatının kaplama genişlikleri ve uzunlukları bu boyuta bağı olmak zorundadır [117]. Sacların, devamlı sıcak daldırma yöntemi ile veya elektrolitik yoldan T.S. 822 normuna uygun olarak

çinko kaplanması ile galvanize sac çatı kaplamaları elde edilir [100]. Isı iletkenliği yüksektir ve ısıya dayanıklıdır (λ= 12.55x10^{-4}).

Çizelge 2.4 : Çinko levhaların piyasadaki tanımlanma şekli [215].

PİYASADAKİ TANIMLAMA	LEVHA BOYUTLARI (cm)	KALINLIK mm	AĞIRLIK kg/m²
8 No çinko levha	100 x 200	0,40	2,88
10 No çinko levha	100 x 200	0,50	3,60
12 No çinko levha	100 x 200	0,60	4,32
14 No çinko levha	100 x 200	0,70	5,04
16 No çinko levha	100 x 200	0,80	5,76
18 No çinko levha	100 x 200	0,90	6,48
20 No çinko levha	100 x 200	1,00	7,20
Özel çinko levha	100 x 200	1,50	10,80
Özel çinko levha	100 x 150	2,00	14,40
Özel çinko levha	100 x 130	2,50	18,00
Özel çinko levha	100 x 130	3,00	21,60

Çizelge 2.5 : Çinko levhaların bileşimindeki elementler [215].

SEMBOL	MİKTAR (%)
Cu	0,035-0,10
Fe	0,0019
Mg	0,0002
Sn	0,0011
Pb	0,0028
Cd	0,0001
Al	0,015
Ti	0,06-0,20

Çinko çatı kaplamaları, metal olmaları nedeni ile korozyondan etkilenirler. Üzerleri boyanabilir. İşlenmeleri, kurşun ile karşılaştırılırsa biraz daha zordur. Çinko levhaların ağırlığı, malzeme kalınlığına bağlı olarak, 2.54 kg/m²'den 28,08kg/m²'ye kadar değişmektedir.

Çinko levhaların standart boyutları 100cm x 200 cm'dir. Özel üretim, 33cm x 200cm, 85cm x 200cm, 33cm x 300cm ve 66cm x 300cm boyutlarındaki çinko levhalar piyasada bulunabilmektedir. Çinko levhalar kırılgan değildir ve eğimli yüzeylerde kullanılabilir. Kurşunun maliyet açısından yüksek geldiği çatılarda tercih edilirler.

Şekil 2.163 : Kenetli çinko çatı, L.A., ABD [129].

Çinko son kat çatı kaplama malzemeleri, çeşitli profillerde üretilebilirler (stor, trapez, düz, oluklu). Stor profiller maksimum 300cm., trapez, düz ve oluklu levhalar ise istenilen uzunlukta üretilmektedir. Genişlikleri, 81cm, 86cm, 87.5cm, 100cm, ve 120cm.'dir. Isı yalıtımı amacıyla, sandviç paneller üretilebilir. Ancak bunlarda oluşan ısı köprüleri önlenememektedir. Çinko levhaların ses yutuculuk özelliği yoktur. Fener, baca, mahya v.b. detayları, projelendirilerek yerinde imal edilirler [115,117].

2.4.1.2 Bakır

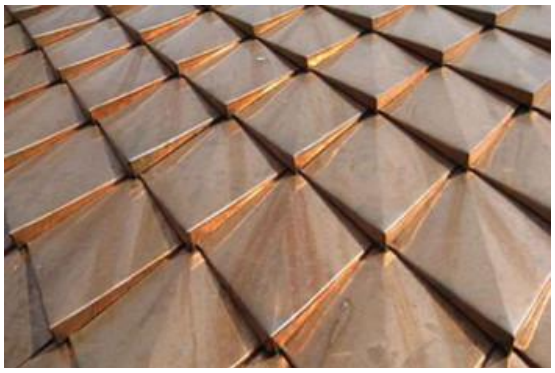
Bakır, ısı ve elektrik geçirgenliği yüksek, kızıl renkte, 8.93 kg/dm³ yoğunluğunda, 1083°C'de eriyen bir madendir. Doğada serbest veya bileşik halde bulunur. Bakır, yapıda çatı kaplaması olarak kullanılır. Diğer metallere oranla eğilmeye ve esnemeye daha fazla dayanıklı olduğundan, kaplaması zor çatılarda kolay şekillendirilmesi bakımından tercih edilir. Uygulamada, çatı çıkıntıları yumuşak, oluklar ve harpuştalar sert bakırdan yapılmalıdır. Çatı uygulamalarında genellikle BS 2870 standardına uygun 0,50 mm kalınlıkta, 1000mm x 2000 mm levhalar kullanılır (4,5 kg/m²). Tavlanmamış bakır kırmızı renkte olup zamanla oksitlenerek mavi yeşil bir tabaka oluşur. Bu bakır levhanın korunmasını sağlar. Bu tabakanın kesinlikle temizlenmemesi gerekir. Tavlanmış bakır zamanla biraz siyahlaşır, mavi yeşil bir

görünüm olmaz. Lüks konut çatılarında kullanılır. Endüstri bölgelerinde oksitlenen tabaka kötü bir renk aldığından bu bölgelerde kullanmak doğru değildir [112,115].

Bakır çatıların, fiyatlarının yüksek olması nedeni ile ilk anda gereksiz bir maliyet oluşturdukları düşünülse de, 80-100 yıl gibi uzun bir dayanım süreleri olması ve az bakım gerektirmeleri nedenleri ile akıllı bir yatırım olarak değerlendirilebilir. Bakır çatı kaplamalarını, diğer metallerle birlikte kullanmaktan kaçınılmalıdır. Su buharı geçirmezler, soğuk çatılarda uygun detay çözümleri ile problemsiz bir şekilde kullanılabilirler. Erken dönemlerde sadece silah yapımı için kullanılmış olan bakır, sonraları mobilya süslemelerinde kullanılmış ve günümüzde çatı kaplama malzemesi ve yağmur olukları yapımında da kullanılmaya başlamıştır [112,115,119]. Üzerine koruyucu cila sürülmeyen bakır levhalar, hava ile temas etmeleri halinde oksitlenirler ve renkleri yeşile dönüşür. ~ 0,005µ kalınlığındaki bu oksidasyon tabakası oluşumu, hem korozyonun durması, hem de görsellik açısından aslında istenen birsonuçtur.

Çizelge 2.6 : Bakır levhaların piyasadaki tanımlanma şekli [217].

KALINLIK (mm)	BOYUT a x b (cm)	AĞIRLIK (kg/m²)
0,3	100cm x 200cm	2,68
0,4	100cm x 200cm	3,57
0,5	100cm x 200cm	4,47
0,6	100cm x 200cm	5,36
0,7	100cm x 200cm	6,25
0,8	100cm x 200cm	7,14
0,9	100cm x 200cm	8,04
1	70cm x 70cm / 25cm x 100cm/100cm x 200cm	8,93
1,1	100cm x 200cm	9,82
1,2	100cm x 200cm	10,72
1,3	100cm x 200cm	11,61
1,4	100cm x 200cm	12,5
1,5	70cm x 70cm / 25cm x 100cm/100cm x 200cm	13,4
2	70cm x 70cm / 25cm x 100cm/100cm x 200cm	17,86
2,3	100cm x 200cm	20,54
2,5	70cm x 70cm / 100cm x 200cm	22,33
3	70cm x 70cm / 100cm x 200cm	26,79



Şekil 2.164 : Bakır şingıl [218]

Şekil 2.165 : Bakır şingıl [219]

Şekil 2.166 : At çiftliği bakır çatı uygulama, Salvador [220].

Bakır çatı kaplamaları oldukça yüksek maliyetli malzemeler olmalarına rağmen, rüzgar ve yangın performansları nedeni ile sadece güçlü bir çatı değil, aynı zamanda yapıdaki tehlikeleri de en aza indiren, çeşitli biçim ve renkleri ile estetik beklentileri fazlası ile karşılayan özelliğe sahiptir. Çeşitli bakır alaşımları ile üretilen çatı kaplama malzemelerinin en önemli özelliklerinden biri de uzun ömürlü olmalarıdır.

2.4.1.3 Kurşun

Mavimsi esmer renkte, 11.3 yoğunluğunda, yumuşakça ve bükülgen, 327.3°C'de eriyen kurşun, yapı malzemesi olarak 5000 yıldan fazla bir süredir kullanılmaktadır. Kurşun yapıdaki birçok yerini, yüksek maliyetli olması nedeni ile benzer özellikler gösteren yeni ve daha ucuz malzemelere bırakmıştır. Kolay şekil verilebilen kurşun, çok karmaşık çatıları örtmekte rahatlıkla kullanılabilir.

Yumuşak ve sert olmak üzere iki tipte üretilir. Çatı örtüsü olarak 0,5mm kalınlıkta sert kurşun levhalar kullanılır. Elektrolit olarak hemen hemen nötr bir metal olan kurşun diğer metallerden etkilenmez. Hava etkilerine karşı da aynı şekilde dayanıklıdır. Tarihi yapılar dışında, bazı birleşim detaylarında ve çözümü diğer malzemelerle zor olan detaylarda kullanılır [112].

Osmanlı döneminde çatı ve kubbe kaplama gereci olarak kullanılmıştır. Kurşun atmosfer şartları nedeni ile oksitlenir ve bu yüzeyinde aşınmaya neden olur. Kurşun çatı kaplamalarının ahşap üzerine uygulanmasında, ahşapların özsuyundaki asitlerden etkilenmemesi için ayırıcı tabaka kullanılmalıdır (ör; meşede tanik asit bulunur).

Çizelge 2.7 : Kurşun levhaların piyasadaki tanımlanma şekli [221].

KALINLIK (mm)	100cm x 100cm (kg)	100cm x 160cm (kg)	100cm x 200cm (kg)	100cmx 220cm (kg)
0,5	5,65			
0,6	6,78			
0,7	7,91			
0,8	9,04			
1	11,3	18,08	22,6	
1,5	16,95	27,12	33,9	37,42
1,7	19,21	30,74	38,42	42,41
1,8	20,34	32,54	40,68	44,91
2	22,6	36,16	45,2	49,9
3	33,9	54,24	67,8	74,84
4	45,2	72,32	90,4	99,8
5	56,5	90,4	113	124,74
6	67,8	108,48	135,6	149,7
7	79,1	126,56	158,2	
8	90,4	144,64	180,8	
9	101,7	162,72	203,4	
10	113	180,8	226	

Kurşun levhaların kalınlıkları değişken olduğu için, levha ağırlıkları hesap değerine göre 2-3 kg/m² kadar farklılıklar gösterebilir. Kurşun levhalar; 2.4x12.00 metre boyutlarına kadar kullanılabilirler. Kurşun çatı kaplamaları malzemeleri, piyasada kolay tanınabilmeleri için renk kodlarına göre de sınıflandırılırlar. (Tablo 3.5.)

Şekil 2.167 : Kubbe kurşun kaplama, [222].

Şekil 2.168 : Kurşun çatı uygulama, [223].

Çizelge 2.8 : Kurşun Levhaların Renklerine göre Kodları [224].

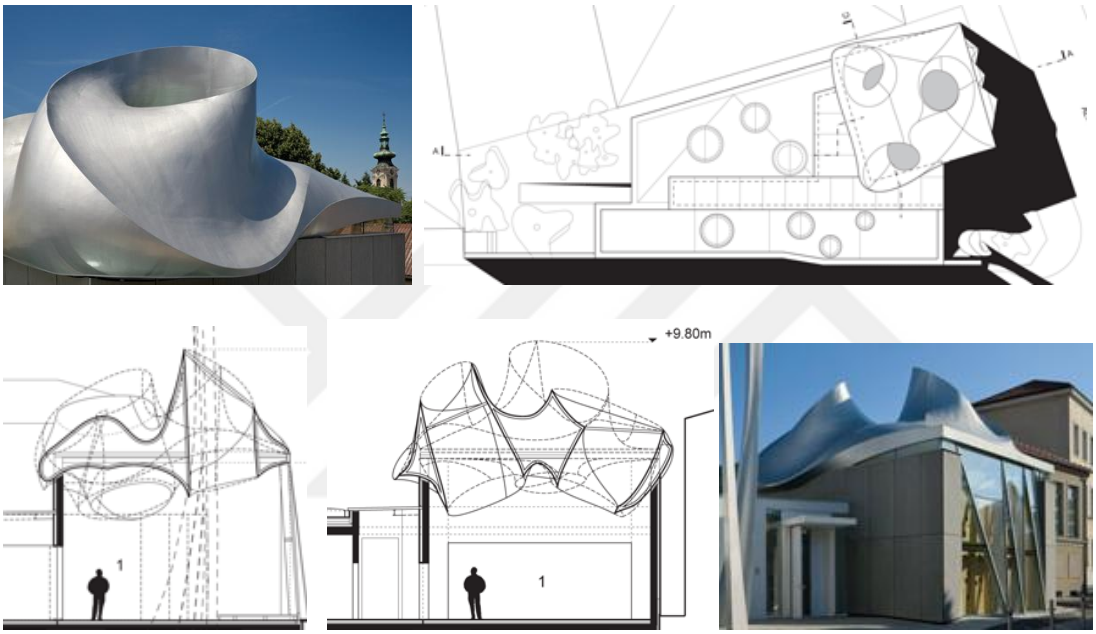
KOD NO BS 1400 : 1985	**KALINLIK** (mm.)	**RENK**
3	1,25	YEŞİL
4	1,8	MAVİ
5	2,24	KIRMIZI
6	2,5	SİYAH
7	3,15	BEYAZ
8	3,55	TURUNCU

2.4.1.4 Galvanizli-boyalı sac / çelik

Galvanizli sac levha üretimi, çeşitli profillerde, 0,3-1,0 mm kalınlıklarda ve 12000mm'ye kadar uzunluktaki siyah sac levhaların, 460°C'deki eriyik çinko kazanına daldırılmasıyla gerçekleşir. Metalerin paslanmasını önlemenin en iyi yolu çinko kaplama (galvaniz) yapılmasıdır. Çinko kaplama kalınlığı atmosferik etkilerle her yıl kayba uğrar. Bu da kaplama kalınlığına bağlı olarak kaplama ömrünün belirlenmesini sağlar. Kaplama kalınlıklarının ne olması gerektiği ISO 1461'de belirtilmiştir. Türkiye'deki çatı uygulamalarında genellikle 0,70mm kalınlıktaki galvanizli trapez saclar (kaplama kalınlığı 30 µm) tercih edilmektedir. Galvanizli saclar kolay boyanabilir. Eğrisel form verilebilme özelliği olan galvanizli sacların emniyet gerilmesi σ_{em}=1200 kg/cm² olup diğer çatı kaplama türlerine oranla daha yüksek mukavemet değerlerine sahip olması dolayısıyla kiriş ve aşık maliyetlerinde tasarruf sağlar. Isı yalıtımsız tek tabakalı veya iki trapez sac arasına ısı yalıtımı serilerek çok tabakalı olarak kullanılır. Ses ve ısı yalıtımı çok zayıftır. Montaj sırasında kesilen ve delinen kısımlarında koruma önlemleri alınmazsa kısa sürede

paslanır. Asit buharı etkisinde kalma olasılığı olan yerlerde gerekli koruma önlemleri alınmalıdır.

Çatı uygulamalarında çok kalın çelik kullanılması halinde, koruyucu önlem alınmazsa bile, paslanma kalınlığa bağlı olarak çok uzun bir süreçte gerçekleşeceğinden, sorunların birçoğu bertaraf edilebilir. Ancak bu durum çok yüksek yapım maliyetlerini de beraberinde getirir. Ekli uygulamada 8mm kalınlığında kavisli çelik plakalar kullanılarak sanatsal bir çatı uygulaması gerçekleştirilmiştir [225].



Şekil 2.169 : Martin Luther Kilisesi, Hainburg-Avusturya [226].

Sandviç paneller; alüminyum veya galvaniz saçlı iki tabaka arasına çeşitli yoğunluk ve kalınlıkta yalıtım malzemesi kullanılarak üretilmektedir. 0,5 – 1,5 mm kalınlığında alüminyum veya 0,5 – 0,7 mm arasında değişen galvanizli sac levhalar kullanılmaktadır. Yalıtım malzemesi taş yünü, cam yünü, poliüretan ve polistren köpüktür. Galvanizli saç sandviç panellerin ortalama ağırlığı 15 – 25 kg/m²'dir.

Sandviç panellerin korozyon, su, ses, ısı ve yangın dayanımı yüksektir. Uzun ömürlüdür. Sandviç panellerin montaj süresi, yerinde yapma sandviç sistemlere göre daha hızlıdır. Hafif ve eğilme mukavemetleri yüksek olduğundan aşık ve taşıyıcı sistemde ekonomi sağlarlar. İstenilen boy ve kalınlıkta üretilirler. Üretiminde kullanılan malzemelerden dolayı yangın anında zehirli gaz oluşmaz. Sandviç panellere eğrisel form verilemez. Klasik kaplama malzemelerine göre pahalıdır. Montaj aşamasındaki küçük çarpmalar ve aşırı çatı yüklerinden kaynaklanan eğilme

ve basınç durumunda, dış yüzey ve yalıtım malzemesi birbirinden ayrılabilmektedir [124].

2.4.1.5 Alüminyum

Alüminyum; yeryüzünde her ne kadar çok yaygın olarak bulunan bir elementse de metal olarak saptanması ve üretimi 120 yıllık bir geçmişe sahiptir. Üretimi, elektrik enerjisine bağımlı olduğu için kullanımının yaygınlaşması uzun süre önlenmiştir. Metalin maliyeti düştükçe, uygulama sahaları genişlemiş, kullanım kolaylığı, hafifliği, kimyasal açıdan nötr olması, yüksek elektrik iletkenliği, haddelenebilme ve sertleşebilme niteliklerinden dolayı kullanım alanı gelişmiş ve inşaat sektöründe de kullanılmaya başlanmıştır [122].

Alüminyum; 2.7 kg/dm3 yoğunluğunda, kopma dayanımı 9 kg/mm2 (haddelenmiş iken 20 kg/mm2) olan, düşük sıcaklıkta kırılganlık göstermeyen aksine dayanımı artan ve yüksek uzama gösteren bir malzemedir. Alüminyum, yanıcı değildir. Yapı uygulamalarında yangının yayılmasına engel olur. Isı iletim özelliği çok yüksek bir malzemedir. Bununla birlikte, parlak yüzeyi nedeni ile %80 oranında yansıtıcıdır. Antimanyetik özelliği vardır. Kolay ve basit olarak biçimlendirilir. Güneş ışınlarından etkilenmez ve orijinal rengini kaybetmez. Günümüzde alüminyum, çatı kaplaması olarak 3 şekilde kullanılmaktadır:

o Düz alüminyum kaplama levhası,

o Trapez alüminyum levha,

o Alüminyum sandviç panel,

o Parçalı alüminyum levha.

Düz alüminyum çatı kaplama levhaları, kurşun ve bakır levha kaplamalarına çok benzerdir ve aynı prensip detayları ile uygulanır. Alüminyum levhalar, toz boya veya eloksal ile renklendirilerek de kullanılmaktadır.

Trapez alüminyum levhalarda, alüminyum levhaya boyuna trapezoidal kanal formu vermekle, levhaya yük taşıma ve açıklık geçme yeteneği kazandırılmaktadır. Böylece alt kaplamaya gerek olmadan, hafif bir taşıyıcı aşık sistemine tespit edilen kaplama sistemi oluşturulmaktadır. Alüminyum trapez çatı levhaları, doğa koşullarına dayanıklı olmaları, su emmemeleri, don olayından etkilenmemeleri, uzun ömürlü

olmaları hafif olmaları ve kolay şekil verilebilmeleri nedenleri ile geniş açıklıklı yapılarda çatı kaplama malzemesi olarak tercih edilirler. (Şekil 3.2)

Çatı kaplama malzemeleri, çatı strüktüründe oluşabilecek hareketleri karşılayabilmelidir. Aksi halde malzemede, çatlama ve kırılmalar oluşur. Çatı kaplama malzemesi olarak kullanılan alüminyum trapez levhalar, korozyona karşı yüksek dayanım gösteririler. Montajdan hemen sonra, levha yüzeyinde oluşan oksit tabakası, diğer metal malzemelerde gözlenenin aksine, kararlı yapıda koruyucu bir film oluşturmakta ve malzemeyi uzun ömürlü kılmaktadır. Çelik aşıklar üzerine uygulanacak alüminyum levhaların, pillenme nedeniyle aşınmaması için, demir-alüminyum teması, boya veya sünger, v.b. bant ile kesilmelidir [115].

Baca dibi detaylarında ise, baca dibi levhaları alüminyum levhalar üzerine bindirilerek ve bini aralarına silikon, mastik v.b. malzemeler sürülerek veya bütil bantlar kullanılarak detay çözülmelidir.

Alüminyum sandviç paneller yapıyı su, rüzgar ve sıcaklık farklılıklarından korumak amacıyla özel bir teknoloji ile üretilen kompozit gibi davranan malzemelerdir. Alt ve üst yüzeyleri, alüminyum levha ve arasına enjekte edilmiş poliüretan köpük (PUR), poliizosiyanat (PIR) ve fenolik köpük (PF), veya yapıştırılmış polistiren köpük (EPS), ekstrüde polistiren köpük (XPS) ve taş yününden meydana gelmiştir. Alüminyum kalınlıkları ve ısı yalıtım malzemesi türü, kalınlıkları ve yoğunlukları, kullanım amacına ve alt yapıya göre istenildiği şekilde seçilebilir.

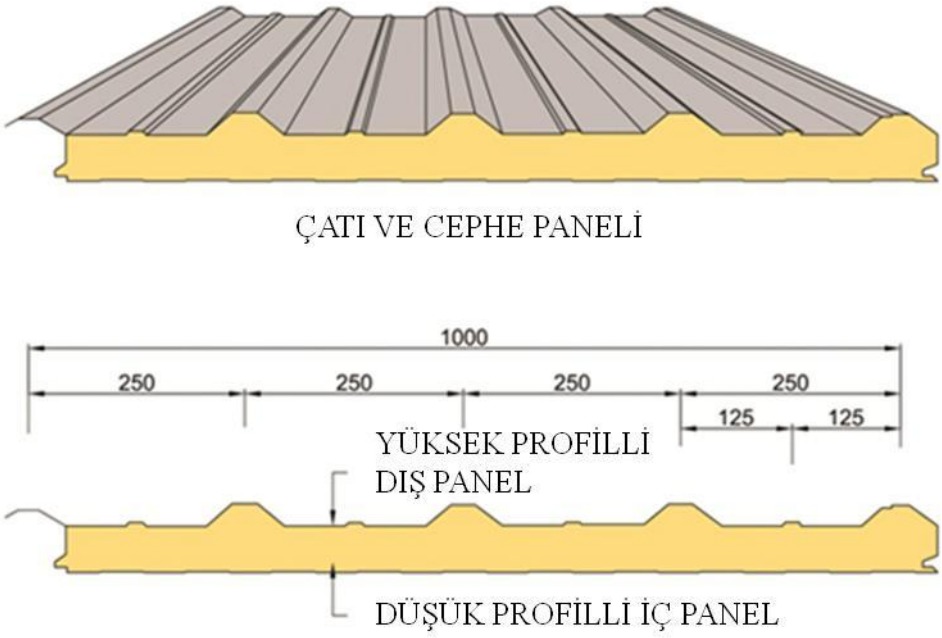
Alüminyum son kat çatı kaplama levhalarının güneş ışınımı yansıtma değerleri:

- Solar yansıma 0.812
- Termal yansıma 0.06
- SRI 81

Bu özellikleri nedeni ile, üretilen sandviç çatı panelinin ısı, ses, buhar ve su yalıtım performansları çok yüksektir. Sandviç paneller, sonsuz üretim bandında üretilirler. Bu, enjeksiyon yöntemi ile panel içine doldurulan ısı yalıtım malzemesi yoğunluğunun homojen olmasını sağlar. Metal ile ısı yalıtım malzemesi birbirinde ayrılmaz. Panel, kompozit tek bir malzeme şeklinde davranır (Şekil 3.3).

Sandviç paneller, ekonomik ve etkin ısı yalıtımı sağlarlar. Hafif olmalarına rağmen yüksek değerde düzgün yayılı yük taşıma gücüne sahip olmaları, ana taşıyıcı sistemde kullanılan çelik ve/veya betonarmeden tasarruf edilmesine olanak verir.

Alüminyum sandviç panellerin net kaplama eni 100 cm.'dir (Şekil 3.6). Bu montaj süresini kısaltır, daha az sayıda panel ve daha az bini yeri oluşması demektir. Hızlı uygulama olanağı, işçilik ve zamandan kazandırır.



Şekil 2.170 : Alüminyum sandviç panel [227].

Kenetli alüminyum çatı örtüleri prefabrikasyon imalat ile üretilmiş, özel makinesi ile birbirlerine kenetleme yoluyla monte edilen yekpare örtü malzemeleridir. Tespit delikleri ve boy ekleri olmadığından, yüksek geçirimsizlik özelliği vardır.

Profil genişliği: 310-320 mm, 410-420 mm, 510-520 mm,

Alümiyum kalınlığı: 0,60 mm – 1,00 mm,

Profil boyu: İstenilen uzunlukta,

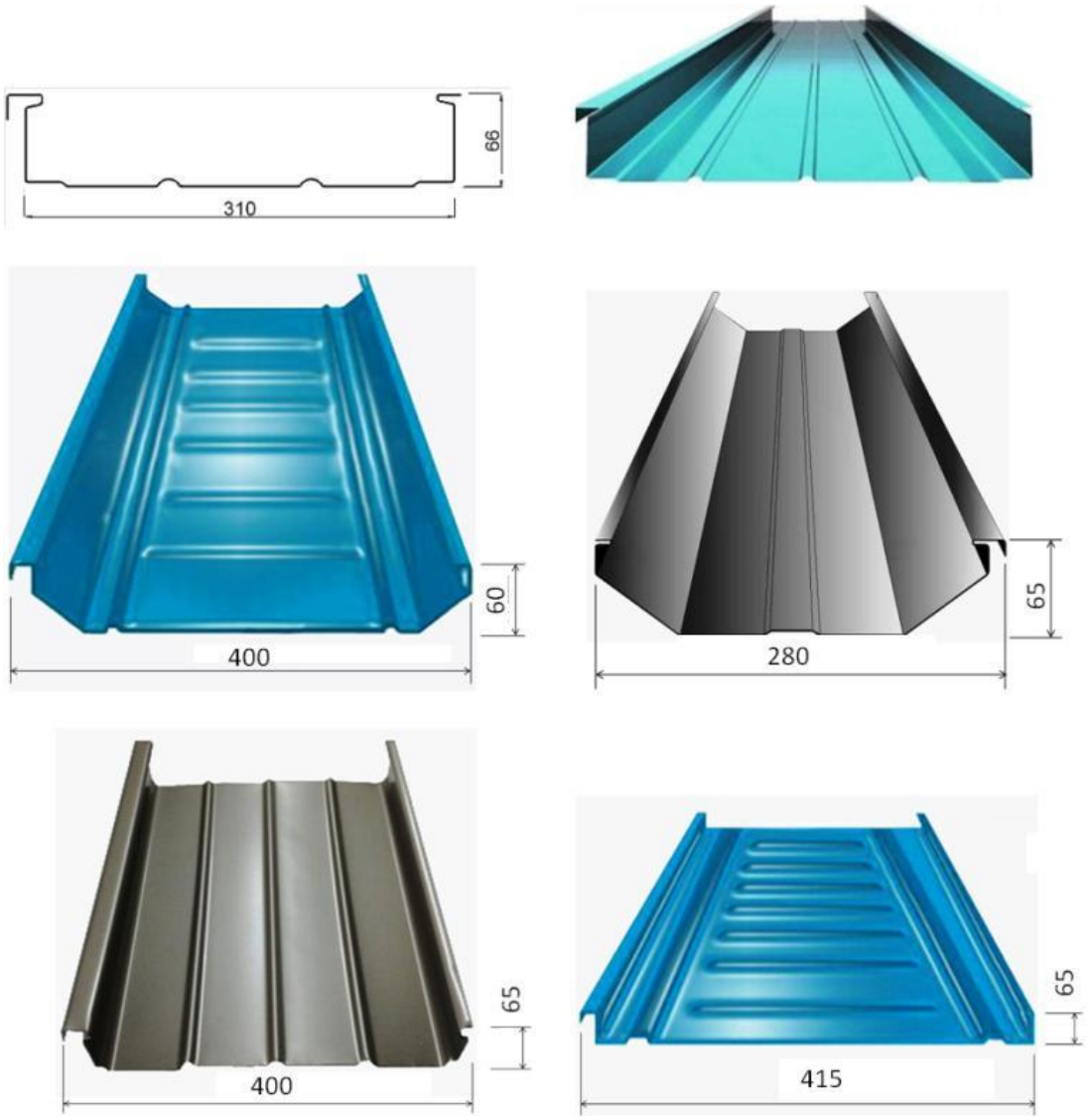
Renk: istenilen ral kodunda polyester yada PVDF,

Gerilme mukavemeti: 18 kg/mm^2,

Elastisite modülü : 7000 kg/mm^2'dir.

Hafif, geniş açıklıkları geçebilme ve taşıyıcı sistemde hafiflik gibi özelliklerinden dolayı alt taşıyıcı sistemde de tasarruf sağlarlar.

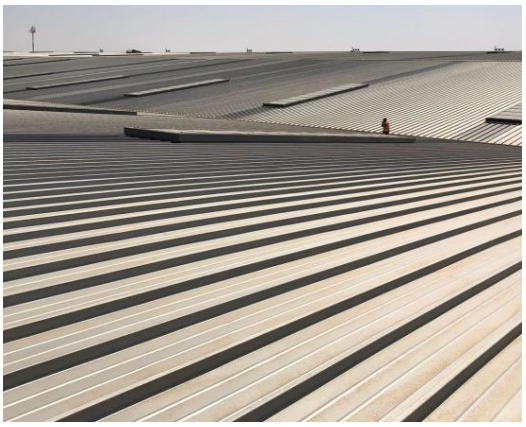
Bakım kolaylığı vardır. Dış tesirlere dayanıklıdır. Yekpare sistem oldukları için bakım masrafları çok azdır. Eksiz alüminyum çatılarda ortalama eğim %5 (~3°)'dir. Boyuna ek yapmak gerekirse, eğim en az %9 (~5°) olmalıdır.



Şekil 2.171 : Çeşitli kenetli alüminyum çatı panelleri [228].

Kenetli alüminyum levha yüzeyleri, düz veya gofrajlı olarak üretilmektedir. Levhaların mukavemetini arttırmak için yüzeylerine, boyuna veya enine nervür formu verilmektedir.

Kenetli alüminyum çatı kaplama malzemelerinde, son 10 yıldan bu yana boyama işlemi de uygulanmaktadır. Alüminyum boyama işlemi, coat-coiling metodu ile RAL renklerinde, polyester veya PVDF olarak uygulanmaktadır.



Şekil 2.172 : Terminal, Kuveyt [228]. **Şekil 2.173 :** Güral Otel, Sapanca [229].

Çizelge 2.9 : Kenet metal çatı kaplaması özellikleri [228].

65/300-400	Malzeme	En (mm)	Kalınlık (mm)	Ağırlık (kg/m2)
Alüminyum	EN 3003,3005	310	0.80 – 1.20	3.52 – 5.28
		410	0.80 – 1.20	2.65 - 3.96
Sac	DIN 17162	310	0.60 – 0.80	7.80 - 10.38
		410	0.60 – 0.80	5.85 - 10.38
Paslanmaz sac	SUS 304	310	0.50 – 0.70	6.33 - 8.86
		410	0.50 – 0.70	4.74 - 6.64
Bakır	SE CU F 24	310	0.60 – 1.00	8.61 - 14.35
		410	0.60 – 1.00	6.45 - 10.76
Titanyum çinko	EN 50 1201	310	0.80 – 1.20	9.29 - 13.95
		410	0.80 – 1.20	6.96 – 10.45

Tek kat çatı örtü levhası altında uygulama yapılırken istenilen kalınlıkta ısı yalıtım malzemesi seçme olanağı vardır. Isı yalıtımlı çatı örtülerinde ise, yalıtım malzemesi tipi belirlenerek, kalınlık buna göre belirlenmeli ve kenet yüksekliği de ısı yalıtım malzemesinin kalınlığına göre seçilmelidir. Kenet tipi belirlendikten sonra ısı yalıtım malzemesinin kalınlığı değiştirilemez. Alüminyum kenet yüksekliği, 2-3 cm. kalınlıktaki ısı yalıtım elemanlarının çatı elemanları ile birlikte tespit edilmesine imkan verecek şekilde tasarlanmıştır. 3 cm'den daha kalın ısı yalıtım malzemesi uygulanması halinde, sistemin tespit edilebileceği ikinci bir taşıyıcı altyapı oluşturulmalıdır.

Çizelge 2.10 : Kenet metal çatı kaplaması özellikleri [228].

65/280	Malzeme	En	Kalınlık	Ağırlık
		(mm)	(mm)	(kg/m2)
Alüminyum	EN 3003,3005	280	0.70 – 1.00	2.85 – 4.10
Sac	DIN 17162	280	0.50 – 0.70	6.00 - 8.40
Paslanmaz sac	SUS 304	280	0.40 – 0.60	4.41 - 6.62
Bakır	SE CU F 24	280	0.60 – 0.70	7.21 - 8.42
Titanyum çinko	EN 50 1201	280	0.60 – 1.00	6.48 - 10.80

2.4.1.6 Titanyum

İlk yatırım maliyetleri oldukça yüksek olan bu tip malzemeler, yüzeylerinde kir tutmama ve çok az bakım gerektirme özellikleri nedeni ile, özellikle bakım ve işletme maliyetlerinin yüksek olduğu binalarda tercih edilirler. Hafif, güçlü, sert ve pas içermeyen titanyum çatı kaplama malzemeleri, mükemmel korozyon direncine sahiptir ve kükürt, asit buharları, hidrojen sülfür v.b. asitli gazlardan ve asit yağmurlarından etkilenmezler. Yüzeydeki eloksal işlemiyle 60'tan fazla kalıcı renk oluşturur ve renkler güneş ışığında veya diğer hava koşullarında solmaz. Titanyum son kat çatı kaplama malzemelerinin uygulamasında, alt yapıda kullanılan metallerle doğrudan temas etmemesi için gereken tedbirler alınmalıdır.

Şekil 2.174 : Titanyum çinko çatı kaplaması [230].

Çizelge 2.11 : Titanyumun fiziksel özelliklerinin diğer metallerin özellikleri ile karşılaştırılması [231].

Özellikler	Titanyum	304 Paslanmaz Çelik	Alüminyum	Magnezyum	Nikel	Bakır
Atom No.	22	--	13	12	28	29
Atom Ağırlığı	47.9	--	26.97	24.32	58.69	63.57
Spesifik yer çekimi	43589	43715	43648	43647	43716	43716
Doğrusal termal genleşme katsayısı (/°C)	$8.4x10^{-6}$	$17x10^{-6}$	$23x10^{-6}$	$25x10^{-6}$	$15x10^{-6}$	$17x10^{-6}$
Öz ısı (cal/gr/°C)	0.124	0.12	0.21	0.24	0.11	0.092
Termal iletkenlik katsayısı (cal/cm2/sec/°C/cm)	0.041	0.039	0.49	0.38	0.22	0.92
Spesifik elektriksel direnç (µOhm-cm)	55	72	43648	43528	43594	43647
Elektiriksel iletkenlik (%IACA)	43468	43557	64	40	18	100
Young modülü (kg/mm2)	10850	20403	7050	4570	21000	11000
Poisson oranı	0.34	0.3	0.33	0.35	0.30	0.34

Titanyumun yoğunluğu 4,506 g/cm³'tür. Titanyum çelik ile karşılaştırıldığında, çok çeşitli asitlere, alkalilere, doğal sulara ve endüstriyel kimyasallara karşı olağanüstü bir dirence sahiptir. Titanyum, çeliğe kıyasla yüksek mukavemet ve düşük ağırlık oranlarının üstün bir kombinasyonu olarak kabul edilir.

Çizelge 2.12 : Titanyumum direncinin, çelik ve bakırın dirençleri ile karşılaştırılması [232].

	Titanyum	**Paslanmaz Çelik SUS 304**	**Bakır**
Deniz tuzu partikülleri direnci (delinme)	■	▲	●
Ultraviole ışınları direnci	■	■	■
Asit yağmuru direnci (delinme)	■	▲	▲
Asit yağmuru atmosferik direnci	■	▲	✕
Korozyon etkisi direnci	■	✕	▲
Korozyon akışkanlık direnci	■	●	✕
Termal direnç	■	■	■

■ Çok iyi ● İyi ▲ Orta ✕ Kötü

2.4.1.7 Çinko, titanyum, bakır alaşımı

Yapı uygulamaları için optimum mekanik ve fiziksel özellikleri sağlamak için, çinko, titanyum ve bakır alaşımı geliştirilmiş ve son kat çatı kaplama malzemelerinde yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Bakır, alaşımın mekanik dayanımını artırır, malzemeyi daha esnek ve sağlam yapar. Titanyum, alaşımın korozyona, deformasyona ve büzülmeye karşı dayanımını artırır, metal yorulmasına neden olmadan termal genleşme performansını mükemmele yakın yapar.

Rulo halindeki çinko, titanyum, bakır alaşımı, çapı küçük, zor kıvrımlarda dahi uygulanabilir olması sayesinde, yapıya kolayca uyum sağlar. Diğer malzemelerle uygulanması zor veya imkânsız olan konik, konveks, konkav ve diğer karmaşık şekiller bile rahatlıkla verilebilir. Bu rahatlık ve çok yönlülük mimarlara, çatı ve cephe uygulamalarında çok geniş tasarım ve ifade özgürlüğü sağlar [126,127].

Çinko, titanyum, bakır alaşımı, hava kaynaklı gürültüler (araç trafiği, uçaklar vb.) için etkili ses yalıtımı sağlar. Ayrıca, yağmur sesi gibi darbe sonucu oluşan gürültüler için daha sert alaşımlara (alüminyum, çelik, plastik vb.) oranla daha iyi bir akustik performansa sahiptir.

Çinko, titanyum, bakır alaşımı rulo çinko Avrupa Standartları (EN 988), 18 ülkede 1997'den beri uygulanmaktadır. Bu standartlar rulo halindeki alaşımın, fiziksel, mekanik özellikleri ve ebatları ile ilgili çok sıkı teknik tarifler getirir ve böylece, alaşım, uluslararası bir geçerlilik kazanmıştır [128].

2.4.2 Kil kiremit çatı kaplama malzemeleri

Anadolu'da Romalılar ile başlayan alaturka kiremit (oluklu kiremit) üretimi, Selçuklu ve Osmanlı mimarisinin vazgeçilmez bir çatı kaplama malzemesi olmuştur. Ancak makina kiremiti olarak adlandırılan Marsilya tipi kiremitin üretimine başlanması ile alaturka kiremit kullanımı çok azalmıştır. 1m²'de 30 adet sarfiyatı olan alaturka kiremitler, günümüzde çoklukla restorasyon projelerinde kullanılmaktadır. Türkiye'deki tüm kil kiremit üreticilerinin, çok kısa bir süre öncesine kadar, özel bir boyutsal standart zorunluluğu getirilmiş gibi, aynı ölçülerde üretim yaptığı görülmektedir. Bu durum patent yasalarının işlemeyişinin yanısıra, uzun süre kiremit kalıbını yapan bir tek imalathanenin bulunmasının sonucu olarak yorumlanabilir. 1m²'de 15 adet kullanılan Marsilya tipi kiremitlerin, son birkaç

yıldan bu yana, daha büyük boyutlarda olan tipleri de üretilmeye başlanmıştır. Bu kiremitlerin 10 adedi ile 1m² çatı yüzeyi kaplanabilmektedir. Ancak bu kiremitler, Avrupa'daki üretimlerin kopyaları olmaları nedeni ile yeni tasarım olarak değerlendirilemez.

Günümüzde tamamen el değmeden üretimlerin gerçekleştirildiği sistemler olsa da, ülkemizde henüz bu sistemlerin kullanıldığı bir fabrika mevcut değildir. Tam otomatik sistemlerle her ne kadar çok daha hassas üretimler gerçekleştirilse de, geleneksel yöntemlerle üretilen kil kiremitler daha doğal bir görünüme sahiptir [22,53, 54,56].

Dünya tarihinde imalatı yapılan ilk yapı malzemelerinden biri olan Kiremit'in çatı kaplama malzemesi olarak kullanımı M.Ö. 13.yy.'da önce Korint'te ve Orta Doğu'da, M.Ö.10. yy.'da da bunlardan bağımsız olarak Çin'de başlamış ve bu bölgelerden Avrupa ve Asya'ya yayılmıştır. . Korintler, bugün de kullanılan iç bükey kiremitleri M.Ö. 4. yy.'da, şu anda üretilenlerden 2,5 kat daha büyük olarak imal etmişlerdir (50cmx100cm, kalınlık 2-3cm). Tasarım ürünü olmaları ve üretimlerinde kalıp kullanılması nedeni ile çatı kaplamaları içinde önemli bir yer tutan kiremitte ilk standartları geliştiren Romalılar, oluklu kiremitte neredeyse bugünkü üretim kalitesine erişmişlerdir. Kalınlık nedeni ile oluşan kuruma ve pişirme problemlerini çözmeye çalışmaları ile, ilk araştırma faaliyetlerini de yine Romalılar başlatmış, kiremiti bir sanayi dalı haline getirmişlerdir. Anadolu'da Romalılar ile başlayan Alaturka kiremit üretimi Selçuklu ve Osmanlı mimarisinin vazgeçilmez bir çatı kaplama malzemesi olmuştur. Kil Kiremitler, Avrupa ülkelerinde ve Uzakdoğu'da yaygın olarak kullanılmaktadır. Kil kiremitlerde kalıp değişikliği yapılarak sadece biçimsel farklılıklarla yeni ürünler tasarlanmıştır. Üretim prosesleri, ilk üretildiğinden bu yana neredeyse aynıdır.

Gilardoni kardeşler 1841 yılında Marsilya tipi kiremitin ilk prototipini yaparak kil kiremit üretiminde devrim yaratmışlardır. 1890 yılında da bugün yaygın bir şekilde kullanılan Marsilya tipi kiremit geliştirilmiştir [53].

Kil kiremitler, kalıplanmış kilin pişirilmesi yolu ile üretilmektedir. Kilin yoğunluğu, ısıtılma süresine bağlı olarak değişkendir. Kiremit sırlı olabilir ve aynı zamanda yüzey dokusu uygulanmış olabilir. Sonuç olarak, kiremitler çeşitli profillere, stillere, bitirme şekillerine ve geniş bir renk çeşitliliğine sahiptir. Buna ek olarak, mahya, üç

ve dört yollu mahya ve mahya uçlarında kullanılmak üzere tasarlanmış çeşitli şekillerde mahya sonlama tasarımları çok çeşitli kiremitlerle uyumludur. Montaj yöntemleri kullanılan kiremitin özelliklerine bağlı olarak değişir [130].

Marsilya Tipi Kiremitler (Biribirini kilitleyen kiremitler)

Kenarları birbirine uyacak şekilde kanallı, dikdörtgen ve geçmeli kiremittir. Piyasada makine kiremidi olarak bilinen Marsilya tipi kiremitler, günümüzde en yaygın kullanılan kiremit türüdür. Makine kiremidinin şekil ve boyutları fabrikalara göre değişebilir. Türkiye'de en çok kullanılan kiremit, Marsilya tipidir [15,22].

Marsilya tipi kiremitleri boyutları ve metrekarede kullanım adetleri:

257 mm x 476 mm – 11,7 Adet/m^2

257 mm x 436 mm – 12,7 Adet/m^2

258 mm x 441 mm – 11,8 Adet/m^2

240 mm x 410 mm – 15,0 Adet/m^2

Şekil 2.175 : Çeşitli Marsilya tipi kiremitler ve uygulama örneği [231].

Valensiya Tipi Kiremitler (Biribirini kilitleyen kiremitler)

Marsilya tipi kiremitte olduğu gibi kenarları birbirine uyacak şekilde kanallı, dikdörtgen ve geçmeli kiremittir. Kenar bini oluklu hale getirilerek kaplandığı zaman sürekli bir dalga görüntüsü elde edilmektedir. Bazı fabrikalar, küçük oluklu ve ikiz kiremit tiplerini de üretmektedir [130].

323mm x 502mm - 8,4 Adet/m^2

321mm x 426mm - 10 Adet/m^2

310mm x 480mm - 10 Adet/m^2

Şekil 2.176 : Çeşitli Valensiya tipi kiremitler, renk ve uygulama örneği [232].

Şekil 2.177 : Valensiya tipi kiremit uygulama örneği, konut [233].

Yassı Tip Kiremitler

Çoğu dikdörtgen levha şeklindedir. Düz kiremit olarak da adlandırılırlar. Bir kenarında tutturma çıkıntısı ile tespit delikleri bulunur [130].

262 mm x 450 mm – 11,8 – 12,5 – 13,4 Adet/m^2

262 mm x 444 mm – 11,9 – 12,8 – 13,8 Adet/m^2

230 mm x 420 mm – 13,7 – 14,1 – 14,5 Adet/m^2

Şekil 2.178 : Yassı tip kiremitler [234].

Düz Tip Kiremitler (Flat tiles)

Dikdörtgen şeklinde olup, üst ve yanları kanallıdır. Çatıya kaplandığında, saçağa paralel yatay çizgili bir görüntü oluştururlar.

257 mm x 436 mm – 12,7 Adet/m^2

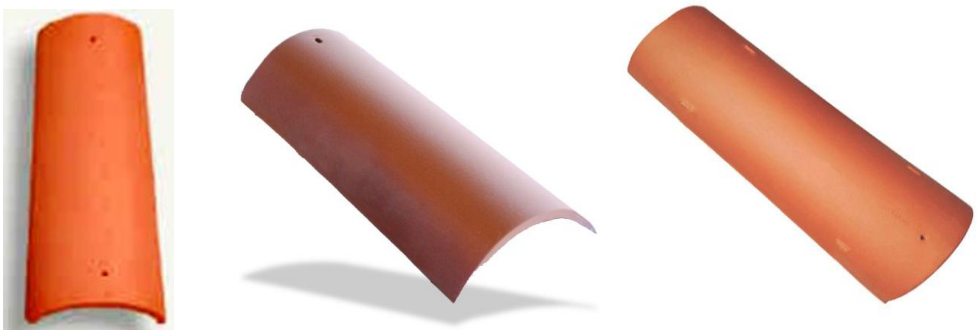
330 mm x 460 mm – 9,5 Adet/m^2

Şekil 2.179 : Düz tip kiremitler [234].

Oluklu Kiremitler (Alaturka Kiremitler)

Alaturka kiremit çok eskiden beri kullanılan bir kiremittir. Değişik boyut ve biçimde olanlarına rastlanmakla birlikte, ilke olarak aynı kiremidin alt ve üst kiremit olarak kullanılmasıyla çatı örtüsü meydana getirilir [52]. Yarım silindir şeklinde, uçlarından biri ötekinden biraz daha geniş olan kiremittir. Bu çeşit kiremitlere Batılılar İspanyol kiremidi demektedirler. Alaturka kiremit, metrekare ağırlığının fazla olması ve benzer görüntüyü veren makine kiremidinin yaygın olarak üretilmesi nedeniyle önemini geniş ölçüde yitirmiştir. Son yıllarda sadece restorasyon projelerinde tercih edilmektedir. Alaturka kiremit %20-%30 arasındaki eğimlerde kullanılabilir [14].

420 mm x 187 x 143 mm – 30 Adet/m^2 - 420 mm x 173 x 129 mm – 35 Adet/m^2



Şekil 2.180 : Oluklu kiremit örnekleri.

Şekil 2.181 : Oluklu kiremit uygulamaları [234].

Flaman Kiremitleri (Padova)

Flaman kiremitleri, modern kilitleme tasarımları ile geleneksel S kiremit estetiğini bir araya getiren ve çok iyi su geçirimsizlik sağlayan kiremitlerdir. Gelişmiş çift kilitleme detayı sayesinde 22º 'ye kadar düşük eğimli çatılarda bile kullanılabilir.

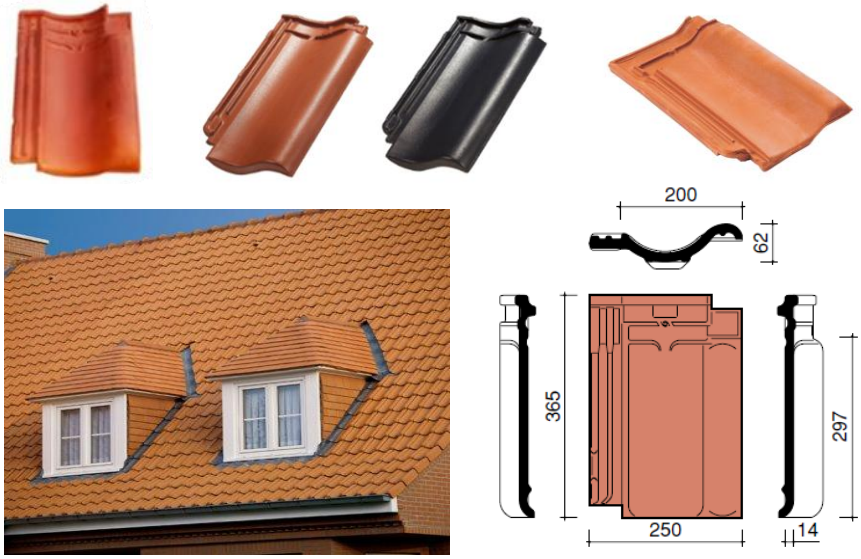
- Flaman kiremitleri, derin kavisleri nedeniyle geleneksel bir çatı görünüm oluştururlar,
- Çift taraflı kilitleme ve çift kafa kilitleme detayları, çatıyı sunsızıntıların karşı korur,
- Her tip detay için aksesuarları mevcuttur,
- BS EN 1304 şartlarına uygun enerji verimli fırınlarda imal edilirler,
- BS 5534 standardının öngördüğü gereksinimlerini karşılar,
- A BRE Yeşil Kılavuzu değerlendirmesi +

365 mm x 250 mm – 16,6 Adet/m^2

368 mm x 248 mm – 16,6 Adet/m^2

310 mm x 480mm – 10,0 Adet/m^2

360 mm x 540 mm – 7,4 Adet/m^2



Şekil 2.182 : Flaman kiremitleri ve uygulama öreneği [234].

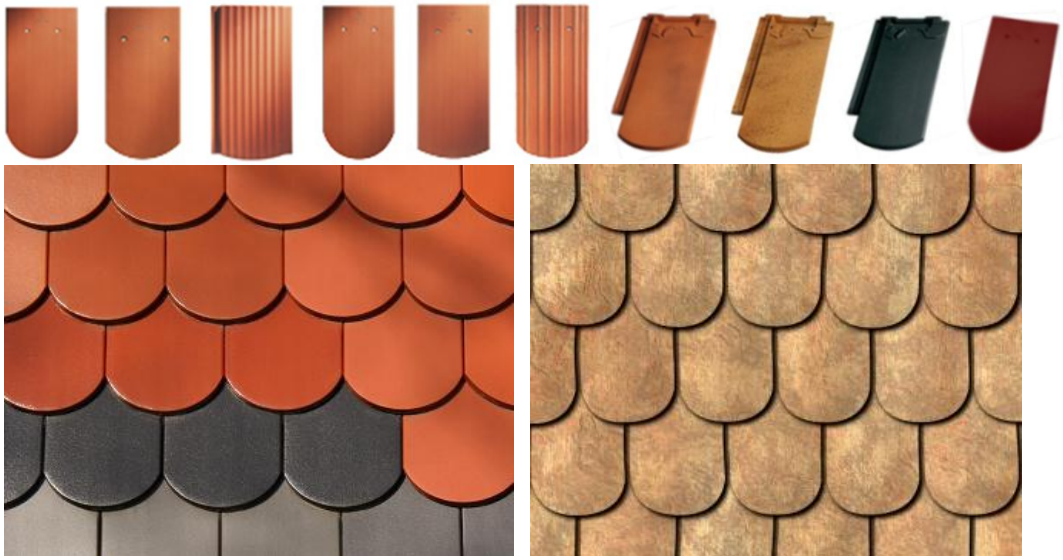
Kunduz Kuyruğu Tipi Kiremitler

Bir kenarı yuvarlatılmış yassı kiremittir. 30-38 cm. uzunlukta, 16-18 cm. genişlikte olan bu kiremitler dik çatılarda (%40-%50) kullanılmaya elverişlidir. Bir, iki veya üç katlı olarak, balık pulu şeklinde dizilirler.

160 mm x 380 mm – 37,9 – 40,0 - 49,8 Adet/m^2

180 mm x 380 mm – 33,7 – 36,0 - 44,5 Adet/m^2

183 mm x 380 mm – 27,0 – 37,0 – 44,0 Adet/m^2



Şekil 2.183 : Çeşitli Kunduz Kuyruğu kiremitleri [234].

Konkav Tip Kiremitler

S şeklinde dalgalı biçimde üretilmiş kiremitlerdir. Dalgaları keskin hatlı veya sinüs eğrisi şeklinde olan tipleri üretilmektedir. Kenarları ve arkaları kanallı şekilde detaylandırılmıştır.

310 mm x 465 mm – 11,5 Adet/m^2 - 12 mm kaydırma olanağı

360 mm x 540 mm – 7,4 Adet/m^2 - 12 mm kaydırma olanağı

Şekil 2.184 : Konkav tip kiremitler [234].

Akdeniz Tipi Kiremitler

Tek yönlü profillendirilerek üretilen Akdeniz tipi kiremitler, istenilen ölçülerde boyuna bindirme ve 50mm'ye kadar enine bindirme olanağı sağlarlar. Bu özellik uygulamada kiremit kesme işlemini önemli oranda azaltır. Kenarları ve arkalarında kanal detayı yoktur. Eğik kenarı olmayan çatılarda hiçbir kesme işlemi yapılmadan uygulama yapılabilir.

Şekil 2.185 : Akdeniz tip kiremitler ve uygulama örnekleri [234].

Roman Tipi Kiremitler

Kenarları birbirine uyacak şekilde kanallı, dikdörtgen ve geçmeli olan Roman tipi kiremitler, arka kısmı dar, ön kısmı daha geniş olan yüksek olukları ile, kaplandıkları zaman alaturka kiremit görüntüsü oluştururlar.

257 mm x 476 mm – 11,7 Adet/m^2 - 12 mm kaydırma olanağı

339 mm x 423 mm – 10,0 Adet/m^2 - 12 mm kaydırma olanağı

Şekil 2.186 : Roman tipi kiremitler ve uygulama örneği [234].

Roman Tipi Düz Kiremitler

Roman tipi düz kiremitler, geleneksel şekli ile üretilip oluklu kiremitlerle birlikte kullanılmaktadır. Günümüzde kil Roma kiremiti, büyük ölçüde koruma ve tadilat projelerinde kullanılmaktadır. Sırt kısmı daha yüksek konik Roma kiremitleri ile birlikte, geleneksel tek ve çift sırtlı Roma kiremitleri üretmektedir.

257 mm x 476 mm – 11,7 Adet/m^2 - 12 mm kaydırma olanağı

339 mm x 423 mm – 10,0 Adet/m^2 - 12 mm kaydırma olanağı

Şekil 2.187 : Roman tipi düz kiremitler ve uygulama örnekleri [235].

Modern Kiremitler

Boyutlar ve bindirme detayları açısından Marsilya tipi kiremitlere çok benzeyen Modern kiremitler, kenarları birbirine uyacak şekilde çift kanallı, dikdörtgen ve geçmeli olarak imal edilirler. Yüzeyleri farklı bir çatı dokusu oluşturmak amacı ile farklı şekillerde biçimlendirilmiştir.

Yükseklikleri genellikle çok fazla değildir. Terracotta, gri, kırmızı ve yeşil renklerin çeşitli tonlarında üretilirler.

304 mm x 450 mm – 10 Adet/m^2 - 12 mm kaydırma olanağı

313 mm x 471 mm – 9,3 Adet/m^2 - 12 mm kaydırma olanağı

257 mm x 476 mm – 11,7 Adet/m^2 - 12 mm kaydırma olanağı

260 mm x 430 mm – 12,5 Adet/m^2 - 12 mm kaydırma olanağı

270 mm x 420 mm – 15,0 Adet/m^2 - 26 mm kaydırma olanağı

Şekil 2.188 : Modern kiremitler ve uygulama örneği [234].

Şingıl Tipi Kiremitler

Şingıl tipi çatı kiremitleri, küçük, dikdörtgen biçiminde ve genellikle 265 mm x 165 mm ölçülerinde ve metrekareye 60 adet gerekecek şekilde üretilirler. Su geçirmez bir katman elde etmek için, 3 kiremit üst üste gelecek şekilde uygulanırlar. Bu, çatının ayrıntılı ve farklı bir görünümüne sahip olmasını sağlayan fonksiyonel bir gerekliliktir. Oluşturulan doku, çatının enine ve boyuna daha geniş görünmesini sağlar. Altlarında oluklu su yalıtım malzemesi kullanılarak yarısı boyutlarındaki kiremitlerle aynı görüntü elde edilebilir. Böylelikle çatı kaplama malzemesinin konstrüksiyona verdiği yük te yarı yarıya azaltılmış olur.

Klasik rustik görünüm elde etmek amacı ile kullanılan düz çatı kiremitleri, makine ya da el yapımı olarak imal edilmektedir. Son derece çekici çatı görünümü oluşturmak için kullanılan geleneksel düz çatı kiremitleri, 1666 yılındaki büyük Londra yangınından sonra standart boyutlarda üretilmeye başlanmış ve ilk ürün standartları oluşturulmuştur.

140 mm x 250 mm – 84 Adet/m^2

150 mm x 260 mm – 74 Adet/m^2

160 mm x 270 mm – 62 Adet/m^2

165 mm x 265 mm – 60 Adet/m^2

170 mm x 270 mm – 60 Adet/m^2

190 mm x 310 mm – 44 Adet/m^2

Şekil 2.189 : Şingıl tipi kiremitler ve uygulama örnekleri [234].

İspanyol Tipi Kiremitler

Akdeniz tipi kiremitler gibi tek yönlü profillendirilen İspanyol tipi kiremitler, oluk, düzlük ve kenar binisi daha keskin hatlarla belirtilerek üretilmiştir. Bu özellikleri, boyuna ve enine bindirmelerde 5cm'ye kadar hareket olanağı sağlar. Aynı zamanda kiremit kesme işlemini önemli oranda azaltır. Kenarları ve arkalarında kanal detayı yoktur. Eğik kenarı olmayan çatılarda boyuna bindirme ölçüsü çatıya göre hesaplanarak, hiçbir kesme işlemi yapılmadan uygulama yapılabilir.

420 mm x 187 x 143 mm – 15 Adet/m^2

Şekil 2.190 : İspanyol tipi kiremitler ve uygulama örnekleri [236].

Şekil 2.191 : Sırlı İspanyol tipi kiremitler [237].

Su emmelerini engellemek için yüzeyi sırlanan kiremitler, bindirme miktarlarını azaltmak için 2 ve 3 tümsekli olarak da üretilirler.

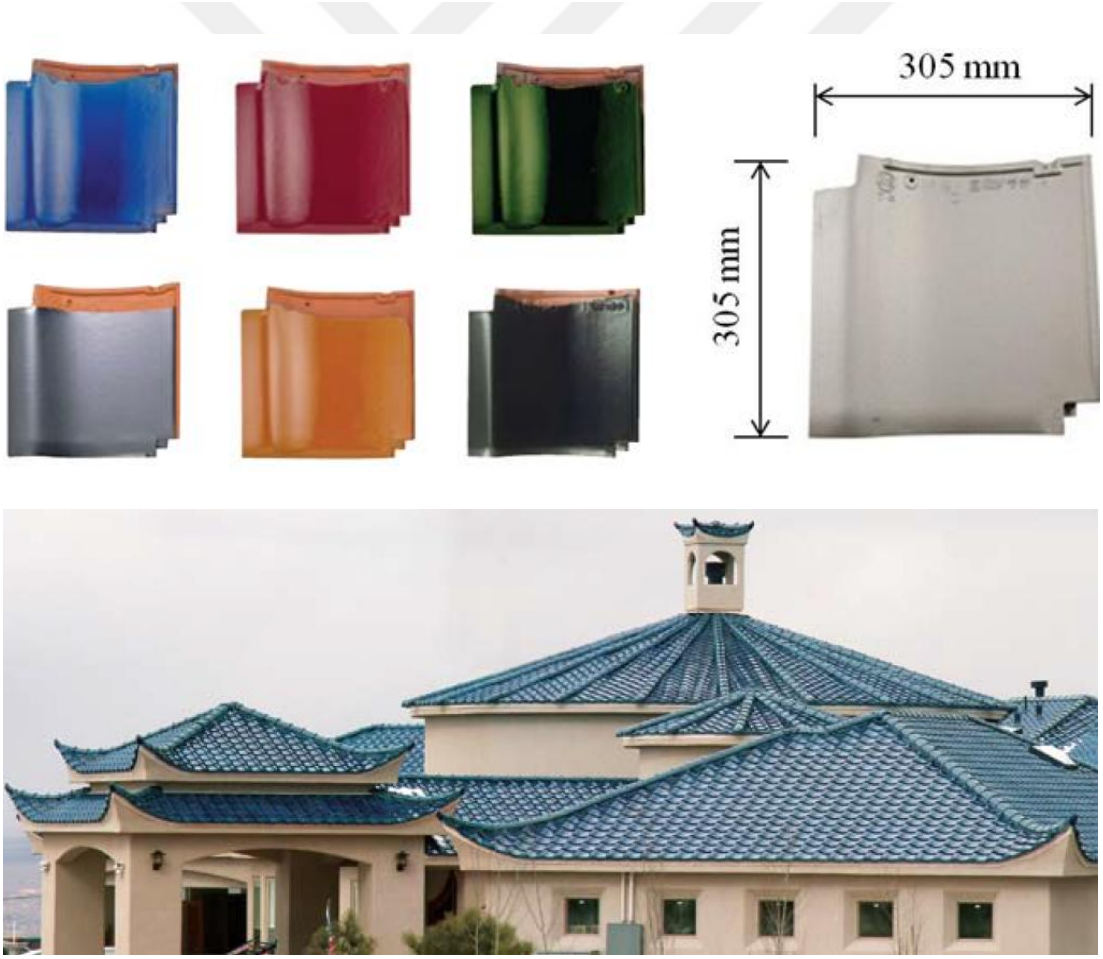
Standart kiremit	270 mm x 443 mm, 2,58 kg/adet, 11,2 adet/m², 28,90 kg/m²,
2 Tümsekli	359 mm x 445 mm, 3,45 kg/adet, 8,60 adet/m², 29,70 kg/m²,
3 Tümsekli	508 mm x 445 mm, 5,65 kg/adet, 5,10 adet/m², 28,80 kg/m²,

Oryantal Japon Tipi Kiremitler

Uzak doğuda kullanılan kiremitler, çatıların parabolik bir yüzeye sahip olmaları nedeni ile genellikle daha küçük ve kare şeklinde üretilmişlerdir. Oryantal Japon tipi kiremitler, naturel kiremit renklerinin yanısıra çok değişik ve canlı renklerde sırlamalar yapılarak da üretilmektedir. Oryantal Japon tipi kiremitlerin iki kenarı ve arkaları genellikle tek kanallı olarak imal edilirler. Bindirme miktarları az olmasına rağmen çatı eğimleri çok yüksek olduğu için, kiremitlerde kırılma olmaması halinde su akıtma problemi yaşanmaz. Japonya'daki tapınak ve çayevi çatı uygulamalarda japon siyahı adı verilen füme rengi tercih edilmektedir. Bu kiremitlerin kullanıldığı çatılarda, saçak ve mahyalarda çeşitli süslemeler kullanılmaktadır [Y2].

Boyutlar : 305 mm x 305 mm – 15,6 Adet/m^2 - 12 mm kaydırma olanağı

Ağırlık : 2,72 kg/adet, 42,43 kg/m^2.



Şekil 2.192 : Oryantal Japon tipi kiremitler ve uygulama örneği [238].

2.4.3 Bitümlü çatı kaplama malzemeleri

Bitüm ve bitümün agrega ile karıştırılması ile elde edilen asfalt, 5000 yıldan daha uzun süredir su yalıtımı amacı ile kullanıldığı bilinen bir inşaat malzemesidir. İlk zamanlarda doğadan serbest olarak elde edilen bitüm, geçirimsizliği sağlayan kaplama malzemeleri ve harç karışımı imalatında kullanılmıştır.

Geleneksel bitüm kaplamada ilk önce donatı olarak kâğıt tabakalar veya pamuk dokumalar kullanılmıştır. Ancak, bu malzemelerin su alan yapıları ve şantiye koşullarında bitümle emprenye edilmelerinin zorluğu, zamanla "bitümlü organik elyaf" sanayinin gelişmesine yol açmıştır. Bitümlü örtü örneklerinden ilki ve en yaygını, sıcak bitüm emprenye edilmiş bitümlü organik elyaftır. Emprenye işleminin ardından tamamen siyah görünümlü bir şilte elde edilir. Şiltenin halen, ağırlıkça %30 oranında nem alabilme ihtimalini ortadan kaldırmak için "yeniden kaplama" tabir edilen ikinci bir işlem uygulanır. Daha fazla bitüm emen şiltelerin, rulo halindeyken birbirlerine ve yapışmalarını önlemek içinse bir yüzleri kumlanmakta veya pudralanmaktadır.Asfalt şingılların atası olan ve asfalt emdirilmiş ve kaplanmış keçeden oluşan eski tip su yalıtım örtüleri ilk kez 1893'te Amerika'da satışa sunulmuştur. Bu su yalıtım örtülerinin hava şartlarından çok fazla etkilenmesi nedeni ile dört yıl sonra (1897'de) yüzeyleri mineralle kaplanmıştır. İlk asfalt şingıllar 1901'de ortaya çıkmıştır. Şingılların yüzeylerinin korunması için arduvaz granülleri kullanılmıştır ancak ortaya çıkan bu yeni tip çatı kaplama malzemesi 1911'e kadar genel kullanıma sunulmamıştır. Takip eden yıllarda bu ürünler kalite ve popülerlikte yüksek bir artış göstermiş ve 1939'da üreticiler 7 milyon m^2'nin üzerinde bir üretim gerçekleştirmiştir [133].

1960'ların başında; zamanla bozulmaya yatkın olan bitümlü organik elyaf taşıyıcılı şingıllar, yerlerini bitüm emdirilmiş cam tülü örtülere ve cam tülü taşıyıcılı şingıllara bırakmıştır. 1967 yılında, İtalya'da polimer teknolojisinde yaşanan gelişmeler sonucunda, fiziksel özellikleri bakımından zayıf olan bitümlü su yalıtım örtüleri ve şingılların, APP (Ataktik Polipropilen) adı verilen polimer katkısı ile modifiye edilerek sıcaklık dayanımlarının (yumuşama) +50 °C' den +150 °C' ye çıkması ve soğukta bükülme değerlerinin de ±0 °C' den -15 °C ' ye düşürülmesi sağlanmıştır [73]. 1968 yılında Fransa'da, blok halinde polimerizasyon gerçekleştirilerek bulunan SBS (Styrene-Butadiene-Styrene) adındaki polimerin kullanımı ile, soğuk iklim

performansı yüksek bitümlü su yalıtım örtüleri üretilmeye başlanmıştır. 1970'lerin başında, taşıyıcı olarak non-woven polyesterlerin kullanılmaya başlaması ile çekme direnci ve kopma uzaması çok yüksek bitümlü su yalıtım örtüleri üretilmeye başlanmıştır [239].

İkinci Dünya savaşından sonra büyük miktarlarda ve ucuz son kat çatı kaplama malzemesi gereksiniminin ortaya çıkması üzerine, şingılların tamamen dolu bir alt yapı gerektirmeleri, uygulama güçlükleri, uzun ömürlü olmamaları ve yüksek maliyetleri nedeni ile yine bitümün üstün özelliklerinden yararlanan oluklu bir çatı malzemesi geliştirilmiştir. Bu ucuz, basit bir alt yapı gerektiren ve çok kolay uygulanabilen malzeme, çok kısa sürede tüm Avrupa'da yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır.

Bitüm esaslı son kat çatı kaplama malzemeleri, bileşimlerinde bulundurdukları bitümden dolayı yanıcıdırlar. Ancak, bazı kimyasallar ve/veya özel yüzey kaplamaları ile B_{ROOF} özelliği kazandırılan malzemeler çatılarda, yönetmelikler çerçevesinde sorunsuz bir şekilde kullanılabilirler. Bitüm, hidrokarbonlar karışımı bir maddedir. Bitüm, ham petrolün doğal çökelmesiyle veya damıtılmasıyla elde edilir. Rafinerilerde, ham petrolün özelliğine göre, yumuşama noktaları farklı olan yumuşak veya sert bitümler elde edilebilir. Bitüm, su ve nem geçirimsizliği sağlayan bir maddedir. Bitüm esaslı malzemeler, değişik karışımlarla faklı biçimlerde üretilirler.

2.4.3.1 Bitümlü oluklu levhalar

Su geçirmez örtülerde kullanılan bitümler, mineral yağların damıtılmasında elde edilirler. Su ve nem geçirmemelerinin yanı sıra yapıştırıcı ve birleştirici olmaları, kesme kuvveti karşısında yavaş ve sürekli biçim değiştirme eğilimi özellikleri de vardır. Kırılganlıkları çok düşüktür. Elastik oldukları için değişik formdaki çatı tiplerinde uygulama kolaylığı sağlar. Boyutları ve ağırlıkları, bir işçinin rüzgarlı havalarda bile kolaylıkla taşıyacağı şekilde tasarlanmıştır. Gerektiğinde ~50cm çapında bir boru şeklinde bükülerek taşınabilirler. Mahya elemanı, saçak elemanı, alın duvarı kenar elemanı, havalandırma bacaları, çatıçıkış kapağı v.b. yardımcı elemanları vardır.

TS EN 534 standartlarına göre üretilen bitüm esaslı ondule levhaların üretim boyutları şöyledir:

Boyutlar : 95 cm x 200 cm

Kalınlık : 3 mm

Oluk yüksekliği : 38 mm

Oluk aralığı : 95 mm

Oluk sayısı : 10 adet

Ağırlık : 4 kg / m²

Şekil 2.193 : Bitüm esaslı ondule levha [11,132].

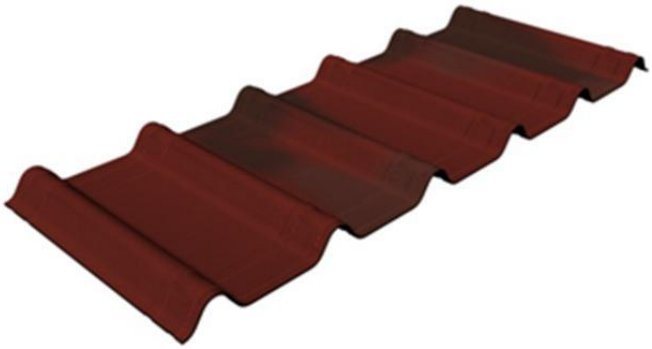
Bitüm esaslı ondule levhalar, aralıklı ahşap ve çelik çatı aşıklara monte edilebilen çok hafif son kat çatı kaplamamalzemeleridir. Korozyondan etkilenmezler ve kimyasallar etkisinde, bitümün gösterdiği davranışları gösterirler [209]. Pürüzlü yüzeye sahip olmaları, ses yutuculuğu oranlarını yükseltir. Dış yüzeyi siyah, kahverengi, kırmızı ve yeşil renklerde üretilebildiği gibi istenirse alt yüzeyi de renkli olarak üretilebilirler. %10'un üzerinde eğime sahip çatı yüzeylerinde problemsiz bir şekilde kullanılabilirler. İsteğe bağlı olarak üst yüzeyi veya her iki yüzeyi dış yangın etkisine dayanımlı olarak üretilebilir.

Şekil 2.194 : Bitüm esaslı ondule levha uygulamaları [11].

2.4.3.2 Bitümlü kiremitler

Türkiye'de gerekli veya gereksiz çatılara çıkılıp son kat çatı kaplama malzemelerine hasar verilmesi ve çatıların öneminin kavranmaya başlaması, benim de içinde bulunduğum AR-GE grubunun dikkatini çekmiş ve ilk bitümlü kiremit örnekleri 1998 yılında üretilmiştir. 6 yıllık test çalışmalarından sonra, önce Kafkaslar ve Orta Asya, daha sonra Avrupa, Uzak Doğu ve ABD, 2010 yılından itibaren de tüm dünyada satışına başlanmıştır.

TS EN 534 standartlarına göre üretilen bitüm esaslı kiremitlerin üretim boyutları şöyledir:



Boyutlar : 40 cm x 106 cm
Kalınlık : 3 mm
Oluk yüksekliği : 38 mm
Oluk sayısı : 6 adet
Ağırlık : 4 kg / m²

Şekil 2.195 : Bitüm esaslı kiremit [11,132].

Tekrarlayan altı oluk ve beş düzlükten oluşan bitüm esaslı kiremitlerle kaplanmış çatılarda, kiremitlerin sadece düz kısımlarına basılarak, çatıya hasar vermeden gezinmek mümkündür. Kırmızı, kahverengi ve yeşil renklerde 3 tonlu olarak üretilen bitüm esaslı kiremitler, aynı zamanda çatının görsel etkisini de güçlendirmektedir.

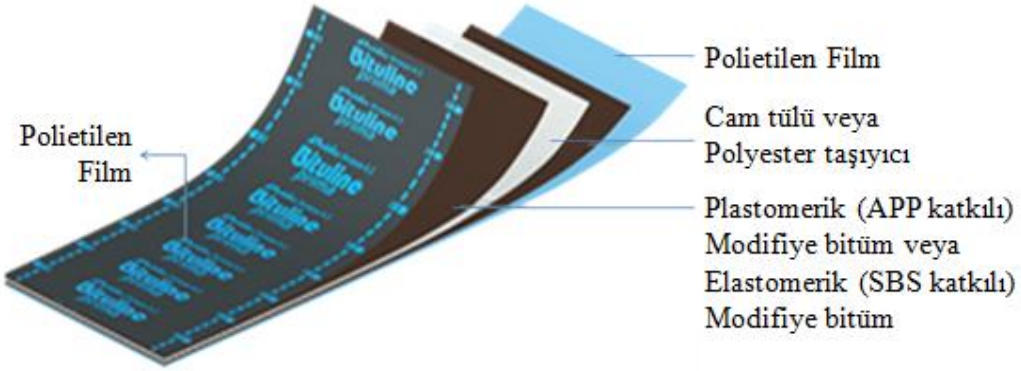
Aralıklı ahşap ve çelik çatı aşıklara monte edilebilen bitüm esaslı kiremitler, korozyondan etkilenmezler ve kimyasallar etkisinde, bitümün gösterdiği davranışları gösterirler [240]. Pürüzlü yüzeye sahip olmaları, ses yutuculuğu oranlarını yükseltir. %15'in üzerinde eğime sahip çatı yüzeylerinde problemsiz bir şekilde kullanılabilirler [132].

Şekil 2.196 : Bitüm esaslı kiremit uygulaması [11].

2.4.3.3 Modifiye bitümlü örtüler

1967 yılında APP'nin, 1968 yılında SBS'in bitümü modifiye etmek için kullanılmaya başlaması ve 1970 yılında taşıyıcı olarak non-woven polyesterlerin kullanılmaya başlaması ile, su yalıtımında yeni bir döneme girilmiş ve o güne kadar büyük zorluklarla yapılan su yalıtımı işleri, daha kolay, daha hızlı ve daha ekonomik olarak çözümlenmeye başlamıştır. O günden bu güne sürme esaslı su yalıtım malzemeleri, plastik esaslı su yalıtım malzemeleri başta olmak üzere birçok su yalıtım malzemesi geliştirilmiş, ancak bunların tamamı bitüm esaslı su yalıtım örtülerinin kullanım miktarlarının altında kalmıştır [132].

APP katkılı modifiye bitümden üretilenler plastomerik, SBS katkılı modifiye bitümden üretilenler ise elastomerik su yalıtım örtüleri olarak adlandırılır. Kalınlık ve taşıyıcı özelliklerine bağlı olarak çok çeşitli tiplerde üretilen örtüler, temel su yalıtımlarında her iki katta, teras su yalıtımlarında ise detaya bağlı olarak, ilk katta veya her iki katta kullanılırlar.



Şekil 2.197 : Modifiye Bitümlü Polietilen Yüzeyli Örtülerin katmanları [11].

APP'li su yalıtım örtüleri ılıman iklim özelliklerine sahip olan bölgelerde, esnekliği ve soğukta bükülme değerleri daha yüksek olan SBS'li su yalıtım örtüleri ise soğuk iklim özelliklerine sahip olan bölgelerde kullanılırlar.

Bitüm, ultraviole ışınlarından olumsuz olarak etkilendiği için, güneş etkisinde kalacak bölümlerde, örtünün üzeri bir başka malzeme ile kaplanmalı veya yüzeyleri arduvaz mineralleri ile kaplanmış olan bitümlü su yalıtım örtüleri kullanılmalıdır.

Üretim sırasında, üstte kalan bitümlü örtü yüzeyine, metrekareye 1 kg gelecek şekilde mineral dökülür ve minerallerin sıcak bütümlü yüzeye yapışanları örtünün üst yüzeyini oluşturur. Bitüm yüzeyine yapışmayan minerallerin önemli bir bölümü

üretim sırasında dökülür. Bitümlü örtünün teras veya eğimli çatılara uygulanması sırasında da %10-15 civarında mineral dökülmesi meydana gelir. Standartta belirtilen kabul edilebilir mineral dökülme oranı, toplam mineral ağırlığının %30'u kadardır [210].

Arduvaz mineraller boyanıp 500^0C'lik fırınlarda kurutularak renkli arduvaz elde edilir. Boyanan arduvazların renkleri, güneş etkisi ile gözle hissedilemeyecek oranda solar, ancak hiçbir zaman renklerini tamamen kaybetmezler. Farklı zamanlarda üretilen renkli arduvazların tonlarında farklılıklar olabilir.

Bitümlü örtüleri ultraviole ışınlarından korumak için, üst yüzeyleri alüminyum folyo ile de kaplanmaktadır. Kaplamada kullanılan alüminyum folyonun kalınlığı 60 veya 70 mikrondur. Üretimde düz yüzeyli folyo kullanılması halinde, örtünün rulo haline getirilmesi ve uygulanması sırasında yüzeyde buruşmalar ve çatlamalar oluşmaktadır. Bu nedenle alüminyum, üretim sırasında gofrajlı (kabartmalı) hale getirildikten sora bitümlü örtü yüzeyine yapıştırılır.

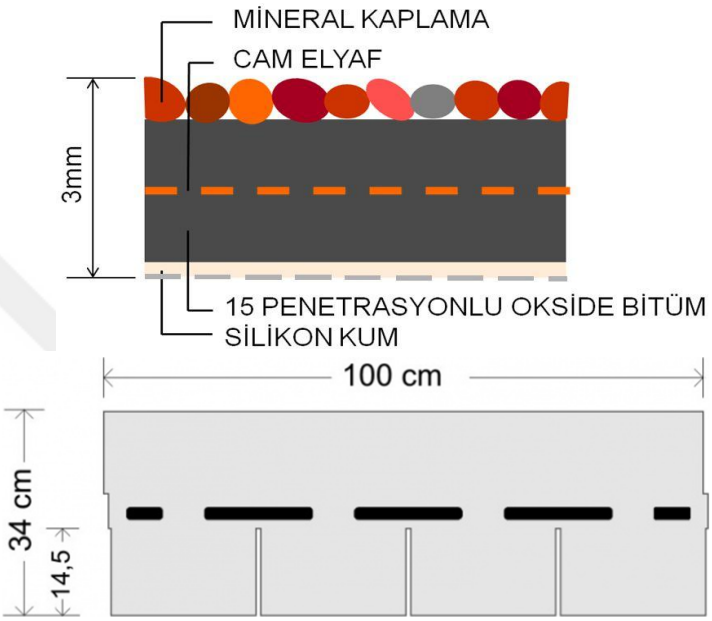
Alüminyum folyolu ürünlerde, folyonun çok iyi bir şekilde yapıştırılmış olması gerekir. Aksi halde uygulama yapıldıktan sonra folyonun yüzeyden ayrılması gibi bir problemle karşılaşılabilir. Bunu engellemek için folyonun yapıştırılacağı yüzeye elastisitesi yüksek olan özel bir yapıştırıcı sürülür.

Alüminyum folyo, dünya piyasalarından fırın boyalı olarak istenilen RAL reklerinde satın alınabilmektedir. Bitüm, Türkiye'de teras çatılarda su yalıtım malzemesi olarak son 50 yıldır kullanılmaya başlamıştır. Sıcak bitümün cam elyaf ile birlikte kullanılması ile oluşturulan yalıtım katmanı, sık sık bakım ve onarım gerektirmekte, bu da binanlarda oldukça yüksek kullanım maliyetlerinin oluşturulmaktadır. Türkiye'de ilk modifiye bitümlü örtü üretim tesisi 1989 yılında faaliyete geçmiştir. Oluklu bitümlü çatı kaplama malzemelerinin üretimine ilk olarak 1975 yılında başlanmıştır. Asfalt şingıl ilk olarak 90'lı yılların ortasından itibaret ithalat yolu ile getirilerek kullanılmaya başlamış ve günümüzde birçok fabrikada üretimi gerçekleştirilmektedir.

Bitüm esaslı çatı kaplama malzemeleri, bileşimlerinde bulundurdukları bitümden dolayı yanıcıdırlar. Ancak, bazı kimyasallar ve/veya özel yüzey kaplamaları ile Broof özelliği kazandırılan malzemeler çatılarda, yönetmelikler çerçevesinde sorunsuz bir şekilde kullanılabilirler. Bitüm, hidrokarbonlar karışımı bir maddedir. Bitüm esaslı malzemeler, değişik karışımlarla faklı biçimlerde üretilirler.

2.4.3.4 Şingıllar

20. yüzyılın başlarından itibaren kullanılmaya başlayan asfalt şingıllar, özellikle ABD'de popülaritesini giderek arttırmış ve en çok kullanılan çatı kaplama malzemesi haline gelmiştir. Ortasına 50-90gr/m² ağırlıkta cam elyaf veya organik elyaf taşıyıcı konulmuş okside bitümle üretilen örtüden kesilerek elde edilen asfalt şingıllar, yüzeylerindeki renkli mineraller sayesinde UV'den etkilenmezler ve dış yangın etkisine dayanım (B_{ROOF}) özelliği kazanırlar.

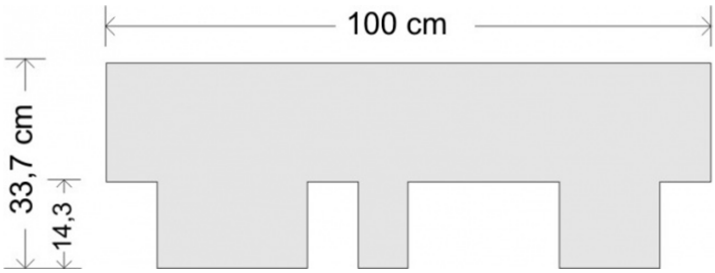


CE	Sertifika	Taşıyıcı Keçe	Ağırlık	Paketteki Miktar	Boyutlar	Yapıştırma Şekli
		g/m²	kg/m²	m²	cm	
CE	EN544	125	10,70	3,05	100x34	Kendinden Yapışkanlı

Şekil 2.198 : Standart tip asfalt şingıl kesiti, boyutları ve özellikleri [11].

Genellikle 30-35cn en ve 100cm boyda ve 2,5-3mm kalınlıkta üretilen asfalt şingılların m² ağırlıkları 10-12 kg arasında değişir. %30'dan yüksek eğimlerde kullanımında eğik dere ve mahyalar dışında altında su yalıtım örtüsü gerektirmeyen asfalt şingılların, daha düşük eğimlerde kullanımında tüm yüzeylerde su yalıtım örtüsü kullanılması zorunludur. Her biçimdeki çatı yüzeylerinde kullanılabilen asfalt şingılların uygulaması, sanıldığının aksine çok kolay değildir. Tamamen dolu ve düzgün bir ahşap alt yapı gerektiren asfalt şingıllar, ısı farkları sonucu oluşan genleşme ve büzüşmelerden etkilenmezler. Çok ince olmaları nedeni ile alt yapı yüzeyindeki seviye farkları, şingıl yüzeyine yansır. Bu nedenle altyapının çok

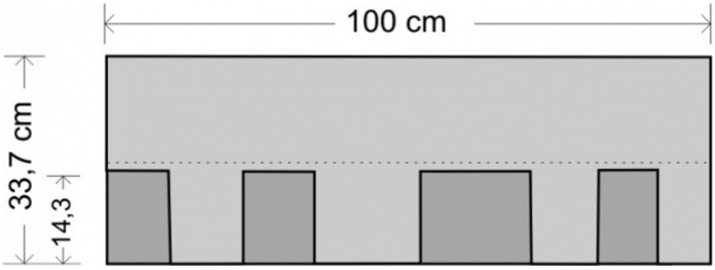
düzgün yapılması ve genleşme sonucu oluşabilecek problemlerin önüne geçmek için ahşap, OSB veya kontrplakların arasında genleşme boşlukları bırakılmalıdır.



CE	Sertifika	Taşıyıcı Keçe	Ağırlık	Paketteki Miktar	Paketteki Miktar	Yapıştırma Şekli
		g/m²	kg/m²	m²	cm	
CE	EN544	125	9,00	3,45	100x33,7	Kendinden Yapışkanlı

Şekil 2.199 : Design tip asfalt şingıl kesiti, boyutları ve özellikleri [11].

Çok çeşitli renk ve biçimleri ile özellikle konut çatılarında tercih edilen şingıllar, az bakım gerektirmeleri, iklim koşullarından etkilenmemeleri, darbe sesini önemli ölçüde absorbe etmeleri ve üzerinde malzemeye zarar verilmeden yürünebilmeleri nedenleri ile geniş bir pazar bulmuştur. yapabilir.



CE	Sertifika	Taşıyıcı Keçe	Ağırlık	Paketteki Miktar	Boyutlar	Yapıştırma Şekli
		g/m²	kg/m²	m²	cm	
CE	EN544	125	11,70	2,00	100x33,7	Isıtılarak yapıştırılır

Şekil 2.200 : Biltmore tip asfalt şingıl kesiti, boyutları ve özellikleri [11].

Doğru detaylandırılmamış şingıl uygulamalarında, küflenme, yosunlanma, yüzey bozuklukları, su akıtma v.b.birçok problemle karşılaşılabilir. Bu nedenle projelendirme aşamasında, ısı, nem ve nem yalıtımıyapılması gerektiği unutulmamalı, seçilen çatı sisteminin yapılacak yoğuşma hesabı ile yapı yerindeki en ağır iklim şartlarında (sıcak ve soğuk sınır değerlerinde) yoğuşmaya neden olmadığı saptanmalıdır [241-251].

2.4.4 Plastik esaslı çatı kaplama malzemeleri

Plastik; karbon (C), hidrojen (H), oksijen (O), azot (N) ve diğer organik ya da inorganik elementlerin oluşturduğu monomer adı verilen; basit yapıdaki moleküllü gruplardaki bağın koparılarak polimer adı verilen uzun ve zincirli bir yapıya dönüştürülmesi ile elde edilen malzemelere verilen isimdir [252].

Plastik sanayiinin 1868 yılında nitroselüloz'un ticari üretimi ile başladığı kabul edilir. Ancak PVC (polyvinyl chloride) çatı örtüleri, 1960'ların başlarında Avrupa'da kullanılan ilk PVC-tabanlı sistemlerle birlikte, termoplastik örtüler tarihinde en eski yere sahiptir. Geosentetik örtüler esnek polimer levhalar halinde üretilen ve özellikle sıvı/buhar geçirimsizlik özellikleri ile kullanılan ürünlerdir. Polimerik geosentetik örtüler, doğal kil veya diğer geçirimsizlik seçeneklerinin kullanılmasının mümkün olmadığı uygulamalarda kullanılmak üzere (su göletleri, madeni çözeltiler, kirlenmiş endüstriyel sıvı atıklar, sızıntı suları, proses sıvıları gibi) geçirimsiz astarlar olarak tasarlanmıştır. Geosentetik örtülerin en yaygın türleri, yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE), çok esnek polietilen(VFPE), polivinil klorür (PVC), güçlendirilmiş polietilen örtü (CSPE), TPO ve EPDM örtülerdir [65]. Plastiklerin Özgül ağırlıkları 0,8 – 2,2 g/cm3 aralığındadır. Yüksek esneklik, tokluk ve darbe mukavemetine sahiptir. Üretimlerinde ve işlenmelerinde enerji gereksinimleri düşüktür. Çalışma sıcaklıklarının 150-350°C olması nedeni ile kolay işlenebilirler.

Cam, karbon-fiber katılarak mekanik özelliklerin kontrolü, masterbatch katılarak renk kontrolü, yumuşatıcılar katılarak sertlik kontrolü, alev geciktiriciler katılarak yanıcılık kontrolü sağlanabilir. Isı letkenlikleri, metallere göre 300 kat düşüktür. Yeniden kalıplanarak kullanılabilir.

rin en önemlileri 1930'lardan beri yapılmakta olan polivinil klorit (PVC), 1940'lardan beri bilinen polietilen, polipropilen, polimetil metakrilat ve cam elyafı donatılı olarak kullanılan reçinelerdir. Plastik maddeler ya ısıtıldıklarında bir tek defa sertleşen türden, ya da termoplastik (her ısıtılmada yumuşayan) türden olurlar.

Üç büyük plastik grubu vardır:

a) Doğrudan doğruya bitkisel veya hayvansal maddelerden oluşmuş plastikler: Anamadde bitkisel olanlarda selüloz, hayvansal olanlarda kazeindir.

b) Isı etkisiyle sertleşen sentetik reçineler: Bunlar az karmaşık moleküller diye anılan kimyasal türlerden, polikondansasyon ve polimerleşme yoluyla elde edilirler. Örneğin; fenoplastlar, alkitler.

c) Termoplastik sentetik reçineler: Basit moleküllerin polimerleşmesi sonucunda elde edilen plastikler. Örneğin; vinil reçineleri, polistiren reçineleri, metakrilik reçineler.

Bunların dışında yine mevcut çatı kaplama malzemelerinin farklı malzemelerle kopyaları yapılmıştır. Örnek olarak plastik arduvaz görünümlü plastikler, seramikler ve oluklu plastikler gösterilebilir.

Son yıllarda sert plastiklerle imal edilen çatı kaplama malzemelerinde önemli gelişmelerin olduğunu görülmektedir. Enjeksiyon kalıp teknolojisi ile istenilen her biçimin kolaylıkla üretilmesine olanak sağlayan plastikler, maliyetlerinin çok yüksek olması nedeni ile en az plastik gerektirecek şekilde tasarlanmaya çalışılmaktadır. Ancak henüz yaygın bir şekilde kullanılabilecek ekonomik ve fonksiyonel tasarımlar gerçekleştirilememiştir. Alev/sıcaklık direncinin düşük olması, mekanik özelliklerinin metallerden düşük olması, farklı ölçüm seviyelerinde farklı fiziksel özellikleri (anizotropik) olması, yaşlanma, çevre sorunlarına sebep olma gibi dezavantajları vardır [65-69].

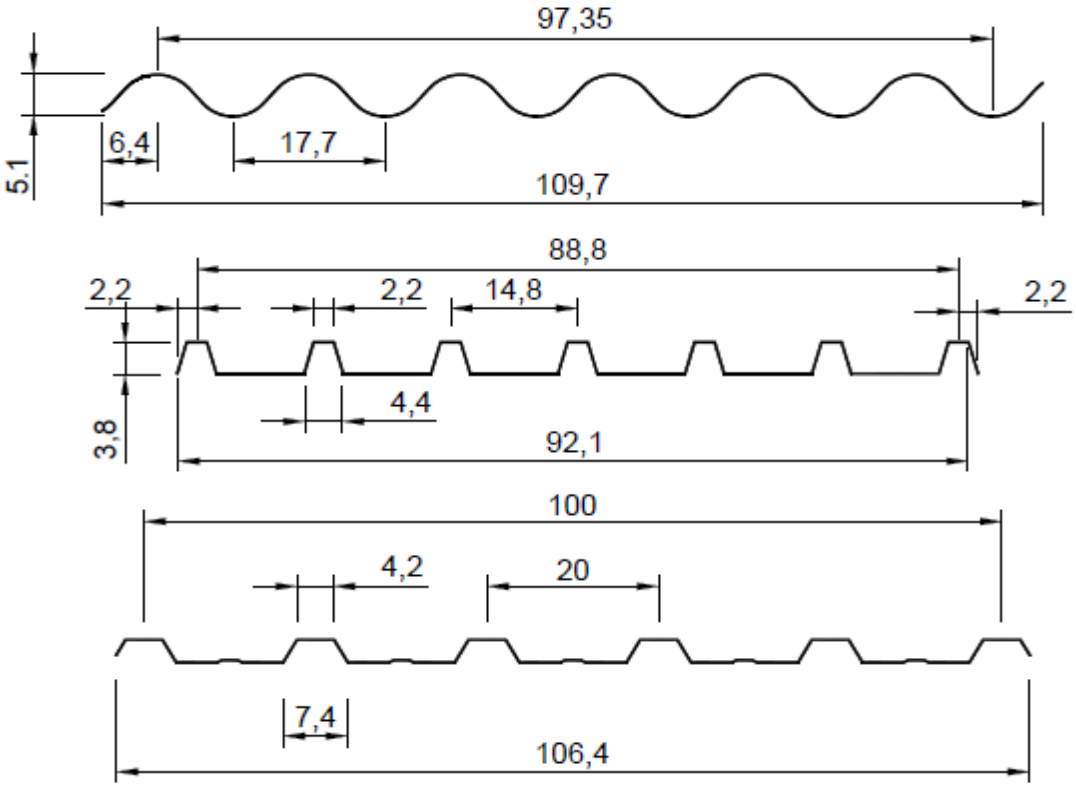
Son yıllarda sert plastiklerle imal edilen çatı kaplama malzemelerinde önemli gelişmelerin olduğunu görülmektedir.. Enjeksiyon kalıp teknolojisi ile istenilen her biçimin kolaylıkla üretilmesine olanak sağlayan plastikler, maliyetlerinin çok yüksek olması nedeni ile en az plastik gerektirecek şekilde tasarlanmaya çalışılmaktadır. Plastik Teknolojisindeki gelişmeler sonucunda, vakum (kalıp ile düz plastik arasındaki havanın boşaltılarak, plastiğin kalıbın şeklini almasının sağlanması) ve ekstrüzyon (basınç altında iterek) teknikleri ile daha ekonomik plastik çatı kaplama malzemeleri üretimi yapılabilmektedir. Sert plastik çatı kaplama malzemeleri, sıcak iklim şartlarında biçimlerini yavaş yavaş kaybetmeleri, renklerinin soluk bir görünüm alması, fiyatlarının hala çok yüksek olması ve fonksiyonel tasarımlar geliştirilememesi gibi olumsuzluklarına rağmen, özellikle ışık geçirgenlik özelliği olanlar, belirli bir pazar payı edinmişlerdir. Bileşimlerine ultraviole katkısı, sertleştirici v.b. kimyasallar katılan plastik çatı kaplama malzemeleri daha yüksek performans göstermektedir. Ancak bu katkılar fiyatlarının çok artmasına neden olduğu için yaygın kullanım alanı bulamamıştır.

2.4.4.1 Plastik esaslı levhalar

Çatılarda kullanılan plastikler, geosentetik örtüler ve form verilmiş sert plastik levhalardır. Çok çeşitli formda, renkte ve kalınlıkta üretilebilen plastik çatı kaplama malzemeleri, maliyetlerinin düşük olması nedeni ile geniş bir kullanım alanı bulmuştur. Genellikle PVC ağırlıklı olarak ürerilen plastik çatı kaplama malzemeleri, bileşimlerinde bulunan katkı maddelerine bağlı olarak çok farklı performanslara sahip olabilmektedir. Bu malzemeler, örtü ve levhanın yanısıra, kiremit, arduvaz, seramik v.b. çatı kaplama malzemelerinin formlarında da üretilmektedir.

Çizelge 2.13 : CTP levhaların Teknik Özellikleri [253].

Ürün Tipi	Tek Katlı PVC Çatı Levhası
Malzeme	Ham PVC
Genişlik	Verimli Genişlik: 860mm, Toplam Genişlik: 960mm
Kalınlık	1,5 mm, 2,0 mm, 2,5 mm, 3,0 mm
Uzunluk	max. 11800mm
Dalga Profili	Yuvarlak dalga, Dalga Aralığı: 63mm
Renkler	Turuncu, Kırmızı, Mavi, Koyu Gri, Koyu Yeşil,



Şekil 2.201 : Plastik çatı kaplama levhaları örnekleri [254].

Şekil 2.202 : Plastik çatı kaplama malzemesi uygulamaları [254].

2.4.4.2 Plastik esaslı örtüler

Polimerik geosentetik örtüler, doğal kil veya diğer geçirimsizlik seçeneklerinin kullanılmasının mümkün olmadığı uygulamalarda kullanılmak üzere (su göletleri, madeni çözeltiler, kirlenmiş endüstriyel sıvı atıklar, sızıntı suları, proses sıvıları gibi) geçirimsiz astarlar olarak tasarlanmıştır. Geosentetik örtülerin en yaygın türleri, yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE), çok esnek polietilen(VFPE), polivinil klorür (PVC), güçlendirilmiş polietilen örtü (CSPE), TPO ve EPDM örtülerdir. Türkiye'de geosentetikler içinden en önemli payı PVC örtüler almaktadır.

Son yıllarda sert plastiklerle imal edilen çatı kaplama malzemelerinde önemli gelişmelerin olduğunu görülmektedir. Enjeksiyon kalıp teknolojisi ile istenilen her biçimin kolaylıkla üretilmesine olanak sağlayan plastikler, maliyetlerinin çok yüksek olması nedeni ile en az plastik gerektirecek şekilde tasarlanmaya çalışılmaktadır. Ancak henüz yaygın bir şekilde kullanılabilecek ekonomik ve fonksiyonel tasarımlar gerçekleştirilememiştir. Alev/sıcaklık direncinin düşük olması, mekanik özelliklerinin metallerden düşük olması, anizotropik olması, yaşlanma, çevre sorunlarına sebep olma gibi dezavantajları vardır [65-68].

Son yıllarda sert plastiklerle imal edilen çatı kaplama malzemelerinde önemli gelişmelerin olduğunu görülmektedir.. Enjeksiyon kalıp teknolojisi ile istenilen her biçimin kolaylıkla üretilmesine olanak sağlayan plastikler, maliyetlerinin çok yüksek olması nedeni ile en az plastik gerektirecek şekilde tasarlanmaya çalışılmaktadır.

Şekil 2.203 : Yeni Bao'an Stadyumu, Shenzhen-Çin [255].

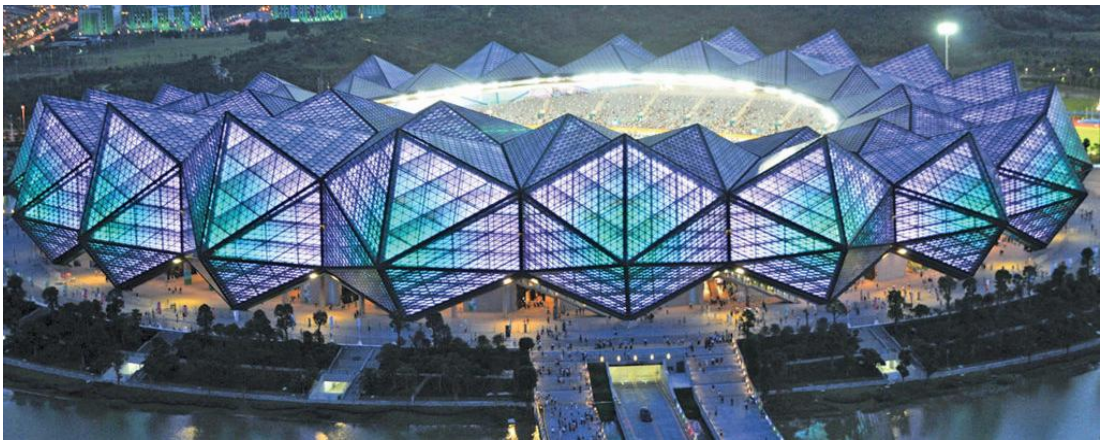
Plastik Teknolojisindeki gelişmeler sonucunda, vakum (kalıp ile düz plastik arasındaki havanın boşaltılarak, plastiğin kalıbın şeklini almasının sağlanması) ve ekstrüzyon (basınç altında iterek) teknikleri ile daha ekonomik plastik çatı kaplama malzemeleri üretimi yapılabilmektedir. Sert plastik son kat çatı kaplama malzemeleri, sıcak iklim şartlarında biçimlerini yavaş yavaş kaybetmeleri, renklerinin soluk bir görünüm alması, fiyatlarının hala çok yüksek olması ve fonksiyonel tasarımlar geliştirilememesi gibi olumsuzluklarına rağmen, özellikle ışık geçirgenlik özelliği olanlar, belirli bir pazar payı edinmişlerdir.

2.4.4.3 Polikarbonat çatılar

Polikarbonatlar, termoplastiklerin özel bir grubudur. Tek kat olarak 1mm – 20 mm kalınlığında ve 100cm x 200cm, 205cm x 305cm ve birçok özel boyutlarda üretilirler. Hava boşluklu (çok duvarlı) olarak ise 3 mm -16 mm kalınlık aralığında ve genellikle 210 cm x 600 cm boyutlarında üretilirler. 4 mm kalınlığındaki levhanın ağırlığı 2 kg/m²'dir. Çok hafif olan bu malzemelerin (aynı kalınlıktaki camın %15'i) darbelere karşı dayanıklılığı oldukça yüksektir (camdan 200 kat fazla). Sıcak ve soğuk bükme ile kolay şekil verilebilir. Işık geçirgenliği bileşimindeki katkı maddelerine bağlı olarak %95'e kadar çıkabilir ve şeffaflığını 10 yılda en fazla %5-10 oranında kaybeder [256-261].

Çizelge 2.14 : Tek kat polikarbonat levhaların teknik özellikleri [256-261].

	Birim	Değer	Standart
Fiziksel Özellikler			
Özgül ağırlık	g/cm^3	1,2	ISO 1183
Işık geçirgenliği	%	88	DIN 5036
Nem emilimi ,24 saatte ve +23 °C %50 RH	%	0,15	
Işık kırma endeksi		1,586	ISO 489
Mekanik Özellikler			
Boşlukta gerilme dayanıklılığı	N/mm^2	63(70)	ISO 527
Boşlukta gerilme esnemesi	%	6(110)	ISO 527
Elastiklik modülü	N/mm^2	2300	ISO 527
Esneklik modülü	N/mm^2	2300	ISO 178
Darbe dayanımı +23 °C	$k\ J/m^2$	kırılmaz	ISO 179/2D
Darbe dayanımı -30 °C	$k\ J/m^2$	kırılmaz	ISO 179/2D
Izod darbe dayanımı +23 °C	$k\ J/m^2$	65	ISO 180/1A
Izod darbe dayanımı -30 °C	$k\ J/m^2$	10	ISO 180/1A
Ezilme sertliği		M70	ISO 2039-2
Isıl özellikler			
Isıl genleşmenin lineer katsayısı (23 - 80°C)	$10^{-4}xK^{-1}$	0,7	
Isı sapma sıcaklığı, HDT A (1,80 N/mm^2)	°C	132	ISO 75
Isı sapma sıcaklığı, HDT B (0,45 N/mm^2)	°C	142	
Vikat sıcaklık VST/B 120	°C	149	ISO 306
VST/B 50		148	
Isı iletkenliği	W/m,K	0,21	DIN 52612
Yangın Özellikleri			
UL94 göre yangın sınıfı ,	Sınıf	HB vid 1,5	UL 94
Elektrik Özellikleri			
Ses direnci ,kuru	Ω x cm	$10^{15.}$	IEC 93
Yüzey direnci ,kuru	Ω	$10^{16.}$	IEC 93
Dielektrik dayanımı,kuru (1mm)	Kv/mm	30	IEC 243
Dielektrik sabiti ,kuru 1 MHz		2,9	IEC 250
Dielektrik sabiti ,kuru 50 Hz		3	
Dağıtma faktörü (tan δ),dry 1 MHz		0,02	IEC 250



Şekil 2.204 : Universiade ana stadyumu, Shenzhen-Çin [262].

2.4.4.4 Cam elyaf takviyeli polyester çatılar

Cam elyaf takviyeli polyester, cam elyafı ile polyester reçinenin birlestirilmesi ile elde edilen kompozit bir malzemedir. Genellikle, 1,5 mm kalınlığında, 1 x 15 m boyutlarında üretilebilmektedir. Yaklaşık ağırlığı 2 kg/m²'dir. Polyester, termoset grubunda yer alan bağlayıcı reçinedir. Endüstriyel tesislerde, seralarda ve yapıların kısmen aydınlatılmasında kullanılır. Cam elyaf takviyeli polyester malzeme yüksek mekanik dayanımına sahiptir. Hafif, korozyon ve kimyasal etkilere dayanıklı bir malzemedir. Elektrik yalıtımı ve düşük ısı iletkenliğine sahip olması, uzun yıllar bakım ve boya gibi ek bir hizmete ihtiyaç duymaması önemli avantajlarındandır.

Çizelge 2.15 : CTP levhaların Teknik Özellikleri [263].

Standart Renkler	Natürel şeffaf (Renksiz, sarı, turuncu, yeşil, mavi, şeffaf veya opal)
Yüzey (üst-alt)	Standart Düz Yüzey, UV dayanımlı film veya jelkot, gofrajlı yüzey.
Standart Kalınlık	0,4-10 mm.
Standart Boy	Projeye uygun istenilen boyda. (max 13 mt.)
Yoğunluk	1.30-1.40 gr/cm3
Işık Geçirgenliği	85%
Isı Dayanımı	– 40 °C, +120 °C arasında
Çekme Dayanımı	720 kg/cm²
Basınç Dayanımı	920 kg/cm²
Esneme Dayanımı	1.200 kg/cm²
Genleşme	2.7 x 10 (-5) C (-5)
Su Emme	0,20%
Sertlik	> 40 barcol
Alevlenme Noktası	487 C
Isı İletim Katsayısı	~5 w/m² K

Şekil 2.205 : Halı saha CTP çatı kaplaması, Bartın [254].

Montaj kolaylığı, tasarım esnekliği sağlaması, kolay tamir edilebilmesi ve üretiminin düşük iş gücü ile yapılabilir olması en önemli avantajlarıdır. Dış ortamdan gelen seslere (hava sesi) karşı yüksek ses yalıtım değerine sahiptir. Darbelere karşı dayanıklıdır. Kendinden renklendirilebilme olanağı, istenildiğinde ışık geçirgenlik özelliği sağlanması, düşük taşıma maliyeti gibi özellikleri de vardır. Kullanılan cam elyaf taşıyıcının ve katkı maddelerinin özelliklerine bağlı olarak, çok farklı performan özelliklerine sahip CTP levhalar üretilebilir. Güneş ışığının olumsuz etkisine karşı bileşiminde UV katkısı kullanılır.

2.4.5 Çimento Esaslı Çatı Kaplamaları

2.4.5.1 Çimento esaslı levhalar

Çimento esaslı levhalar, inorganik birleşimler (kalsit + mikro silika) ve organik lifli (selüloz) çimentodan oluşan çatı kaplama malzemeleridir. Günümüzde asbest kullanımı terk edilmiştir. Erime sıcaklığı 1200 ºC olan yanmaz bir malzemedir. 92 cm genişlilikte, 125 cm ile 330 cm arasındaki boylarda üretilir. 6 mm kalınlığındadır. Ortalama 11,5 kg/m2 ağırlıktadır. Asidik ortamlar dahil üretimde oluşabilecek kimyasal etkilere karşı dayanıklıdır. Su geçirmez bir yapıya sahiptir. Su buharı difüzyon özelliği vardır. Yüzeylerinde yoğuşma meydana gelmez. Paslanmaz, nem yapmaz, çürümez, donma ve çözülmeye karşı dayanıklıdır. Kolay uygulanabildiği için, uygulama işçiliği düşüktür. Rüzgarla itilen yağmur, enine ve boyuna bindirme bölümlerinden geçemez.. Ultraviyoleye ve sıcaklık farklarına karşı yüksek dirençlidir. Kuru halde üzerinde güvenli bir şekilde yürünebilir. Çatıda uygulama maliyeti düşük olup geniş alanlı yüzeylerin kaplanması için uygundur. Çimento içerikli olduğu için kırılgandır.

Şekil 2.206 : Elyaflı çimento oluklu levhalar ve mahyası (143).

Türkiye'de çimento esaslı oluklu levha üretimine 50'li yıllarda başlanmış ve 3 fabrika 2000'e kadar üretimlerini sürdürmüştür (Eternit, Atermit, Superlit, Oralit). Asbest kullanımının yasaklanması üzerine 3 fabrika kapanmış ve asbest yerine geçebilen ve sağlığa zararı olmayan inorganik elyaf kullanmaya başlayan 1 fabrika üretimini sürdürmektedir. Hammadde karışımına renk pigmentleri ilavesi ile standart olarak kiremit renginde de üretilen çimento esaslı oluklu levhalar, istenildiğinde farklı renklerde de üretilebilmektedir [264].

Elyaflı çimento oluklu levhalar, bünyelerindeki hammaddeler nedeni ile eylemsiz denebilecek özelliklere sahiptir. Ancak sürekli etkilenmeleri halinde asitlerden, asitli çözeltilerden, çok yumuşak ve aşındırıcı sulardan, sülfat çözeltilerinden, klor ve kükürtdioksit gazlarından etkilenebilirler [142-144].

2.4.5.1 Çimento esaslı (beton) kiremitler

Çimento kullanılarak üretilen çatı kaplama malzemesidir. Boyutları 33 x 42 cm, ağırlığı 42 kg/m_2'dir.Bu tür kiremitler az su emer (%2–3). Donma ve çözülme etkilerine karşı kil esaslı kiremitlere göre daha dayanıklıdır. Üretiminde atık madde olmadığı için doğayı kirletmez. Kil esaslı kiremitlere göre daha yüksek basınç dayanıklılığına sahiptir. Kilit sistemi sayesinde fazla yüksek olmayan eğimlerde ve kuvvetli rüzgar alan bölgelerde yüksek performans gösterir. İşçiliği kolaydır.

Darbelere karşı dayanıklıdır. Yapısal özellikleri sayesinde kimyasal etkilere karşı dayanıklıdır. Üretim teknolojisi gereği, milimetrik ölçülerde üretilir. Metre kare ağırlıkları kil esaslı kiremitlere oranla daha azdır. Değişik renklerde üretilebildiğinden estetik bir görünüme sahiptir [11]. Çimento içerikli olduğu için kırılgandır. Nakliye ve dösenmesinde fire verir. Üzerinde gezilmesi sırasında dikkat edilmezse kırılabilir. Eğrisel yüzeylerde kullanılamaz. Kil esaslı kiremitlere göre daha pahalıdır. Çatı arası kullanılacaksa; ses, ısı, nem için yalıtım gerektirir.

Çimento esaslı kiremit ve perlitli kiremit; kil esaslı toprak kiremitin, mukavemet, dona karşı dayanım, bakteri, küf ve mantar oluşumuna karşı dayanım gibi özelliklerinin yetersiz olması ve bu özelliklerin arttırılması gereksinimi sonucunda geliştirilen ürünlerdir [141].

Türkiye'de şu anda çimento esaslı kiremit üretimi yapan altı firma bulunmaktadır. Çimento esaslı kiremitlerin ve kiremitlerin kullanılacağı çatıların alt yapı

maliyetlerinin yüksek olması ve fabrikaların üretim kapasitelerinin düşük olması nedeni ile kullanım artış oranı düşüktür.

Çimento esaslı kiremitin yüksek dozajlı betonun kalıplarda preslenmesi ve düşük ısıda priz yapması ile elde edilen bir çatı kaplama malzemesidir. 1 m2 çatı kaplama yüzeyi için gerekli beton kiremitin ağırlığı, aynı alan için gerekli kil esaslı kiremitten daha ağır olup, bu fark yağış sonrası kaplama malzemelerinin su emiciliğiyle daha da artmaktadır.

Beton kiremitlerin geliştirme çalışmalarında, biçimden çok renk üzerine yoğunlaşılmıştır. En büyük problemleri ağır olmaları ve normal kiremit alt yapısına göre daha güçlü bir altyapı gerektirmeleridir [63]. Çimento Esaslı Kiremit değişen oranlarda portland çimentosu, kum ve su karışımı ile üretilir. Malzeme karıştırılır ve kalıpta yüksek basınç altında preslenir.

Şekil 2.207 : Çimento Esaslı Kiremitler [265].

Kiremitlerin basınç mukavemetini ve dona karşı dayanımını arttırmak için karışıma katkı maddeleri eklenir. Kiremitler, karışım içine boya maddesi katılarak veya dış yüzeyi boyanarak renklendirilmektedir. Çimento Esaslı Kiremitlerin kenarlarında, çatıya yerleştirildikten sonra hareket etmesini ve su geçirmesini engelleyen kanallar bulunur.

2.4.6 Diğer Çatı Kaplamaları

2.4.6.1 Doğal taş çatı kaplama malzemeleri

Türkiye'de doğal taşın (kayrak taşı) çatılarda kullanımı çok eski dönemlerde başlamakla birlikte, işlenmiş doğal taşların (arduvaz) çatılarda kullanımı oldukça yenidir. Henüz çatı kaplaması olarak kullanılan doğal taş üretimi yoktur.

Ege, Karadeniz ve İç Anadolunun kuzey bölgelerinde kayrak taşları ile yapılmış uygulamalara rastlanmakla birlikte, yaygın bir kullanım bulunmamaktadır. Kayrak taşları, ağırlığı nedeni ile güçlü bir çatı alt yapısı gerektirmektedir [266].

Şekil 2.208 : Kayrak taşı çatılı yapılar, Yunanistan [267].

Şekil 2.209 : Geleneksel kayrak taşı çatılı ev, Sinop [268].

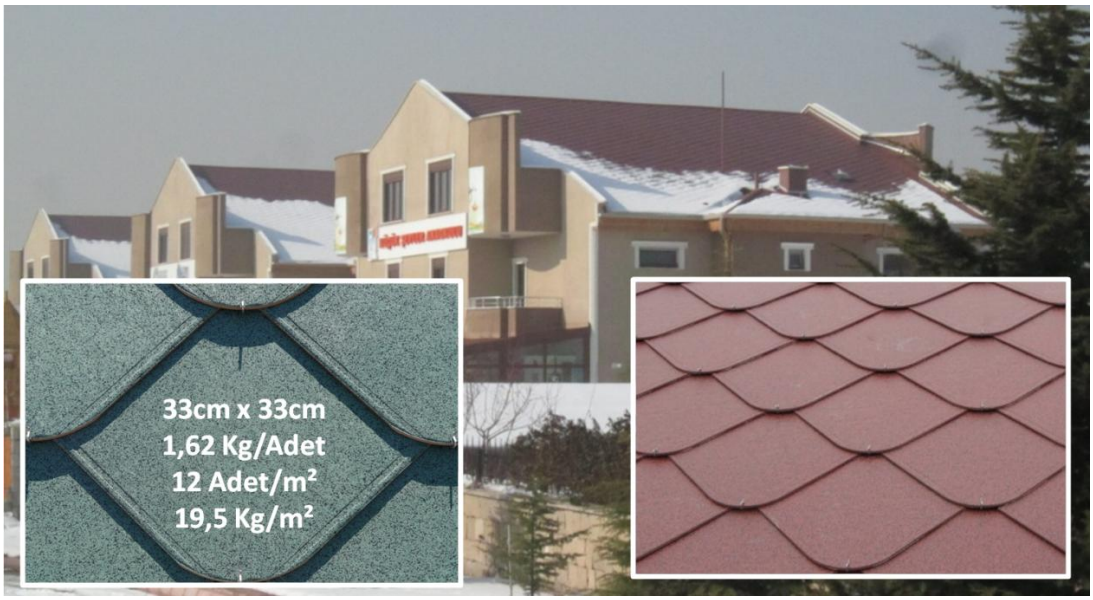
Türkiye'ye 2000'li yılların başında, önce Çin'den, daha sonra İspanya'dan ithal edilerek kullanılmaya başlayan doğal arduvaz çatı kaplama malzemeleri, kırılgan olmaları ve renk değiştirmeleri nedenleri ile henüz ciddi bir pazar payına sahip olamamıştır. % 0.4'ten daha düşük bir su emme indeksine sahip olan arduvaz, doğal şartlara ve özellikle donma hasarlarına üstün dayanıklılığı nedeni ile çatılar için ideal bir malzemedir. Türkiye'de ilk olarak konut çatılarında kullanılan arduvaz, daha sonra resmi yapılarda ve konaklama yapılarının çatılarında kullanılmaya başlanmıştır [269,270,271].

Arduvaz çatı kaplamalarının rengi, güneş etkisi ile ilk kaplandığı andan itibaren değişmeye başlar ve 1 yıl sonunda çatıda açıklı koyulu bir görüntü oluşur. Malzemenin kimyası gereği oluşan bu değişim kusur olarak algılanmamalıdır.

Şekil 2.210 : Geliştirilen arduvaz çatı sistemi uygulaması,Tarım İl Genel Müdürlüğü (TİGEM) Binası, Dalaman, Muğla [11].

2.4.6.2 Seramik çatı kaplama malzemeleri

Çatı seramikleri, yüzey özellikleri ve donma dayanımları ile zemin seramiklerinden oldukça farklı bir yapıya sahiptir. Kare, dikdörtgen, yuvarlatılmış köşeli v.b. çok değişik biçimlerde ve istenilen her seramik renginde üretilebilen seramik çatı kaplama malzemeleri, Türkiye'de 2000'li yılların sonlarında üretilmeye başlanmış , ancak maliyetlerinin kiremit fiyatlarına göre daha yüksek olması nedeni ile yaygın bir kullanım alanı bulamamıştır.



Şekil 2.211 : Seramik çatı uygulama, Kayseri [11].

Şekil 2.212 : Çeşitli seramik çatı uygulamaları, İtalya [272].

2.4.6.3 Kamış çatı kaplama malzemeleri

Çok eski dönemlerden beri kullanılmakta olan kamış çatılar, sürekli olarak geliştirilmekte ve yeni teknikler ve malzemeler kullanılarak, su yalıtımının yanısıra çok daha iyi ısı ve ses yalıtımlı çatılar inşa edilmektedir. 20. yüzyıla kadar doğada bol bulunan, ucuz ve yenilenebilir bir malzeme olan kamış, baraka, depo, çiftlik evi gibi düşük maliyetli binaların çatılarında kullanılmıştır. Günümüzde ise, teknolojik olanaklardan yararlanılarak uygulanan kamış çatılar, uzun ömürleri, dış etkilere dayanıklı olmaları, ısı yalıtımı özellikleri ve doğal renkleri ile villa, konak, v.b. modern yapıların çatılarında prestij sembolü olarak yer almaktadır [273]. Türkiye'de sultan Sazlığı'ndan elde edilen kamışların büyük bir bölümü ihraç edilmektedir. Ege ve Akdeniz Bölgelerinde, özellikle turistik tesislerde az sayıda kamış çatı uygulaması gerçekleştirilmiştir.

Şekil 2.213 : Kamış demeti, İngiltere [274].

Şekil 2.214 : Kamış çatı uygulama, [275].

Şekil 2.215 : Kamış çatı uygulama, İngiltere [276].

4.6.4.4 Ahşap çatı kaplama malzemeleri

Çok eski dönemlerden beri kullanılan ahşap çatı kaplamaları, özellikle İskandinavya'nın kırsal kesiminde 1950'lere kadar kullanılan tek malzemedir. Yangın dayanımının düşük olması nedeni ile yaygın olarak kullanılmasa da, prestijli yapılarda ve tarihi yapılarda tercih edilmektedir. Ahşap çatı kaplamaları, ahşap şingıllar ve ahşap kiremitler olarak iki ayrı tipte üretilirler. Her iki tip konik kesitlidir. Ahşap şingılların her iki yüzeyi işlenmiştir. Ahşap kiremitlerin ise, çatı üzerinde görünen yüzü işlenmemiş olarak bırakılır. Türkiye'de ahşap şingıl ve ahşap kiremitin ticari olarak üretimi ve satışı yapılmamakla birlikte, inşaatta kullanılan ahşaplarla kaplanmış az sayıda çatı bulunmaktadır [250,277,278].

Şekil 2.216 : Ahşap şingıl tipleri ve uygulamaları [279-284].

2.4.6.5 Fotovoltaik (güneş pili) kiremit çatı kaplama malzemeleri

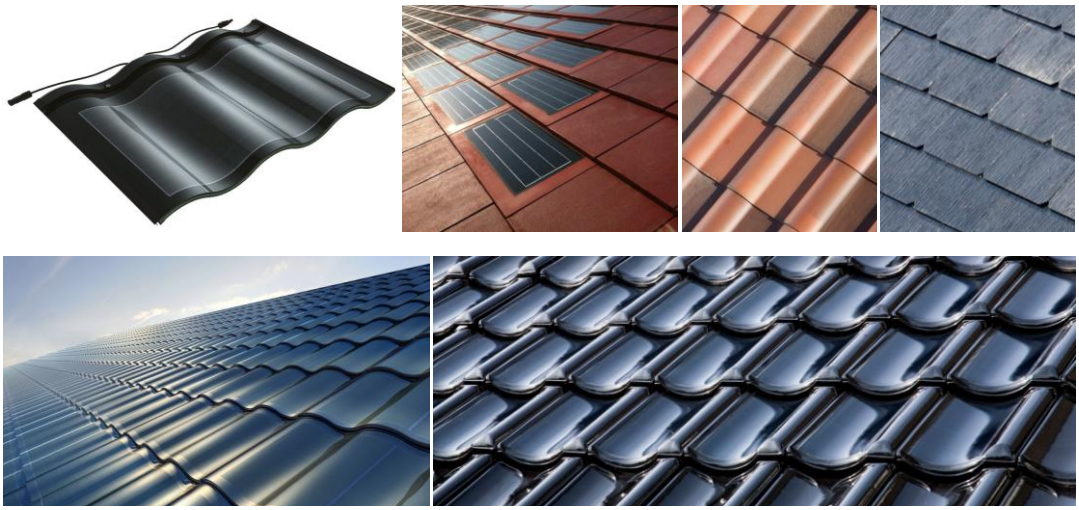
Güneş enerjisinden yararlanma konusundaki ilk önemli çalışma 1725 yılında Fransız bilim adamı Belidor tarafından güneş enerjisi ile çalışan bir su pompasıdır. Yine bir Fransız bilim adamı Mohuchok, Belidor'dan ilham alarak 1860'da parabolik aynalar yardımı ile güneş ışınımını odaklayarak küçük bir buhar makinesi üzerinde çalışmış, güneş pompaları ve güneş ocakları üzerinde deneyler yapmıştır. Eski saraylardaki çok sayıdaki ayna (Dolmabahçe Sarayı) güneş enerjisinden yararlanmanın en güzel örnekleridir. Birinci dünya savaşı sırasında petrolün önem kazanması ile güneş enerjisine yönelik çalışmalar azalmıştır. 1930 yılından itibaren ilgili çalışmalar artmışsa da fazla uygulama alanı bulamamış ve araştırma kurumlarının dışına

çıkamamıştır. Ancak 1960'lı yıllarda ki petrol krizinin ortaya çıkması insanları alternatif enerji kaynakları konusunda çalışma yapmaya itmiş ve öncelikli olarak çalışmalar, temiz ve masrafsız enerji kaynağı olan güneş enerjisi üzerinde yoğunlaşmıştır. Türkiye'de Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu'nun, binaların çatılarda lisansız güneş enerjisi sistemi kurulmasına izin vermesi üzerine, güneş enerjisi piyasası hareketlenmiş, ancak henüz hem fotovoltaik panel hem de çatı kaplama malzemesi görevi üstlenen bir uygulamaya rastlanmamıştır.

Teknolojik gelişmelere ayak uyduran çatı sektöründe kiremitlere, son kat çatı kaplama malzemesi olma özelliğinin yanısıra, güneş enerjisinden elektrik elde etme ve bazılarında da aynı zamanda ışık geçirme özellikleri eklenmiştir.

Kiremit boyutlarında üretilen solar kiremitler, çatının uygun yerlerine hiçbir ilave altyapı ve aksesuar gerekmeden normal kiremit döşer gibi yerleştirilebilmektedir.

Işık geçiren kiremitlerde, kiremit içine yerleştirilen solar hücreler de, kiremitlerin çatı arasına olabildiğince fazla ışık geçirmesine olanak verecek şekilde tasarlanmıştır.



Şekil 2.217 : Solar tip kiremitler uygulama örnekleri [285-289].

Çizelge 2.16 : Kaç m² çatıda, kaç solar kiremitle, kaç KW elektrik elde edilir [286].

Çıkış gücü kapasitesi	Solar Kiremit Miktarı	Min. Çatı Alanı
2.0 KW	250 Adet	27.4 m²
3.0 KW	384 Adet	41.8 m²
4.0 KW	512 Adet	55.6 m²
5.1 KW	640 Adet	69.4 m²
6.1 KW	768 Adet	83.2 m²

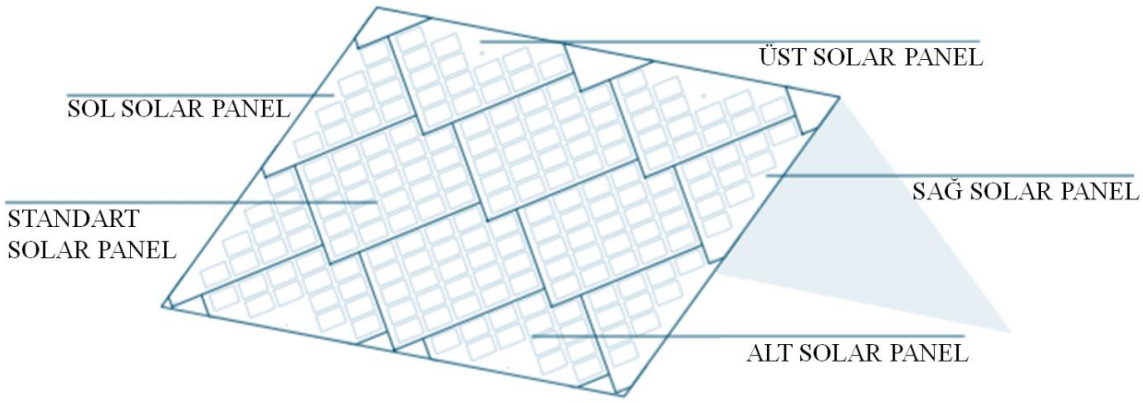
Çizelge 2.17 : 8W Solar kiremitin özellikleri [290].

8W SOLAR KİREMİT ÖZELLİKLERİ		
Çıkış gücü kapasitesi		8W/Adet 74,4W/m²
Boyutlar		440mm x 325mm x 45mm 9,3 Adet/m² 3600 Adet/20GP
Çalışma sıcaklığı		-40°C ile +85°C arasında
Ağırlık		3,2 Kg/Adet
Elektriksel özellikler		
Açık devre voltajı	(Voc)	1,23 V
Kısa devre akımı	(Isc)	8,31 A
Max. Güç gerilimi	(Vm)	1,04 V
Max:güç akımı	(Im)	7,78 A

2.4.6.6 Fotovoltaik panel çatı kaplama malzemeleri

Büyük boyutlu PV paneller, kiremit gibi üst üste bindirilerek veya özel kenar detayları ile üretilerek çatı kaplama malzemesi olarak kullanılmaktadır. Yağmur, kar, dolu, dış yangın etkisine dayanım gibi özelliklere sahip olan bu paneller, çatı kaplama malzemesi olmalarının yanısıra, üzerinde bulunduğu binanın ihtiyacı olan elektriği de önemli ölçüde sağlamaktadır. PV Panel kaplamalarda, enerji üretimi için çatı yüzeyinin herbir cm²'si birlikte kullanılır ve böylece maksimum enerji kazanılır.

Şekil 2.218 : Perpignan Saint Charles Conteneur Terminal Solar çatıları [291].



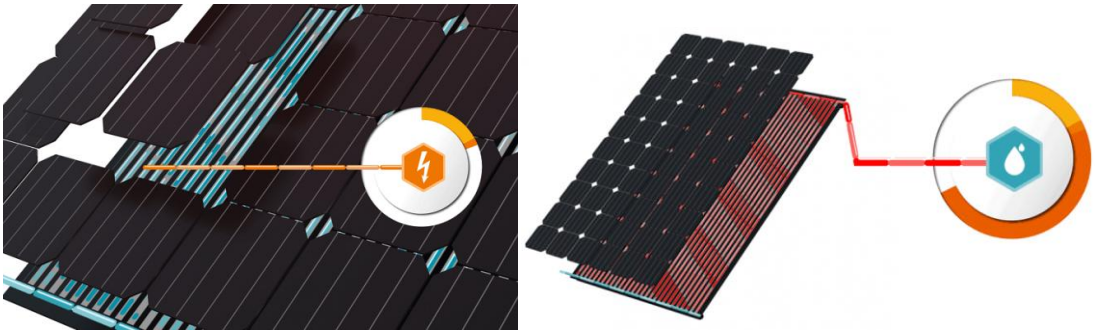
Şekil 2.219 : Solar panellerin çatıya yerleşimi [291].

PV paneller, ahşap veya çelik alt yapı üzerine doğrudan tespit edilir. PV panellerin boyutları ve ağırlıkları, bir ustanın kolaylıkla taşıyabileceği ve çatıya standart kiremitlerden daha fazla ağırlık vermeyecek şekilde tasarlanmıştır. Bu nedenle, uygulanacağı binaların çatı taşıyıcılarında herhangibir güçlendirme gerektirmez [168].

2.4.6.7 Hibrit panel çatı kaplama malzemeleri

Standart bir fotovoltaik panel % 80 ısı ve sadece % 20 elektrik üretir. PV panelin sıcaklık arttıkça azalan fotovoltaik verimliliğine de ters düşen bu durum, özel olarak geliştirilen ısı eşanjörü ve PV panelin arkasına yerleştirilen 5mm çapındaki borularda dolaşan su sayesinde paneli soğutur ve standart bir PV panelden daha fazla elektrik üretmesini sağlar. PV paneli soğutmada kullanılan su 70 ° C'ye kadar ısınır ve ısınmış su daha sonra binanın ısıtılması, kullanım sıcak suyu, havuz suyu, v.b. farklı ısıtma ihtiyaçları için kullanılabilir.

Güneş panelleri ve rüzgar türbinleri bağlantılı sistemler de hibrid sistemler olarak isimlendirildiği için bu sistemlerin karıştırılmamasına dikkat edilmelidir.



Şekil 2.220 : Hibrit panellerin çatıya yerleşimi [293].

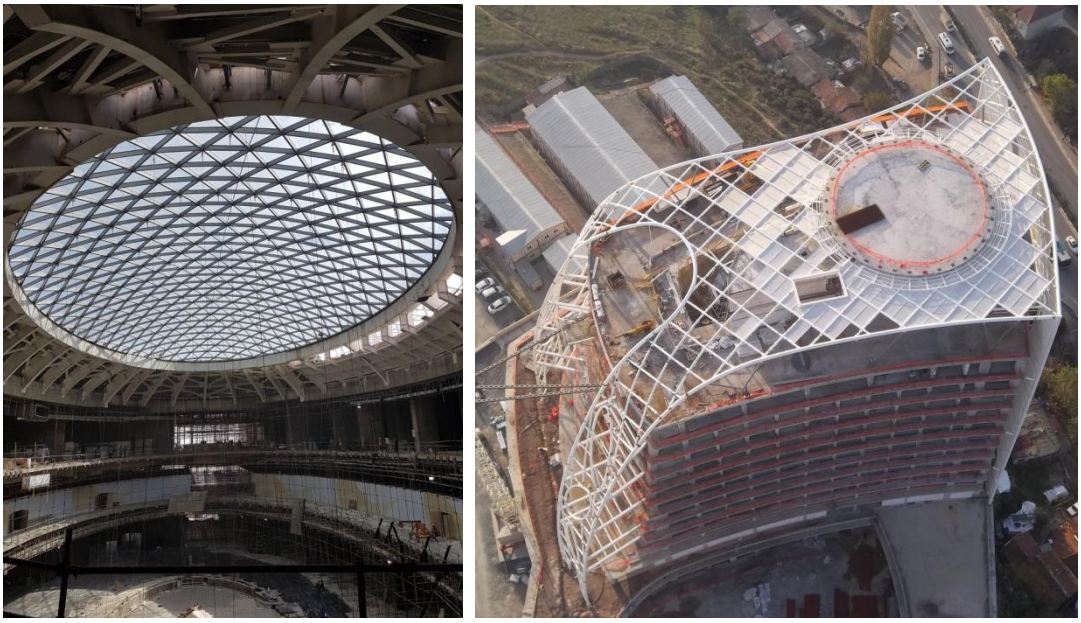
Çizelge 2.18 : Örnek bir hibrid panelin teknik özellikleri [294].

Teknik Özellikler	
Ebatlar	828mm x 1601mm x 90mm
Toplam Yüzel (m^2)	1,37
Açıklık Yüzeyi (m^2)	1,36
Hücre Yüzeyi (m^2)	1,3
Ağırlık (kg)	24,4
Taşınan Sıvı Hacmi	1,21
Hücre Paneli	Mono Kristal Silisyum Modül
Hücre Sayısı	72
Hücre Ebatları mm	125 x 125mm
WP (w) Nominal Güç IMP (A) Nominal Akım	190 / 5,2
ISC (V) Kısa Devre Akımı	5,6
VMP (V) Nominal Güç	36,4
Voc (V) Kısa Devre Voltajı	45,2
Soğurucu Yüzey/ Boru	Bakır
Test Basıncı (Bar)	20
Basıncı (Bar)	10
Dış Cam	4mm PV Modül Camı
Sızdırmazlık	EPDM & Silikon Conta
Maksimum Isı<110C	<110ºC

2.4.6.8 Cam çatı kaplama malzemeleri

Cam çatı kaplama malzemeleri de, yüksek maliyetleri nedeni ile uzun süre yagın olarak kullanılamamış, teknolojinin gelişmesi ve maliyetlerin düşmesi ile özellikle seralarda çok büyük bir kullanım alanı bulmuştur. Ön gerilmeli cam, telli cam, ondule cam, cam kiremit ve daha birçok çeşitleri vardır. Soğuk iklim şartlarındaki yoğuşma problemi çift camlarla önemli ölçüde çözülmüştür.

Türkiye'de son yıllarda mimari cam teknolojisinde ve üretiminde önemli gelişmeler olmuştur. Seçilen camlara istenirse, laminasyon veya akustik laminasyon, temperleme, renklendirme ve yansıtma özellikleri verilebilmektedir [295].



Şekil 2.221 : İran Mall A.V.M. Tahran ve Sarphan Finans Park İstanbul [296].

2.4.6.9 Tekstil çatı kaplama malzemeleri

Geleneksel olarak, dokuma kumaşlar, özellikle kaplanmış kumaşlar, gerilme ve zar mimarisinde kullanılmıştır. Gelişmiş gölgelendirme ve güneş kontrolü sağlamak için ısmarlama kaplamalarla uygulanabilen yüksek performanslı kumaşların geliştirilmesi. Mimari uygulamaların kapsamı şimdi basit "dört noktalı yelkenlerden" büyük stadyum cephelerine ve çatılara kadar uzanıyor.

Malzeme yelpazesi sürekli artmaktadır ve PVC kaplı polyester kumaşlar (genellikle PVC / PES olarak adlandırılır) ve PTFE kaplı cam elyaf kumaşlar, saçaklar ve örtü çatı kaplama çözeltileri dahil olmak üzere çeşitli uygulamalar için kullanılabilir. Silikon cam veya PTFE kumaşlar gibi ileri malzemeler geri çekilebilir çatılar gibi özel uygulamalar için uygundur.

Her proje, ekonomik ve teknik yönlerin dikkatlice değerlendirilmesini gerektirir. Uygulanması düşünülen çatı geometrisinin, kar ve rüzgar yüklerine dayanacak şekilde tasarlanmalıdır. En uygun formu, altyapıyı ve örtü malzemesini belirlemek için mimar, inşaat mühendisi ve malzeme mühendisi uyumlu bir çalışma içinde olmalıdır. Tekstil çatı kaplama malzemelerinin uygulandığı strüktürlerin çok hafif olması zaman zaman yanıltıcı olmakta ve alt yapıya yeterince önem verilmemektedir. Bu da yapının aynı anda yatay ve düşey yükler etkisinde kalması halinde ciddi problemlere neden olmaktadır.

Şekil 2.222 : CL-MAP GmbH Architects, Münih Havaalanı, PVC/PES çatı, 800m², 08/2011 [297].

2.5.Bölüm sonucu

Çok çeşitli çatı kaplama malzemesi bulunmakla birlikte, çatı kaplama malzemelerini, metal esaslı çatı kaplama malzemeleri, kil esaslı çatı kaplama malzemeleri, bitüm esaslı çatı kaplama malzemeleri, çimento esaslı çatı kaplama malzemeleri, plastik esaslı çatı kaplama malzemeleri ve diğer çatı kaplama malzemeleri şeklinde 6 grupta toplayabiliriz. Çatı kaplama malzemelerinin kullanılabileceği iklim şartları ve en düşük ve en yüksek eğimler farklılıklar gösterir. Bina projesi detaylandırılırken, çatı kaplama malzemesinden beklenen performanslar dikkate alınarak malzeme seçimi yapılmalıdır.

Çizelge 2.19 : Çatı kaplama malzemelerinin kullanılabileceği eğimler [11].

MALZEMELER	KULLANILABİLECEĞİ EN DÜŞÜK EĞİM %	NORMAL EĞİM %	KULLANILABİLECEĞİ EN YÜKSEK EĞİM %
Alaturka kiremit	20	25	100
Marsilya tipi kiremit	25	30	100
Düz, lifli çimento levha	33	33	∞
Oluklu, lifli çimento levha	10	20	∞
Kurşun levha	0		∞
Bakır levha	8	15	∞
Oluklu galvanizli sac levha	10	15	∞
Bitümlü oluklu levha	9	30	∞
Bitümlü kiremit	15	30	∞
Polikarbonat levha	15	30	∞
Cam	20	100	∞
Doğal arduvaz	25	100	∞
Bitümlü örtü	0	5	∞
Ahşap şingıl	25	35	∞

Türkiye'de çatı kaplama malzemesi seçiminde en önemli ölçüt maliyettir. Son kullanıcı genellikle maliyeti ön plana çıkarmakta, bu da beraberinde yanlış malzeme

seçimini ve niteliksiz işçiliği getirmektedir. Sonuç çözümü çok yüksek maliyetli çözümler gerektirmekte ve çoğu zaman işin faturası, problemli çatıdan ilk etkilenen son kat bağımsız birim kullanıcılarına çıkmaktadır.

Kat Mülkiyeti Kanunu gereği, birden fazla bağımsız birim bulunan yapılardaki çatı onarımları, tüm bağımsız birim sahiplerinin oybirliği ile yapılabilmektedir. Sigorta şirketleri yapının neredeyse her yerini sigortalarken, çatısına sigortayapmamaktadır.Bu da sorunlu çatılarınn onarımlarını neredeyse imkansız hale getirmektedir.

Bu nedenlerle çatılar ilk aşamada doğru projelendirilmeli, doğru malzeme seçimi yapılmalı ve doğru şekilde uygulanmalıdır. Özellikle çatıdaki tesisat ve ekipmanların ve bunların bakımlarını yapacak kişilerin çatıya zarar vermemesi gerekli önlemler alınmalıdır.

Çatı kaplama malzemesi uygulaması, çatıdaki sıva, boya, duvar, platform ve benzeri tüm işler bitirildikten sonra yapılmalıdır. İşlerin tamamlanmaması, çatıya çıkacak kişilerin çatıya zarar vermesi anlamına gelir.

Çatılar, üzerlerine gelen yağmur ve kar sularını en kısa yoldan, en hızlı şekilde yapıdan uzaklaştırılmasını sağlayacak tesisata sahip olmalıdır. Bu sistemin seçiminde ve kesitlerin belirlenmesinde genel kabullere değil, bilimsel hesaplamalara itibar edilmelidir. Küresel ısınma mevsimlerin değişmesine ve anlık çok şiddetli yağışlara neden olmakta, hiçbir hesaba dayanmayan atık sistemleri bu suları yapı dışına hızlı bir şekilde atamamakta ve ciddi su akıtma sorunları ortaya çıkmaktadır. Bunlar için her ne kadar Türk Standartları olmasa da, DIN ve ASTM standartlarından yararlanılarak doğru projelendirmeler yapılabilir.

Çatıların, mekanik ve kimyasal performanslarının yanısıra, kullanım maliyetlerinin de düşük olmasına dikkat edilmelidir. Yüksek kullanım maliyetli çatılar, düşük gelirli kullanıcılar için çözümü olanaksız sorunlara dönüşebilmektedir.

3. MEVCUT BİTÜMLÜ ÇATI KAPLAMA MALZEMELERİ

Çatı kaplama malzemeleri çok çeşitlilik göstermekte, bu da malzeme seçiminin çok dikkatli bir şekilde yapılması zorunluluğunu beraberinde getirmektedir. Çatı kaplama malzemelerini seçerken ilk olarak yapı yerinin coğrafi özellikleri ve iklim şartları dikkate alınmalıdır. Çatı biçimi, eğimi, son kat çatı kaplama malzemesinin diğer strüktürel elemanlarla ve çatıya konulması düşünülen elemanlarla uyumu ve binanın kullanım süresi en önemli etkenlerdir. Ayrıca binanın ilk maliyetine ve binanın kullanım maliyetine etkisi de çok fazladır.

Çatı katmanlarını oluştururken, kullanılacak malzemeler hem kimyasal olarak birbirini etkilememeli, hem de birbirleri üzerine çok özel bağlantı elemanları gerektirmeden tespit edilebilmelidir.

Yanlış malzeme seçimi, son kat çatı kaplama malzemelerinde hasarlanmalara neden olabilir ve bunun sonucunda oluşabilecek su kaçakları, yüksek maliyetlerle çözümlenebilecek sorunları beraberinde getirir.

Çatı sistemini oluşturan bileşenlerin genleşme katsayılarının biribirinden çok farklı olması, ısı değişimlerinde bu malzemelerin farklı çalışmasına, dolaysıyla son kat çatı kaplama malzemesinde eğilme, çatlama, yırtılma ve kırılmalara neden olabilir.

Çatı kaplama malzemesi seçimini yapabilmek için tüm malzemelerin çok iyi tanınması ve tüm özelliklerinin bilinmesi gerekir.

Türkiye'deki çatı kaplama malzemelerini; metal esaslı, kil esaslı, bitüm esaslı, polimer esaslı, çimento esaslı, cam, tekstil, doğal taş, ahşap, seramik, fotovoltaik ve bitkilendirilmiş çatı kaplamaları ana başlıkları şeklinde sıralayabiliriz. Bunların dışında, ahşap, kamış vb. Malzemeler de kullanılmakla birlikte, kullanım miktarları çok az olduğu için diğer ürünler grubu içinde ele alınacaklardır.

3.1 Bitümlü örtü bileşenleri

3.1.1 Bitüm (standartlar) ve modifikasyon malzemeleri (APP, SBS)

Bitüm, ham petrolün damıtılması sırasında arta kalan, yüksek kaynama noktalı hidrokarbonlardan oluşan, rengi parlak koyu kahverengi ile siyah arası değişen katı, yarı katı veya sıvı hallerde bulunabilen bir maddedir.

Çizelge 3.1 : Bitüm 50/70 ürün özellikleri [298].

ÖZELLİK	BİRİM	DEĞER	SINIR	DENEY YÖNTEMİ
Penetrasyon 25 ºC'ta, 100 g, 5 saniye	x 0.1 mm	50/70		TS EN 1426
Yumuşama Noktası (ring and ball metod)	ºC	46-54		TS EN 1427
Sertleşmeye karşı direnç (a) 163 ºC'ta				TS EN 12607-1 veya TS EN 12607-2
- Kütle değişimi (Isıtmadaki kayıp)	%	0.5	En çok	TS 121 veya TS EN 12607-1 veya TS EN 12607-2
- Kalıcı penetrasyon	%	50	En az	TS EN 1426
- Sertleştirmeden sonra yumuşama noktası	ºC	48	En az	TS EN 1427
Parlama Noktası	ºC	230	En az	TS EN ISO 2592
Çözünürlük	% ağırlık	99	En az	TS EN 12592
Yumuşama noktası yükselmesi 9 En çok	ºC	9	En çok	TS EN 1427

(a) Referans olarak sadece RTFOT (Rolling thin film oven test) metodu kullanılmalıdır.

Çizelge 3.2 : Bitüm 70/100 ürün özellikleri [298].

ÖZELLİK	BİRİM	DEĞER	SINIR	DENEY YÖNTEMİ
Penetrasyon 25 ºC'ta, 100 g, 5 saniye	x 0.1 mm	70/100		TS EN 1426
Yumuşama Noktası (ring and ball metod)	ºC	43-51		TS EN 1427
Sertleşmeye karşı direnç (a) 163 ºC'ta				TS EN 12607-1 veya TS EN 12607-2
- Kütle değişimi (Isıtmadaki kayıp)	%	0.8	En çok	TS 121 veya TS EN 12607-1 veya TS EN 12607-2
- Kalıcı penetrasyon	%	46	En az	TS EN 1426
- Sertleştirmeden sonra yumuşama noktası	ºC	45	En az	TS EN 1427
Parlama Noktası	ºC	230	En az	TS EN ISO 2592
Çözünürlük	% ağırlık	99	En az	TS EN 12592
Yumuşama noktası yükselmesi 9 En çok	ºC	9	En çok	TS EN 1427

(a) Referans olarak sadece RTFOT (Rolling thin film oven test) metodu kullanılmalıdır.

Çizelge 3.3 : Bitüm 100/150 ürün özellikleri [298].

ÖZELLİK	BİRİM	DEĞER	SINIR	DENEY YÖNTEMİ
Penetrasyon 25 ºC'ta, 100 g, 5 saniye	x 0.1 mm	100/150		TS EN 1426
Yumuşama Noktası (ring and ball metod)	ºC	39-47		TS EN 1427
Sertleşmeye karşı direnç (a) 163 ºC'ta				TS EN 12607-1 veya TS EN 12607-2
- Kütle değişimi (Isıtmadaki kayıp)	%	0.8	En çok	TS 121 veya TS EN 12607-1 veya TS EN 12607-2
- Kalıcı penetrasyon	%	43	En az	TS EN 1426
- Sertleştirmeden sonra yumuşama noktası	ºC	41	En az	TS EN 1427
Parlama Noktası	ºC	230	En az	TS EN ISO 2592
Çözünürlük	% ağırlık	99	En az	TS EN 12592
Yumuşama noktası yükselmesi 9 En çok	ºC	9	En çok	TS EN 1427

Çizelge 3.4 : Bitüm 160/220 ürün özellikleri [298].

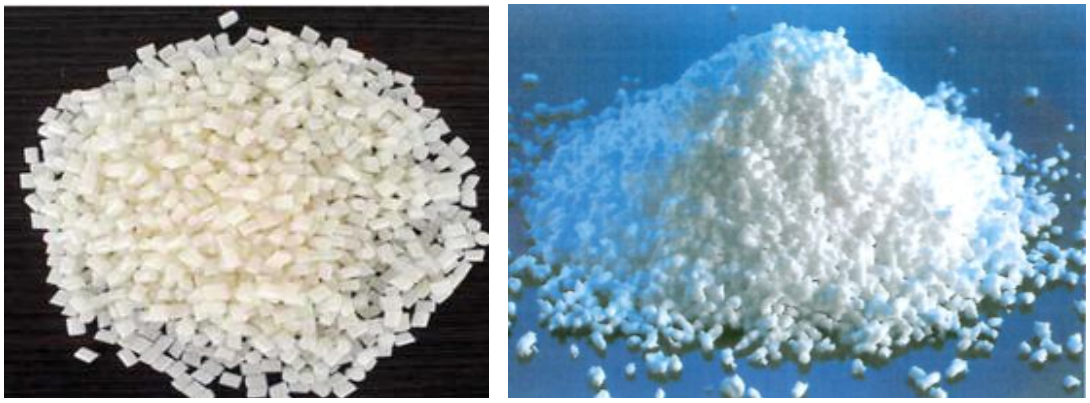
ÖZELLİK	BİRİM	DEĞER	SINIR	DENEY YÖNTEMİ
Penetrasyon 25 ºC'ta, 100 g, 5 saniye	x 0.1 mm	160/220		TS EN 1426
Yumuşama Noktası (ring and ball metod)	ºC	35-43		TS EN 1427
Sertleşmeye karşı direnç (a) 163 ºC'ta				TS EN 12607-1 veya TS EN 12607-2
- Kütle değişimi (Isıtmadaki kayıp)	%	1.0	En çok	TS 121 veya TS EN 12607-1 veya TS EN 12607-2
- Kalıcı penetrasyon	%	37	En az	TS EN 1426
- Sertleştirmeden sonra yumuşama noktası	ºC	37	En az	TS EN 1427
Parlama Noktası	ºC	220	En az	TS EN ISO 2592
Çözünürlük	% ağırlık	99	En az	TS EN 12592
Yumuşama noktası yükselmesi 9 En çok	ºC	11	En çok	TS EN 1427

Bitüm, TSEN standartlarına göre üretilir ve test edilir [299-311]. Bitümün modifiye edilmesinde ataktik polipropilen (APP) ve stiren bütadiyen stiren (SBS) termoplastikler kullanılır. APP olarak adlandırılan ataktik polipropilen, şekilsiz ve lastikli bir termoplastik malzemedir. APP, polipropilen üretiminin (APP) bir yan ürünü olarak ve spesifikasyonlara göre üretilmiş sentetik bir bileşik olarak, amaç dışı üretimden (APAO) temin edilmektedir. Amorf yapıdadır;suda çözünmez; heptan ve diğer bazı organik solventlerde belli oranlarda çözünür [312].

Çizelge 3.5 : APP Deneyleri, [313].

DENEY ADI	BİRİMİ	DEĞERİ	METODU
Brookfield Vizkozite (175c)	cPs	200	ASTM D-2196
Renk	--	Kirli Beyaz,bazen sarı-kahverengi	Gözlem

Şekil 3.1 : APP granülleri [314].



Şekil 3.2: SBS granülleri [315].

Kauçuk bir blok ko-polimer olarak sınıflandırılan, stiren ve iki monomerden yapılmış termoplastik bir elastomer olan SBS, bütadien ve aynı zamanda plastik ve kauçuğun özelliklerini gösterir. Bu özellikleri nedeni ile, plastik de dahil olmak üzere çeşitli alanlarda en yaygın olarak kullanılan katkı maddesi Stiren – Butadien – Stiren (SBS) polimeridir. SBS'nin yapısı, sert plastik ve elastik özelliklerin karışımına izin verir. SBS ayrıca, soğuk hava esnekliği ve elastik özellikler elde etmek için mükemmel bitüm değiştirici olduğu için, modifiye edici katkı, bağlayıcı ve karışımların davranışlarının iyileştirilmesi amacıyla kullanılır [316].

Çizelge 3.6 : SBS Fiziksel Özellikler [317].

Fiziksel Özellikler	Değer	Test Metodu
Toluen çözeltisi viskozitesi %25 Pa-s	5	MA 04-3-064
Toluen çözeltisi viskozitesi %5,23 cSt	13	MA 04-3-003
Uçucu madde, %	0,4	ASTM D-5668
Hunterlab renk	2	ASTM D-1925-70
Toplam stiren (polimer üzerinde), %	31	ASTM D-5775
Sertlik,°	76	ASTM D-2240
Toluen içinde çözünmez, 325 ağ,%	<0,1	MA 04-3-018
Kül, %	<0,35	ASTM D-5669

Çizelge 3.7 : Çeşitli SBS özellikleri [316].

	KTR 101	KTR 201	KTR 401	KTR 401H
Moleküler yapı	Doğrusal Tip	Doğrusal Tip	Radyal Tip	Radyal Tip
Stiren içeriği	28.5 – 31.5%	28.5 – 31.5%	28.5 – 31%	31 – 33%
Uçucu Madde	1.0% Maximum	1.0% Maximum	1.0% Maximum	1.0% Maximum
Kül İçeriği	0.5% Maximum	0.5% Maximum	0.5% Maximum	0.5% Maximum
Çözüm Viskozitesi	4100 – 4900 cps	1000 – 1200 cps	22.3 – 24.5 cps	20 – 25 cps
Erime İndeksi (200 ° C, 5kg)	1 g/10min Maximum	4 – 9 g/10min	1 g/10min Maximum	1 g/10min Maximum
Gerilme direnci	200 kgf/cm2 Minimum	200 kgf/cm2 Minimum	150 kgf/cm2 Minimum	150 kgf/cm2 Minimum
% 300'deki modül	20 – 28 kgf/cm2	34 – 42 kgf/cm2	23 – 32 kgf/cm2	23 – 32 kgf/cm2
Uzama	700% Minimum	750% Minimum	560% Minimum	560% Minimum
Sertlik (SHORE-A, 5 sn)	74 – 80	69 – 75	82 – 92	82 – 92
Moleküler ağırlık	105	71	200	220

Çizelge 3.8 : Modifiye Bitüm özellikleri [317].

Modifiye Bitüm özellikleri	Değer	Test metodu
Su yalıtım örtülerinde (150/200 bitüm + %12 polimer)		
Halka ve top sıcaklığı, °C	>115	ASTM D-36
Penetrasyon 25°C'de , 1/10mm	<55	ASTM D-5-86
Viskozite 180°C'de, cP	1600	
Soğukta esneklik, °C	<-35	MA 04-5-009

3.1.2 Taşıyıcı keçe

Taşıyıcı olarak, cam elyaf keçe (Glass fiber felt) veya polyester keçe (spunbond nonwoven polyester felt) kullanılır. Cam elyaf keçeler 1720 ° C / 3128 ° F'da eriyen silika (SiO2) kumundan elde edilen elyaflardan yapılır. Boy uzamaları çok düşük olan cam elyaf keçelerin enleri 1m, boyları 1000m'dir. Cam elyaf keçelerde üretim aşamasında ön gerilme oluşmaz.

Polyester keçeler, PET (Polietilen tereftalat) kullanılarak, sürekli elyafın (spunbond), örgüsüz (nonwoven) olarak iğneleme (mekanik fiksasyon) ve kimyasallar (binder) yardımı ile bağlanmasi yöntemiyle, mevcut en son üretim ve makina teknolojisi kullanılarak üretilirler. Polyester keçeler üretim aşamasında valsler arasında aşırı gerilirse, bitümlü örtüde ön gerilme oluşur. Malzeme sıcak halde olduğu zaman dikkat çekmeyen bu gerilme, malzeme soğuyunca şekil bozukluklarına neden olur.

Çizelge 3.9 : Taşıyıcı keçe özellikleri [325,326].

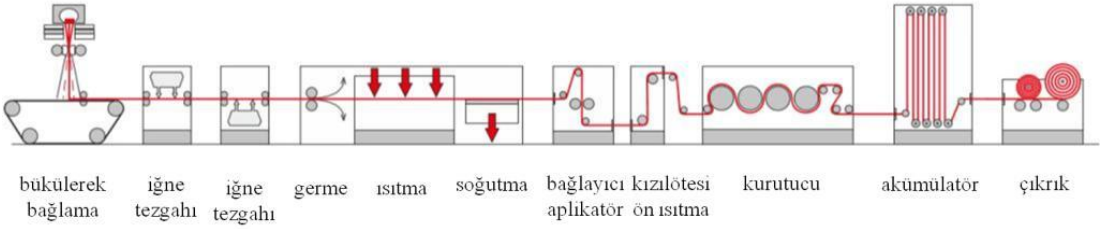
Taşıyıcı Tipi	Ağırlık (gr/cm²)	Çekme Mukavemeti (N/5cm)		Boy Uzaması %
		Boyuna	Enine	
Cam Elyaf	50	300	200	2
Polyester	150	600	400	30
	180	800	600	35
	250	1000	800	35

Şekil 3.3 : Polyester keçe rulosu, ve cam elyaf keçe [11].

Bu da uygulama sırasında doğrultudan sapmalara neden olur. Ayrıca uygulanmış ürünlerde yerinde yapılan ölçümlerde, boyutlarda kısalmalar görülebilir. Üretimi ve kullanımı teknik bilgi ve hassasiyet gerektiren polyester keçeler, uygulama sırasında yüksek ısı etkisi altında kalırsa, ısıtılarak yapıştırılan ek yerlerinin açılması, yüzey bozuklukları ve kabarmalar gibi ciddi sorunlara neden olabilir. Polyester keçe her ne kadar bitümlü örtünün ortasına yerleştirilmeye çalışılsa da, bu üretimde her zaman mümkün olmamaktadır. Bu nedenle şalümo ile eritme işlemi yapılırken, polyester keçenin bitümlü örtü içindeki konumuna dikkat etmelidir [328-332].

Çizelge 3.10 : Spunbond keçe özellikler, 100-300g/m² [327].

Bitümlü Çatı Kaplama Malzemesi (üst tabaka, genellikle düz çatılarda)	
Polimer	PET, rPET
Temel ağırlık	100 - 300 g / m²
Filament boyutu	2 - 6 dtex
Standart ürün genişliği	1,010 mm
Makine standart genişliği (kesilmiş)	3,030 mm (istek üzerine diğer genişlikler)
Hat kapasitesi	yılda 8.000 tona kadar



Şekil 3.04 : Spunbond dokumasız keçe üretim hattı [327].

Çizelge 3.11 : Polyester keçe özellikler, 90-140g/m² [328].

Ürün Tanımı		: %100 PES Dokuma Olmayan Bükülmüş Polyester Kumaş					
Hammadde		: Polyester					
Kumaş Üzerine Uygulama		: Bitüm Uygulaması					
Renk		: Beyaz					
ÖZELLİKLER		TEST METODU	BİRİM	TEST DEĞERİ	TEST DEĞERİ	TEST DEĞERİ	TEST DEĞERİ
AĞIRLIK		ERT 40.3-90 EN1849-1	g/sq.m	90	100	120	140
KALINLIK		ERT 30.4-89 EN1848-1	mm	0,271	0,305	0,325	0,365
GERİLME DİRENCİ	MD	EN 13859-1 ERT 20.2-89	N/5cm	385	420	510	605
	CD	EN12311-1		195	220	260	290
KOPMA ANINDAKİ UZAMA	MD	EN 13859-1 ERT 20.2-89	%	27	27	28	28
	CD	EN12311-1		30	30	30	30
YIRTILMA MUKAVEMETİ	MD	EN 13859-1 ERT 70.4-89	N	25	30	35	40
	CD	EN12310-1		40	45	52	65
HAVA GEÇİRGENLİĞİ		ERT 140.2-99	cm³/cm².s	73	57	40	35
BÜZÜLME			5 min.At 200°C	< 2,5 %	< 2,5 %	< 2,5 %	< 2,5 %

MD : Makine Yönü, CD : Çapraz Yön.

3.1.3 Polietilen film

İsmini monomer haldeki etilenden alan polietilen (PE), çok çeşitli ürünlerde kullanılan beyazca, yarı geçirgen, yumuşatılabilen ve oldukça dayanıklı bir termoplastiktir. PE molekülü, bir çift hidrojen atomuyla kovalent bağ ile birleşen çift sayıdaki karbon atomlarının birbirleriyle bağlanmasıyla oluşan bir polimerdir. Etilen molekülü C2H4, kimyasal olarak çift bağ ile bağlanmış iki CH2'den oluşur. (CH2=CH2). Polietilenin üretim şekli, etilenin polimerizasyonu ile olur. Polimerizasyon metodu, radikal polimerizasyon, anyonik polimerizasyon, iyon koordinasyon polimerizasyonu ve katyonik polimerizasyon metotları ile olabilir. Bu metotların her biri farklı tipte polietilen üretimi sağlar. Polietilenin özellikleri, tiplere göre değişiklik gösterse de; dış ortam koşulları ve neme karşı iyi direnç, esneklik, zayıf mekaniksel kuvvet ve üstün kimyasal direnç genel özellikleri olarak sayılabilir. Polietilenin yoğunluğu arttıkça, şeffaflığı, sertliği, mukavemeti ve yumuşama sıcaklığı artar.

Polietilen yoğunluk ve kimyasal özellikleri baz alınarak çeşitli kategorilerde sınıflanır. Mekanik özellikleri, moleküler ağırlığı, kristal yapısı ve dallanma tipine bağlıdır [333].

-UHMWPE (ultra yüksek moleküler ağırlıklı PE),

-HDPE (yüksek yoğunluklu PE),

-HDXLPE (yüksek yoğunluklu çapraz bağlı PE),

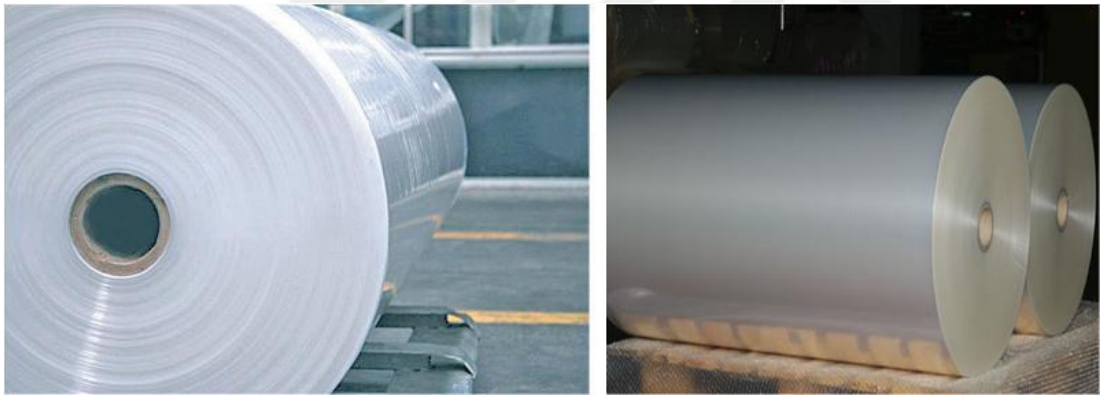
-PEX (çapraz bağlı PE),

-MDPE (orta yoğunluklu PE),

-LDPE (düşük yoğunluklu PE),

-LLDPE (lineer bağlı düşük yoğunluklu PE),

-VLDPE (çok düşük yoğunluklu PE).



Şekil 3.5 : Polietilen Film Ruloları [334].

Polietilen üç gruba ayrılmaktadır:

Standart polietilen

- LDPE –Düşük Yoğunluklu Polietilen (Low Density Polyethylene)
- HDPE –Yüksek Yoğunluklu Polietilen (High Density Polyethylene)
- MDPE – Orta Yoğunluklu Polietilen (Medium Density Polyethylene)
- LLDPE Butene C4 – Lineer Düşük Yoğunluklu Polietilen (Linear Low Density Polyethylene)

Yüksek Performanslı Polietilen

- LLDPE Octene C8 – Lineer Düşük Yoğunluklu Polietilen
- LLDPE Hexene C6 - Lineer Düşük Yoğunluklu Polietilen
- VLDPE Octene C8 - Çok Düşük Yoğunluklu Polietilen
- VLDPE Hexene C6 - Çok Düşük Yoğunluklu Polietilen
- MLLDPE Octene C8 – Metallocene Düzgün Düşük Yoğunluklu Polietilen

Özel ve Fonksiyonel Polietilen

- EEA – Etilen Etil Akrilat (Ehylene Ethyl Acrylate)
- EAA – Etilen Akrilik Asit (Ethylene Acrylic Acid)
- MAH – Maleik Anhidrit (Maleic Anhydride)
- EVA – Etilen Vinil Asetat (Ethylene Vinyl Acetate)
- Plastomer'ler ve Elastomer'ler (Etilen, Propilen bazlı) (Ethylene, Propylene based)

3.1.4 Alüminyum folyo

Alüminyum folyo genellikle saf alüminyumdan yapılır, alüminyum içeriği en az % 99'dur. Haddehanelerden geçen bir dizi işlemde, alüminyum istenen kalınlığa ulaşır. Çok ince folyolar son adımda birlikte çift rulo halinde sarılır ve daha sonra tekrar ayrılır. Bu işlem iki farklı doğal cilalı yüzey oluşmasını sağlar. Değirmenin rulolarına temas eden folyonun dış tarafı "parlak" bir yüzey alırken, değirmenin diğer tarafına temas eden alüminyum folyoda mat yüzey oluşur.

Çatı kaplama malzemeleri üretiminde kullanılan alüminyum folyolarda mat ve parlak yüzey seçimleri, ülkelere göre farklılıklar göstermektedir. Yansıtıcı olması istenen çatılarda genellikle parlak yüzeyli alüminyum folyo kaplanmış çatı kaplama malzemeleri tercih edilmektedir. Parlak yüzeyli çatı kaplama malzemeleri, çatı üzerinde toz, kir v.b. unsunların birikmesine önemli ölçüde engel olmaları nedeni ile de tercih edilmektedir.

Şekil 3.6: Boyalı Alüminyum Folyolar [335].

Alüminyum soğuk haddeleme ile katılaşır, sertleşir ve kırılgan hale gelir. Bununla birlikte, bir tavlama fırında müteakip bir ısıl işlem, filmleri tekrar yumuşak ve esnek kılar. Alüminyum folyo, çok etkili bir yalıtım malzemesidir; Manyetik dalgaların yanı sıra ışığa, neme ve gaza karşı tam bir bariyer sağlar. Alüminyum folyo genellikle 0.006 ile 0.2 mm arasında kalınlıklarda üretilir. Bitümlü su yalıtım örtülerinde, kalınlığı 60 mikron olan boyalı alüminyum folyo kullanılır.

Çizelge 3.12 : Alüminyum folyo kalınlık tablosu [339].

	Kalınlık	**En**	**İç Çap**
	6,35 – 300 mikron	25 – 1600 mm	70 / 76,2 / 150 / 152,4 mm
	Kalınlık	**Yüzey**	**Dış Çap**
FOLYO	6,35 – 30 mikron	Parlak / Mat	800 mm maks.
		Mat / Parlak	800 mm maks.
	51 – 60 mikron	Parlak / Parlak	900 mm maks.
	13 -25 mikron	Parlak / Mat	800 mm maks.
		Mat / Parlak	
	25 – 350 mikron	Parlak / Parlak	1650 mm maks.
	33 – 300 mikron	Parlak / Parlak	1000 mm maks.

Ürünlerin kimyasal bileşimi EN573,ASTM B209 standartlarına; Üretim süreci EN573, ASTM B209, ASTM B928 ve AMS, DIN, AA standartlarına uygun olarak gerçekleşmektedir [336-339].

3.1.5 Granül

Granüller, arduvaz ve bazalt minerallerin, güvenli otomatik ayar düzenleme kontrol sistemi bulunan ve hidrolik sistemle donatılan kırıcılarda üretilmektedir. İstenilen değişken tane büyüklüklerine getirilen granüller, yüzeylerine çeşitli kaplama ve boya işlemleri uygulandıktan sonra, bitümlü su yalıtım örtülerinde yüzey kaplama malzemesi olarak kullanılırlar. Granüller, yüzey kaplamada kullanılabilmeleri için, dayanıklı pigmentlerle renklendirilir, seramik bir matrise bağlanır ve asfalta yapışmayı destekleme işlemden geçirilir (ASTM D451). Sert, yoğun ve gözeneksiz bir yüzey oluşturan seramik kaplama, hava koşullarına ve UV ışınlarına dayanıklılığı arttırır, lekelenmeyi azaltır, renk değişkenliğinin çok uzun döneme yayılmasını sağlar ve yapışmayı iyileştirir [340].

Granüller yassı veya yuvarlak şekillerde üretilirler. Yassı olanların yüzey kapatma özelliği fazladır ancak dökülme halinde mineralsiz yüzeylerin oluşmasına neden olur. Yuvarlak biçimli granüllerle yüzey kaplamada kullanım miktarı, yassı granüllere göre %20 oranında artar. Ancak daha iyi bir yüzey örtücülük sağlar ve aşırı mineral dökülmelerine neden olmaz.

Granül kaplamada 4 farklı uygulama bulunmaktadır. Bakır oksit kaplama + seramik kaplama, yüksek reflektif özellikte renkli seramik kaplama, renkli seramik kaplama tabakası + foto katalitik kaplama tabakası + yapışma arttırıcı kaplama, renk/pigment kaplama + özel kaplama [341].

Şekil 3.7 : Çeşitli granül yüzey özellikleri [341].

Şekil 3.8 : Çeşitli granül örnekleri.

Çizelge 3.13 : Granül Özellikleri. Açık kahverengi granülörnekalınmıştır [339].

Özellik Adı	Değeri
Kütle Yoğunluğu (Metı	93-99 lbs./ft.3 Paketlenmiş (3M TM058)
Renk	Açık kahverengi
Renk dayanıklılığı	Uzun vadeli saha performansı ve hızlandırılmış hava tahliye testleri ile kanıtlanmıştır.
Renk yansıtma değeri	Gönderiler L * a * b * (3M TM007) için standarda göre +/- 1.0 birim olacaktır
Toz	% 0.2 Maksimum <100 ağ gözü ABD Elek (150 µm) (3M TM045)
Sınıf	11
Sertlik	6.0-7.0 (Moh's sertlik ölçeği)
Nemli içerik	% 0.3, Maksimum (3M TM057)
Opaklık	Granüller, bitümlü örtüyü güneş ışığının etkilerinden korumak için opaktır
Ürün tipi	Klasik
Spesifik yer çekimi	2,55-2,70 (3M TM001)

Çizelge 3.14 : ASTM D 451 Standardında zor nlu tutulan mineral boyutları [339].

Elek No	Nominal Açılış	Minimum	Maximum	Tipik
8	2.36 mm	0.0	0.1	-
12	1.70 mm	4.0	10	-
16	1.18 mm	-	-	30-50*
20	850 µ m	-	-	20-40*
30	600 µ m	-	-	10-30*
40	425 µ m	-	-	1-10*
-40	- 425 µ m	0.0	2.0	-

Çizelge 3.15 : Bazalt granül özellikleri [341].

Kayaç Türü	Bazalt
Fiziksel, Mekanik ve Teknolojik Analizler	
Birim Hacim Ağırlık (g/cm³)	
Ortalama Değer	2,67
Standart Sapma	0,01
Yoğunluk (g/cm³)	
Ortalama Değer	2,71
Standart Sapma	0,04
Ağırlıkça Su Emme Oranı (%)	
Ortalama Değer	0,19
Standart Sapma	0,03
Hacimce Su Emme Oranı (%)	
Ortalama Değer	0,52
Standart Sapma	0,08
Tek Eksenli Basınç Dayanımı (Mpa)	
Ortalama Değer	184,93
Standart Sapma	5,60
Porozite (Gözeneklilik Oranı) (%)	
Ortalama Değer	1,40
Standart Sapma	0,20
Sürtünmeyle Aşınma (cm³/50cm²)	
Ortalama Değer	7,40

3.2 Bitümlü çatı kaplama malzemeleri

Su geçirmez örtülerde ve levhalarda kullanılan bitüm, mineral yağların damıtılmasında elde edilir. Su ve nem geçirmemesinin yanı sıra yapıştırıcı ve birleştirici olması, kesme kuvveti karşısında yavaş ve sürekli biçim değiştirme eğilimi özellikleri de vardır. Kırılganlığı çok düşüktür. Elastik olduğu için değişik formdaki çatı tiplerinde kullanılma kolaylığı sağlar.

60'lı yılların sonunda, bitümü modifiye etmek için APP ve SBS'in ve taşıyıcı olarak da non-woven (dokumasız) polyesterlerin kullanılmaya başlaması ile su yalıtımında ve çatı kaplamalarında yeni bir dönem başlamıştır.

3.2.1 Bitümlü oluklu levhalar

Bitüm esaslı ondule levhalar, aralıklı ahşap, çelik çatı aşıklarına ve eğimli beton çatı plağı üzerine doğrudan tespit edilebilen çok hafif çatı kaplama malzemeleridir. Korozyondan etkilenmezler ve kimyasallar etkisinde, bitümün gösterdiği davranışları gösterirler [209]. Pürüzlü yüzeye sahip olmaları, ses yutuculuk oranlarını yükseltir.

Şekil 3.9 : Çeşitli bitüm esaslı oluklu levhalar [11].

TS EN 534 standartlarına göre üretilen bitüm esaslı ondule levhaların üretim boyutları şöyledir:

Kalınlık: 0.30-0,35 cm.	Oluk sayısı: 5-10 adet
Oluk yüksekliği: 3.80 cm.	Oluk aralığı: 9.50-9,70 cm.
Ağırlık: 4 kg/m^2	Boyutlar: 89-106cm x 200cm

Dış yüzeyi siyah, kahverengi, kırmızı, yeşil ve gri renklerde üretilebildiği gibi istenirse uygulandıktan sonra, istenilen renkte saf akrilik esaslı, titan dioksit pigmentli ve boya filmi yumuşak dış cephe boyası ile de boyanabilir. %10'un üzerinde eğime sahip çatı yüzeylerinde problemsiz bir şekilde kullanılabilirler. Sadece üst yüzeyi ve her iki yüzeyi dış yangın etkisine dayanımlı olan tipleri vardır.

Şekil 3.10 : Bitümlü levhaların renkleri [11].

Bitüm esaslı ondule levhalar, aralıklı ahşap ve çelik çatı aşıklara monte edilebilen çok hafif son kat çatı kaplama malzemeleridir. Korozyondan etkilenmezler ve kimyasallar etkisinde, bitümün gösterdiği davranışları gösterirler. Pürüzlü yüzeye sahip olmaları, ses yutuculuğu oranlarını yükseltir. Dış yüzeyi siyah, kahverengi,

kırmızı ve yeşil renklerde üretilebildiği gibi istenirse alt yüzeyi de renkli olarak üretilebilirler. %9'un üzerinde eğime sahip çatı yüzeylerinde problemsiz bir şekilde kullanılabilirler [132]. İsteğe bağlı olarak üst yüzeyi veya her iki yüzeyi dış yangın etkisine dayanımlı olarak üretilebilir.

3.2.2 Bitümlü kiremitler

Türkiye'de gerekli gereksiz çatılara çıkılıp bitüm esaslı oluklu çatı levhalarına hasar verilmesi ve çatıların öneminin kavranmaya başlaması ile bitümlü oluklu levhalarda farklı biçim arayışlarına gidilmiştir. Bu kapsamda bitüm esaslı kiremit adı ile üretilen çatı kaplama malzemesi tümsek ve düzlüklerden oluşmakta ve bu çatı kaplama malzemesinin düzlüklerine, malzemeye hasar vermeden ayakla basılabilmektedir. TS EN 534 standartlarına göre üretilen bitüm esaslı kiremitlerin üretim boyutları şöyledir:

Boyutlar: 40cm x 106cm.
Kalınlık: 0.3 cm.
Oluk yüksekliği: 3.8 cm.
Oluk sayısı: 6 Adet
Ağırlık: 4 kg/m^2

Şekil 3.11 : Bitüm esaslı kiremit [11].

Bitümlü kiretmitler üzerinde malzemeye hasar vermeden gezinmek mümkündür. Kırmızı, kahverengi ve yeşil renklerde 3 tonlu olarak üretilen bitüm esaslı kiremitler, aynı zamanda çatının görsel etkisini de güçlendirmektedir. Aralıklı ahşap ve çelik çatı aşıklara monte edilebilen bitüm esaslı kiremitler, korozyondan etkilenmezler ve kimyasallar etkisinde, bitümün gösterdiği davranışları gösterirler [132]. Pürüzlü yüzeye sahip olmaları, ses yutuculuğu oranlarını yükseltir. %15'in üzerinde eğime sahip çatı yüzeylerinde problemsiz bir şekilde kullanılabilirler.

3.2.3 Modifiye bitümlü örtüler

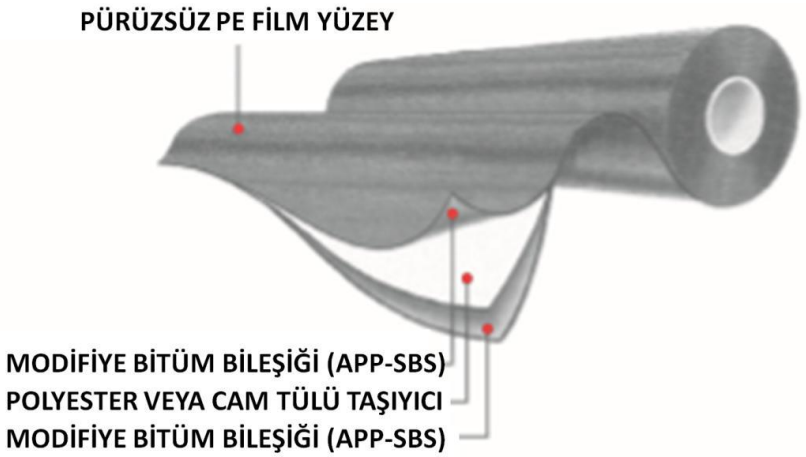
1967 yılında ataktik polipropilen'in (APP), 1968 yılında stiren bütadiyen stiren'in (SBS) bitümü modifiye etmek için kullanılmaya başlaması ve 1970 yılında taşıyıcı olarak non-woven polyesterlerin kullanılmaya başlaması ile, su yalıtımında yeni bir

döneme girilmiş ve o güne kadar büyük zorluklarla yapılan su yalıtımı işleri, daha kolay, daha hızlı ve daha ekonomik olarak çözümlenmeye başlamıştır [133-137]. O günden bu güne sürme esaslı su yalıtım malzemeleri, plastik esaslı su yalıtım malzemeleri başta olmak üzere birçok su yalıtım malzemesi geliştirilmiş, ancak bunların hiçbirisi bitüm esaslı su yalıtım örtülerinin kullanım miktarlarının yanına dahi yaklaşamamıştır. Şu anda Türkiye'de 60'dan fazla modifiye bitümlü su yalıtım örtüsü üretim tesisi bulunmaktadır [11].

Çatılarda kullanılan bitümlü su yalıtım örtüleri TSEN 1109 :2013, TSEN ISO 11925-2 :2011, TSEN 12311-1, TSEN 13707 :2015 standartlarına göre üretilirler ve test edilirler. TS 11758-2 :2011 standardlarına göre uygulanırlar [240,331,342,343].

3.2.3.1 Modifiye bitümlü polietilen yüzeyli örtüler

APP katkılı modifiye bitümden üretilenler plastomerik, SBS katkılı modifiye bitümden üretilenler ise elastomerik su yalıtım örtüleri olarak adlandırılır. Kalınlık ve taşıyıcı özelliklerine bağlı olarak çok çeşitli tiplerde üretilen örtüler, temel su yalıtımlarında her iki katta, teras su yalıtımlarında ise detaya bağlı olarak, ilk katta veya her iki katta kullanılırlar.



Şekil 3.12 : Modifiye bitümlü polietilen yüzeyli örtülerin katmanları [11].

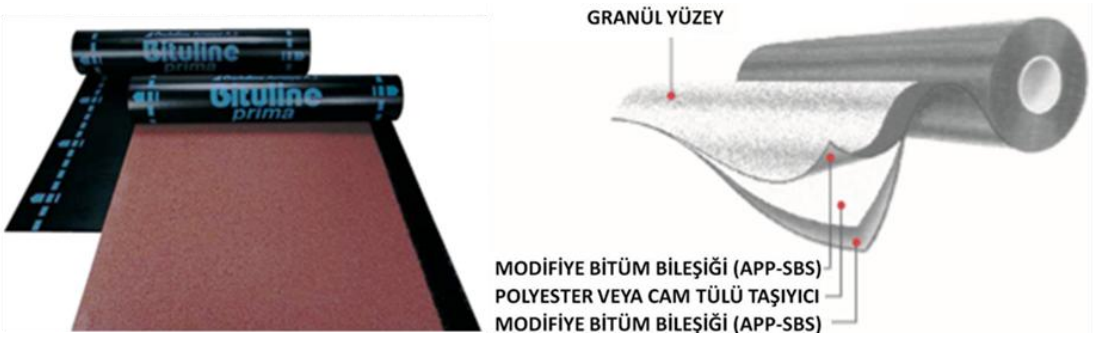
APP'li su yalıtım örtüleri ılıman iklim özelliklerine sahip olan bölgelerde, esnekliği ve soğukta bükülme değerleri daha yüksek olan SBS'li su yalıtım örtüleri ise soğuk iklim özelliklerine sahip olan bölgelerde kullanılırlar.

3.2.3.2 Modifiye bitümlü mineral yüzeyli örtüler

Bitüm, ultraviole ışınlarından olumsuz olarak etkilendiği için, güneş etkisinde kalacak bölümlerde, örtünün üzeri bir başka malzeme ile kaplanmalı veya yüzeyleri arduvaz mineralleri ile kaplanmış olan bitümlü su yalıtım örtüleri kullanılmalıdır.

Üretim sırasında, üstte kalan bitümlü örtü yüzeyine, metrekareye 1 kg gelecek şekilde mineral dökülür ve minerallerin sıcak bütümlü yüzeye yapışanları örtünün üst yüzeyini oluşturur. Bitüm yüzeyine yapışmayan minerallerin önemli bir bölümü üretim sırasında dökülür. Bitümlü örtünün teras veya eğimli çatılara uygulanması sırasında da %10-15 civarında mineral dökülmesi meydana gelir. Standartta belirtilen kabul edilebilir mineral dökülme oranı, toplam mineral ağırlığının %30'u kadardır [240,331].

Bitümlü örtü yüzeyindeki minerallerin, bitümün görünecek şekilde dökülmesi istenmez. Bu bölümler iklim özelliklerine ve çatı eğimine bağlı olarak farklılık göstermekle birlikte, 4-5 aydan itibaren UV etkisi ile bozulmaya başlar. Bu tip bitümlü örtüler 2. kalite olarak ayrılır. Mineral dökülme sorunlu bitümlü örtüler, uygulandıktan mineralsiz kısımlar ısıtılarak mineral dökülür ve üzerlerine hafifçe bastırılır. Böylece tüm membran yüzeyi mineralli hale getirilmiş olur. Sonradan mineral uygulama oldukça zor bir işlem olduğu için, zorunlu olmadıkça tercih edilmemelidir.



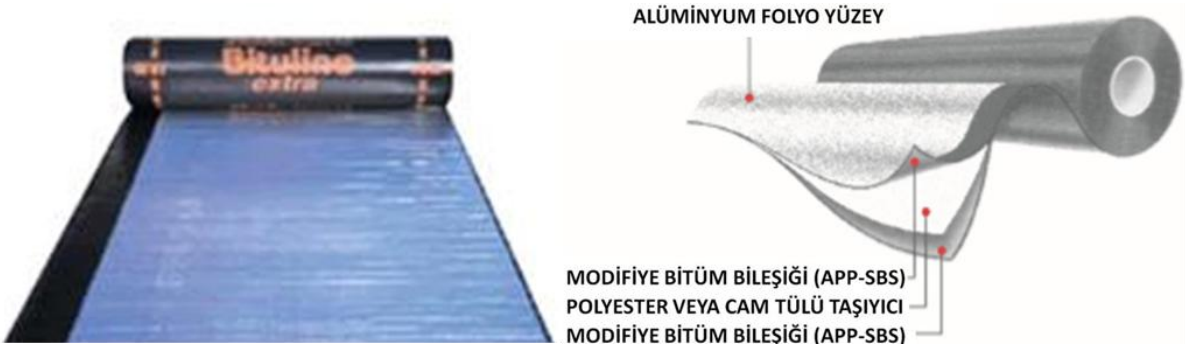
Şekil 3.13 : Modifiye bitümlü mineral yüzeyli örtüler [11].

Şekil 3.14 : Modifiye bitümlü mineral yüzeyli örtü renkleri [11].

Arduvaz ve bazalt mineraller boyanıp 500ºC'lik fırınlarda kurutularak renkli granüller elde edilir. Granüllerin renkleri, ultraviole etkisinde gözle hissedilemeyecek oranda solar, ancak hiçbir zaman renklerini tamamen kaybetmezler. Farklı zamanlarda üretilen granüllerin renk tonlarında farklılıklar olabilir.

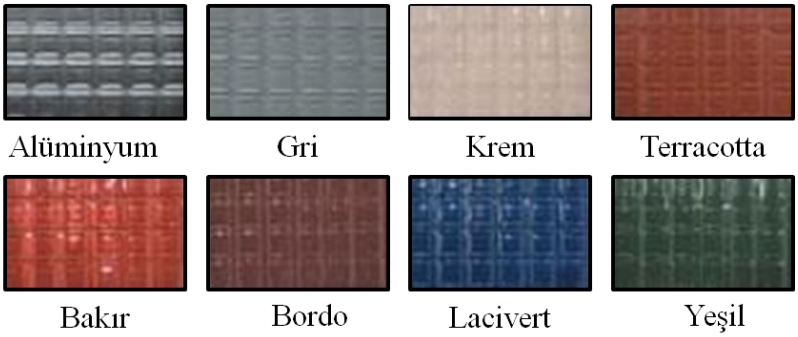
3.2.3.3 Modifiye bitümlü alüminyum yüzeyli örtüler

Bitümlü su yalıtım örtülerini ultraviole ışınlarından korumak için, üst yüzeyleri alüminyum folyo ile de kaplanmaktadır. Kaplamada kullanılan alüminyum folyonun kalınlığı 60 veya 70 mikrondur. Üretimde düz yüzeyli folyo kullanılması halinde, örtünün rulo haline getirilmesi ve uygulanması sırasında yüzeyde buruşmalar ve çatlamalar oluşmaktadır. Bu nedenle alüminyum, üretim sırasında gofrajlı (kabartmalı) hale getirildikten sora bitümlü örtü yüzeyine yapıştırılır.



Şekil 3.15 : Modifiye Bitümlü Alüminyum Yüzeyli Örtüler [11].

Alüminyum folyolu ürünlerde, folyonun çok iyi bir şekilde yapıştırılmış olması gerekir. Aksi halde uygulama yapıldıktan sonra folyonun yüzeyden ayrılması gibi bir problemle karşılaşılabilir. Bunu engellemek için folyonun yapıştırılacağı yüzeye elastisitesi yüksek olan özel bir yapıştırıcı sürülür.



Şekil 3.16 : Modifiye bitümlü alüminyum yüzeyli örtü renkleri [57].

Alüminyum folyo, dünya piyasalarından fırın boyalı olarak istenilen RAL reklerinde bulunabilmektedir. En çok tercih edilen renkler, doğal alüminyum, kırmızı ve yeşil renklerdir. Alüminyum folyolar, sonradan ortaya çıkabilecek renk solması problemlerinin önüne geçebilmek için, üretim yapılmadan ultraviole testi uygulanmalıdır.

3.3 Fiziksel, kimyasal, mekanik özellikler ve uzun dönem performans

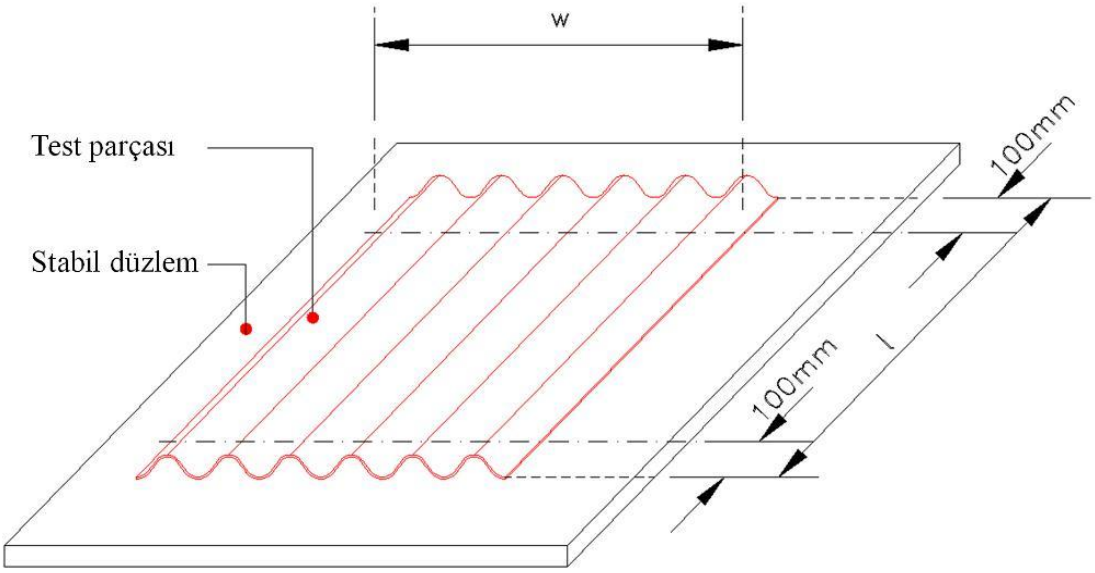
Bitümlü oluklu levhalar – kiremitler TSEN 534 + A1 : 2010-11 standardına ve bu standartta atıf yapılan standartlara göre, çatılarda kullanılan modifiye bitümlü örtüler TSEN 13707 standardına ve bu standartta atıf yapılan standartlara göre test edilirler [132,240].

3.3.1 Bitümlü oluklu levhalar – kiremitler

3.3.1.1 Geometrik özellikler

Uzunluk:

Test edildiği zaman, uzunluk *L* üzerindeki tolerans + % 1,0, - % 0,2 olacaktır. Test ekipmanı, 0,5 mm'lik bölmeleri olan bir hassas cetvel ve stabil bir düzlemden oluşmaktadır. Ölçüm, levha stabil bir düzlem üzerinde destekli durumda iken alınacaktır. Uzunluk, ikinci ve sondan bir önceki oluklar üzerinde ya oluğun tepesinde ya da oluğun girintisinde ölçülecektir. Test, 3 farklı bitüm levhasının üzerinde yürütülmektedir. Sonuç, her bir oluklu bitüm levhasının ölçülen iki değerinin üç ortalama değerinin ortalamasıdır.



Şekil 3.17 : Uzunluk ve genişlik ölçüm düzeneği [132].

Genişlik

Test edildiği zaman, genişlik *w* üzerindeki tolerans ± %2 olacaktır.

Test ekipmanı, 0,5 mm'lik bölmeleri olan bir hassas cetvel ve stabil bir düzlemden oluşmaktadır. Ölçüm, levha stabil bir düzlem üzerinde destekli durumda iken alınacaktır. Genişlik, levhanın her bir ucundan itibaren 100 mm'lik bir pozisyonda ölçülecektir. Test, 3 farklı bitüm levhasının üzerinde yürütülmektedir. Sonuç, her bir oluklu bitüm levhasının ölçülen iki değerinin üç ortalama değerinin ortalamasıdır.

Kalınlık:

Test edildiği zaman, kalınlık *e* üzerindeki tolerans ± % 10 olacaktır. Oluklu bitüm levhaların kalınlığı, üst ve alt kenarlar üzerindeki herhangi bir yüzey desteği (yüzey modeli) dâhil olacak şekilde ölçülecektir (bakınız Şekil 4). Ekipman, şematik olarak Şekil 4'te gösterilmektedir ve 0,1 mm'lik bölmeleri ve minimum 5 mm çaplı düz temas yüzeyi olan bir hassas ölçüm cihazından oluşmaktadır. Ölçümler, oluğun yan tarafı üzerinde ya da levhanın kenarından itibaren 50 mm uzaklıktaki düz parça üzerinde alınacaktır. Levhanın her bir ucunda 5 ölçüm olacak şekilde 10 farklı yan taraf (kanat) ve/ veya düz parçaların pozisyonları ölçülecektir. Ölçüm, yüzeyi sıkıştırmadan stabil bir ölçüm garantileyen maksimum 2 N/cm^2'lik bir basınçla uygulanacaktır. Test, bir oluklu bitüm levhası üzerinde yürütülmektedir. Sonuç,

ölçülen 10 değerin aritmetik ortalamasıdır. Ölçüm, en yakın 0,1 mm'ye ifade edilecektir.

Şekil 3.18 : Komparatör ile kalınlık ölçümü [132].

Olukların yüksekliği:

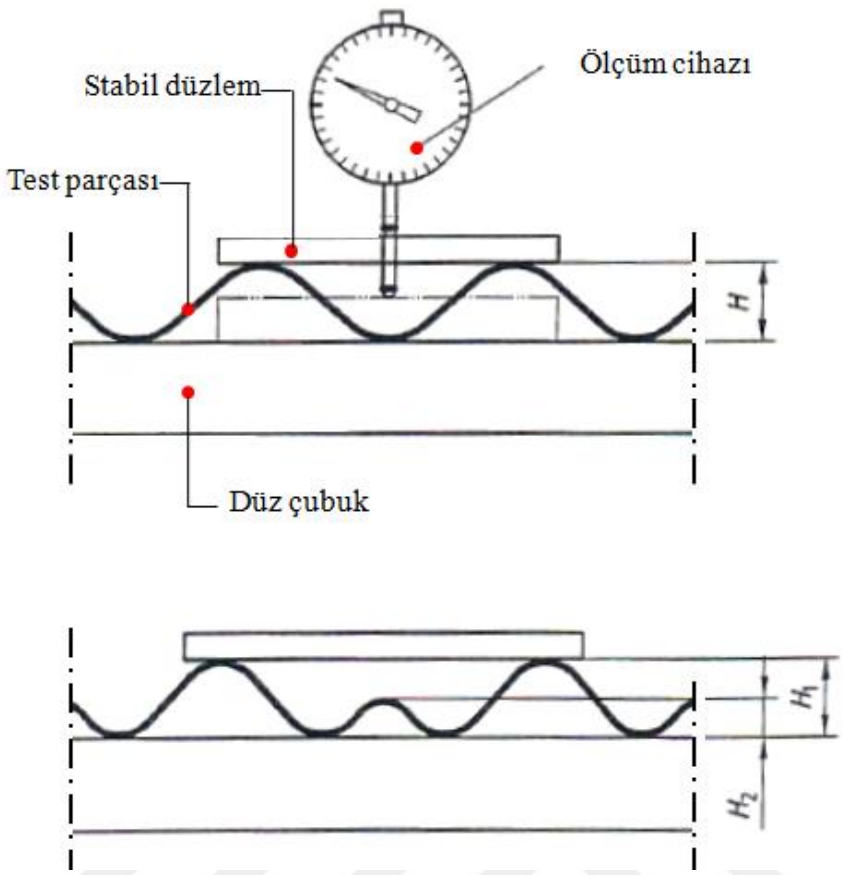
Olukların yüksekliği (H) üzerindeki tolerans ± % 6 olacaktır. Çeşitli oluk yükseklikleri olan oluklu bitüm levhaları için, ilan edilen tüm oluk yükseklikleri ölçülecektir. Ekipman, Şekil 5'te gösterilmektedir ve 0,1 mm'lik bölmeleri, oluk derecesinden daha uzun olan bir uzunluktaki düz bir çubuk ve stabil bir düzlemi olan bir hassas ölçüm cihazından oluşmaktadır.

Ölçüm, levha stabil bir düzlem üzerinde destekli iken alınacaktır. Levhayı sokmadan önce düz çubuğun kalınlığını ölçerek sıfır elde edilecektir. Düz çubuk, aynı yükseklikteki iki bitişik oluğun üzerine yerleştirilecektir. Olukların yüksekliği, levhanın her bir ucundan 50 mm uzaklıkta ölçülecektir.

İlk ve son olukları dışarıda bırakarak oluklu levhanın genişliği üzerinde eşit bir şekilde dağıtılan dört ölçüm alınacaktır. Test, bir oluklu bitüm levha üzerinde yürütülmektedir. Sonuç, ölçülen 8 değerin aritmetik ortalamasıdır.

Sonuç, en yakın 0,1 mm'ye ifade edilecektir.

Komparatörle ölçüm yapılmadan öce, cihazın kalibrasyonunun olup olmadığına bakılmalıdır. Ayrıca yaylı bir mekanizmaya sahip olan komparatörün, yaylarının gevşememiş olması gereklidir. Aksi halde doğru ölçüm yapılamaz. Bozuk komparatörle yapılan ölçümlerde kalınlıklar olduğundan çok fazla çıkacaktır.

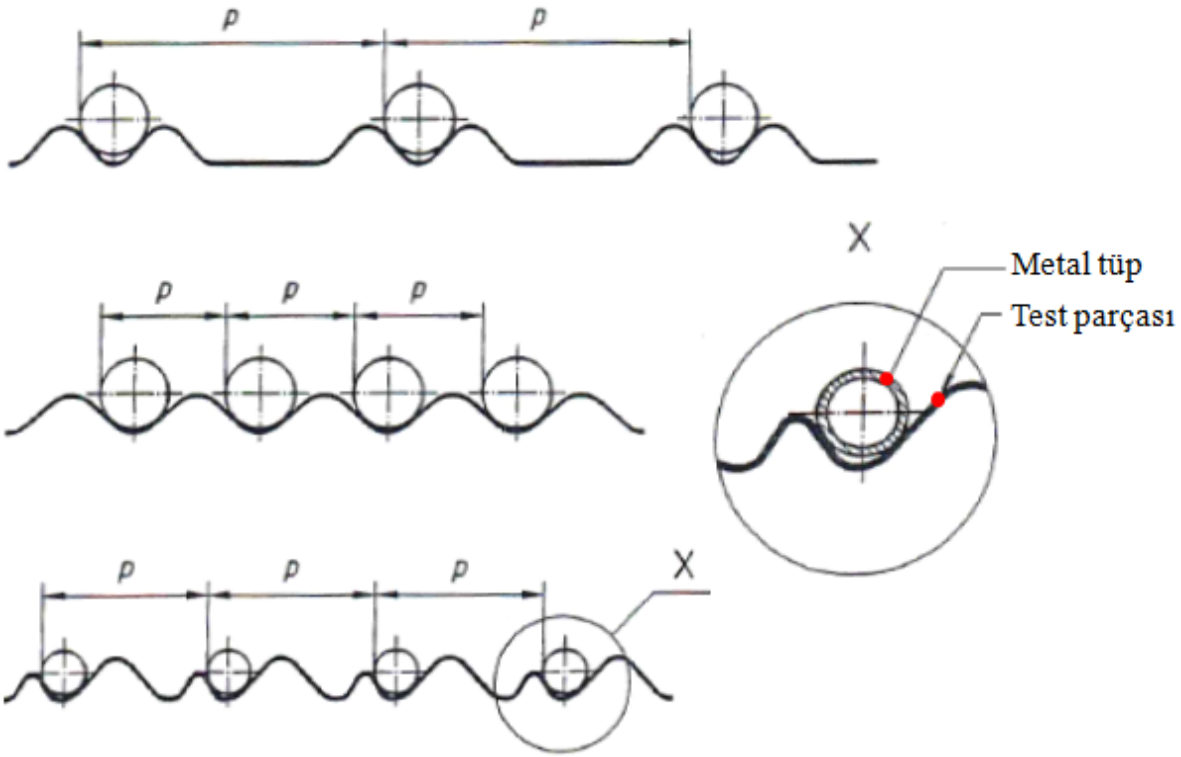


Şekil 3.19 : Yükseklik ölçümü düzeneği [132].

Olukların derecesi:

Olukların derecesi *p* üzerindeki tolerans ± % 3 olacaktır. Çeşitli dereceleri olan oluklu bitüm levhaları ve /veya oluk süresi için, ilan edilen tüm dereceler ve /veya süreler ölçülecektir. Ekipman, Şekil 6'da gösterilmektedir ve 0,5 mm'lik bölmeleri olan bir hassas metal cetveli, stabil bir düzlem ve 200 mm uzunluğunda aynı çapa sahip olan en az üç demir tüpten oluşan bir setten oluşmaktadır (tüpün çapı, olukların her iki yanına/kanadına değecek şekilde olacaktır). Dereceyi ölçmeden önce, tüp yan taraflar üzerinde gereğince dursun diye kenar, pürüzlerden arınmış olacaktır. Ölçüm, levha stabil düzlem üzerinde destekli iken alınacak ve her bir oluk diplerinin onunla temas halinde olması sağlanacaktır. Levhanın bir ucunda, uç levhanın ucundan hafifçe dışarı çıkacak şekilde tüpleri olukların alt tarafının içine yerleştirin. Tüpler arasındaki mesafeyi en azından en yakın 0,5 mm'ye olacak şekilde ölçün. Levhanın her bir tarafında, oluğun ilk ve son derecesini dışarıda bırakarak oluklu levhanın genişliği üzerinde eşit bir şekilde dağıtılmış derece ve / veya sürenin üç ölçümü alınacaktır. Test, oluklu bir bitüm levhanın üzerinde yürütülmektedir. Sonuç,

ölçülmüş altı değerin aritmetik ortalamasıdır. Sonuç, en yakın 0,5 mm'ye ifade edilecektir.



Şekil 3.20 : Tümseklerin derece ve süre örnekleri [132].

Ölçümlerde kullanılacak levhaların, ürün paletinin orta ve üst kısımlarında alınması gerekir. Alttaki levhaların ağırlık nedeni ile yayılacağı dikkate alınmalıdır. Uygulamada da bu hususa dikkat edilerek ölçüye göre tespit yapılmalıdır.

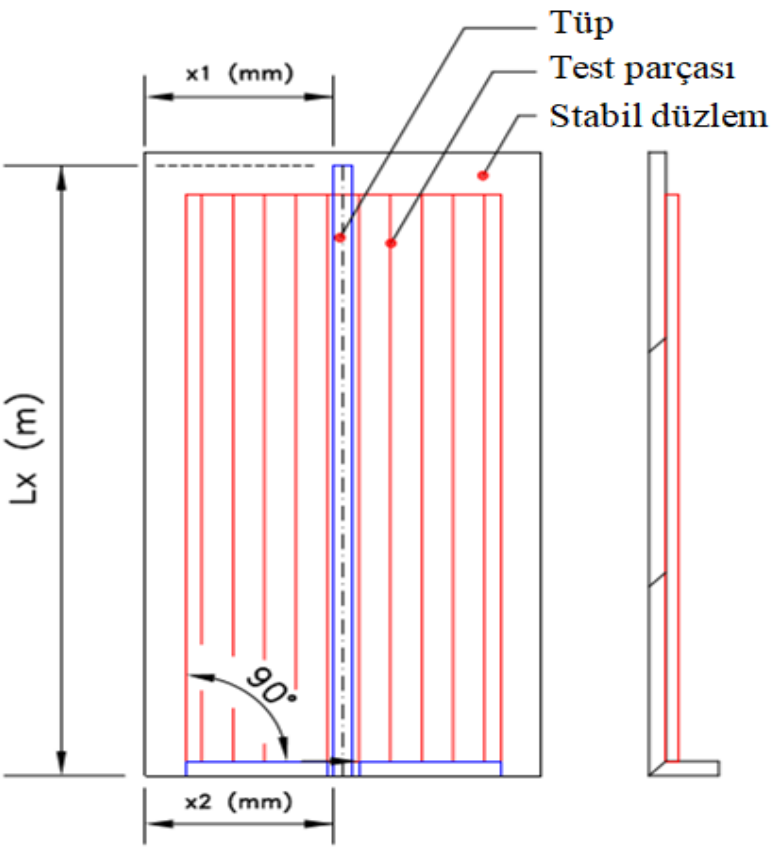
Karelik:

Karelik *E*, 4 mm / m'den daha az ya da eşit olmalıdır. Ekipman, Şekil 7'de gösterilmektedir ve tam 90° C açı ile ve altında kare bir kenarı olan stabil bir düzlem, oluklu bitüm levhanın uzunluğundan %5 daha uzunlukta ve olukların her iki yanına (kanadına) değen çapı olan bir tüp ve 0,5 mm bölmeleri olan bir hassas metal cetvelden oluşmaktadır. Oluklu bitüm levhası, levhanın oluklu ucu düzlemin ucundaki kare kenar üzerinde dursun diye stabil bir düzlem üzerine konacaktır. Tüp, oluklu bitüm levhanın ortasına oluğun bir vadisinin içine merkezi bir şekilde konacaktır. Tüpün kenarından stabil düzlemin kenarına olan mesafeler x_1 ve x_2 ölçülecektir (Şekil 7). Mesafe *Lx* daha sonra x_1 ve x_2 arasında ölçülür. Bundan sonra, oluklu bitüm levhası, levhanın diğer oluklu ucu kare kenarın karşısında dursun

diye döndürülecektir. Daha önceki ile aynı ölçümler alınacaktır. Test, oluklu bir bitüm levha üzerinde yürütülmektedir. Karelik *E*, aşağıdaki şekilde ölçülmektedir:

$$E = I\,(x_1 - x_2)\,I \;/\; Lx\ [\mathrm{mm}\,/\,\mathrm{m}]$$

Sonuç, ölçülen iki değerin aritmetik ortalamasıdır.



Şekil 3.21 : Karelik ölçümü düzeneği [132].

3.3.1.2 Mekanik özellikler

Aşağı doğru yükün altında eğilme:

Malzeme test edildiği zaman, 620 mm'lik bir kapsamının 1/200'ünün bir dönmesi için minimum yük, aşağıdaki şekilde olacaktır:

— kategori R ≥ 1400 N / m^2

— kategori S > 700 N / m^2

Ekipman, Şekil 8'de gösterilmektedir. Aşağıdakilerden oluşmaktadır:

- Oluklu bitüm levhasından daha geniş olan güçlü yatay sıra;
- Minimum uzunluğu levhanın genişliğinden % 10 daha uzun olan dört kare tüp MSH 60 / 60 / 5;

- Levhanın genişliğinden % 10 daha uzun olan altı kanal 40 / 35 / 5 mm;
- Üç destek;
- Üç kare çubuk 20 / 20 mm x 40 mm;
- L-kirişi HEA 140 x 1 500 mm;
- 10 kN'lik bir güç tedarik edebilen hidrolik ya da elektro-mekanik silindir;
- L-kirişi ve silindir arasına monte edilmiş güç alıcısı;
- Üstte 20 mm'lik sabit bir disketli 0,01 mm'ye doğru olan bir elektronik genişleme (germe) cihazı;
- 0,5 mm bölmeleri olan hassas metal cetvel.

Şekil 3.22'ye ilişkin olarak, dört kare tüp sıra üzerine yerleştirilmiş, 620 mm'lik bir kapsama ayarlanmış ve sıraya uygun bir şekilde sabitlenmiştir. Oluklu bitüm levhası kare tüplerin üzerine yerleştirilmiş ve merkezi bir şekilde silindirin altına ayarlanmıştır. Düzenli olmayan bir profil olması halinde, bir oluğun en yakında olan alt kısmı her zaman silindirin merkezindedir. Üç destekli altı kanal, levhanın üzerine gevşek bir şekilde yerleştirilmiş ve ayarlanmıştır. L-kirişi için bir bağlantı yeri olarak her bir desteğin ortasına bir kare çubuk yerleştirilmiştir. Ön yükün toplam kütlesi, (60 ±5) kg'ye eşit olacaktır.

Genişletme (germe) cihazı, katı bir şekilde ve test parçasının altına dikey bir şekilde monte edilmiştir. Pozisyon, iki kare tüpün arasında tam ortada ve oluğun dibinde silindirin doğrudan merkezi altında olacaktır.

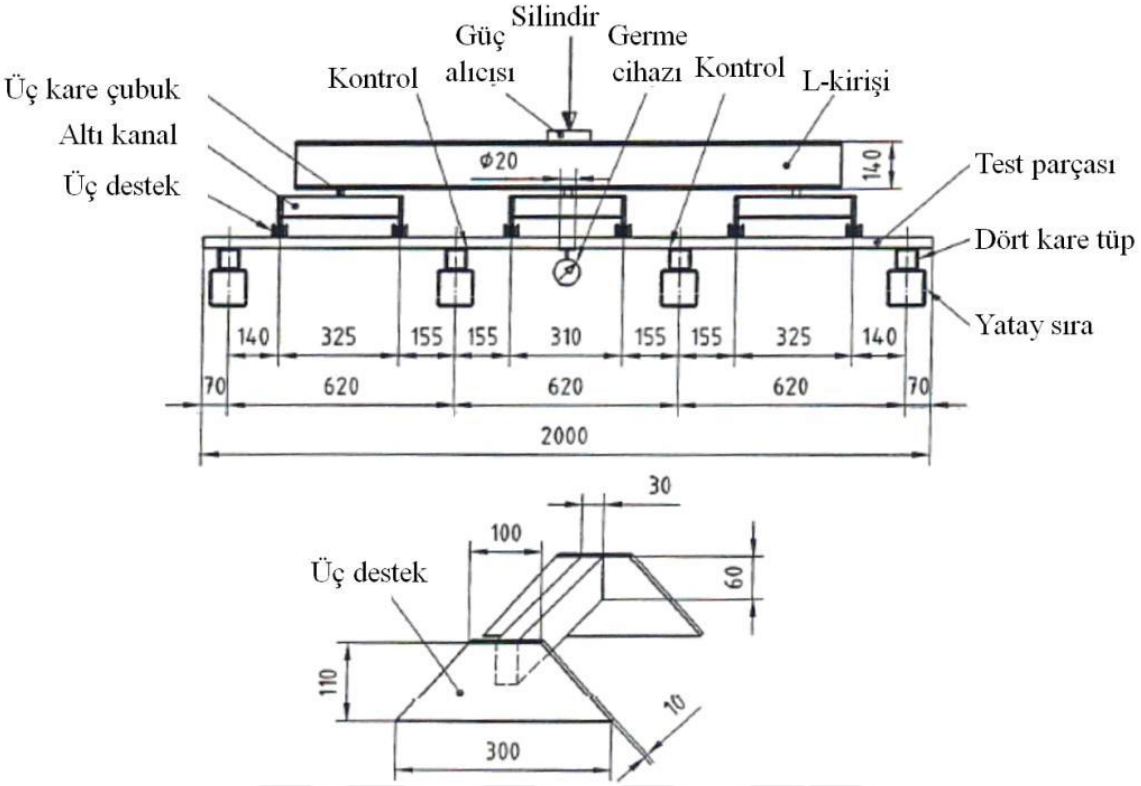
Altı kanalı, üç desteği, l-kirişi, güç alıcısını ve genişletme (germe) cihazı uyguladıktan sonra, oluklu bitüm levha ve iki merkezi kare tüp arasında boşluk olmadığından emin olun. Eğer bir boşluk varsa, oluklu bitüm levhası bu test için uygun değildir ve değiştirilecektir. Bu kontrol yapılır yapılmaz, elektronik genişletme cihazı sıfıra ayarlanır.

Yükün alanı:

Oluklu bitüm levhanın *w* genişliği, 7.1.2'ye göre testten önce ölçülür. Uzunluk, kare tüplerin arasındaki mesafenin üç katı, yani 3 x 620 mm = 1 860 mm olacaktır. Üzerine yükün dağıtıldığı alan, aşağıdaki şekilde hesaplanacaktır:

Yük alanı = w x 1 860 / 1 x 10^6 [m^2]

Tüm boyutlar milimetredir.



Şekil 3.22 : Aşağı doğru yükün altında eğilme düzeneği [132].

Silindirin hızı, 1 ila 3 mm/dak. arasında olacaktır. Güç ve genişletme (germe), sapma 4,0 mm'den büyük oluncaya kadar eş zamanlı olarak kaydedilecektir. Test, beş farklı oluklu bitüm levhanın üzerinde yürütülür. Sapmayı bir güç fonksiyonu olarak veren beş grafik (her bir levha için bir tane) üretilecektir. Bu grafiklerden 3,1 mm'lik bir genişlemedeki (germedeki) bir güç okunacaktır. Aşağıdaki kullanılarak her bir levha için bir örnek yük hesaplanacaktır:

bir örnek yük = güç / yük alanı [N/m^2]

Sonuç, en yakın 10 N/m^2'ye ifade edilen beş oluklu bitüm levhasının aritmetik ortalamasıdır.

Darbe dayanımı:

Test edildiğinde, 620 mm'lik kapsamlı düşme yüksekliği aşağıdaki şekilde olacaktır:

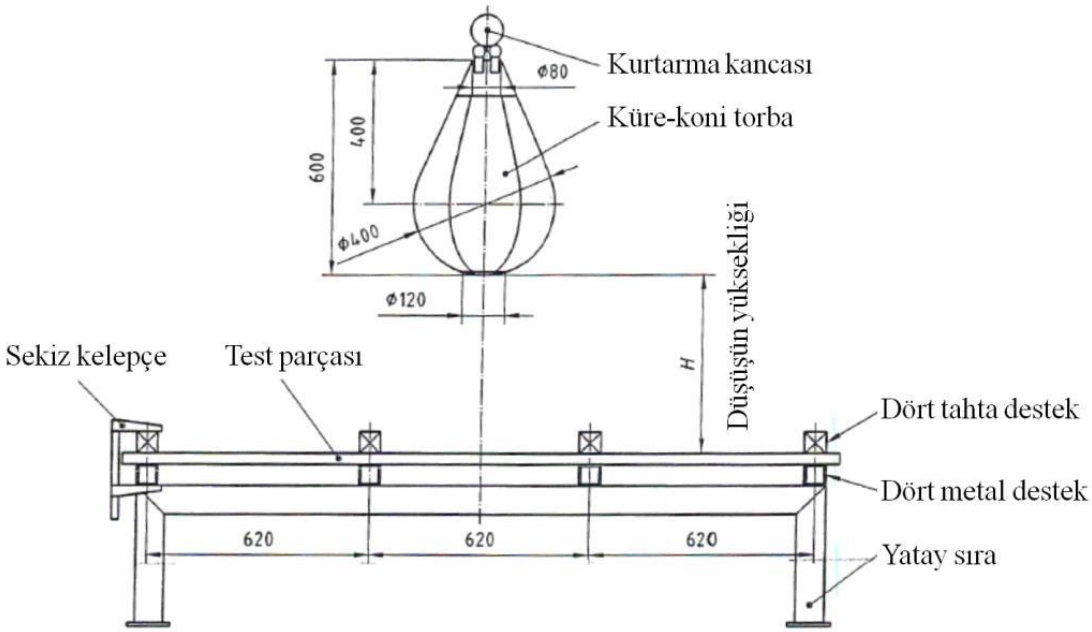
- kategori R = 400 mm;
- kategori S = 250 mm.

Bu gereksinim, dış duvar son işlem malzemeleri için ilişkili değildir.

Ekipman, Şekil 9'da gösterilmektedir ve aşağıdakilerden oluşmaktadır:

- minimum 700 mm yükseklikte güçlü yatay sıra;
- MSH 60 / 60 / 5 mm metal bir kare tüp profili 'den yapılmış dört destek;
- 60 / 60 mm tahtadan yapılmış dört destek;
- sekiz kelepçe;
- 40 kg toplam kütleye sahip olan kumla doldurulmuş küre-koni torba (ISO 7892);
- Kurtarma kancası.

Oluklu bitüm levha, yapının üzerine yerleştirilecek ve levhanın yüksekliği sıkıştırmadan, kelepçeler ve vidalar kullanılarak dört tahta destekle sabitlenecektir. Torba, kategoriye bağlı olarak torbanın dibi ve olukların tepesi arasında, iki destek arasında orta noktaya ve levhanın merkezine yerleştirilecektir. Torba, herhangi bir başlangıç momentumu olmadan serbest bırakılacaktır. Test, beş farklı oluklu levha üzerinde yürütülmektedir.



Şekil 3.23 : Darbe dayanımı testi düzeneği [132].

Levhanın, torbanın darbesine dayanması beklenmektedir. Torba, levhanın içinden tamamen geçerse, test başarısız olmuş sayılacaktır. Testin geçmesi için, testte kullanılan beş adet oluklu levhanın tümünün testi geçmesi gerekmektedir.

Test ortamı 23ºC'ye şartlandırılmış olmalıdır. Test edilecek malzemeler, test sahasında en az 24 saatşartlandırılmış olmalıdır. Test süresince ortam ısısında farklılaşma olmaması için gerekli önlemler alınmalıdır.

Yırtılma dayanımı

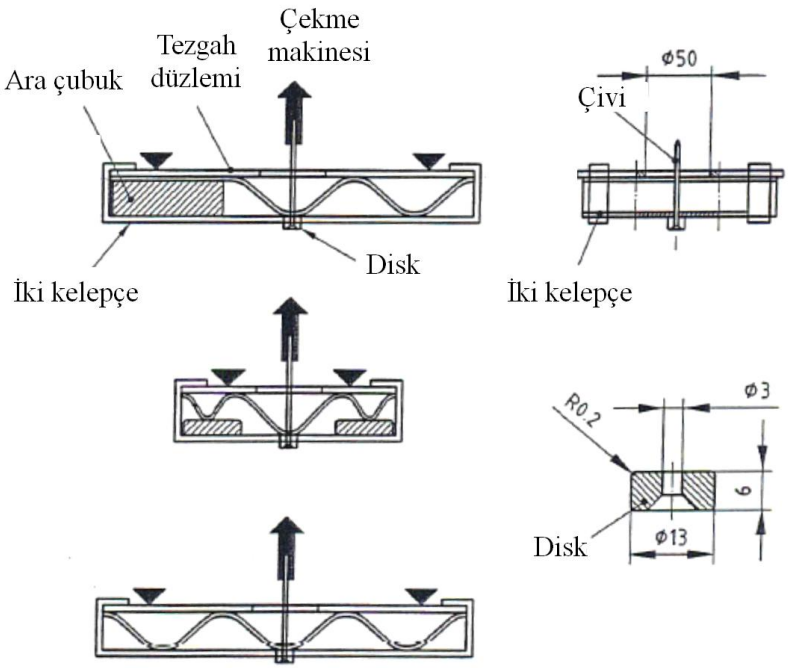
Yırtılma eşiği aşağıdaki değerlerden daha büyük olacaktır:

-kategori R = 200 N; - kategori S = 150 N

Burada, çeşitli oluk yüksekliklerindeki oluklu bir bitüm levhası durumunda, üretici sabitleme için hangi oluğun kullanılması gerektiğini belirler ve sadece bu oluk test edilmek zorundadır.

Test ekipmanı, Şekil 10'da gösterilmektedir ve aşağıdakilerden oluşmaktadır:

- 50 mm/dak'lık çekme makinesi;
- ortasında 50 mm'lik bir deliği olan tezgah düzlemi;
- test parçasının hareket etmesini önlemek için iki kelepçe;
- test parçasının hareket etmesini önlemek için ara çubuk;
- 13 mm'lik bir çapı ve minimum 6 mm'lik kalınlığı olan çelik disk;
- 3 mm'lik bir çapı olan bir çivi.



Şekil 3.24 : Yırtılma dayanımı testi [132].

Test parçasının merkezi oluğunun ortasına delinen 3 mm'lik bir delik. Disk, oluğun tepesi üzerinde duracak şekilde çivi, merkezi oluğun ortasına yerleştirilmiştir. Çivinin kolu, çekme makinesinin ağzına sabitlenmiştir. Diski test parçasının içinden çekmek için gereken maksimum güç ölçülecektir. Test, beş farklı oluk üzerinde yürütülmektedir. Eğer bir üretici, belirli bir oluğun çivilenmek zorunda olduğunu beyan ederse, her bir levha üzerinde sadece o oluk test edilecektir. Sonuç, en yakın Newton'a ifade edilen beş ölçümün aritmetik ortalamasıdır. Tüm boyutlar milimetredir.

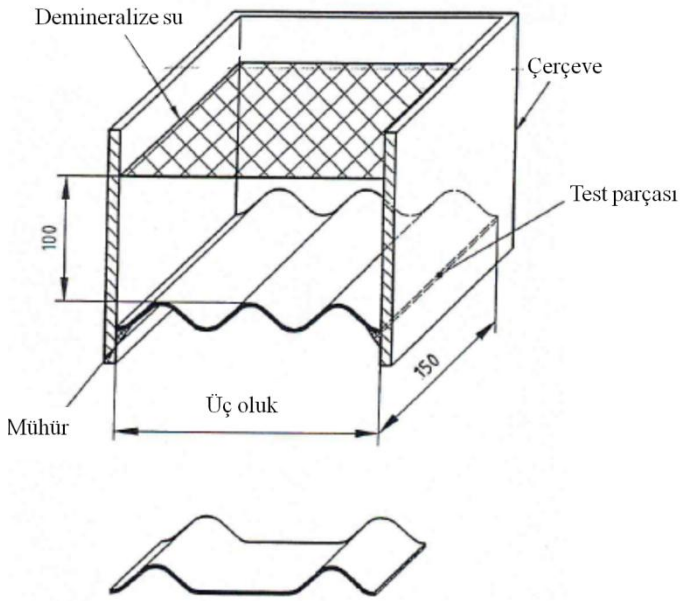
3.3.1.3 Fiziksel özellikler

Su geçirmezliği

Test edildiğinde, 48 saat sonra levhanın içinden hiç bir su damlası geçmeyecektir.

Ekipman, Şekil 11'de gösterilmektedir ve test parçasına ve bir mühre adapte edilen bir çerçeveden oluşmaktadır. Demineralize (metalleri ayrılmış) su da kullanılmaktadır. Çerçeve, test parçasının etrafına yerleştirilecek ve test parçası ile çerçevenin duvarları arasındaki kenarlar su geçirmeyecek şekilde mühürlenecektir.

Bu kabın içine oluğun tepesinden yukarıda 100 mm'lik bir yüksekliğe demineralize su dökülecektir. Suyun sıcaklığı (23 ± 2) ^{o}C olacaktır.



Şekil 3.25 : Su geçirgenlik testi [132].

Sonuçtaki test örneği, laboratuvar koşullarında, sıcaklık (23 ± 3) ^{o}C'de (48 ± 2) sa. Boyunca bırakılacak ve bundan sonra herhangi bir su geçirgenliği olup olmadığını görmek için test parçasının alt kısmı incelenecektir.

Test, bir örneğin üzerinde yürütülmektedir.

Görsel değerlendirme kullanılarak testin geçmiş ya da kalmış olduğu sonucuna varılacaktır.

Bitümün oranı:

Test edildiğinde, bitüm içeriği, % 40'a eşit ya da daha büyük olacaktır. Özellikler, granüllerin ya da ince parçacıklar herhangi bir kaplama olmadan ölçülmektedir. Gerekli olan ekipman, bir bitüm çıkarıcı aparattan (örneğin Kumagawa ya da Soxhiet) ve bir kurutma kabininden oluşmaktadır. Test yapılabilmesi için metilen klorid, trikloroetilen veya toluen gereklidir.

Test parçaları, en az 48 saat boyunca 70°C'de kurutma kabinine konulacaktır. Test parçaları daha sonra en yakın 0,01 g'a tartılırlar ve bu, çıkarıcıdan önceki kütle olur. Test parçaları daha sonra sıcak çıkarma aparatına yerleştirilecektir ve çözücü berrak kalıncaya kadar çıkarma devam edecektir.

Test parçaları daha sonra çıkarılacaktır ve havalandırılmış bir kapağın altında çözücünün buharlaşmasına izin verilecektir. Çözücü buharlaştığında, test parçaları en az 12 saat boyunca 105°C'de kurutma kabinine konmaktadırlar. Test parçaları daha sonra en yakın 0,01 g'a tartılırlar ve bu, çıkarma işleminden sonraki kütle olur. Test, üç farklı örnek üzerinde yürütülmektedir. Bitüm içeriği, aşağıdaki kullanılarak hesaplanmaktadır:

içerik = [(çıkarma işleminden önceki kütle − çıkarma işleminden sonraki kütle) / çıkarma işleminden önceki kütle] x 100 [%].

Test edilen tüm üç örnek de gereksinimi karşıladığında test geçmiş olmaktadır

Kütle:

Ekipman, ± 10 g'lik bir hassas bir dengeden oluşmaktadır.

Her bir oluklu bitüm levhasının toplam kütlesi, levhanın uzunluğuna (7.1.1) ve genişliğine (7.1.2) bölünecektir.

Test, beş farklı oluklu bitüm levhası üzerinde yürütülmektedir.

Sonuç, en yakın 0,02 kg/m^2'ye ifade edilen ve test edilmiş tüm beş oluklu bitüm levhanın aritmetik ortalaması olacaktır.

Ürünün homojenliği:

Test edildiği zaman, bitümsüz 1 cm^2 'den daha büyük bir alan olmayacaktır.

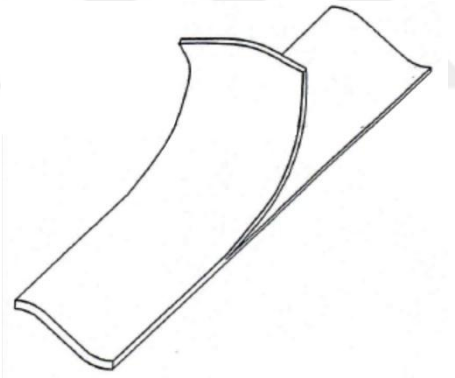
Ekipman, bir kesiciden oluşmaktadır.

Her bir test parçası, muhtemel en geniş yırtılmış yüzeyi ortaya çıkaracak şekilde elle (ya da bir kesici yardımıyla) soyulacaktır (bakınız Şekil 12).

Her bir yüzey, 1 cm^2'den daha geniş bitümsüz herhangi bir alan olup olmadığını görmek için kontrol edilecektir.

Test, on iki örnek üzerinde yürütülmektedir.

On iki örneğin tümü için, hiçbir yüzey 1 cm^2 'den daha geniş bitümsüz herhangi bir alan içermezse test geçmiş olur.



Şekil 3.26 : Ürünün homojenliği [132].

Su emilimi

Test edildiği zaman, su emilimi levhanın kütlesinin % 20'sinden daha az olacaktır.

Özellikler, granüllerin ya da ince parçacıkların herhangi bir kaplaması olmadan ölçülmektedir.

Ekipman, bir su banyosu, bir kurutma kabini ve bir dengeden oluşmaktadır. Demineralize su da gerekmektedir.

Test parçaları, kütleleri sürekli oluncaya kadar en az 48 saat boyunca 70°C'de kurutma kabinine konacaktır. Test parçaları, daha sonra en yakın 0,01 g'a tartılmakta ve bu da emilim öncesindeki kütle olmaktadır.

Test parçaları, daha sonra kesilmiş yüzeylerin korunması olmaksızın demineralize sulu bir konteyner içerisine yatay olarak yerleştirilecektir. Suyun sıcaklığı (23 ± 2) °C olacak ve seviyesi, oluğun tepesinin 100 mm yukarısında olacaktır. Test parçaları birbirine değmeyecektir.

(24 ± 1) saat sonra, test parçaları sudan çıkarılacak, yüzeyleri ise su damlaları varsa silinecektir.

Test parçaları, daha sonra en yakın 0,01 g'a tartılmakta ve bu da emilim öncesindeki kütle olmaktadır.

Test, üç örnek üzerinde yürütülmektedir.

Su emilimi, aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmaktadır:

emilim = [(emilimden sonraki kütle − emilimden önceki kütle) / emilimden önceki kütle] x 100 [%].

Bu test, tüm üç test örnekleri gereksinimi karşıladığında geçmiş olmaktadır.

Kayma direnci:

Pürüzlü yüzeyleri nedeniyle oluklu bitüm levhaları kaygan ürünler değildir.

Çatı üzerindeki yük taşıma kapasitesi:

Yük taşıma kapasitesi, bu ürün standardının kapsamına dâhil olmayan destek ve sabitleme yöntemine bağlıdır.

Not:Yük seviyesi, güvenlik seviyeleri ve izin verilebilen sapma (dönme), EUROCODES ve / veya ulusal inşaat yönetmeliklerinde tanımlanmaktadır .

3.3.1.4 Dayanıklılık

Donma / çözülme yıpranmasından sonra yırtılma dayanımı

Test edildiği zaman, yırtılma dayanımı başlangıçtaki eşik değerlerden daha düşük olmayacaktır (5.2.3).

İlk önce, her bir test parçası üzerinde don dayanımı koşullandırma prosedürü (7.4.4) uygulanacaktır. Son döngüden sonra, test parçaları 24 saat boyunca laboratuvar

koşullarında saklanacaktır ve daha sonra yırtılma dayanımı testi (7.2.3) uygulanacaktır.

Test, beş örnek üzerinde yürütülmektedir.

Sonuç, en yakın Newton'a ifade edilen beş ölçümün ortalamasıdır.

Donma / çözülme yıpranmasından sonra su sızdırmazlığı :

İlk önce, test parçası üzerinde don dayanımı koşullandırma prosedürü (7.4.4) uygulanacaktır. Son döngüden sonra, test parçaları laboratuvar koşullarında en az 24 saat boyunca saklanacaktır ve daha sonra su sızdırmazlık testi (7.3.1) uygulanacaktır. (48 ± 2) saat sonra, herhangi bir su sızmasının olup olmadığını görmek için test parçasının alt tarafı incelenecektir.

Test, bir örnek üzerinde yürütülmektedir.

Görsel değerlendirme kullanılarak testin geçmiş ya da kalmış olduğu belirlenecektir.

Ttest edildiği zaman, 48 saat sonra levhanın içinden hiç bir su damlası geçmeyecektir.

Termal katsayı:

T test edildiği zaman, α'nın değeri 100 x 10^{-6} 1/K'dan daha az olacaktır.

Ekipman, iki küçük iğne, bir ısıtma haznesi ve bir sürmeli kumpastan oluşmaktadır.

Test parçasının kenarı üzerine 200 mm açıklıkla iki iğne takılacaktır. İğneler arasındaki açıklık, ± 0,1 mm'lik bir doğrulukla sürmeli kumpas vasıtasıyla ölçülecektir.

Test parçası daha sonra (73 ± 2) ^{o}C'ye ısıtılmış ve (4 ± 1) saat boyunca bu sıcaklıkta tutulmuş olan ısıtma haznesine yerleştirilecektir. Test parçası daha sonra dışarı çıkarılacaktır ve iki iğne arasındaki mesafe sürmeli kumpas ile derhal ölçülecektir.

Test, iki örnek üzerinde yürütülmektedir.

Termal katsayı α, aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanacaktır:

α = (ısıtmadan sonraki uzunluk − ısıtmadan önceki uzunluk) / (ısıtmadan önceki uzunluk x ΔT) [1 / K].

Sonuç, 10^{-6} 1/K olarak ifade edilen iki ölçümdür.

Don dayanımı koşullandırması:

Ekipman, bir su banyosu, +50'yi sürdürebilen havalandırılmış bir fırın ve −20°C'yi sürdürebilen bir dondurucudan oluşmaktadır. Demineralize su da kullanılabilir.

Test parçaları, kesik yüzeylerin koruması olmaksızın demineralize suyun olduğu bir konteynerın içine yatay bir şekilde yerleştirilir. Suyun sıcaklığı (23 ± 2) °C ve suyun seviyesi, olukların tepesinin 100 mm yukarısında olacaktır. Test parçaları, birbirlerine değmeyecektir.

Test parçası, yüzeyinden suyu silmeden sudan çıkarılacaktır.

Test parçası derhal su banyosundan −20°C'deki dondurucunun içine konacaktır.

Test parçası, derhal dondurucudan +50°C'deki havalandırılmış bir fırının içine konacaktır.

Test parçası, aşağıdaki döngülere tabi olacaktır:

− Adım 1: (24 ± 1) sa. boyunca emilim;

− Adım 2: aşağıdakilerin döngüsü:

- donma (16 ± 1) sa.;
- çözülme (4 ± 0,5) sa.;
- emilim 4 ± 0,5) sa.

Bu döngüyü 22 kez tekrar edin.

− Adım 3: son döngü:

- (16 ± 1) sa. donma ;
- (72 ± 2) sa. Çözülme.

Bu teste ara verilmesi halinde, döngü sadece donma döngüsü sırasında durdurulabilir ve bu durumda, test parçası dondurucunun içinde bırakılacaktır.

3.3.1.5 Yangın performansı

Yangına tepki:

Bu özellik, düzenleyici gereksinimlere tabi olduğu zaman ilan edilecektir ve bu gibi gereksinimlere tabi olmadığı zaman ilan edilebilir. Üreticinin, oluklu bitüm levhalarının dış yangın performansı ile ilgili bir duyuru yapmak istediğinde (örneğin,

düzenleyici gereksinimlere tabi oldukları zaman), levhalar test edilecek ve 7.5.2'ye göre sınıflandırılacaktır.

Gereken yerde, oluklu bitüm levhalarının yangına reaksiyonu EN 13501-1'deki hükümlere göre test edilecektir ve sınıflandırılacaktır. Belirli bir test yönteminin gerektirdiği yerde, ürünler test aparatına ürünün amaçlanan nihai kullanım koşullarını temsil eden bir şekilde monte edilecek ve sabitlenecektir.

Dış yangın performansı:

Gereken yerde, oluklu bitüm levhalarının dış yangın performansı ENV 1187'de açıklanan yöntemlerden biri ya da daha fazlasına göre test edilecektir ve EN 13501-5'in hükümlerine göre sınıflandırılacaktır. Ürünler test aparatına ürünün amaçlanan nihai kullanım koşullarını temsil eden bir şekilde monte edilecek ve sabitlenecektir.

Test havalandırılan kapalı bir ortamda yapılmalıdır. Test sahasında gerekligüvenlik tedbirleri alınmalıdır. Testte istenirse, gerçeğe çok yakın rüzgar etkisi sağlanabilmelidir.

3.3.1.6 Uygunluk değerlendirilmesi

Oluklu bitüm levhalarının bu standardın gereksinimlerine ve belirtilen değerlere uyumu, aşağıdakilerle gösterilecektir:

─ başlangıç tipi test etme;

─ ürün değerlendirmesi dâhil olmak üzere üretici tarafından yapılan fabrika üretim kontrolü.

Test etme amacıyla oluklu bitüm levhaları, bir ailedeki (gruptaki) herhangi bir üründen verilen bir özellik için olan sonuçların o grup içerisindeki diğer tüm ürünleri temsil edici olduğunun düşünüldüğü grupların içine gruplandırılabilir.

Başlangıç tipi test etme:

Başlangıç tipi test etme, bu standarda uyumu göstermek için uygulanacaktır. Bu standardın hükümlerine uygun bir şekilde daha önceden yapılan testler (aynı ürün, aynı özellik(ler), test yöntemi, örnekleme prosedürü, uygunluk onayı sistemi, vs.) dikkate alınabilir. Ek olarak, yeni bir oluklu bitüm levhalar tipinin başlangıcında

(aynı ailenin bir üyesi olmadıkça) ya da yeni bir üretim yönteminin başlangıcında (bu durum, belirlenen özellikleri etkileyebilir) başlangıç tipi test etme uygulanacaktır.

Başlangıç tipi test etme için ürünler, Madde 6'ya göre örneklenecek ve koşullanacaktır. Tüm tip testlerinin sonuçları kaydedilecek ve ilgili oldukları ürünlerin son üretim tarihlerinden sonra en az 10 yıl boyunca üretici tarafından saklanacaktır. Oluklu bitüm levhalarında, bileşenlerin tedarikçisinin ham maddesinde ya da özelliklerin bir ya da daha fazlasının önemli ölçüde değiştirileceği üretim işleminde bir değişiklik olur olmaz, uygun özellik(ler) için tip testleri tekrar edilecektir.

Fabrika üretim kontrolü:

Üretici, piyasaya konan ürünlerin belirtilen performans özelliklerine uymasını sağlamak için bir FPC sistemi kuracak, belgelendirecek ve sürdürecektir. FPC sistemi, prosedürlerden, düzenli incelemelerden, testlerden ve / veya değerlendirmelerden ve ham ve diğer giren malzemeleri ve diğer bileşenleri kontrol etmek için sonuçların kullanımından, ekipmandan, üretim sürecinden ve üründen oluşacaktır.

EN ISO 9001'in gereksinimlerine uyan ve bu standardın gereksinimlerine özelleştirilen bir FPC sisteminin yukarıdaki gereksinimleri yerine getirdiği düşünülmektedir.

Herhangi bir eylemin alınacağı eylem gerektiren incelemelerin, testlerin ya da değerlendirmelerin sonuçları kaydedilecektir. Kontrol değerlerinin ya da kriterlerin yerine getirilmediğinde atılacak asım kaydedilecektir.

Tüm tartma, ölçme ve test etme ekipmanları, belgelendirilmiş prosedürlere, sıklıklara ve kriterlere göre kalibre edilecek ve düzenli bir şekilde incelenecektir.

Tüm giren ham maddelerin ve bileşenlerin özellikleri, uygunluklarını garantilemek için inceleme programlarının yapılacağı üzere belgelendirilecektir.

Herhangi bir ürünün herhangi bir uyumsuzluk durumunda, o ürün karantinaya alınacak ve uyumsuzluğun sebebini düzeltmek için önlem alınacaktır. Bunun ardından problem çözülünceye kadar ürünler sevk edilemez.

Fabrika üretim kontrolü için minimum test etme sıklığı, Çizelge 3.17'de gösterilmektedir.

Fabrika üretim kontrolünde, söz konusu ürün için istatistiksel bir ilişki oluşturulabilirse bu standartta açıklanan yöntemin yerine dolaylı yöntemler kullanılabilir.

Oluklu bitüm levhalarının paketleri ve/veya yanındaki ticari belgeler aşağıdaki bilgileri içerecektir:

a) Ürünün ticari markası ya da ürünün tanınması için kullanılan diğer sembol;
b) Bu standardın numarası (EN 534);
c) Oluklu bitüm levhalarının nominal uzunluğu ve genişliği;
d) Oluğun tepesi ve/veya süresi;
e) Oluğun yüksekliği;
f) Sabitleme için kullanılan oluklar (ilgili ise).

Teslim edilen her bir ünitedeki oluklu bitüm levhalarının minimum %40'ı en azından üretim tarihi ile kalıcı bir şekilde işaretlenecektir (gün, ay, yıl ya da özel kod). Baskı teknolojisindeki gelişmelere bağlı olarak, ürün üzerine lazer baskı tekniği ile kalıcı barkod baskısı yapılabillir. Üründeki deformasyonlar ve yüzey bozuklukları da optik tarama aletleri ile tespit edilmeli ve standart dışı ürünlerin stok alanına gitmesi engellenmelidir. Ayrıca üretim sırasında belirli periyotlarla ağırlık kontrolu yapılmalı, standart tolerans değerleri içinde kalmayan ürünlerin ıskartaya ayrılması sağlanmalıdır.

Üretim sırasında oluşan deformasyon, çatlama, kırılma, delinme, v.b. kusurlar belirli aralıklarla değerlendirilmeli, çıkış nedenleri araştırılmalı ve kusurların giderilmesi için gerekli önlemler alınmalıdır. Düzeltilmesine rağmen tekraroluşan kusurlar özelolarak incelenmeli ve gerekirse üretim makinasında tadilata gidilmelidir.

Üretimde sorun çıkması halinde, üretim sahası içinde, üretimde çalışanların toplanıp değerlendirme yapabilecekleribir işistasyonu yer almalıdır. Böylelikle birçok üretim sorunu, büyümeden ve daha büyük sorunlara yolaçmadan kolaylıkla çözülebilir.

Üretim sırasında dikkat edilmesigereken en önemlikonulardan biri de işçisağlığıve iş güvenliğidir. Üretimde çalışanları kişisel koruyucu donanımlara sahip olmadan üretim sahasına girmeleri engellenmeli ve bu konuçok sıkıbirşekilde denetlenmelidir.Üretim shasında hertürlü uyarı tabelalarıkolaylıkla görünebilir yerlere asılmalıdır.

Çizelge 3.16 : Test numunelerinin örneklendirilmesi ve Koşullandırılması [132].

		Örneklerin sayısı	Örneklerin genişliği	Örneklerin uzunluğu	Koşullandırma
7.1 Geometrik özellikler					
7.1.1	Uzunluk				
7.1.2	Genişlik	3	Tüm levha	Tüm levha	Gereken A[a]
7.1.3	Kalınlık				
7.1.4	Oluğun yüksekliği				
7.1.5	Oluğun derecesi				
7.1.6	Karelik	1	Tüm levha	Tüm levha	Gereken A[a]
7.2 Mekanik özellikler					
7.2.1	Aşağıya doğru yükün altında eğilme	5	Tüm levha		Gereken B
7.2.1	Aşağıya doğru yükün altında eğilme	5	Tüm levha		Gereken B
7.2.2	Darbe kuvveti	5	Tüm levha		Gereken B
7.2.3	Yırtılma dayanımı	5	3 oluk. [b]	150 mm	Gereken B
7.3 Fiziksel özellikler					
7.3.1	Su geçirmezlik	1	3 oluk. [b]	150 mm	Gereken A[a]
7.3.2	Bitümün oranı	3	50 mm	100 mm	Gereken A[a]
7.3.3	Kütle	3	Tüm levha		Gereken B[a]
7.3.4	Ürünün homojenliği	1 2	½ [b]	200 mm	Gereken A[a]
7.3.5	Su emilimi	3	2 oluk[b]	200 mm	Gereken B[a]
7.4 Dayanıklılık					
7.4.1	Donma / çözülme yıpranmasından sonra yırtılma dayanımı	5	3 oluk [b]	150 mm	Gereken A[a]
7.4.2	7.4.2 Donma / çözülme yıpranmasından sonra su sızdırmazlığı	1	3 oluk [b]	150 mm	Gereken A[a]
7.4.3	Termal katsayı	2	1 oluk.	250 mm	Gereken B[a]

Çizelge 3.17 : Fabrika üretimi kontrol testi için minimum sıklıklar.

		FPC'nin sıklığı (üretim zamanı)
7.1 Geometrik özellikler		
7.1.1	Uzunluk	24 saat
7.1.2	Genişlik	24 saat
7.1.3	Kalınlık	hafta
7.1.4	Oluğun yüksekliği	hafta
7.1.5	Oluğun derecesi (eğimi)	hafta
7.1.6	Karelik	hafta
7.2 Mekanik özellikler		
7.2.1	Aşağı doğru yükün altında eğilme	yıl
7.2.2	Darbe dayanımı	yıl
7.2.3	Yırtılma dayanımı	yıl
7.3 Fiziksel özellikler		
7.3.1	Su geçirmezlik	yarı yıl
7.3.2	Bitümün oranı	8 sa.
7.3.3	Kütle	8 sa.
7.3.4	Ürünün homojenliği	hafta
7.3.5	Su emilimi	ay
7.4 Dayanıklılık		
7.4.1	Donma / çözülme yıpranmasından sonra yırtılma dayanımı	a)
7.4.2	Donma / çözülme yıpranmasından sonra su sızdırmazlığı	a)
7.4.3	Termal katsayı	a)
7.5 Yangın performansı		
7.5.1	Yangına tepki	a)
7.5.2	Dış yangın performansı	a)

a) Dayanıklılık) için FPC amaçları için doğrudan test etme gerekmez. Ancak ürünün bileşimi, başlangıç tipteki test etme geçerli olarak kalacak şekilde üreticinin FPC dokümantasyonunda belirlenen özellikler içerisinde tutulacaktır.

Çizelge 3.18 : Çatılarda oluklu bitüm levhaları için ilgili maddeler.

Ürün: Oluklu bitüm levhaları **Amaçlanan kullanım:** Binalar için kesintili bir şekilde döşenen çatı kaplamaları			
Temel özellikler	**Bu Avrupa Standardındaki gereksinim maddeleri**	**Seviyeler ve sınıflar**	**Notlar**
Aşağıya doğru yükün altında eğilme	5.2.1	–	Eşik değeri: $R \geq 1400$ N/m^2 $S > 700$ N / m^2
Yırtılma dayanımı	5.2.3	–	Eşik değeri: R = 200 N, S = 150 N
Su geçirmezlik	5.3.1	–	Başarılı / başarısız
Donma / çözülme yıpranmasından sonra yırtılma dayanımı	5.4.1	–	Eşik değeri: R = 200 N, S = 150 N
Donma / çözülme yıpranmasından sonra su sızdırmazlığı	5.4.2	–	Başarılı / başarısız
Termal katsayı	5.4.3	–	Eşik değeri: $A < 100 \bullet 10^{-6}$ 1/K
Yangına tepki	5.5.1	Bakınız EN 13501-1	
Dış yangın performansı	5.5.2	Bakınız EN 13501-5	

3.3.2 Modifiye bitümlü örtülerin fiziksel özellikleri

3.3.2.1 Görsel kusurlar

Mamulün görsel kusurlarının bulunmadığı, EN 1850-1'e uygun olarak tayin edilmelidir.

3.3.2.2 Boyutlar, toleranslar ve birim alan başına kütle

Örtünün; uzunluk, genişlik ve doğrultudan sapması EN 1848-1'e uygun olarak tayin edilmelidir. Örtünün uzunluk ve genişliği, imalâtçının sınırlandırma değerinden daha kısa olmamalıdır. Doğrultudan sapmanın en büyük değeri, 10 m uzunluk için 20 mm'yi veya diğer uzunluklar için orantılı değerleri (örneğin, 5 m uzunluk için 10 mm gibi) aşmamalıdır. Mamulün birim alan başına kütlesi ile tanımlanması

durumunda, birim alan başına kütle EN 1849-1'e uygun olarak tayin edilmeli, bunun dışında numune 100 mm x 100 mm olmalı ve sonuçlar imalâtçının toleransı ile birlikte beyan ettiği değer aralığının içerisinde olmalıdır. Mamulün kalınlığı ile tanımlanması durumunda, kalınlık EN 1849-1'e uygun olarak tayin edilmeli ve sonuçlar imalâtçının toleransı ile birlikte beyan ettiği değer aralığının içerisinde olmalıdır. Mineral koruma içeren örtülerin kalınlığı ile tanımlanması durumunda, kalınlık ölçümü granüllerin bulunmadığı kenar üzerinden yapılabilir. Bu durum rapor içerisinde beyan edilmelidir.

3.3.2.3 Su geçirimsizlik

Su geçirimsizlik; 10 kPa (0,1 bar) uygulamalı su basıncında, metot A veya B kullanılarak EN 1928:2000'e uygun olarak tayin edilmeli ve "geçti" deney sonucu vermelidir.

3.3.2.4 Dış yangın performansı

Dış yangın performansının beyan edilmesi isteğe bağlıdır. İstenirse mamul, prEN 13501-5'e uygun olarak test edilmeli ve sınıflandırılmalıdır. Tanımlanan sistemin sağlama kriterini (bkz. 2000/553/EC sayılı komisyon kararı) karşıladığı addediliyorsa, test yapılması gerekmemektedir.

3.3.2.5 Yangına tepki

Gerekmesi durumunda mamul EN 13501-1:2002'de verilen çizelge 1'e uygun olarak test edilmeli ve sınıflandırılmalıdır. EN ISO 11925-2'e uygun olarak test yapılırken mamul, yüzeye alev tatbik edildiği şartlar altında test edilmelidir.

3.3.2.6 Ek yeri dayanımı

Ek yerlerinin soyulma direnci EN 12316-1'e uygun olarak tayin edilmeli ve sonuçlar imalâtçının toleransı ile birlikte beyan ettiği değer aralığının içerisinde olmalıdır.

Ek yerlerinin kayma direnci tüm tek katlı uygulamalar için EN 12317-1'e uygun olarak tayin edilmeli ve sonuçlar tolerans ile birlikte beyan edilen değer aralığının içerisinde olmalıdır.

3.3.2.7 Su buharı özellikleri

Gerekmesi durumunda taşıyıcılı bitümlü örtülerin su buharı difüzyon direnç faktörü μ, EN 1931'e uygun olarak tayin edilebilir. Eğer μ faktörü tayin edilmemişse, hesaplama amaçlı olarak 20.000 değeri kullanılabilir.

3.3.2.8 Çekme özellikleri

Çekme özellikleri; EN 12311-1'e uygun olarak tayin edilmeli ve sonuçlar (boyuna ve enine yönler için) tolerans ile birlikte beyan edilen değer aralığının içerisinde olmalıdır.

3.3.2.9 Darbeye karşı direnç

Darbeye karşı direnç; EN 12691'e uygun olarak tayin edilmeli ve karşı koyulan en küçük çapın sınırlandırma değerine eşit veya ondan daha düşük olduğu gösterilmelidir.

3.3.2.10 Statik yüklere karşı direnç

Statik yüklere karşı direnç; EN 12730:2001'e uygun olarak A metoduna göre tayin edilmeli ve sonuçlar sınırlandırma değerine eşit veya daha büyük olmalıdır.

3.3.2.11 Yırtılmaya karşı direnç (çivi ile)

Yırtılmaya karşı direnç (çivi ile); EN 12310-1'e uygun olarak tayin edilmeli ve sonuçlar tolerans ile birlikte beyan edilen değer aralığının içerisinde olmalıdır.

3.3.2.12 Boyutsal kararlılık

Boyutsal kararlılık; EN 1107-1'e uygun olarak tayin edilmeli ve sonuçlar imalatçının sınırlandırma değerine eşit veya daha küçük olmalıdır. Bu deney sadece organik veya sentetik elyaflar (örneğin, jüt, kendir bezi, polyester, poliolefinler) içeren örtülere tatbik edilmelidir.

3.3.2.13 Çevrimsel sıcaklık değişikliği altında şekil kararlılığı

Çevrimsel sıcaklık değişikliği altında şekil kararlılığı; sadece metal folyo yüzey kaplamalı örtüler için EN 1108'e uygun olarak tayin edilmeli ve sonuçlar sınırlandırma değerine eşit veya daha küçük olmalıdır.

3.3.2.14 Düşük sıcaklıklarda esneklik (bükülgenlik)

Düşük sıcaklıklarda esneklik; EN 1109'a uygun olarak tayin edilmeli ve sonuçlar sınırlandırma değerine eşit veya daha düşük olmalıdır.

3.3.2.15 Yükseltilmiş sıcaklıklarda akma direnci

Yükseltilmiş sıcaklıklarda akma direnci; EN 1110'a uygun olarak tayin edilmeli ve sonuçlar sınırlandırma değerine eşit veya daha büyük olmalıdır.

3.3.2.16 Yapay yaşlandırma davranışı

Mamulün yapay yaşlandırma davranışının tanımlanması için özellikler, EN 1296'ya uygun olarak etki altında bırakılan 12 haftalık bir süreçten önce ve sonra tayin edilmelidir. İlgili özellikler; düşük sıcaklıkta esneklik ve yükseltilmiş sıcaklıkta akma direncidir. Düşük sıcaklıklarda esneklik; EN 1109'a (bkz. 5.2.17) uygun olarak tayin edilmeli ve sonuçlar tolerans ile birlikte beyan edilen değer aralığının içerisinde olmalıdır. Yükseltilmiş sıcaklıklardaki akma direnci; EN 1110'a (bkz. 5.2.18) uygun olarak tayin edilmeli ve sonuçlar tolerans ile birlikte beyan edilen değer aralığının içerisinde olmalıdır.

3.3.2.17 Granüllerin yapışması

Örtünün üst yüzeyinin mineral granüller ile korunduğu durumlarda, granül yapışması EN 12039'a göre tayin edilmeli, sonuçlar imalâtçının toleransı ile birlikte beyan ettiği değer aralığı içerisinde olmalı ve granül kütlesinin % 30'unu aşmamalıdır. Bu, örtü yüzeyindeki granüllerin %30 oranında dökülmesi halinde bile standart değerler içinde kalacağı anlamına gelmektedir. Granüller, üretim sırasında örtü üzerine dökülmekte ve 2 silindir arasından geçen örtü yüzeyine gömülerek yapışmaktadır. Örtü silindirler arasından geçerken, gömülen granüller arasına sıkışan granüller de örtü yüzeyinde kalmaktadır. Uygulamadan sonra, genleşmeler, büzüşmeler ve

yağmur etkisi ile bu granüllerin bir bölümü yüzeyden ayrılır. %30'dan fazla granül dökülmesi örtü yüzeyinde ultravioleden etkilenip bozulabilecek alanlar oluşmasına neden olur. Bu alanlar ıstılıp üzerlerine granül dökülüp bastırılarak tekrar granüllü hale getirilmelidir.

Çizelge 3.19 : Test edilecek özellikler [132].

Madde	**Test edilecek özellikler**		**Tek katlı uygulamalar için örtüler**
3.3.2.1	Görsel kusurlar		+
3.3.2.2	Boyutlar		+
3.3.2.3	Su geçirimsizlik		+
3.3.2.4	Haricî yangın performansı		+ [a]
3.3.2.5	Yangına tepki		+
3.3.2.6	Soyulma direnci		+ [b]
3.3.2.6	Kayma direnci		+
3.3.2.8	Çekme özellikleri		+
3.3.2.9	Darbeye karşı direnç		+
3.3.2.10	Statik yüklere karşı direnç		+
3.3.2.11	Yırtılmaya karşı direnç (çivi ile)		+[f]
3.3.2.12	Boyutsal kararlılık		+
3.3.2.13	Çevrimsel sıcaklık değişikliği altında şekil kararlılığı		+[c]
3.3.2.14	Düşük sıcaklıklarda esneklik		+
3.3.2.15	Yükseltilmiş sıcaklıklarda akma direnci		+
3.3.2.16	Yapay yaşlandırma davranışı	EN 1296	+
		EN 1297	+[e]
3.3.2.17	Granüllerin yapışması		+

Çizelge 3.20 : Fabrika imalât kontrolü için asgarî deney sıklıkları [132].

Mamulün özelliği	Madde	Asgarî test sıklığı			
		parti	hafta	ay	yıl
Görsel kusurlar	3.3.2.1	1			
Uzunluk ve genişlik	3.3.2.2	1			
Doğrultudan sapma	3.3.2.2		1		
Birim alan başına kütlesi veya kalınlık	3.3.2.2	1			
Su geçirimsizlik	3.3.2.3	a, k			
Haricî yangın performansı	3.3.2.4	a, b, k			
Yangına tepki	3.3.2.5	a, k			
Ek yeri dayanımı (soyulma direnci)	3.3.2.6	h, k			
Ek yeri dayanımı (kayma direnci)	3.3.2.6	d, k			
Çekme özellikleri	3.3.2.8			1[c]	
Darbeye karşı direnç	3.3.2.9	0 [a, k]			
Statik yüklere karşı direnç	3.3.2.10	0 [a, k]			
Yırtılmaya karşı direnç (çivi ile)	3.3.2.11				1 [c, e]
Boyutsal kararlılık	3.3.2.12				2 [c]
Çevrimsel sıcaklık değişikliği altında şekil kararlılığı	3.3.2.13				1 [i]
Düşük sıcaklıklarda esneklik (bükülgenlik)	3.3.2.14		1 [f, k]		
Yükseltilmiş sıcaklıklarda akma direnci	3.3.2.15		1 [f, k]		
Yapay yaşlandırma davranışı	3.3.2.16	0 [a, k]			
Granüllerin yapışması	3.3.2.17			1[g]	

Çizelge 3.21 : Deney bilgileri [132].

Özellik	Deney metodu / sınıflandırma	Birim	Sonucun ifade edilmesi [a]	Değer veya ifade [b]
Görsel kusurlar	EN 1850-1	-	Görsel kusurlar	
Uzunluk	EN 1848-1	m	MLV	
Genişlik	EN 1848-1	m	MLV	
Düzlük	EN 1848-1	-	Geçti	-
Alan başına kütle	EN 1849-1	Kg/m^2	MDV	
Kalınlık	EN 1849-1	mm	MDV	
Su geçirmezlik	EN 1928:2000, Metot A veya B	-	Geçti	-

Çizelge 3.21 (devam) : Deney bilgileri [132].

Düşük sıcaklıkta germeden sonra su geçirmezlik	EN 13897	%	MLV	
Haricî yangın performansı	ENV 1187	-	prEN 13501-5'e göre	Sistem(ler)in detayları verilmelidir.
Yangına tepki	EN 13501-1	-	EN 13501-1 (5.2.5.2'deki nota bakınız)	
Ek yerinin soyulma direnci	EN 12316-1	N/50 mm	MDV	
Ek yeri kayma direnci	EN 12317-1	N/50 mm	MDV	
Çekme özellikleri: azami çekme kuvveti	EN 12311-1	N/50 mm	MDV	
Çekme özellikleri: uzama	EN 12311-1	%	MDV	
Darbeye karşı direnç	EN 12691	mm	MLV	
Statik yüklere karşı direnç	EN 12730	kg	MLV	
Yırtılmaya karşı dayanım (çivi ile)	EN 12310-1	N	MDV	
Boyutsal kararlılık	EN 1107-1	%	MLV	
Çevrimsel sıcaklık değişikliği altında şekil kararlılığı	EN 1108	mm	MLV	
Düşük sıcaklıklarda esneklik	EN 1109	°C	MLV	
Yükseltilmiş sıcaklıklarda akma direnci	EN 1110	°C	MLV	
Uzun süre yüksek sıcaklıklara maruz bırakarak yapay yaşlandırma	EN 1296	Bakınız EN 1109 veya EN 1110	MDV	
Uzun süre UV ışınımı, yüksek sıcaklık ve suya maruz bırakarak yapay yaşlandırma	EN 1297	Bakınız EN 1850-1	Geçti	-
Granüllerin yapışması	EN 12039	%	MDV	

3.4. Yapım

Yapım, alt yapının ahşap, betonarme ve çelik olmasına göre farklılıklar gösterir. Türkiye'deki uygulamalarda genellikle ahşap alt yapı tercih edilmektedir.

3.4.1 Bitüm esaslı oluklu levhalar

Malzeme : Bitümlü oluklu levha, monoblok başlıklı çivi,

Araçlar : Keser, çekiç, betoncu kerpeteni, testere, kanca uçlu falçata

İşçilik : Usta, usta yardımcısı

3.4.1.1 Ahşap altyapı üzerine uygulama.

Ahşap çatı üzerine her renkte oluklu bitümlü levhalar ile çatı örtüsü yapılması.

Poz No: 18.247/1A (Mevcut ahşap kaplama üzerine)

Ölçü Birimi : m²

Kategori : R<= 1400 N/mm²

Yangın Sınıfı : Broof

Bitüm emdirilmiş oluklu levhalar, 95-97 cm genişlikte ve 200 cm uzunlukta üretilirler. Genel olarak 10 oluklu olmakla birlikte, 5, 6, ve 8 oluklu tipleri de üretilmektedir. Kırmızı, Yeşil, Kahverengi ve Kamuflaj rengi standard renkleridir. İstenirse, akrilik dış cephe boyası ile boyanabilirler.

Ahşap Çatılar Üzerine Uygulama Esasları:

Kaplama yüzeyi en az % 50 doluluktaki mevcut çıtalı veya tahta kaplı ahşap çatı üzerine her renkte oluklu bitümlü levhaların, döşeme işlemine hâkim rüzgâr yönüne ters yönden başlamak ve birbiri üzerine bindirilmek ve her yatay sırada (mahyaya paralel) düşey bindirmelerin (oluk bindirmelerinin) bir alt ve üst sıradaki levhaların ortasına gelecek şekilde şaşırtılarak, levha uçlarında (bindirmelerde) her olukta bir, levha ortalarında iki olukta bir olmak üzere (oluk tepelerinden) monoblok başlıklı galvanizli çivi ile m²'de en az 10 adet çivi gelecek gelecek şekilde çakılarak tespit edilmesi, baca dibi ve diğer sıva diplerinin su sızdırmayacak şekilde yalıtılması mahya elemanları ile mahyaların teşkili, mahya elemanlarının altta bulunan oluklu

levhanın her oluk tepe noktasından bir olmak üzere aynı tipte monoblok başlıklı galvanizli çivilerle tespit edilmesi.

Yapılacak bitüm emdirilmiş oluklu levha uygulaması için inşaat yerinde yükleme, yatay ve düşey taşıma, boşaltma, istifleme, her türlü malzeme (aletler, makina ve ekipman) ve zayiatı, sarf malzemesi (şalümo, gaz, v.b.), işçilik, SSK giderleri, araç ve gereç giderleri, yüklenici genel giderleri ve kârı birim fiyata dahil edilecektir.

Ölçü:

Meyilli yüzeyler üzerinden hesaplanır. 0,25m²'den büyük boşluklar düşülür. Varsa saçak alınları ölçüye dahil edilir.

Bindirme Boylarında Dikkat Edilmesi Gerekenler:

a- Eğimi % 20 ve üstünde olan çatılarda, enden bir oluk, boydan en az 15 cmdir.
b- Eğimi % 20nin altında olan normal rüzgarlı bölgelerdeki çatılarda: enden bir oluk, boydan en az 20 cm dir.

c- Eğimi % 20nin altında olan etkili rüzgarlı bölgelerdeki çatılarda; enden iki oluk, boydan en az 20 cmdir. Bindirmelerde 2 levha arasına bitümlü mastik sürülmelidir.

d- Eğimi % 15'den az olan çatılarda uygulanmaz.

e- Kordonlu olan tiplerde bindirme ölçüleri farklıdır. 2 kordonlu olanlar boyuna 8 cm, 1 kordonlu olanlar boyuna 10 cm bindirilerek uygulanırlar.

Saçaktan Çıkma:

Sürekli oluklu olan tiplerde saçak uçlarında en çok 7 cm (serbest çıkma) taşma yapılabilir. Oluk-düzlük şeklinde olanlarda saçak uçlarında en fazla 5 cm taşma yapılabilir.

Bölgenin etkili rüzgarlı sayılması, yetkili idarenin iznine bağlıdır.

Temin ve Taşıma:

Bitüm emdirilmiş lçatı kaplama levhaları ahşap palet üzerinde temin edilir ve depolanır. Bitüm emdirilmiş levhalar üstü kapalı alanlarda depolanmalıdır. Bina içinde depolamada doğrudan güneş etkisinden korunmalıdır.

İlgili Standartlar:

TS EN 534+A1

3.4.1.2 Betonarme altyapı üzerine uygulama.

Betonarme veya donatılı hazır (hafif veya normal agrega ile) beton plaklarla yapılmış mevcut çatı döşemesiüzerine, her renkte oluklu bitümlü levhalar ile çatı örtüsü yapılması.

Poz No: 18.253/1A (Betonarme çatılarda)

Ölçü Birimi: m²

Tanım:

Bitüm emdirilmiş oluklu levhalar, 97 cm genişlikte, 200 cm uzunlukta. Genel olarak 10 oluklu.

Çeşitleri:

Kırmızı, Yeşil, Kahverengi ve Kamuflaj renklerde.

Betonarme veya Teçhizatlı Beton Plak Çatılar Üzerine Uygulama Esasları:

Mevcut betonarme veya teçhizatlı hazır beton plaklardan (hafif veya normal agregalı) çatı döşemesi üzerine her renkte oluklu bitümlü levhaların döşeme işlemine hâkim rüzgâr yönüne ters yönden başlamak bir biri üzerine enden 1oluk, boydan en az 15cm bindirilmek ve her yatay sırada (mahya ya paralel) düşey bindirmelerin (oluk bindirmelerinin) bir alt ve bir üst sıradaki levhaların ortasına gelecek şekilde şaşırtılarak, levha uçlarında (bindirmelerde) her olukta bir, levha ortalarında iki olukta bir olmak üzere (oluk tepelerinden) Ø 5mm çaplı matkap ile betonarme çatı da dahil olmak üzere m² de en az 10 yerden delinmesi ve açılan bu deliklerden plastik rondelalı burgulu galvanizli çiviler ile levhanın çatıya monte edilmesi, baca dibi ve diğer sıva diplerinin su sızdırmayacak şekilde yalıtılması, mahya elemanları ile mahyaların teşkili, mahya elemanlarının altta bulunan oluklu levhanın her oluk tepe noktasından bir olmak üzere aynı tipte plastik rondelâlı burgulu galvanizli çivilerle tespit edilmesi.

Yapılacak bitüm emdirilmiş oluklu levha uygulaması için inşaat yerinde yükleme, yatay ve düşey taşıma, boşaltma, istifleme, her türlü malzeme (aletler, makina ve ekipman) ve zayiatı, sarf malzemesi (şalümo, gaz, v.b.), işçilik, SSK giderleri, araç ve gereç giderleri, yüklenici genel giderleri ve kârı birim fiyata dahil edilecektir.

Ölçü meyilli yüzeyler üzerinden hesaplanır. 0,25m²'den büyük boşluklar düşülür. Varsa saçak alınları ölçüye dahil edilir.

Tespit, Aşık Aralıkları ve Bindirme Boylarında Dikkat Edilmesi Gerekenler:
a- Eğimi % 20 ve üstünde olan çatılarda, enden bir oluk, boydan en az 15 cmdir.

b- Eğimi % 20nin altında olan normal rüzgarlı bölgelerdeki çatılarda: enden bir oluk, boydan en az 20 cm dir.

c- Eğimi % 20nin altında olan etkili rüzgarlı bölgelerdeki çatılarda; enden iki oluk, boydan en az 20 cmdir. Bindirmelerde 2 levha arasına bitümlü mastik sürülmelidir.

d- Eğimi % 15'den az olan çatılarda uygulanmaz.

Saçaktan Çıkma:

Saçak uçlarında en çok 7 cm (serbest çıkma) taşma yapılabilir. Bölgenin etkili rüzgarlı sayılması, yetkili idarenin iznine bağlıdır.

Temin ve Taşıma:

Bitüm emdirilmiş levhalar ahşap palet üzerinde temin edilir ve depolanır. İhraç edilecek olan bitüm emdirilmiş levhalar ilaçlı paletler üzerine istiflenir. Bitüm emdirilmiş levhalar üstü kapalı alanlarda depolanmalıdır. Uzun süre açık sahada depolanacak paletlerde, paletin su emmesi ile levhaların hasarlanmasını engellemek için gerekli önlemler alınmalıdır.

İlgili Standartlar: TS EN 534+A1

3.4.1.2 Çelik altyapı üzerine uygulama.

Çelik aşık üzerine her renkte oluklu bitümlü levhalar ile çatı örtüsü yapılması. Çatı ana taşıyıcıları çelikten başkamalzemelerden imal edilebilir. Sadece çatı kaplama malzemesinin üzerine tespit edildiği malzemeler çelik profil olabilir.

Poz No: 18.253/3A (Çelik çatılarda)

Ölçü Birimi: m²

Tanım:

Bitüm emdirilmiş oluklu levhalar, 97 cm genişlikte, 200 cm uzunlukta. 10 oluklu.

Çeşitleri:

Kırmızı, Yeşil, Kahverengi ve Kamuflaj renklerde.

Çelik Çatılar Üzerine Uygulama Esasları:

Mevcut çelik veya ön yapımlı betonarme kiriş üzerine her renkte oluklu bitümlü levhaların, döşeme işlemine hâkim rüzgâr yönüne ters yönden başlamak ve birbiri üzerine enden 1oluk ve boydan en az 15cm bindirilmek ve her yatay sırada (mahyaya paralel) düşey bindirmelerin (oluk bindirmelerinin) bir alt ve bir üst sıradaki levhaların ortasına gelecek şekilde şaşırtılarak döşenmesi, levha uçlarında (bindirmelerde) her olukta bir, levha ortalarında üç olukta bir olmak üzere (oluk tepelerinden) monoblok başlıklı matkap uçlu vidalarla matkap yardımı ile aşıklara tespiti, baca dibi ve diğer sıva diplerinin su sızdırmayacak şekilde yalıtılması, mahya elemanları ile mahyaların teşkili, mahya elemanlarının altta bulunan oluklu levhaların her olukta bir tepe noktasından levhaların tespit edildiği şekilde monoblok başlıklı matkap uçlu vidalarla mahya aşıklarına tespit edilmesi.

Yapılacak bitüm emdirilmiş oluklu levha uygulaması için inşaat yerinde yükleme, yatay ve düşey taşıma, boşaltma, istifleme, her türlü malzeme (aletler, makina ve ekipman) ve zayiatı, sarf malzemesi (şalümo, gaz, v.b.), işçilik, SSK giderleri, araç ve gereç giderleri, yüklenici genel giderleri ve kârı birim fiyata dahil edilecektir.

Ölçü meyilli yüzeyler üzerinden hesaplanır. 0,25m²'den büyük boşluklar düşülür. Varsa saçak alınları ölçüye dahil edilir.

Tespit, Aşık Aralıkları ve Bindirme Boylarında Dikkat Edilmesi Gerekenler:
a- Eğimi % 20 ve üstünde olan çatılarda, enden bir oluk, boydan en az 15 cmdir. Aşık aks aralığı en fazla 62 cm yapılacaktır.

b- Eğimi % 20nin altında olan normal rüzgarlı bölgelerdeki çatılarda: enden bir oluk,

boydan en az 20 cm dir. Aşık aks aralığı en fazla 45 cm yapılacaktır. c- Eğimi % 20nin altında olan etkili rüzgarlı bölgelerdeki çatılarda; enden iki oluk, boydan en az 20 cmdir. Bindirmelerde 2 levha arasına bitümlü mastik sürülmelidir.

d- Eğimi % 15'den az olan çatılarda uygulanmaz.

e- Düşük eğimlerde kullanımında gerekli yalıtımlar yapılmalıdır.

Saçaktan Çıkma:

Saçak uçlarında en çok 7 cm (serbest çıkma) taşma yapılabilir.

Bölgenin etkili rüzgarlı sayılması, yetkili idarenin iznine bağlıdır.

Temin ve Taşıma:

Bitüm emdirilmiş levhalar ahşap palet üzerinde temin edilir ve depolanır. Bitüm emdirilmiş levhalar üstü kapalı alanlarda depolanmalıdır.

İlgili Standartlar:

TS EN 534+A1

3.4.2. Bitüm esaslı kiremitler

Malzeme : Bitüm esaslı kiremit, monoblok başlıklı çivi

Araçlar : Keser, çekiç, betoncu kerpeteni, testere, kanca uçlu falçata

İşçilik : Usta, usta yardımcısı

3.4.2.1 Ahşap altyapı üzerine uygulama.

Ahşap çatı üzerine her renkte oluklu bitümlü kiremitler ile çatı örtüsü yapılması.

Poz No: 18.247/1A (Mevcut ahşap kaplama üzerine)

Ölçü Birimi : m²

Kategori : R<= 1400 N/mm²

Yangın Sınıfı : Broof

Tanım:

Oluklu bitümlü kiremitler, 107 cm genişlikte, 40 cm uzunlukta. Genel olarak 6 oluklu.

Çeşitleri:

Kırmızı, Yeşil, Kahverengi ve Terracotta renklerde

Ahşap Çatılar Üzerine Uygulama Esasları:

Kaplama yüzeyi en az 32cm aks aralıklı veya %100 kaplama tahtası kaplı ahşap çatı üzerine her renkte oluklu bitümlü kiremitlerin, döşeme işlemine hâkim rüzgâr yönüne ters yönden başlamak ve birbiri üzerine bindirilmek ve her yatay sırada (mahyaya paralel) düşey bindirmelerin (oluk bindirmelerinin) bir alt ve üst sıradaki levhaların ortasına gelecek şekilde şaşırtılarak döşenmesi, levha uçlarında (bindirmelerde) her olukta bir iki kordonun ortasından (oluk tepelerinden) monoblok başlıklı galvanizli çivi çakılarak tespit edilmesi, baca dibi ve diğer sıva diplerinin su sızdırmayacak şekilde yalıtılması mahya elemanları ile mahyaların teşkili, mahya elemanlarının altta bulunan oluklu levhanın her oluk tepe noktasından bir olmak üzere aynı tipte monoblok başlıklı galvanizli çivilerle tespit edilmesi. Yapılacak oluklu bitümlü kiremit uygulaması için inşaat yerinde yükleme, yatay ve düşey taşıma, boşaltma, istifleme, her türlü malzeme (aletler, makina ve ekipman) ve zayiatı, sarf malzemesi (şalümo, gaz, v.b.), işçilik, SSK giderleri, araç ve gereç giderleri, yüklenici genel giderleri ve kârı birim fiyata dahil edilecektir. Ölçü meyilli yüzeyler üzerinden hesaplanır. 0,25m²'den büyük boşluklar düşülür. Varsa saçak alınları ölçüye dahil edilir.

Bindirme boylarında dikkat edilmesi gerekenler:

a-Tüm eğimlerde bindirmeler enden bir oluk, boydan 8 cmdir. Bindirmelerde kordonların üst üste gelmesi sağlanmalıdır.

b-Etkili rüzgarlı bölgelerdeki çatılarda, bindirmelerde 2 levha arasına bitümlü mastik sürülmelidir.

c-Eğimi % 15 den az olan çatılarda uygulanmaz.

Saçaktan Çıkma:

Saçak uçlarında en çok 5 cm (serbest çıkma) taşma yapılabilir.

Bölgenin etkili rüzgarlı sayılması, yetkili idarenin iznine bağlıdır.

Temin ve Taşıma:

Bitümlü kiremitler ahşap palet üzerinde temin edilir ve depolanır. Bitümlü kiremitler üstü kapalı alanlarda depolanmalıdır.

İlgili Standartlar:

TS EN 534+A1

3.4.2.2 Betonarme altyapı üzerine uygulama.

Betonarme veya donatılı hazır (hafif veya normal agrega ile) beton plaklar ile yapılmış mevcut çatı döşemesi üzerine her renkte oluklu bitümlü kiremitler ile çatı örtüsü yapılması.

Poz No : 18.253/1A (Betonarme çatılarda)

Ölçü Birimi : m^2

Oluklu bitümlü kiremitler, 107 cm genişlikte, 40 cm uzunlukta. Genel olarak 6 oluklu. Kırmızı, Yeşil, Kahverengi ve Terracotta renklerde.

Betonarme veya Teçhizatlı Beton Plak Çatılar Üzerine Uygulama Esasları:

Mevcut betonarme veya teçhizatlı hazır beton plaklardan (hafif veya normal agregalı) çatı döşemesi üzerine her renkte oluklu bitümlü kiremitlerin döşeme işlemine hâkim rüzgâr yönüne ters yönden başlamak bir biri üzerine enden 1oluk, boydan en az 15cm bindirilmek ve her yatay sırada (mahya ya paralel) düşey bindirmelerin (oluk bindirmelerinin) bir alt ve bir üst sıradaki levhaların ortasına gelecek şekilde şaşırtılarak döşenmesi, levha uçlarında (bindirmelerde) her olukta bir iki kordonun ortasından (oluk tepelerinden) Ø5mm çaplı matkap ile betonarme çatı da dahil olmak üzere delinmesi ve açılan bu deliklerden plastik rondelalı burgulu galvanizli çiviler ile levhanın çatıya monte edilmesi, baca dibi ve diğer sıva diplerinin su sızdırmayacak şekilde yalıtılması, mahya elemanları ile mahyaların teşkili, mahya elemanlarının altta bulunan oluklu levhanın her oluk tepe noktasından bir olmak üzere aynı tipte plastik rondelâlı burgulu galvanizli çivilerle tespit edilmesi.

Yapılacak bitümlü kiremit uygulaması için inşaat yerinde yükleme, yatay ve düşey taşıma, boşaltma, istifleme, her türlü malzeme (aletler, makina ve ekipman) ve zayiatı, sarf malzemesi (şalümo, gaz, v.b.), işçilik, SSK giderleri, araç ve gereç giderleri, yüklenici genel giderleri ve kârı birim fiyata dahil edilecektir.

Ölçü meyilli yüzeyler üzerinden hesaplanır. 0,25m²'den büyük boşluklar düşülür. Varsa saçak alınları ölçüye dahil edilir.

Tespit, Aşık Aralıkları ve Bindirme Boylarında Dikkat Edilmesi Gerekenler:
a- Tüm eğimlerde bindirmeler enden bir oluk, boydan 8 cmdir. Bindirmelerde kordonların üst üste gelmesi sağlanmalıdır.

b- Etkili rüzgarlı bölgelerdeki çatılarda, bindirmelerde 2 levha arasına bitümlü mastik sürülmelidir.

c-Eğimi % 15 den az olan çatılarda uygulanmaz.

Saçaktan Çıkma:

Saçak uçlarında en çok 5 cm (serbest çıkma) taşma yapılabilir.

Bölgenin etkili rüzgarlı sayılması, yetkili idarenin iznine bağlıdır.

Temin ve Taşıma:

Bitümlü kiremitler ahşap palet üzerinde temin edilir ve depolanır. Bitümlü kiremitler üstü kapalı alanlarda depolanmalıdır.

İlgili Standartlar:

TS EN 534+A1

3.4.2.3 Çelik altyapı üzerine uygulama.

Çelik aşık üzerine her renkte oluklu bitümlü kiremitler ile çatı örtüsü yapılması.

Poz No : 18.253/3A (Çelik çatılarda)

Ölçü Birimi : m²

Tanım:

Oluklu bitümlü kiremitler, 107 cm genişlikte, 40 cm uzunlukta. Genel olarak 6 oluklu (Bitümlü kiremitler sadece1 firmatarafından üretildiği için farklı bir boyutu bulunmamaktadır).

Çeşitleri:

Kırmızı, Yeşil, Kahverengi ve Truva renklerde

Çelik Çatılar Üzerine Uygulama Esasları:

Mevcut çelik veya ön yapımlı betonarme kiriş üzerine her renkte oluklu bitümlü kiremitlerin, döşeme işlemine hâkim rüzgâr yönüne ters yönden başlamak ve birbiri üzerine enden 1oluk ve boydan en az 15cm bindirilmek ve her yatay sırada (mahyaya paralel) düşey bindirmelerin (oluk bindirmelerinin) bir alt ve bir üst sıradaki levhaların ortasına gelecek şekilde şaşırtılarak döşenmesi, levha uçlarında (bindirmelerde) her olukta bir iki kordonun ortasından (oluk tepelerinden)) monoblok başlıklı matkap uçlu vidalarla matkap yardımı ile aşıklara tespiti,, baca dibi ve diğer sıva diplerinin su sızdırmayacak şekilde yalıtılması, mahya elemanları ile mahyaların teşkili, mahya elemanlarının altta bulunan oluklu levhanın her oluk tepe noktasından bir olmak üzere aynı tipte monoblok başlıklı matkap uçlu vidalarla tespit edilmesi. Yapılacak bitümlü kiremit uygulaması için inşaat yerinde yükleme, yatay ve düşey taşıma, boşaltma, istifleme, her türlü malzeme (aletler, makina ve ekipman) ve zayiatı, sarf malzemesi (şalümo, gaz, v.b.), işçilik, SSK giderleri, araç ve gereç giderleri, yüklenici genel giderleri ve kârı birim fiyata dahil edilecektir.

Ölçü meyilli yüzeyler üzerinden hesaplanır. 0,25m²'den büyük boşluklar düşülür. Varsa saçak alınları ölçüye dahil edilir.

Tespit, Aşık Aralıkları ve Bindirme Boylarında Dikkat Edilmesi Gerekenler:

a- Tüm eğimlerde bindirmeler enden bir oluk, boydan 8 cmdir. Bindirmelerde kordonların üst üste gelmesi sağlanmalıdır.

b- Etkili rüzgarlı bölgelerdeki çatılarda, bindirmelerde 2 levha arasına bitümlü mastik sürülmelidir.

c- Eğimi % 15 den az olan çatılarda uygulanmaz.

Saçaktan Çıkma:

Saçak uçlarında en çok 5 cm (serbest çıkma) taşma yapılabilir. Daha fazla çıkmanın zorunlu olsuğu hallerde, sarkma olmaması için gerekli önlemler alınmalıdır. Bölgenin etkili rüzgarlı sayılması, yetkili idarenin iznine bağlıdır.

Temin ve Taşıma:

Bitümlü kiremitler ahşap palet üzerinde temin edilir ve depolanır. Bitümlü kiremitler üstü kapalı alanlarda depolanmalıdır.

İlgili Standartlar:

TS EN 534+A1

3.4.3 Modifiye bitümlü mineral yüzeyli örtüler

Malzeme : Bitümlü örtü,

Araçlar : Şalümo, mala, silindir ağırlık, matkap, kanca uçlu falçata

İşçilik : Usta, usta yardımcısı

3.4.4.1 Betonarme teras çatı üzerine uygulama

Modifiye bitümlü su yalıtım örtüleri ile teras çatılarda su yalıtımı yapılması.

Poz No: 18.461

Ölçü Birimi: m²

Yetkili idare/İşveren tarafından verilen iş programına uygun olarak, betonarme zemin üzerine eğim-tesviye şapı, onaylanmış mimari detay projesine uygun ahşap mala perdahlı veya mastarlı olarak yapılacaktır. Eğimler çatı yüzeyinde su kalmayacak şekilde yağmur inişlerine doğru yapılacak, yağmur inişlerinin çevresinin çatı yüzeyinden en az 1cm düşük olması sağlanacaktır (~50cm x 50cm veya ø50cm). Yağmur inişlerinin sayıları, çapları ve çalışıp çalışmadıkları uygulamadan önce kontrol edilmeli, varsa gerekli düzeltmeler ve ilaveler örtü uygulamasından önce yapılacaktır. Düşey ve yatay (parapet çıkışı) yağmur giderlerinde, termoplastik kauçuktan üretilmiş özel aksesuarlar kullanılacaktır.

Tüm düşey ve yatay elemanların birleşim arakesitleri ve düşey elemanların yön değiştirdiği ara kesitlerinde örtülerin daha yumuşak dönüş yapmalarını sağlamak için 45° eğimli 8x8 cm genişlikte pahlar yapılacaktır.

Uygulama yapılacak yüzeyler, su yalıtım malzemesinin aderansını azaltabilecek toz, gevşek dolgular, çıkıntılar, boya, kalıp yağı, gres, çiçeklenme, betondaki ayrışmaya

bağlı bozukluklar ve benzeri unsurlardan arındırılacak ve basınçlı su, mekanik yöntem (spatula, tel fırça, jet taşı ve benzeri), ıslak kumlama, özel temizlik malzemeleri ve benzeri uygun yöntemler kullanılarak su yalıtımına hazır hâle getirilecektir. Beton yüzeyinde kullanılan kür malzemesinin, üzerine uygulanacak su yalıtım malzemesinin aderansını olumsuz etkilemesinin söz konusu olduğu durumunda, kür malzemesi uygun yüzey temizlik yöntemiyle yüzeyden arındırılacaktır.Yüzeydeki delik ve boşluklar ile yapısal olmayan çatlaklar TS EN 1504-3 standardına uygun tamir harcı ile tamir edilecektir.

Uygulama yüzeyinin kesintiye uğradığı dilatasyon, tesisat geçişleri, zemin-duvar, duvar-duvar ve farklı yapı elemanları ve malzemelerinin birleştiği nokta detayları projede belirtilmemiş ise, yetkili idare/İşveren uyarılarak bu bölümlerin projelendirilmesi ve fiziksel hareketlere karşı su yalıtım sisteminin su geçirimsizliğini sürdürecek sızdırmazlık tamamlayıcı ürünlerin seçilerek projede belirtilmesi sağlanacaktır.

Tüm tamir ve temizleme işlemleri tamamlanıp yüzeyler kuruduktan sonra zemine, aderans sağlayıcı olarak TS113'e uygun soğuk uygulamalı 1 kat bitüm esaslı astar tatbik edilecektir.

(Yetkili idare/Uygulamacı tarafından temin edilen astar, şantiye sahasında üretici firmanın öngördüğü şekilde stoklanmalı, stok sahasından alınıp nakliye araçlarına dikkatlice yüklenmeli, uygulama mahalline ambalajlarına hasar vermeden indirilmelidir.)

Soğuk uygulamalı bitüm esaslı astar 1/4 oranında su ilave edilip iyice karıştırıldıktan sonra m²'ye 400 gr gelecek şekilde rulo veya fırça ile sürülecektir. Astar uygulaması yapılırken ortam sıcaklığı en az +5°C en fazla +30°C olmalıdır. Özellikle sıcak havalarda astarın fazla sürülmesi halinde, astar üst yüzeyi kabuk olarak kurur, alt kısım ise tamamen kurumaz. Bu durumda yeterli yapışma sağlanamaz ve/veya modifiye bitümlü su yalıtım örtüsü yapıştıktan sonra kurumayan bölgelerde kabarmalar meydana gelebilir. Modifiye bitümlü su yalıtım örtüsü uygulaması, astar tamamen kuruduktan sonra yapılacaktır. Astar uygulandıktan sonra, kuruyuncaya kadar ıslanmaması sağlanacaktır.

Üzerinde gezilebilen çatı uygulamalarında (üzeri bir kaplama malzemesiyle kaplı) veya üzerinde gezilemeyen çakıllı uygulamalarda, ilk katın uygulamasında zemine

yapıştırma isteğe bağlı olarak, noktasal, şeritsel veya tam yapıştırma şeklinde, son kat tam yapıştırma yöntemi ile uygulanacaktır. Üzerinde gezilemeyen ve son katı mineralli örtü ile kaplanacak teraslarda, ilk kat ve son kat modifiye bitümlü su yalıtım örtüsü, tam yapıştırma yöntemi ile uygulanacaktır.

1.kat su yalıtımı olarak, numuneleri önceden yetkili idare tarafından onaylanarak, şantiyeye tesliminde malzeme giriş kontrolleri yapılmış , test ve muayene belgelerine haiz, test değerlerini sağlayan 3 mm kalınlığında modifiye bitümlü su yalıtım örtüsü uygulaması, şalümo alevi ile örtülerin polimer asfaltını alevlendirmeden TSEN13707'ye uygun modifiye bitümlü (poz no. 04.6260502, 04.6260601 veya 04.6260401) camtülü veya polyester keçe taşıyıcılı bitümlü su yalıtım örtüsünün tercih edilen yapıştırma yöntemi ile yapıştırılması, ek yerlerinin en az 10 cm. bindirilerek tam yapıştırma yöntemi ile yapıştırılması. İkinci kat olarak TSEN13707'ye uygun modifiye bitümlü (poz no. 04.6260601 veya 04.6260401) polyester keçe taşıyıcılı su yalıtım örtüsü, birinci katın ek yerlerini ortalayarak, şalümo alevi ile örtü polimer asfaltını alevlendirmeden ve ek yerleri en az 10 cm. bindirilerek tam yapıştırma yöntemi ile yapıştırılması şeklinde 2 kat olarak yapılacaktır. Kullanılacak iki kat modifiye bitümlü su yalıtım örtüsü aynı fabrikanın üretimi olacaktır. Farklı formüllerle üretilen malzemelerde ek yeri ayrılma direnci performansının düştüğü deneylerle sabit olduğundan, farklı marka ürünler aynı uygulamada kullanılmamalıdır.

Tüm baca,duvar ve parapet diplerinde bitümlü örtü, zemin kotunun en az 30cm üzerine kadar devam ettirilecek, tamamen açıkta kalan örtü yüzeylerine, bir kat bir yüzü renkli mineralli örtü uygulanacak, örtünün bitim doğrultusu üzerine özel şekillendirilmiş alüminyum Z profil v.b. bir baskı elemanı sürekli olarak uygulanacaktır. Alüminyum Z profilin üst ağız kısmına, polisülfit bazlı veya natürel silikon esaslı mastik çekilecektir (Ultraviole dayanımı olan).

Çakıl serilen uygulamalarda, çakılın altında ayırıcı tabaka olarak en az 250 gr/m² polyester keçe kullanılacak ve polyester keçe ek yerlerinde 10cm bindirilerek serilecektir.

Yapılacak modifiye bitümlü su yalıtım örtüsü uygulaması için inşaat yerinde yükleme, yatay ve düşey taşıma, boşaltma, istifleme, her türlü malzeme (aletler, makina ve ekipman) ve zayiatı, sarf malzemesi (şalümo, gaz, v.b.), işçilik, SSK

giderleri, araç ve gereç giderleri, yüklenici genel giderleri ve kârı birim fiyata dahil edilecektir.

Projedeki ölçülere göre, su yalıtımı yapılan bütün yüzeyler hesaplanır.

Yalıtımı Koruma:

Yalıtım örtüleri uygulandıktan sonra hasarlanmaması için gerekli önlemler alınmalı ve bedelleri kendi pozundan ödenmelidir. Koruyucu olarak şap, harç + seramik veya karomozaik v.b. uygulamalar yapılabileceği gibi, karo montaj takozları kullanılarak harçsız uygulamalar da yapılabilir. Harçsız uygulamalar, gerektiğinde bakım onarım işlemlerinin kolaylıkla yapılmasını sağladığı gibi, tesisat boruları, kablolar v.b. elamanların döşeme altına kırıp dökmeden yerleştirilmesine olanak verir.

Temin ve Taşıma:

Modifiye bitümlü su yalıtım örtüleri ahşap palet üzerine dik olarak yerleştirilmiş şekilde temin edilir ve depolanır. Modifiye bitümlü su yalıtım örtüleri üstü kapalı alanlarda depolanmalıdır.

Uygunluk Kriteri:

Yapılarda kullanılan modifiye bitümlü su yalıtım örtülerinin uygunluğu, Türk Standartları ve/veya yürürlüğe konulmuş Avrupa Birliği standartlarında verilmiş kriterlere göre değerlendirilecektir.

İlgili Standartlar:

TS EN 13707

TS 11758-2

3.4.3.2 Eğimli betonarme çatı üzerine uygulama

Modifiye bitümlü mineralli veya alüminyumlu su yalıtım örtüleri ile eğimli betonarme çatılarda çatı kaplaması yapılması.

Poz No : 18.461

Ölçü Birimi: m²

Yetkili idare/İşveren tarafından verilen iş programına uygun olarak, eğimli betonarme zemin üzerine tesviye şapı, onaylanmış mimari detay projesine uygun ahşap mala perdahlı veya mastarlı olarak yapılacaktır. Gizli yağmur oluğu varsa, eğimler oluk yüzeyinde su kalmayacak şekilde yağmur inişlerine doğru yapılacak, yağmur inişlerinin çevresinin oluk yüzeyinden en az 1cm düşük olması sağlanacaktır (~50cm x 50cm veya ø50cm). Yağmur inişlerinin sayıları, çapları ve çalışıp çalışmadıkları uygulamadan önce kontrol edilmeli, varsa gerekli düzeltmeler ve ilaveler örtü uygulamasından önce yapılacaktır. Bölgesel yağış oranları dikkate alınarak acil durum drenajı bırakılacaktır. Düşey ve/veya yatay yağmur giderlerinde, termoplastik kauçuktan üretilmiş özel aksesuarlar kullanılacaktır.

Tüm düşey ve yatay elemanların birleşim arakesitleri ve düşey elemanların yön değiştirdiği ara kesitlerinde örtülerin daha yumuşak dönüş yapmalarının sağlamak için 45° eğimli 8x8 cm genişlikte pahlar yapılacaktır.

Uygulama yapılacak yüzeyler, su yalıtım malzemesinin aderansını azaltabilecek toz, gevşek dolgular, çıkıntılar, boya, kalıp yağı, gres, çiçeklenme, betondaki ayrışmaya bağlı bozukluklar ve benzeri unsurlardan arındırılacak ve basınçlı su, mekanik yöntem (spatula, tel fırça, jet taşı ve benzeri), ıslak kumlama, özel temizlik malzemeleri ve benzeri uygun yöntemler kullanılarak su yalıtımına hazır hâle getirilecektir. Beton yüzeyinde kullanılan kür malzemesinin, üzerine uygulanacak su yalıtım malzemesinin aderansını olumsuz etkilemesinin söz konusu olduğu durumunda, kür malzemesi uygun yüzey temizlik yöntemiyle yüzeyden arındırılacaktır.Yüzeydeki delik ve boşluklar ile yapısal olmayan çatlaklar TS EN 1504-3 standardına uygun tamir harcı ile tamir edilecektir.

Uygulama yüzeyinin kesintiye uğradığı dilatasyon, tesisat geçişleri, zemin-duvar, duvar-duvar ve farklı yapı elemanları ve malzemelerinin birleştiği nokta detayları projede belirtilmemiş ise, yetkili idare/İşveren uyarılarak bu bölümlerin projelendirilmesi ve fiziksel hareketlere karşı su yalıtım sisteminin su geçirimsizliğini sürdürecek sızdırmazlık tamamlayıcı ürünlerin seçilerek projede belirtilmesi sağlanacaktır. Tüm tamir ve temizleme işlemleri tamamlanıp yüzeyler kuruduktan sonra zemine, aderans sağlayıcı olarak TS113'e uygun bitüm esaslı soğuk uygulamalı 1 kat astar tatbik edilecektir.

(Yetkili idare/Uygulamacı tarafından temin edilen astar, şantiye sahasında üretici firmanın öngördüğü şekilde stoklanmalı, stok sahasından alınıp nakliye araçlarına dikkatlice yüklenmeli, uygulama mahalline ambalajlarına hasar vermeden indirilmelidir.)

Astar 1/4 oranında su ilave edilip iyice karıştırıldıktan sonra m²'ye 400 gr gelecek şekilde rulo veya fırça ile sürülecektir. Astar uygulaması yapılırken ortam sıcaklığı en az 5°C en fazla 30°C olmalıdır. Özellikle sıcak havalarda astarın fazla sürülmesi halinde, astar üst yüzeyi kabuk olarak kurur, alt kısım ise tamamen kurumaz. Bu durumda yeterli yapışma sağlanamaz ve/veya örtü yapıştıktan sonra kurumayan bölgelerde kabarmalar meydana gelebilir. Modifiye bitümlü su yalıtım örtüsü uygulaması, astar tamamen kuruduktan sonra yapılacaktır. Astar uygulandıktan sonra, kuruyuncaya kadar ıslanmaması sağlanacaktır.

TS 11758-2 Uygulama Standardı %5'den fazla eğimi olan çatıları eğimli çatı olarak tanımlamış ve bu çatılarda tek kat modifiye bitümlü mineralli veya alüminyumlu su yalıtım örtüsü uygulamasına izin vermiştir. TSEN13707'ye uygun modifiye bitümlü (poz no. 04.6260601 veya 04.6260401) polyester keçe taşıyıcılı örtü, şalümo alevi ile örtü polimer asfaltını alevlendirmeden ve ek yerleri en az 10 cm. bindirilerek tam yapıştırma yöntemi ile yapıştırılması şeklinde yapılacaktır.

Tüm baca,duvar ve parapet diplerinde modifiye bitümlü mineralli veya alüminyumlu su yalıtım örtüsü, zemin kotunun en az 30cm üzerine kadar devam ettirilecek, örtünün bitim doğrultusu üzerine özel şekillendirilmiş alüminyum Z profil v.b. bir baskı elemanı sürekli olarak uygulanacaktır. Alüminyum Z profilin üst ağız kısmına, polisülfit bazlı veya natürel silikon esaslı mastik çekilecektir (Ultraviole dayanımı olan).

Yapılacak modifiye bitümlü su yalıtım örtüsü uygulaması için inşaat yerinde yükleme, yatay ve düşey taşıma, boşaltma, istifleme, her türlü malzeme (aletler, makina ve ekipman) ve zayiatı, sarf malzemesi (şalümo, gaz, v.b.), işçilik, SSK giderleri, araç ve gereç giderleri, yüklenici genel giderleri ve kârı birim fiyata dahil edilecektir.

Projedeki ölçülere göre, su yalıtımı yapılan bütün yüzeyler hesaplanır. 50cm x 50cm ve daha küçük boşluklartoplam alandan düşülmez.

Yalıtımı Koruma:

Yalıtım örtüleri uygulandıktan sonra hasarlanmaması için gerekli önlemler alınmalı ve bedelleri kendi pozundan ödenmelidir.

Temin ve Taşıma:

Modifiye bitümlü su yalıtım örtüleri ahşap palet üzerine dik olarak yerleştirilmiş şekilde temin edilir ve depolanır. Modifiye bitümlü su yalıtım örtüleri üstü kapalı alanlarda depolanmalıdır.

Uygunluk Kriteri:

Yapılarda kullanılan modifiye bitümlü su yalıtım örtüleri uygunluğu, Türk Standartları ve/veya yürürlüğe konulmuş Avrupa Birliği standartlarında verilmiş kriterlere göre değerlendirilecektir.

İlgili Standartlar: TS EN 13707 - TS 11758-2

3.4.3.3 Eğimli ahşap çatı üzerine uygulama

Uygulamada, alt yapının ahşapolması ve astar uygulanmaması dışında fark yoktur. Modifiye bitümlüsuyalıtım örtüsü uygulanacak eğimli çatıda kullanılacak kaplama tahtalarının lamba-zıvanalıolması gerekir. OSB veya betopan kullanılması halinde, plaka ek en az 3mm'lik genleşme derzi bırakılmalıdır. Ahşap alt yapı üzerine astar sürülmesi, ahşabın çalışmasına neden olacağı için sakıncalıdır. Ayrıca ahşap altındaki taıyıcıların, projesinde belirtilen aralıklarda uygulanması gerekir.

3.4.4 Modifiye bitümlü alüminyum yüzeyli örtüler

Malzeme	Bitümlü örtü,
Araçlar	Şalümo, mala, silindir ağırlık, matkap, kanca uçlu falçata
İşçilik	Usta, usta yardımcısı

3.5 Bölüm Sonucu

Sandviç paneller, yüksek yatırım maliyeti nedeni ile sınırlı sayıda fabrika tarafından üretilmekte olup, sert rekabet koşulları ve yanlış kriz yönetimleri sonucunda inişli

çıkışlı bir grafik izlemektedir. Şu anda Türkiye'de 15 adet sandviç panel fabrikası faaliyet göstermekte ve 25 üretim hattı bulunmaktadır.

Dünyada 20. yüzyılın ilk yıllarında üretilmeye başlanan bitümlü çatı kaplama malzemeleri, Türkiye'de 70'li yıllarda kullanılmaya başlamıştır. Şingıl ve örtü şeklinde üretilen bitümlü çatı kaplama malzemeleri, kolay uygulanmaları ve ekonomik olmaları nedeniyle giderek artan bir kullanım grafiğine ulaşmış ancak, çok çeşitli malzemelerin piyasaya girmesi ve geliştirme çalışmalarının yetersiz kalması nedeni ile kullanım oranları %15-20 arasında değişmektedir.Türkiye'de, 6'sı standartlara uygun üretim yaptığını beyan eden 60'dan fazla bitümlü su yalıtım örtüsü üreticisi ve 3 bitümlü oluklu levha üreticisi faaliyet göstermektedir.

Kalitesiz kil kiremit üretimi, beton kiremitlerin Türkiye piyasasına girmesinin en önemli nedenlerinden biri olmuştur. Fiyatları yüksek olmasına ve daha yüksek maliyetli bir alt yapı gerektirmelerine rağmen, kaliteli bir görüntüye sahip olan beton kiremitler, az da olsa çatı pazarında kendilerine bir yer edinmiştir. Şu anda Türkiye'de 7 farklı marka beton kiremit satışı yapılmaktadır.

Polimer esaslı çatı kaplama malzemeleri yüksek maliyetlerine rağmen, aksesuarsız kullanım ile maliyetleri aşağıya çekilmiş ve Türkiye çatı pazarına girmeyi başarmıştır. Türkiye'de, 8 plastik esaslı çatı kaplaması üreticisi ve bir okadar da ithalatçısı bulunmaktadır.

Türkiye'de; şekillendirilmiş cam, seramik, ahşap, doğal taş, kamış v.b. çatı kaplama malzemeleri önemli bir üretim potansiyeline sahip olmakla birlikte, yüksek maliyetleri nedeni ile geniş bir kullanım alanı bulamamıştır.

Özellikle Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerinde toprak dam hala yaygın birşekilde kullanılmaktadır. Kullanılan malzemenin bedava olması, bakımının kullanıcılar tarafından yapılabilmesi ve su yalıtımı özelliklerinin yanısıra ısı yalıtımı ve ses yalıtımı özelliklerine sahip olması, toprak dam'ın en önemli avantajlarıdır. Toprak damların ağırlığının, Türkiye'nin önemli bir bölümünün 1. derecede deprem bölgesi olması nedeni ile dezantavaj oluşturması, çatıların yapımında farklılıkları da meydana getirmiştir. Artık birçok bölgede geleneksel toprak damlarda eskiden kullanılan 30-40cm kalınlığındaki toprak tabakası, bugün sadece ısı yalıtımı için 8-10cm kalınlığında kullanılmakta ve ayrıca bir çatı yapılmaktadır.

4. GELİŞTİRME SÜRECİ ÖNERİSİ YAPILAN ÇATI KAPLAMA MALZEMESİNE BENZER ÜRÜNLER VE ÜRETİM SÜREÇLERİ

Bir fikir veya buluşun yenilik olarak adlandırılabilmesi için, belirli bir ihtiyacı karşılaması ve ekonomik bir maliyetle tekrarlanabilir olması gerekir. Dünyada her geçen gün yeni ürünler geliştirilmekte ve tasarım, kalite ve fiyat bakımından rekabetçi olanlar, tüketiciler tarafından kabul görerek piyasaya sunulmaktadır. Önümüzdeki on yıl içinde kullanacağımız yeni ürünlerin %80'i henüz düşünülmemiş ve tasarlanmamıştır [344,345].

4.1 Mevcut Ürünlerin Üretim Süreçleri

Bu bölümde, metal çatı kaplama levhaları ve bitüm esaslı levhaların ve örtülerin üretim süreçleri incelenmiştir. Metal ve bitüm esaslı levhaların, geliştirilen üründe destek elemanı olarak kullanılabileceği, bitümlü örtülerin de, yüzey kaplaması olarak kullanılabileceği düşünülmüştür. Ürünlerin üretim hatları incelenerek, geliştirilen üründe seri üretim olanakları araştırılmıştır. Taşıyıcı altlığın ve üst yüzey kaplama malzemesinin aynı üretim tesisinde üretilebileceği ve her iki üretim hattının son kısımlarında birbiri ile entegre edilebileceği bir sistem kurgulanabilir.

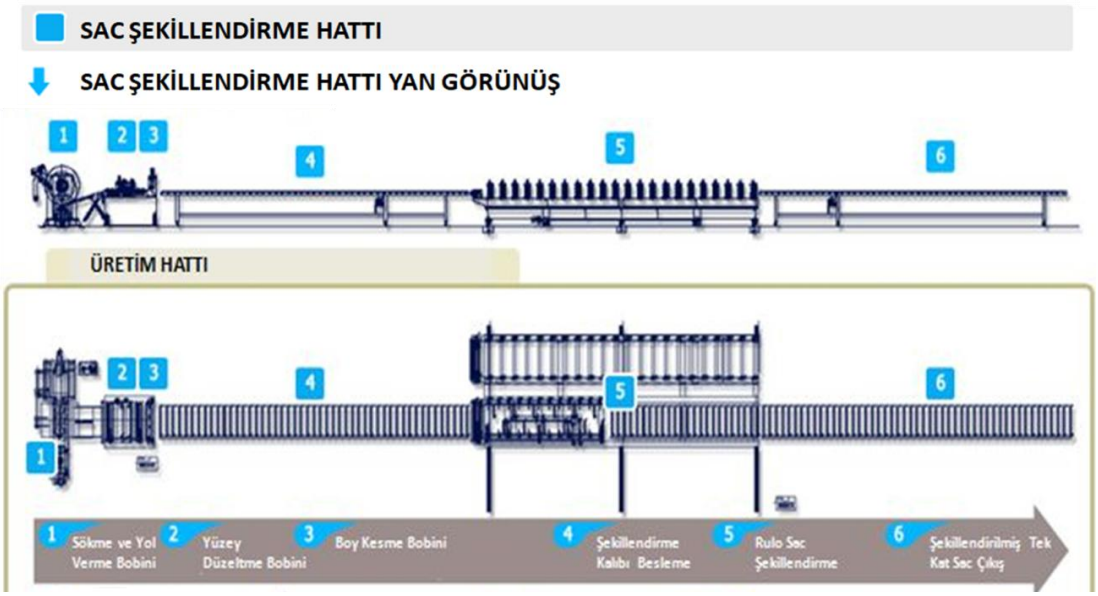
4.1.1 Metal çatı kaplama levhası üretim süreci

Metal çatı kaplama levhaları, siyah sac, galvanizli sac, paslanmaz çelik, alüminyum,bakır, çinko, titanyum vb. , malzemelerle farklı tiplerde üretilirler. Bitmiş malzemelerin boyutlarının en, boy ve kalınlık sınırları bulunmaktadır. Bu sınırlamalar üretim teknolojisinden, talepten, yatay-düşey taşıma araçlarından, levhanın kendi yükünü taşımasından ve üretim sonrası montaj aşamasına bağlı özelliklerden kaynaklanmaktadır. Bu sınırlar, levhanın boyu için 3000 mm ile 16000 mm, eni için 1070 mm ile 1219 mm, kalınlık için ise 0,35 mm ile 0,70 mm arasında değişmektedir. Ancak son yıllarda, metal fiyatlarındaki artışlar nedeni ile malzeme kalınlıklarını azaltma eğilimi oluşmaya başlamıştır. Galvanizli trapez saclarda ve kiremit görünümünde şekillendirilmiş renkli saclarda levha kalınlıkları 0,13mm'ye kadar düşürülmüştür. İş gücünün çok ucuz olduğu Çin'de ve Hindistan'da rulo sac

olarak üretimi yapılan bu ürünler, daha sonra şekillendirilmekte ve Orta Asya ve Afrika ülkelerinde pazara sunulmaktadır. Son 2 yıldan bu yana Afrika pazarında sertifikasyon talebinin ortaya çıkması ile pazar daralsa da, Orta Asya pazarında henüz değişiklik yoktur [346,348-351].

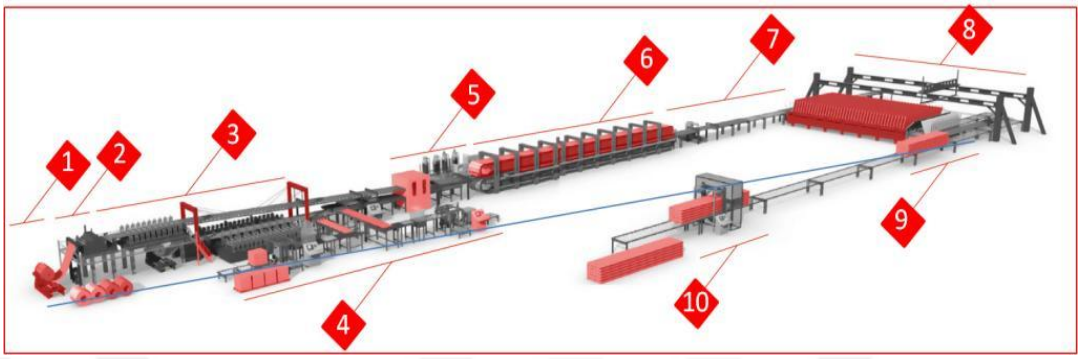
Çizelge 4.1 : Galvanizli sac özellikler tablosu [346].

Hammadde	SGCC,DX51D~DX53D,G350-G550
Ürün	Galvanizli Oluklu çatı Levhaları
Stok	Stok
Kalınlık	0.13-0.60mm
Genişlik	665-1000mm
Ağırlık	3-5 Tons
Tolerans	+/-0.02mm
Nakliye	20FT Konteyner tarafından
Genişlik Toleransı	+/-1mm
Şartname	ISO 9001-2008, SGS, CE, BV
Çinko kaplama	40-275G/M2
HS Kodu	7210490000
Özel kullanım	Aşınmaya Dayanıklı Çelik
Taşıma Paketi	Denize uygun paket
Paket	Su geçirmez standart ihracat ambalaj



Şekil 4.1 : Sac Çatı Kaplama Levhası Üretim Hattı [347].

Sac şekillendirme hattı, konveyör, şekillendirme silindirleri ve bir giyotinden oluşmaktadır. Rulo halindeki sac konveyörün ucuna takılır ve buradan şekillendirme makaralarına doğru ilerler. Hattın uç kısmında kalıp içinden geçerek son şeklini alır ve istenilen boyda kesilir.



Şekil 4.2 : Sandviç panel üretim hattı [352].

1. Açıcı

2. Korona Ünitesi

3. Rulo Şekillendirme Ünitesi

4. Mineral Yün Tahta Besleme Sistemi

5. PUR / PIR Köpük Sistemi

6. Çift Kemer Basın

7. Kesme Ünitesi

8. Soğutma Ünitesi

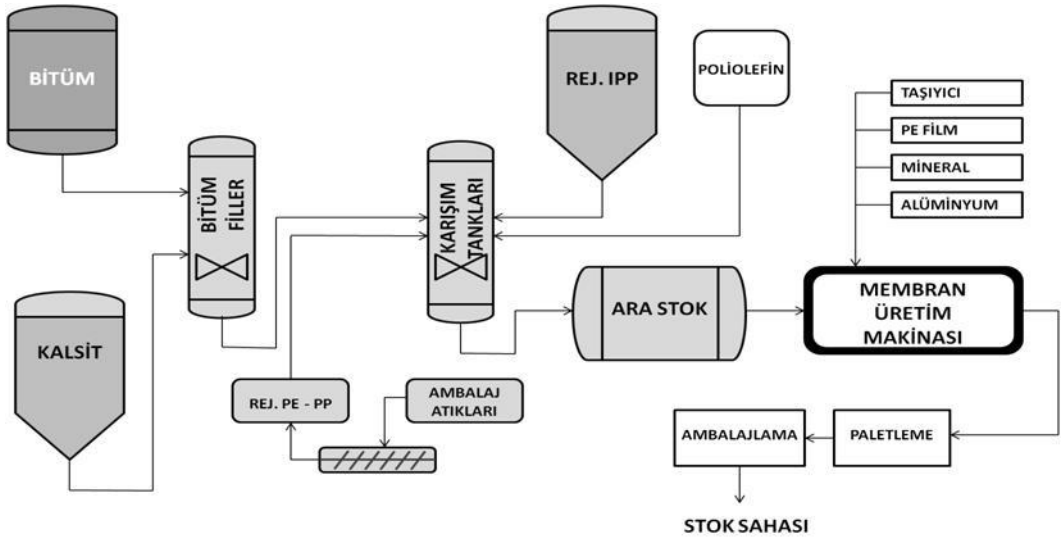
9. Stoklama Ünitesi

10.Paketleme Ünitesi

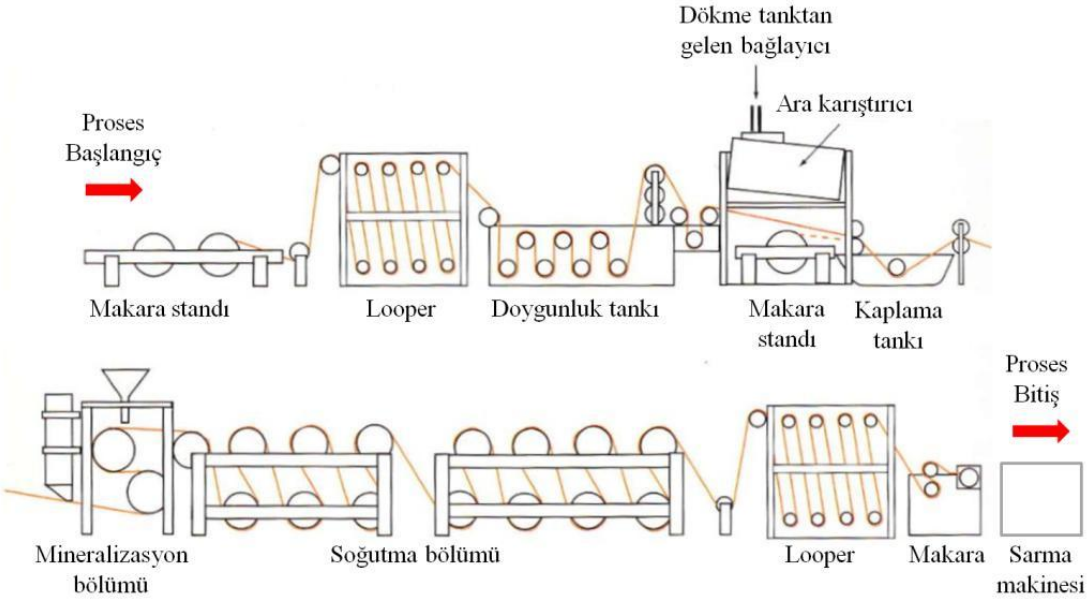
4.1.2 Bitümlü örtü üretim süreci

Bitümlü örtü, APP veya SBS ile modifiye edilmiş 100-150 penetrasyonlu bitümün ortasına, cam tülü veya polyester keçe konularak üretilirler. Hazırlanan karışım, dolgu maddesi olarak kalsit-talk, kıvam arrtırıcı olarak IPP ve poliolefinler ile

karıştırılarak bitümlü örtü üretim makinasına verilir. Makinada 1m. enindeki taşıyıcı keçeye emdirilen karışım, alt yüzeyi PE film, üst yüzeyi ise, PE film, mineral (arduvaz granülleri) veya alüminyum folyo ile kaplanır. Üretim hattının sonunda 10m boyda kesilerek rulo haline getirilir. Otomatik olarak paletlenip şirinklendikten sonra depolanır.



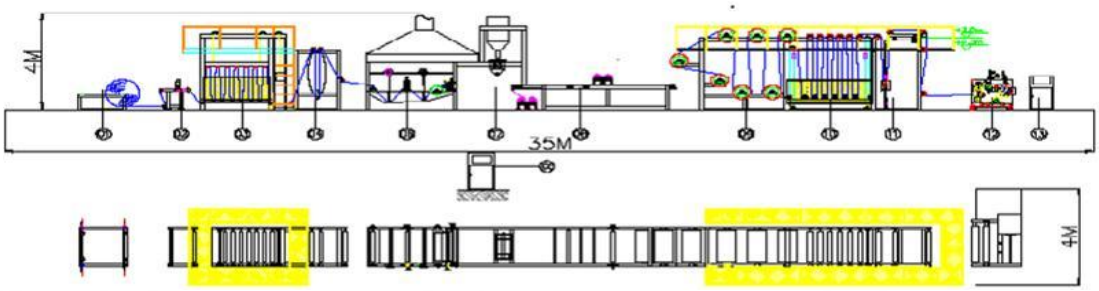
Şekil 4.3 : Bitümlü Örtü Üretim Süreci Akış Şeması [11].



Şekil 4.4 : Bitümlü Örtü Üretim Hattı Şeması [133].

Bitümlü su yalıtım örtülerini; bileşimlerinde kullanılan termoplastiklere göre APP'li (plastomerik) ve SBS'li (elastomerik), kullanılan taşıyıcılara göre, cam tülü (fiberglas) taşıyıcılı-Tip1, cam dokuma taşıyıcılı-Tip2 ve polyester taşıyıcılı-Tip3, üst yüzey kaplamasına göre, folyolu, mineralli ve alüminyumlu, esneklik deneyine

tabi tutulduğu ısıya göre, -5°C, -10°C, -20°C, standartlar gereği kullanım yerlerine göre, çatılarda kullanılan (TSEN13707 standardına uygun), temellerde kullanılan (TSEN13969 standardına uygun), karayollarında, viyadüklerde ve ağır yükler altında kullanılan (TSEN14695 standardına uygun), bitkilendirilmiş çatılarda kullanılan (TSEN13948 standardına uygun) şeklinde sınıflandırabiliriz [240,353-355].



Şekil 4.5 : Bitümlü Örtü Üretim Hattı [356].

Şekil 4.6 : Bitümlü Örtü Üretim Makinesi (Euroline) [356].

Yeni nesil bitümlü örtü üretim hatlarında, bitümlü örtü üreten makineye yapılacak küçük eklentilerle, taşıyıcılı ve taşıyıcısız bitümlü örtüler, kendinden yapışkanlı bitümlü örtüler, kendinden yapışkanlı bantlar ve çeşitli tipte şingıllar üretilebilir. Düşük tüketim enerjisi (90 KW kurulu güç) ve sadece 2 işçi ile üretim yapılabilir. Eski tip bitümlü örtü üretim hatlarında aynı iş için en az 5 işçi çalışmaktadır.

Bitümlü su yalıtım örtüsü üretim hattı

Bitümlü su yalıtım örtüsü için, yapılacak üretim tiplerine bağlı olarak çeşitli üretim hatları bulunmaktadır.

• APP-SBS modifiye bitümlü su yalıtım örtüleri veya okside bitümlü çatı levhaları üretim hattı,

• Takviyeli veya takviyesiz kendinden yapışkanlı su yalıtım örtüleri üretim hattı,

• Bitümlü çatı kiremitleri üretim hattı,

• Asfalt şingıl üretim hattı,

Yüksek teknoloji ile imal edilen üretim hatları, tüm üretimin bilgisayar kontrollu olarak yapılmasını sağlamaktadır.

• Yüksek verimlilik,

• Yüksek hız,

• Su yalıtım örtüleri için mükemmel kalite,

• Optimum sayıda personel (sadece iki işçi),

• Azaltılmış bakım,

• Düşük tüketim enerjisi (sadece 90 Kw kurulu güç),

• Kapalı alanların optimum kullanımı (daha az alan gerekli),

• Daha yüksek esneklik,

• Yüksek güvenlik (düşük gürültü, vb.) standart,

• CO2 emisyonunun azaltılması,

Üretim Hattı Özellikleri:

• Maksimum mekanik hız: 7200m / s

• Hattın uzunluğu: 90m (müşterinin ihtiyacına göre)

• Elektrik gücü yüklü: 150Kw

Yüzey işlemleri, tip ve taşıyıcı seçenekleri:

• Polietilen film yüksek yoğunluklu (H.D.P.E.)

• Kum (100gr / m2)

• Mineral (granül) (1000gr-1300gr / m2),

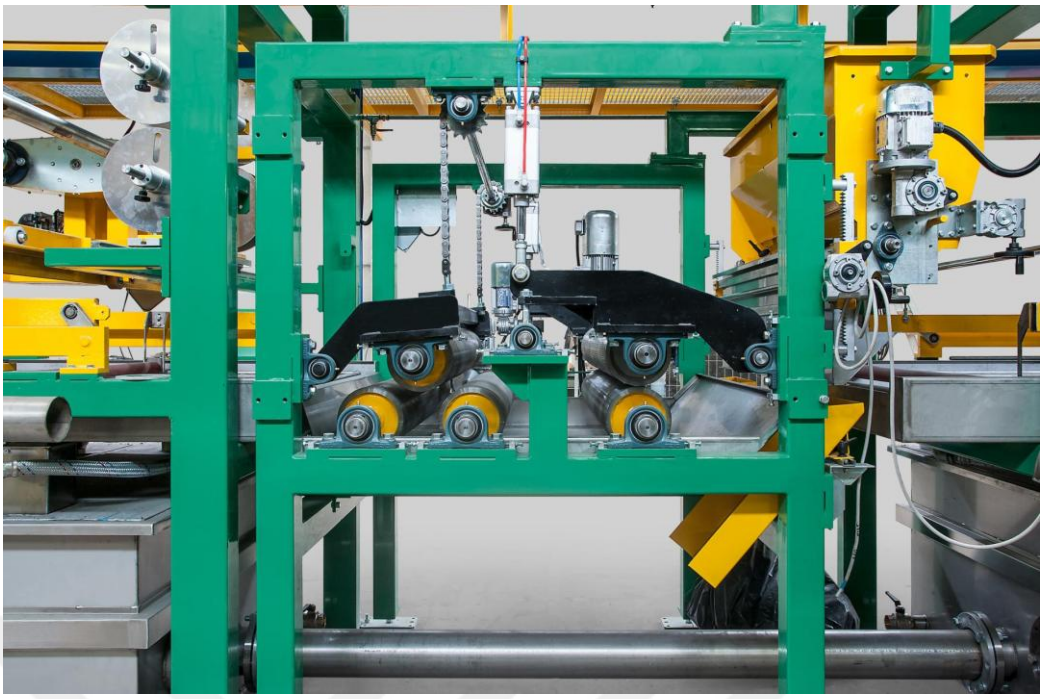
• Polyester taşıyıcı,

• Cam elyaf veya donatılı (takviyeli) cam elyaf taşıyıcı,

• Alüminyum folyo,

• Kabartma yüzey seçeneği,

• Shingle tasarımı / Bitümlü bant,



Şekil 4.7 : Bitüm emdirme tankı **(**Euroline) [356].

Bu yenilikçi ekipman ile, bitümlü su yalıtım örtüsü imalat sürecinde ön emdirme ve çoklu kaplama yapmak mümkündür.

Ana özellikler

• Üstte ve alt yüzeyde ve donatı pozisyonunda mükemmel kalınlık kontrolü

• Çift perdahlama sistemi, taşıyıcının tam olarak konumlandırılmasını ve böylece bitmiş su yalıtım örtüsünün istenen kalınlığının sağlanmasını,

• Bitümlü örtünün yapısı perdahlama sistemi tarafından garanti edildiği için, hat hızının değişmesi kalınlığı etkilemez ,

• Bileşiklerin çapraz bulaşma riski yoktur

• Taşıyıcı / donatı için bir gerginlik kontrol sistemi kullanılmasından dolayı, çalışması zor olan taşıyıcılar / donatılarda bile sistem, emprenye edilirken örtüdeki gerilimleri azaltma ve iptal etme eğiliminde olduğu için kullanılabilir.

• Emprenye tankı ve kaplama tankı tamamen kapalıdır ve bu özel koruma, operatör için ek güvenlik sağlar. Donatı ön doygunluğu sağlanır,

Ekipman ana verileri:

Mekanik hız : 120 m / 1 'e kadar

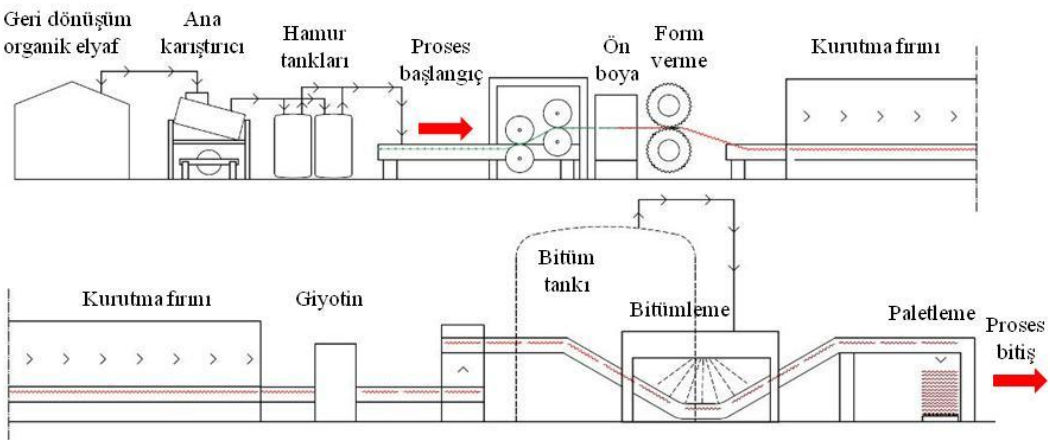
Kompakt : 3,5 - 5 m uzun

Elektrik gücü : 6 Kw

Maksimum tank kapasitesi: 0,7m³

Şekil 4.8 : Bitümlü levha ve bitümlü kiremit üretim hattı **(**Euroline) [356].

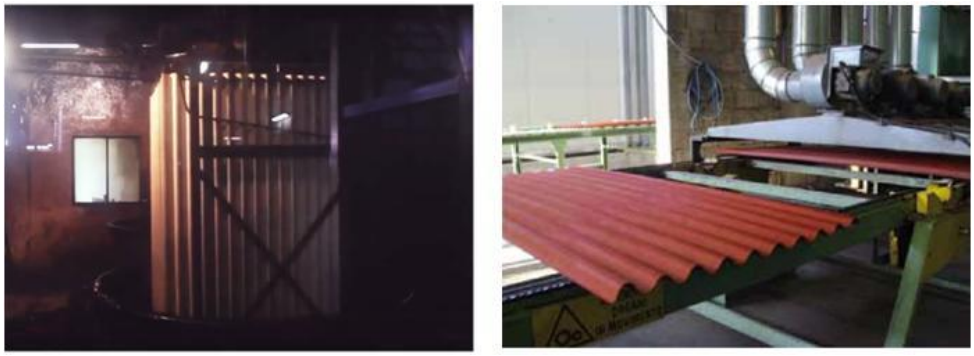
Bitümlü levhalar ve kiremitler, organik elyaftan üretilen taşıyıcıya 70-100 penetrasyonlu bitüm emdirilerek üretilitler. Renklendirme işlemi, taşıyıcının renklendirilmesi şeklinde ön boyama ile yapılabileceği gibi, bitümleme işlemi tamamlandıktan sonra dış boyama şeklinde de yapılabilir. Bitümlüçatı kaplama levhalarının boyalarının daha uzun ömürlü olması için, ön boyama işlemi yapılıp bitümleme işlemi tamamlandıktan sonra, ikinci bir kat olarakdış boyama yapılabilir. Bu işlem levhanın renkömrünü uzatmasının yanızıra, levhanın dayanımına da katkıda bulunmaktadır



Şekil 4.9 : Bitümlü levha ve kiremit Üretim Hattı Şeması [11].

Geri dönüşümden gelen organik elyaf hamur haline getirilip içindeki yabancı maddeler ayıklandıktan sonra dinlendirme tanklarına alınır. Daha sonra borularla proses başlangıç tavasına aktarılan hamur, silindirlerden geçirilerek düz bir örtü haline getirilir. İstenirse bu aşama sonrasında ön boyama işlemi yapılabilir. Bir sonraki adımda form verilen düz örtü, kurutma fırınına girer. 100 m'lik kurutma fırınında borulardan oluşan konveyör üzerinde 5-6 m/sn hızla hareket eden sürekli levha, başlangıç ısısı 40-50ºC, ortasındaki ısısı 180ºC ve bitiş ısısı 40-50ºC olan fırında kurutulduktan sonra belirlenen genişlikte otomatik olarak kesilir. Levhalar, kesme işleminden sonra, kafeslere yerleştirilip bitüm havuzlarına daldırma şeklinde veya konveyörle otomatik bitümleme bölümünde püskürtme yolu ile bitümlenir. Üretimi tamamlanan levhalar ahşap paletler üzerine yerleştirilerek ön depolama sahasına götürülür. Burada yapılan kontrollarda ve laboratuvardan gelen test sonuçlarında sorun olmaması halinde ambalajlanarak stok sahasına götürülür.

Şekil 4.10 : Taşıyıcı altlığın kesilmesi ve istiflenmesi [357].



Şekil 4.11 : Bitüm tanklarına daldırma yolu ile bitümleme ve bitmiş ürün [357].

Şekil 4.12 : Bitümlenmiş ürünün boyanması ve konveyörle istiflemeye gidişi [357].

Şekil 4.13 : Form verilmiş organik elyaf taşıyıcının kurutma fırınına girişi [357].

Şekil 4.14 : Kurutma fırını ve kurumuş levhanın bitümlemeye gidişi [357].

Bu üretimin dışında bitüm emdirilmiş düz levhayı sıcak presleme yolu ile şekillediren üretimler de denenmiş ancak başarılı olamamıştır. Bu sistemle şekillendirilen levhanın, verilen şeklini koruyabilmesi için presleme süresini uzun tutmak gerekmekte ve bu da hem çok düşük kapasiteli, hem de ekonomik olmayan üretime neden olmaktadır.

4.2 Benzer Ürün Araştırmaları

Geliştirilmesi düşünülen ürünün benzerleri olup olmadığı, International Federation for the Roofing Trade (IFD), Slate Roofing Contractors Association of North America, Inc.(SRCA), The National Federation of Roofing Contractors (NFRC) gibi pek çok üretici ve uygulayıcıyı bünyesinde bulunduran çatı dernekleri, Avrupa'daki en büyük Yapı Fuarı olan BATIMAT 2015-Paris ve çatı ve ahşap konseptli en büyük fuar olan Dach Und Holz 2016 –Stuttgart fuarlarının yanısıra, Science Direct'teki ilgili tüm makaleler taranarak araştırılmıştır.

Çalışmada geliştirilmesi düşünülen ürüne en yakın olduğu düşünülen ürünler, metalbit ve ondulit isimli metal esaslı kompozit ürünlerdir.

Bu ürünler, ana taşıyıcı olan metal, roll forming makinasında şekillendirildikten sonra, üzerlerine bitüm uygulanmış ve bitümlü yüzey üzerine de, sentetik esaslı veya metal esaslı bir folyonun yapıştırılması ile üretilmişlerdir.

4.2.1 Metalbit

Metalbit çatı kaplama levhaları, ses azaltma ve darbe sesi önleme işlevlerini sağlamak için profilli metal kaplamaları farklı tipte bitümlü örtüler ile birleştiren çok katmanlı ürünlerdir. Metalbit çatı kaplama levhaları, yoğunlaşma kontrolünün gerekli olduğu uygulamalar için, metal folyo iç astarlı, en yüksek gürültü azaltma performansı için de dokunmamış polyester astarlı olarak üretilmektedir.

Metalbit levhalar, koruma, dayanıklılık, ses konforu ve yoğuşma kontrolünün gerekli olduğu çatı kaplama işlerinde kullanım için uygun maliyetli ve çok yönlü bir üründür.

Metalbit çatı kaplama levhaları endüstriyel, ticari ve tarım binaları ve inşaatlarında kullanıma uygundur. %7'ye kadar düşük eğimlerde güvenle kullanılabilir.

İtalya'daki imar yönetmeliklerinde, çatıda bir fotovoltaik sistemin bulunduğu durumlar dışında, harici yangına dayanıklılık için özel bir gereklilik yoktur. Buna

göre fotovoltaik sistemlerin varlığında kullanılabilecek ürünler, dış yangın etkisine dayanıklılık BROOF özlliğine sahip olmalıdır. Metalbit'in 5 farklı özelliğe sahip alaşımım bulunmaktadır.

Boyalı galvanizli sac	Alüminyum çinko alaşımı	Doğal alüminyum	Paslanmaz çelik	Bakır

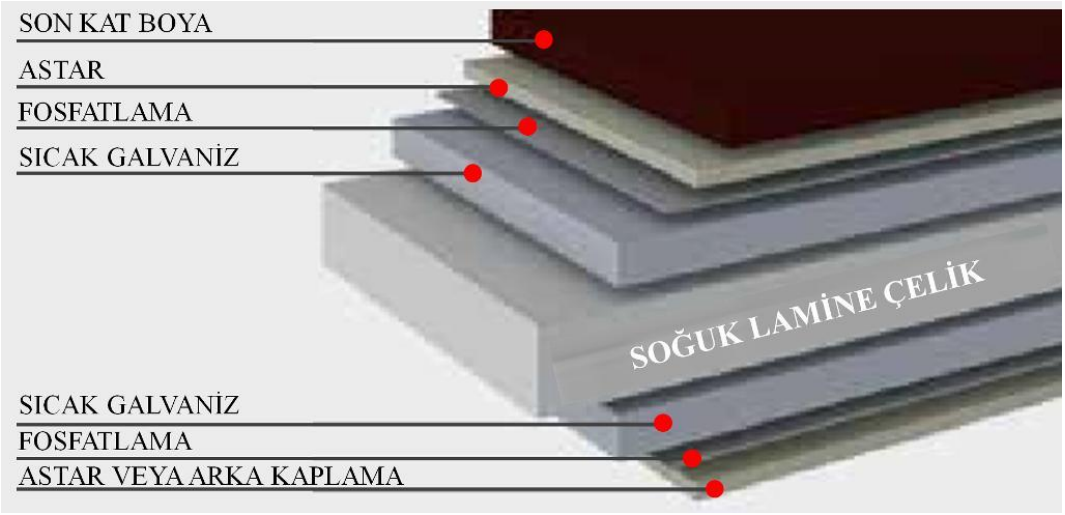
Şekil 4.15 : Metalbit renkleri [358].

Galvanizli çelik – Boyalı metalbit

S250GD, SENDZIMIR (çelik saçları önce yükseltgeyip sonra indirgeyerek uygulanan, daldırmalı alüminyum-çinko alaşımı örtme işlemi) sistemine göre sıcak daldırma ile uygulanan çinko metal koruyucu kaplamalı bazik çelik olup, dış tarafı PS polyester reçine ile ön boyama işlemine tabi tutulmuş ve iç tarafta astar boya kullanılmıştır. Dış yüzey 5 µm astar + 20 µm cila ve iç yüzey 5 µm astar kaplanmıştır.

Uyması gereken standartlar:

UNI EN 508-1, UNI EN 10346, UNI EN 10143, UNI EN 10169, [359-362].



Şekil 4.16 : Boyalı galvanizli sac Metalbit'in katmanları [358].

Alüminyum çinko alaşımlı metalbit

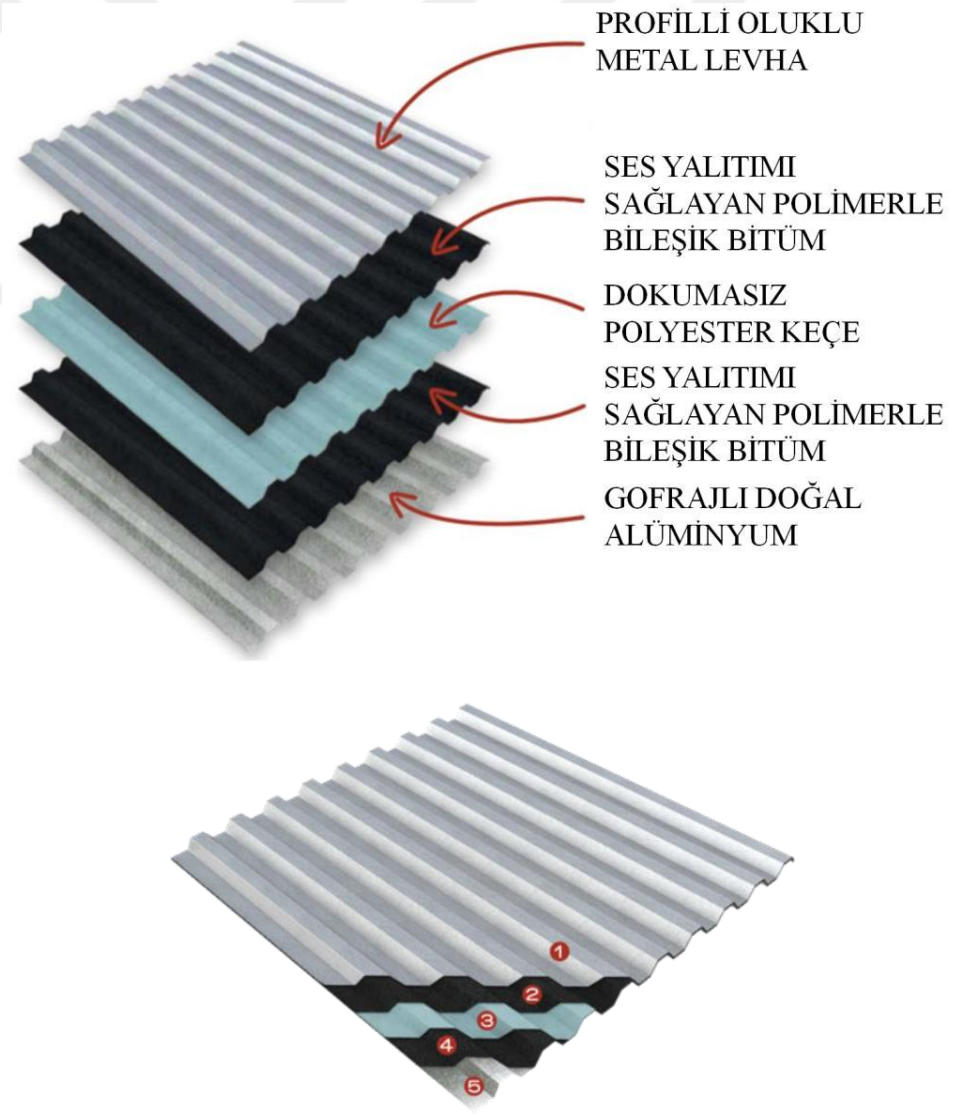
Ana taşıyıcısı çelik olan (AZ150 ÷ 200), S250GD sıcak daldırma alüminyum-çinko ve silikon metalik koruyucu kaplamalı levhalardır.

Standartlar: UNI EN 508-1, UNI EN 10346, UNI EN 10215, [359,363].

Doğal alüminyum – Boyalı metalbit

Grup I, seri 3000 (3103 Al-Mn, 3105 Al-Mn-Mg) aluminyum alaşımlarından ana taşıyıcısı olan Metalbit'in dış tarafı PS polyester reçine ile ön boyama işlemine tabi tutulmuş ve iç tarafında astar boya kullanılmıştır. Dış yüzey 5 µm astar + 20 µm vernik ve iç yüzey 5 µm astar kaplanmıştır.

Standartlar: UNI EN 508-2, UNI EN 1396, UNI EN 485-4, UNI EN 10169



Şekil 4.17 : Profilli oluklu Metalbit'in katmanları [358].

1. Sac profil, yüksekliği 29mm

2. Darbe sesi ve ses yalıtımı için polimer bitümlü örtü

3. Nonwonen polyester keçe

4. Darbe sesi ve ses yalıtımı için polimer bitümlü örtü

5. Gofrajlı alüminyum folyo

Paslanmaz çelik metalbit

Temelde demir-krom-nikelden oluşan soğuk haddelenmiş östenitik (yapısında kromun yanında % 8-15 Ni ve % 0.08-0.15 C içeren paslanmaz çelik) AISI 340 2b paslanmaz çeliktir. 2b yüzey kaplaması elde etmek için, ısıl işlem görmüş (tavlanmış) ve yüzeyi işlenmiştir.

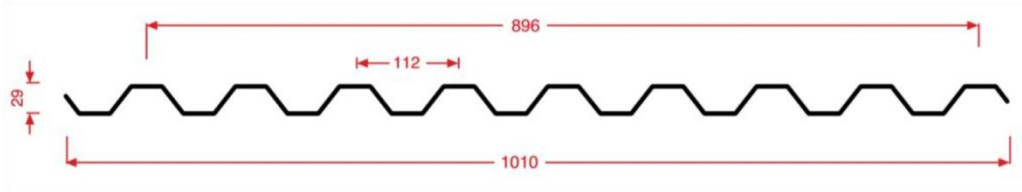
Uyması gereken standartlar: UNI EN 10088-2, EN 1.4301.

Bakır metalbit

Bakır Cu-DHP (bakır kütük)

Uyması gereken standartlar: UNI EN 506, UNI EN 1172, UNI EN 1173.

Şekil 4.18 : Alüminyum çinko alaşımlı Metalbit kesiti ve katmanları [358].



Ek yeri bini detayı
Aks ölçüsü: 896 mm
Genişlik: 1010 mm
Bini: 1.5 oluk

Şekil 4.19 : Metalbit levha boyutları ve ek yeri bini detayı [358].

Çizelge 4.2 : Metalbit performans değerleri [358].

Performans		
Test	**Değer**	**Referans standartlar**
Ses yalıtımı gücü	Rw = 24 dB	UNI EN ISO 10140-2 UNI EN ISO 717-1
Yağmur gürültüsü	LIA = 55,7 dB (A)	UNI EN ISO 10140-1 UNI EN ISO 10140-5
Alevlenme reaksiyonu	B-s2, d0	UNI EN 13501-1
Dış yangın etkisine dayanım	BROOF (t3)	UNI EN 13501-5 UNI EN 13501-5

Çizelge 4.3 : Metalbit teknik özellikleri [358].

Teknik özellikler		
Parametreler	**Boyutlar**	**Toleranslar**
Genişlik	1010 mm - net kapladığı genişlik 896 mm	– 5 mm + 10 mm
Uzunluk	200 ile 14000 mm arasında	L ≤ 3000 mm ± 5 mm L > 3000 mm ± 10 mm
Oluk yüksekliği	29 mm	± 2 mm
Oluk adımı	112 mm	± 5 mm
Doğrultudan sapma	–	%0,60

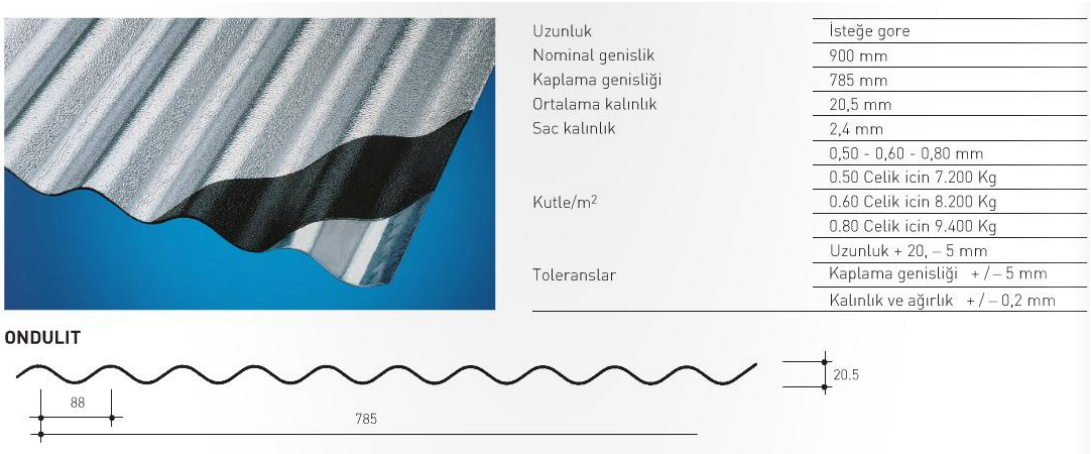
Metalbit (Bitüm kaplı trapez metal çatı paneli), trapez kesitli sac, alüminyum, çinko veya bakır çatı paneli üzerine bitüm ve 70 mikron kalınlıkta bir koruyucu folyo kaplanarak elde edilmiştir.Bitümlü kaplama ile hem ana taşıyıcının dış ortam şartlarında olumsuz olarak etkilenmesi engellenmiş, hem de metal çatı kaplama

malzemelerinin en büyük sorunu olan akustik konfor performansı istenen düzeye getirilmiştir. Trapez sac çatı kaplamalarında kullanılan aksesuarlar ile aynı şekilde uygulanır.

Çizelge 4.4 : Metalbit geometrik özellikleri ve taşıma kapasiteleri [358].

METALBİT'İN GEOMETRİK ÖZELLİKLERİ VE TAŞIMA KAPASİTELERİ											
	Geometrik özellikler				Tek tip yük kapasitesi kg / m2 (kendi ağırlığı dahil) (1)						
MALZEME	Kalınlık (mm)	Ağırlık (kg / m2)	Jxx (cm4 / m)	Wxx (cm3 / m)	Aks açıklığı (m)						
					1,00	**1,20**	**1,40**	**1,60**	**1,80**	**2,00**	**2,20**
ALÜMİNYUM	0,60	3,84	8,67	5,35	388	225	142	95	67	49	36
	0,70	4,18	10,52	6,63	472	273	172	115	81	59	44
	0,80	4,53	12,32	7,85	552	319	201	135	95	69	52
	1,00	5,21	16,23	10,65	721	421	265	177	125	91	68
					1,00	**1,25**	**1,50**	**1,75**	**2,00**	**2,25**	**2,50**
ÖN BOYAMA ÇELİK	0,50	6,73	7,80	5,02	1048	537	311	196	131	92	67
	0,60	7,72	9,74	6,41	1309	670	388	244	164	115	84
ALUZINC PASLANMAZ ÇELIK	0,70	8,71	11,69	7,84	1573	805	466	293	197	138	101
	0,80	9,69	13,41	9,00	1804	924	534	337	225	158	115
					1,00	**1,25**	**1,50**	**1,75**	**2,00**	**2,25**	**2,50**
BAKIR	0,60	8,51	10,04	6,74	799	409	237	149	100	70	51
	0,80	10,75	13,41	9,00	1068	547	316	199	133	94	68

4.2.2 : Ondulit (Bitüm kaplı oluklu metal çatı paneli).

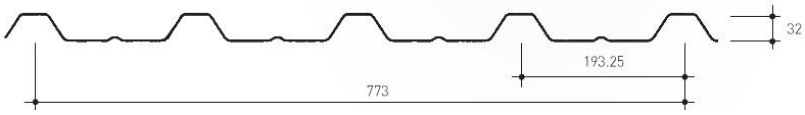


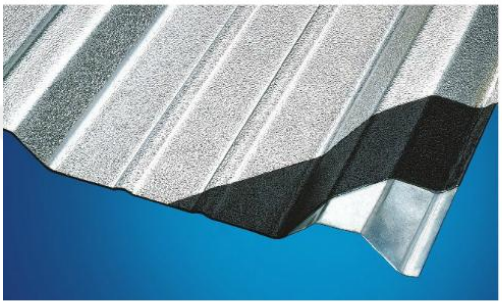
Şekil 4.20 : Bitüm kaplı oluklu metal çatı paneli [364].

Özel bir proses uygulanarak yapılan sürekli üretim sayesinde, çok katmanlı sistemin farklı elemanları, özel laminasyon sistemi ile birbirlerine entegre edilerek çok yüksek dayanıklıktaki kompakt ürünü meydana getirirler.

Uzunluk	İsteğe gore
Nominal genislik	850 mm
Kaplama genisliği	773 mm
Ortalama kalınlık	32 mm
Sac kalınlık	2,4 mm
	0,50 - 0,60 - 0,80 mm
	8,000 kg con acciaio 0,50
Kutle/m²	8,600 kg con acciaio 0,60
	10,000 kg con acciaio 0,80
	Uzunluk + 20, – 5 mm
Toleranslar	Kaplama genisliği + / – 5 mm
	Kalınlık ve ağırlık + / – 0,2 mm

COVERIB 850





Uzunluk	İsteğe gore (> 3000 m²)
Nominal genislik	1000 mm
Kaplama genisliği	897 mm
Ortalama kalınlık	37 mm
Sac kalınlık	2,4 mm
	0,50 mm
Kutle/m²	7,500 kg
	Uzunluk + 20, – 5 mm
Toleranslar	Kaplama genisliği + / – 5 mm
	Kalınlık ve ağırlık + / – 0,2 mm

COVERIB 1000

Şekil 4.21 : Farklı ölçülerde bitüm kaplı trapez metal çatı panelleri [364].

Özellikle galvaniz sac çelik levha, kırılmazlık ve mekanik dayanımı arttırır ve ısıl genleşmeyi azaltır. 1700 mikron kalınlığındaki anti okside koruma katmanları, çeliği tamamen izole ederek kapatır, oksijenle bağlantısını keser ve paslanmayı önler. Metale lamine edilmiş olan koruma katmanları, çatı kaplama malzemesine ses dalgalarını emme özelliği vererek yağmur ve dolu seslerininin önemli ölçüde yutulmasını sağlar. Doğal alüminyum folyolar radyasyonu yansıtarak termal konfor sağlar.

Dayanıklılık:

Tuz spreyi korozyon direnci	:	3000 saat (ISO 9227)
Neme dayanıklılık	:	3000 saat (EN ISO 6270-1)
Kükürt dioksit direnci	:	45 döngü (EN ISO 6988)

Hızlandırılmış yaşlanmaya karşı direnç	:	2000 saat (ASTM G155)

Yangın davranışı:

Yangın reaksiyonu	:	B-s1 sınıfı, d0 (UNI EN 13501-1; EN 13823; EN ISO 11925-2)
Yangın reaksiyonu	:	B Sınıfı (ASTM E84)
Dış yangın davranışı	:	Sınıf BRoof T3 (UNI EN 13501-5; UNI CEN / TS 1187)
Dış yangın davranışı	:	B Sınıfı (ASTM E108)

Akustik konfor:

Ses yalıtımı gücü	:	28 dB (UNI EN ISO 140-3)
Yağmura neden olan sesin zayıflatma gücü	:	ISTEDIL Sertifikası 1302-3: 40 mm yalıtımlı sandviç panelden 70 mm kalınlığında alüminyum levhadan 8.41 kata kadar ve 40 mm yalıtımlı sandviç panelden 4.17 kata kadar
Yağmura neden olan sesin zayıflatma gücü	:	52.3 dB (UNI EN ISO 140-18)

Isıl konfor:

İzin verilen termal aralık	:	-30 / + 80 ° C
Dış Yansıtıcı Güç (Yansıtma)	:	yaklaşık% 90 * (ASTM E903)
Dahili Radyasyon Gücü (Emittans)	:	yaklaşık% 5 ** (ASTM C1371)

Yaz Termal Geçirgenliği : 1,07 W / m2K

4.2.3 Nu Roof

Çeşitli Avrupa ülkelerinden toplam 14 üretici, uygulamacı ve derneğin katılımı ile çatılarda hem su yalıtımı hem de ısı yalıtımı yapabilecek bir örtü şeklinde çatı kaplaması üretimi için Avrupa Birliğinden destek alınarak Nu-Roof projesi başlatılmıştır. Projede, su yalıtımı yapabilen, bunun yanısıra ısı yalıtımı da yapabilen ve dış yangın etkisine dayanıklı bir örtü malzemesi geliştirilmesi hedeflenmiştir. İki yıllık bir çalışma sonucunda, EN 13164 standardına uygun ısı yalıtımının (Isı iletkenlik değeri $\lambda_D \leq 0{,}040$W/mK) ancak belirli kalınlıkta malzemelerle yapılabileceği anlaşılmış, bu tip malzemelerin de rulo haline getirilip kullanılmalarının, depolama, nakliye ve uygulama açısından çok zor olduğu görüldüğü için ısı yalıtımından vazgeçilmiştir. Bu tespitten sonra, sadece su yalıtımı yapabilen ve mevcut bitümlü örtülere çok benzeyen bir çatı kaplama malzemesi tasarlanmış ve deneme üretimi yapılmıştır. Ürünün bilinen bitümlü su yalıtım örtülerinden tek farkı içindeki taşıyıcı keçenin örtünün kalınlığında olmasıdır. Yüzey kaplaması olarak B_{ROOF} özellikli, plastik esaslı bir folyo kullanılmıştır. Dünya piyasasında benzer özelliklere sahip örtüler bulunmaktadır.

Bu ürünün seri üretimine henüz başlanmamıştır. Ürünün Türkiye'deki patent hakkı, çözüm ortaklarından Çatıder'e ve özel bir uygulama firmasına aittir.

4.2.4 Isolparma

Isı yalıtımı ile entegre edilmiş bir bitümlü örtüdür. Isı yalıtım malzemesi olarak polistiren köpük veya poliüretan köpük kullanılmaktadır. Rulo eni 1m., rulo boyu 3cm kalınlık için 7,5m.,4cm kalınlık için 5,5m.ve 5cm.kalınlık için 4,5m.'dir. Bitüm veya bitüm esaslı bir yapıştırıcı kullanarak uygulanabildiği gibi, sıcak uygulama da yapılabilmektedir. Gerektiğinde mekanik tespit yapılarak ta uygulanabilmektedir [365].

Şekil 4.22 : Isolparma ruloları [365].

Ancak bu tip uygulamalarda tespit noktalarının binilerin altında kalması gerekmektedir. Bu uygulamadan sonra üzerinin ikinci bir kat mineralli örtü ile kaplanması gereken tipleri de vardır. Taşıma ve depolama problemleri çözülememiş olan ürünün, üzerinde gezilmeyen ve fazla detayı olmayan teras çatılarda kullanılabileceği belirtilmektedir.

Farklı kullanımlar için trapez veya oluklu profillendirilmiş türleri de bulunmaktadır. Ancak bu tiplerin henüz tüm uygulama detayları çözülememiştir. Bunlarda da taşıma ve özellikle şantiyede depolama sorunlarının var olduğu bilinmektedir. Bunun gibi performansı yükseltmeden maliyeti arttıran unsurların, ürünün tercih edilmemesi yönünde etkili olduğu görülmektedir.

RF3 D = 0,023 W / mK Çok katmanlı Duotwin® ile kaplanmış, su emmez ve su geçirmez.

PRECISO RF3 D = 0,023 W / mK Isolparma RF3 panelleri, binalara, yapısal veya mimari elemanlara vb. mükemmel yapışmayı sağlamak için üzeri kesikli bir tasarıma sahiptir. Uygulama sırasında kullanılan yapıştırıcı kesikler arasına da girerek çok güçlü bir yapışma sağlar.

Şekil 4.23 : Isolparma üretim hattı [365].

Önerilen uygulamalar: Isı yalıtımı boşluklarda çevre çeperi, zeminlerin ve tavanların ısı yalıtımı, havalandırmalı ve havalandırılmamış eğimli çatıların ısı yalıtımı, endüstriyel çatıların ısı yalıtımı.

Isolparma RF3 yalıtımlarının düşük ısı iletkenlik değeri, alternatif malzemeler kullanılarak gerekli olanlardan önemli ölçüde daha düşük olan yalıtım malzemesi kalınlıkları kullanılarak, verimli bir şekilde yalıtılmış bina yapılarının tasarlanmasına ve oluşturulmasına olanak sağlar.

Şekil 4.24 : Isolparma uygulama [365].

Yalıtım malzemesi hacminin aynı performansla azaltılması şunları içerir:

• Yapılmış hacim ve yaşam alanı arasındaki oranın iyileştirilmesi.

• Malzemenin taşınması ve kurulumundan kaynaklanan ekonomik maliyetleri azaltmak.

• Malzemelerin üretimi ve nakliyesi ile yaratılan çevresel etkinin azaltılması ve daha sonra çalışma ömürleri sonunda imha edilmesi.

Isolparma RF3 Çok katmanlı Duotwin veya Politwin astarları ile kaplanmış poliizo köpükten yapılma sert köpük domuzları ayrıca şunları sağlar:

• Teknik özelliklerin kararlılığı ve zaman içindeki performansı.

• Sertlik ve kompaktlık.

• Kullanımda ve çevresel kompaktlıkta güvenlik.

• En yaygın fiziksel ve kimyasal maddelere ve çalışma sıcaklıklarına karşı direnç.

• UNI EN 13165 Avrupa teknik standardı ile yüksek kalite standartları ve uygunluk.

4.3 Bölüm Sonucu

Bu bölümde araştırılan malzemelerin tamamı, çalışmada geliştirilmesi hedeflenen malzemeye benzer malzemelerdir. Bildiğimiz su yalıtım örtülerine 4cm x 4cm kesit ölçülerinde poliüretan köpük veya polistiren köpüklerin yapıştırılması ile oluşturulan isolparma çatı örtülerinin nakliye ve depolama sorunları henüz çözülememiştir. Buna uygulama detaylarının oldukça zor çözümlenmesi de eklenince, henüz geniş bir kullanım alanı bulamamıştır.

Nu Roof, yeni tasarlanan bir malzeme olup deneme üretimi aşamasındadır. Malzemenin kalın olmasının,uyglama sırasında ek yerlerinde problemlere neden olacağı düşünülmektedir. Ayrıca dışyüzey yansıtıcılığı dışında su yalıtım örtülerinden çok farklı değildir. Ondulit ve Metalbit, güneş radyasyonunu yansıtma, darbe seslerini absorbe etme, yüksek akustik konfor, düşük genleşme katsayısı ve yüksek mukavemet özellikleri ile yüksek teknoloji ürünü malzemelerdir. Her tip alt yapıya rahatlıkla uygulanabilen bu malzemeler, yüksek maliyetlerinedeni ile yaygın olarak kullanılmasa da, gelecekte kullanımlarının artacağı düşünülmektedir.

5. EĞİMLİ ÇATILAR İÇİN GELİŞTİRİLEN BİR BİTÜMLÜ ÇATI KAPLAMA MALZEMESİ ÖNERİSİ

Yenilik, uzun vadeli planlama ve sistematik araştırma gerektiren ve son kullanıcının farklı olarak algıladığı herşey olarak tanımlanabilir. Yeni ürün, mevcut kaynakları kullanarak veya yenin kaynaklar yaratarak, bir ihtiyacı yüksek performansla, ekonomik olarak karşılayan ürün olarak değerlendirilebilir.

Bitümlü su yalıtım örtüleri, kolay uygulanmaları ve ekonomik olmaları nedenleriyle, yapıların temellerinde ve çatılarında, karayollarında, depolama tanklarında, boru yalıtımlarında ve daha birçok uygulamada yaygın olarak kullanılanılmaktadır. Bu ürünlerin mineral veya alüminyum yüzeyli olanları teras ve eğimli çatılarda son kat kaplama malzemesi olarak tercih edilmektedir. Yakın gelecekte de kalınlıklarının azaltılıp kalitelerinin arttırılması ile bu ürünlerin kullanımının artacağı düşünülmektedir [344,345,366].

5.1 Bitümlü örtü bileşenleri

Geliştirilen bitümlü çatı kaplama malzemesinde hem mevcut bitümlü örtü geliştirilerek kullanılacak, hem de yeni bileşenler ilave edilecektir. Mevcut bitümlü örtünün kalınlığının azaltılması, granül seçiminin değiştirilmesi, taşıyıcı keçesinin farklılaştırılması ve bileşim formülünün değiştirilmesi düşünülmektedir.

5.1.1 Mevcut bileşen

Mevcut bitümlü örtülerin üretimlerinde modifiye bitüm kullanılmaktadır. Üst yüzey kaplaması olarak granül veya alüminyum folyo kullanılmaktadır.

Son kat kaplaması olarak kullanılacak bitümlü örtüler en az 3mm kalınlıkta üretilmekte, ortasında cam elyaf veya polyester keçe ve alt yüzeyinde polietilen film bulunmaktadır. Kullanılan bitümün kalitesine göre, içindeki taşıyıcının özelliklerine göre, üretiminde kullanılan standartlara göre ve soğukta bükülme dayanımlarına göre çok farklı şekillerde sınıflandırılmaktadır.

5.1.1.1 Bitüm

Bitüm olarak, soğukta bükülme mukavemeti -5˚C'ı sağlayacak formülasyonun gerektirdiği 160-220 penetrasyonlu bitüm kullanılacak ve bitüm APP ile modifiye edilecektir.

Çizelge 5.1 : Bitümün özellikleri [298].

ÖZELLİK	BİRİM	DEĞER	SINIR	DENEY YÖNTEMİ
Penetrasyon 25°C'de,100 g, 5 saniye	x 0.1 mm	160 / 220		TS EN 1426
Yumuşama Noktası (ring and ball metho	°C	35 - 43		TS EN 1427
Sertleşmeye karşı direnç (a) 163°C'ta				TS EN 12607-1 veya
				TS EN 12607-2
				TS 121 veya
- Kütle değişimi (Isıtmadaki kayıp)	%	1.0	En çok	TS EN 12607-1
			En az	TS EN 12607-2
- Kalıcı penetrasyon	%	37	En az	TS EN 1426
- Sertleştirmeden sonra yumuşama	°C	37	En az	TS EN 1426
Parlama Noktası	°C	220	En az	TS EN ISO 2592
Çözünürlük	wt %	99	En az	TS EN 12592
Yumuşama noktası yükselmesi	°C	11	En çok	TS EN 1427

5.1.1.2 Taşıyıcı

Eğimli çatıda kullanılacak oluklu bir çatı kaplama malzemesi tasarlandığı için ve ayrıca rijit bir altlık düşünüldüğü için, üstyüzey kaplaması içindeki taşıyıcı

olarak,takviyeli cam tülü kullanılmasına karar verilmiştir. Bu malzeme hem üst kaplama malzemesinin kolaylıkla üretilebilmesine imkan verecek, hem de üretim maliyetine önemlibir etkisi olmayacaktır.

5.1.1.3 Polietilen film

Üst kaplama malzemesi olarak üretilecek bitümlü örtünün istifte biribirlerine yapışmaması için, alt yüzeyine 7-9 mikron kalınlığında HDPE yapıştırılacaktır. Yeni ürünün üretilme aşamasında yakılarak yok edilecek olan bu malzemenin, tam otomatik üretime geçilmesi halinde, kullanılmasına gerek kalmayacağı düşünülmektedir.

5.1.1.4 Alüminyum folyo

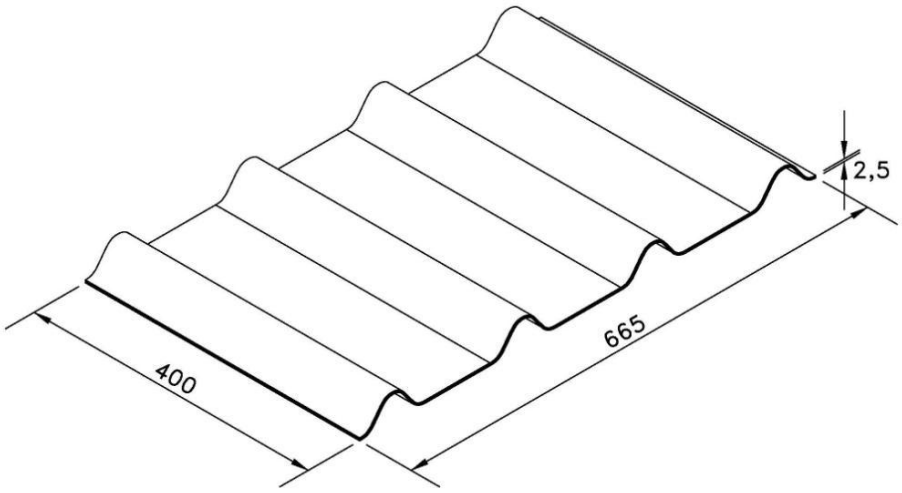
İlk üretim sırasında, standart üretim yapan firmaların kullandığı 60 mikron kalınlığında boyalı alüminyum folyo kullanılacaktır. Daha sonra 40-50 mikron gibi daha düşük kalınlıklarda alüminyum folyo kullanılması düşünülmektedir. Alüminyum folyo yüzeyinin iklim şartları nedeni ile oksitlenmemesi ve UV nedeni ile renginin solmaması için, anodize yüzeyli (laklı) tipi tercih edilecektir. İlk etapta naturel alüminyum, kırmızı, yeşil ve terracotta mineral renklerinde üretim yapılabileceği düşünülmüştür.

5.1.1.5 Granül

Granüllü bitümlü örtülerde ve şingıllarda kullanılan 0,5-2,5mm aralığındaki boyutlarda, boyanmış, yüksek ısıda (350˚C-600˚C'de) kurutulmuş ve üzeri UV ışınlarına karşı koruyucu bir jel ile kaplanmış arduvaz minerali kullanılacaktır. İlk etapta beyaz, gri, kırmızı, yeşil ve terracotta mineral renklerinde üretim yapılabileceği düşünülmüştür.

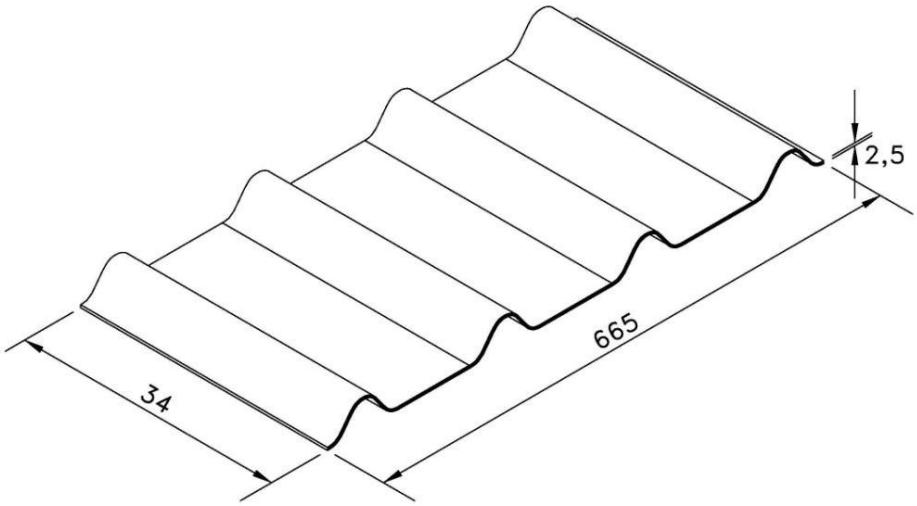
5.1.2 Yeni bileşen: altlık

Altlık olarak kullanılan standart bitümlü organik elyaflı oluklu malzemenin kalınlığı 3 mm'dir. Üretimin gerçekleştirilmesi halinde kalınlığın en fazla 2mm olacak şekilde üretilmesi düşünülmektedir. Böylelikle altlık maliyetinden %30'a yakın bir tasarruf elde edilmesi düşünülmektedir.



Şekil 5.1 : Çivi veya vida ile uygulanacak çatı levhası altlığı (TipA).

Altlığın her iki doğrultuda büyütülme olanağı vardır. Bu konu, ürünün ticari olarak piyasaya verilmesi düşünüldüğü zaman tekrar değerlendirilebilir. Ürün boyutlarının belirlenmesi bir başka araştırma konusu olabilir.



Şekil 5.2 : Boyuna binileri yapıştırılarak uygulanacak çatı levhası altlığı (Tip B).

5.2 Üretim Süreci

Çalışmada yeni tasarlanacak ürün; hali hazırda örtü şeklinde kullanılan bitümlü örtülerin biçimlendirilmesi ve form verilmiş kısımların altının desteklenmesi esasına dayanmaktadır. Elde edilecek üründen; bir çatı kaplama malzemesinden beklenen özelliklerden, sadece aşağıda sıralanan beş temel özelliği sağlaması beklenmektedir:

a.Güneş ışınımı yansıtıcılık,

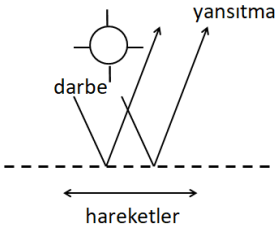
b.Su geçirimsizlik (altında ilave bir su yalıtım malzemesi gerektirmez),

c.Sıcak ve soğuk iklim şartlarında güvenli bir şekilde kullanılabilirlik,

d.Görsellik (hareketli görüntü ve renk çeşitliliği),

e.Darbelere karşı mukavemet (dolu mukavemeti),

f.Dış yangın etkisine dayanım (Broof),



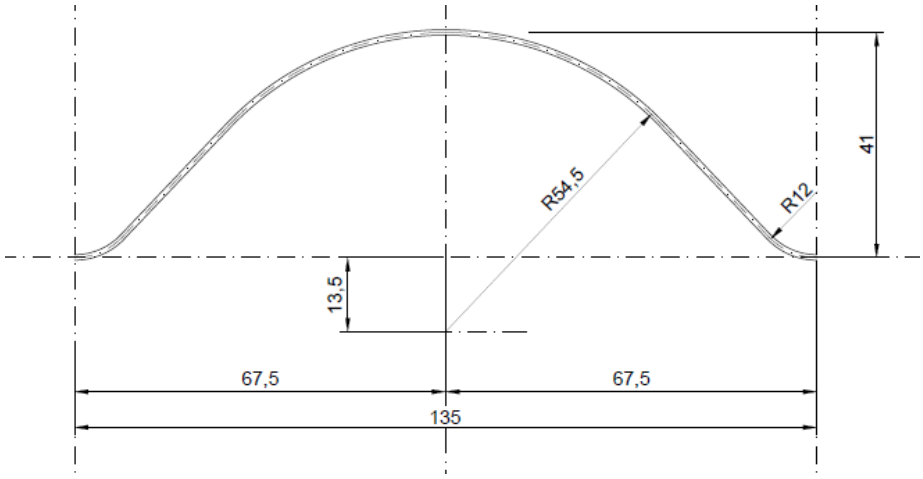
Çatı kaplama malzemesi olarak geliştirilecek olan bitümlü örtü örneği üç aşamada ele alınmıştır. Aşağıda sırasıyla bu aşamalar tanımlanmıştır. Ürünün geliştirilmesindeki temel prensip, mukavemeti yüksek, ucuz ve geri dönüşümlü bir malzemeden üretilecek ana taşıyıcı üzerine, bitümlü örtü ile laminasyon yapılması şeklindedir. Kullanılacak bitümlü örtünün üst yüzeyinin de Türkiye'den sağlanacak doğal malzemelerle kaplanması düşünülmüştür.

5.2.1 Üretim süreci çalışmaları

1. Aşama:

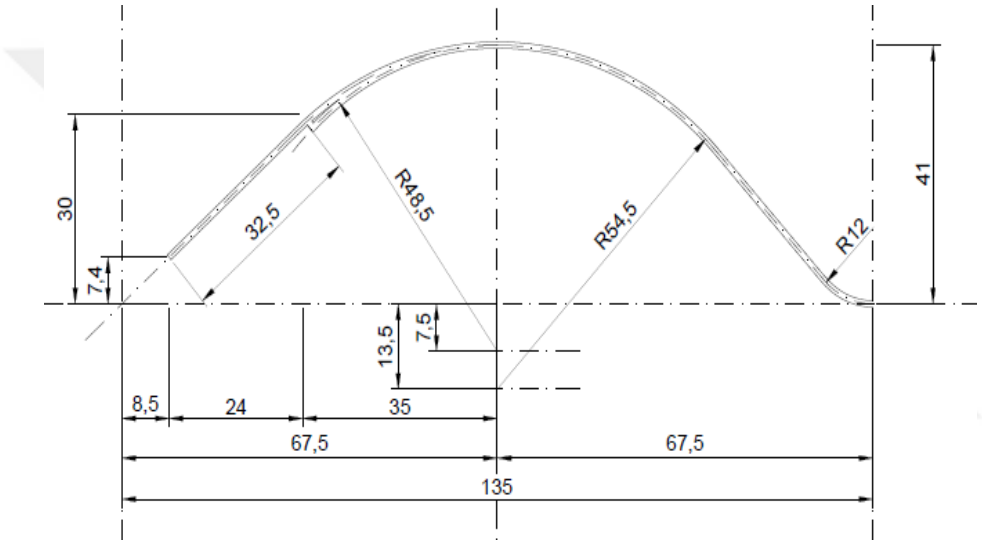
Bu aşamada yeni ürünün formuna ve kullanılabilecek malzeme cinsine yönelik çalışmalar yapılmıştır. Öncelikle form vermek için kullanılacak taşıyıcı altlığın 0,35 mm kalınlıkta sac olması düşünülmüş, ancak şekil vermek zor olmasa da, boyuna kesim yapılan bölümlerin çok çabuk paslanması nedeni ile kullanımından vazgeçilmiştir. Paslanmanın önlenebilmesi elbette mümkündür ancak bu işlem ilave işçilik ve malzeme gerektirmektedir.

Yapılan araştırmalar sonucunda, polipropilenin bu amaç için uygun bir malzeme olduğu düşünülmüş ve çalışmalara bu doğrultuda devam edilmiştir. Ekonomik açıdan geri dönüşümlü malzeme kullanımı tercih edilmiştir. Üretimin ilk olarak ekstrüderle yapılması, ancak mecbur kalınırsa enjeksiyon sistemine geçilemesi planlanmıştır. Form olarak önce trapez kesitler denenmiş, ancak keskin dönüşler sorun yarattığı için tümseklerde ve düzlüklerden oluşan formda karar kılınmıştır.Orta tümsek simetrik olarak tasarlanmıştır. Güçlü bir yapışma için bunun da üzerinde çıkıntılar düşünülmüştür (Şekil:5.03).



Şekil 5.3: Orta tümsek.

Tasarlanan ürünün çatıda kiremit algısı yaratması için, hem biçiminde, hem de ölçülerinde oluklu kiremitler esas alınmıştır. Yeni tasarım ürünü, 3 oluk ve 3 düzlükten oluşmaktadır. Sadece olukların altına destek konulmasının yeterli olacağı düşünülmüştür. Herbir üründe bir kenar üst bini, bir kenar alt bini ve iki orta destek olmak üzere toplam 4 destek parçası kullanılması kararlaştırılmıştır. Desteklerin örtüye iyi bir şekilde yapışmasını sağlamak için, üzerlerinde 7,5 mm ara ile 1mm'lik çıkıntılar oluşturulmasının yeterli olacağı düşünülmüştür. Hazırlanacak kalıp içine yerleştirilecek mineralli veya aluminyumlu bitümlü örtü şalümo ile eritilerek destekler yapıştırılacaktır. Yapıştırma işleminin geliştirilecek özel bir yapıştırıcı ile yapılması da düşünülebilir.



Şekil 5.4: Kenar üst bini desteği.

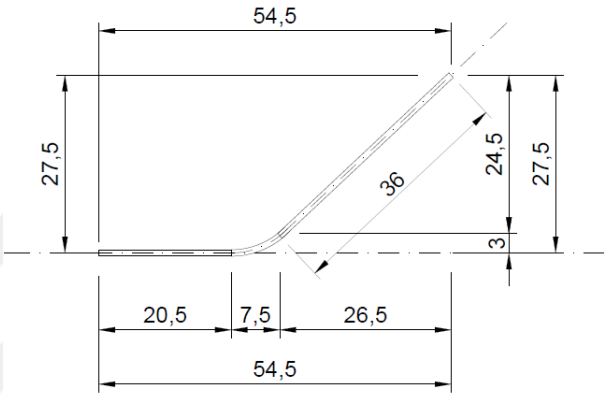
Uygulama sonucunda bini yerinde yükselti oluşmaması ve destek içi daireselliğin sağlanabilmesi için kenar üst bini desteğinin altında 3 mm'lik bir set oluşturulmuş ve bu kenar 7,5 mm kısa olarak tasarlanmıştır (Şekil:5.04).

Enine bindirmede altta kalan kısmın tam oluk olmasına gerek duyulmamış ve ürün 3,6 cm'lik yükselen bir parça ile sonlandırılmıştır (Şekil:5.05). Böylece enine binide oluşabilecek kalınlığın da önüne geçilebileceği düşünülmüştür.

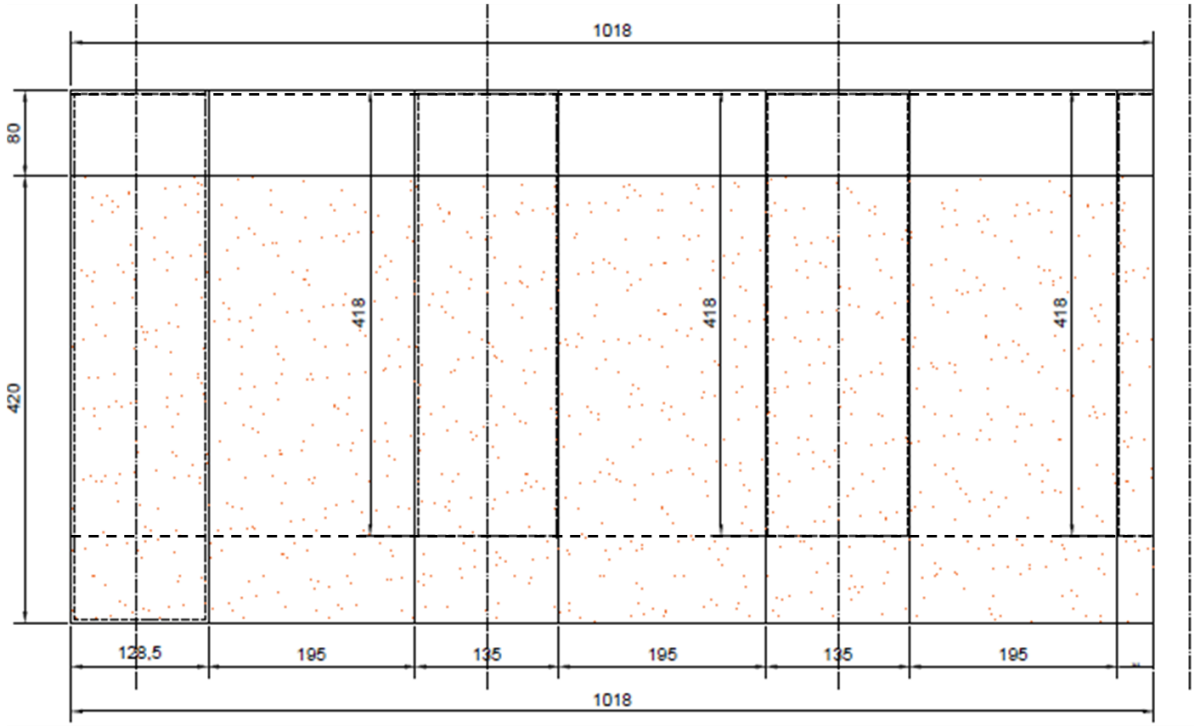
Parçalı taşıyıcının, taşıma, paketleme ve uygulamada sarkma, hizalama zorluğu, yayılma gibi sorunlara neden oldu görüldüğü için, düzlükleri de olan tek parça bir altlık şekilde olması düşünülmüş ve yapılan numunelerden olumlu sonuç alınınca tek parça altlık ile devam edilmesine karar verilmiştir. Yeni çatı kaplama malzemesinin uzunluğu 50 cm genişliği 101,5 cm olarak tasarlanmıştır ve 8 cm boyuna bini

yaparak uygulanması düşünülmüştür. Bini şalümo ile ısıtılarak yapıştırılacaktır. Tespit, oluk tepelerinden çivi veya vida ile yapılacaktır. Çalışmanın ilerleyen aşamalarında dışarıdan bakıldığında görülmeyen tespit şekilleri araştırılacaktır. Tasarlanan yeni çatı kaplama malzemesinin net olarak kapladığı alan 0,4158 m2'dir, (42cm x 99 cm).

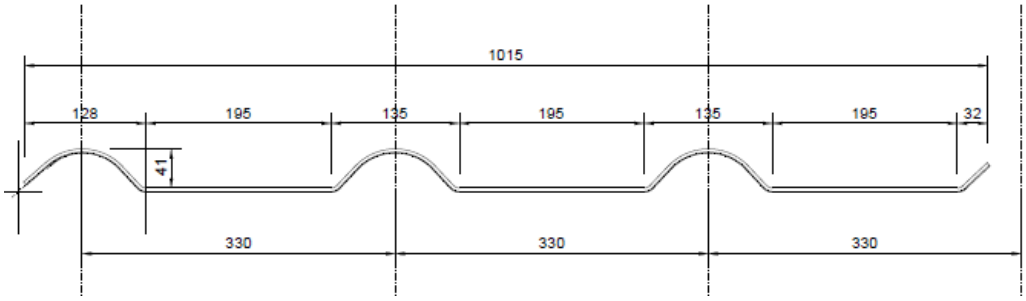
Ancak çalışmanın ilerleyen aşamalarında boyutlada değişiklikler yapılması düşünülebilir. Ürünün piyasaya arzında palet konusu, hem nakliyenin verimli bir şekilde yapılabilmesi, hem de son kullanıcı üzerindeki etkisi açısından ayrıca değerlendirilecektir.



Şekil 5.5 : Taşıyıcı altlık kenar bitiş detayı.



Şekil 5.6 : Plan.



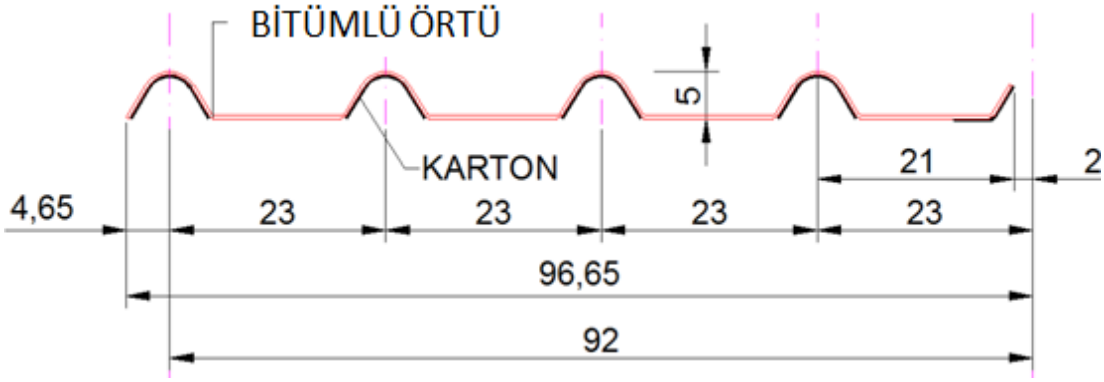
Şekil 5.7 : Kesit

Üretimde kullanılacak bitümlü örtüler, standart olarak üretilmekte olan mineralli ve alüminyumlu bitümlü örtülerden seçilecektir. Tasarlanan ürünün seri üretiminin söz konusu olması halinde her iki kenarında 10cm'si kaplamasız olan özel bitümlü örtü üretimi yaptırılmalıdır.

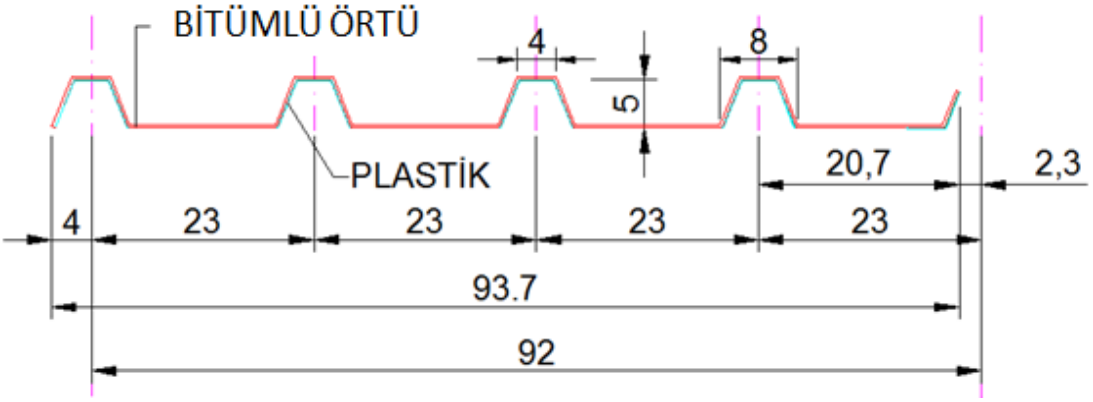
2. Aşama:

Bu aşamada farklı biçimlerde ürünler tasarlanarak numuneleri hazırlanmış ve bunların kullanımdaki avantajları ve dezavantajları değerlendirilmiştir. Biçimlerin seçiminde, imalat sırasında çatlamalar olmaması için yumuşak dönüşler olmasına dikkat edilmiştir.

Isı yalıtımsız çatı levhası: Çatı levhası tümseklerden ve düzlüklerden oluşacak şekilde tasarlanmıştır. Tümsek kısımların altu, 0,65mm Sac, 1mm Plastik ve 3mm Organik Elyaf (Karton) takviyelerle desteklenmiştir. İlk çalışmalarda tümsekler ondule ve trapez kesitli olarak düşünülmüştür (Şekil 5.06, 5.07, 5.08, 5.09).

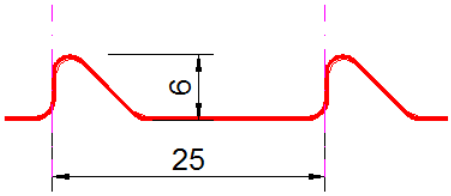


Şekil 5.8 : Bitümlü Ondule Çatı Levhası.

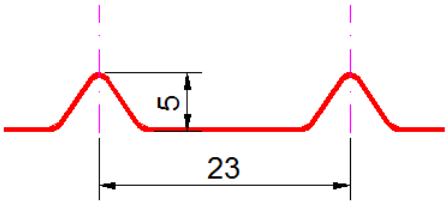


Şekil 5.9 : Bitümlü Trapez Çatı Levhası.

Ancak daha değişik biçimlerde de çalışmalar yapılacaktır. (Şekil 5.08, Şekil 5.09)



Şekil 5.10 : Dalga.

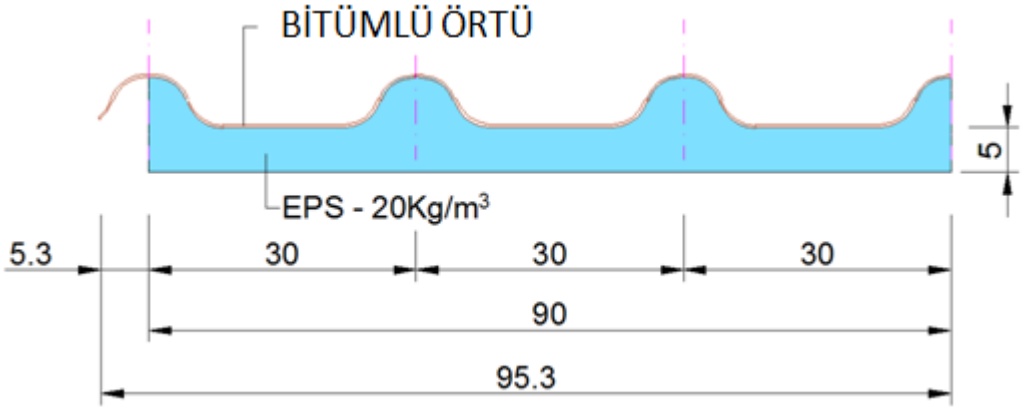


Şekil 5.11 : Üçgen.

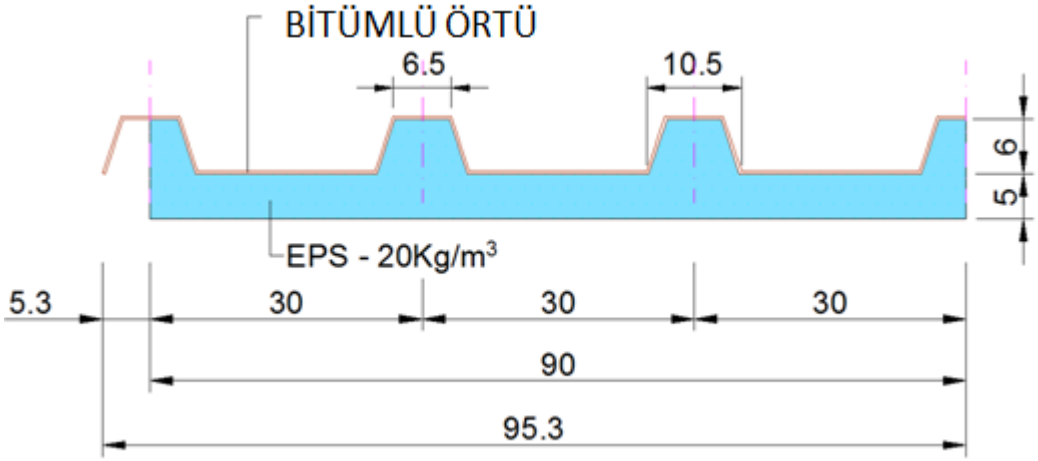
Ürün tasarlanırken çatı levhası üzerinde sadece düzlüklere basılarak yürünebileceği düşünülmüştür. Bu levhalarda tümseklere basılması halinde hasarlanmaların önlenmesi kaçınılmazdır. İstenirse tümseklerin basınç ve darbe mukavemetleri arttırılabilir. Ancak bunun maliyeti önemli ölçüde arttıracağı düşünülmektedir. Geliştirilen ürünün seri üretiminin düşünülmesi halinde, maliyet-performans ilişkisi çalışması yapılması gerekecektir.

Isı yalıtımlı çatı levhası: Isı yalıtımlı olarak yapılan ilk çalışmalar umut vericidir. Trapez ve ondule olarak iki model prototipi yapılmış, detaylarının kolaylıkla çözülebileceği görülmüştür. (Şekil 5.10- 5.14)

Bitümlü örtünün polistiren köpük ısı yalıtım malzemesine yapışmasında sorun yaşanmamıştır. Ancak uygulama yapılırken polistiren köpüğün ısı etkisinde kalmasını engelleyici önlemler alınmalıdır. Yapılan uygulamada ısı engelleyici olarak 1mm kalınlıkta sac levha kullanılmıştır.



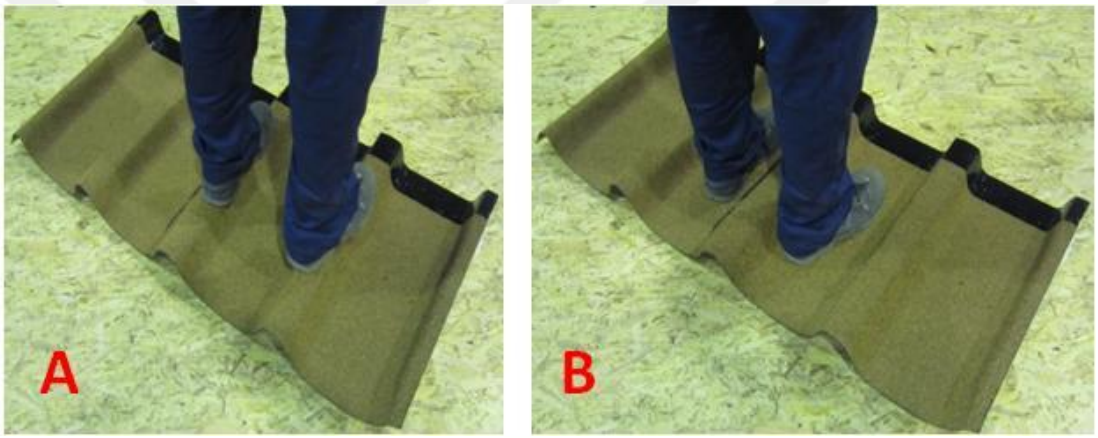
Şekil 5.12: Dalgalı kesitli ısı yalıtımlı çatı paneli.



Şekil 5.13: Trapez kesitli ısı yalıtımlı çatı paneli.

Şekil 5.14 : Alüminyum yüzeyli ısı yalıtımlı bitümlü çatı kaplama levhası (EPS 16kg/m3).

Şekil 5.15 : Mineral yüzeyli ısı yalıtımlı bitümlü çatı kaplama levhası (EPS 20kg/m3).



Şekil 5.16 : Mineral yüzeyli bitümlü çatı kaplama levhası düşey yük uygulaması (EPS 20kg/m3). A- Profillendirilmiş kısım tepesine yük uygulanması. B- Düz kısmına yükü uygulanması

Binaların yangından korunması yönetmeliğinde, çatı kaplama malzemesinin altındaki yüzeyin yanmaz malzemelerden yapılması ve çatı kaplama malzemesinin en az Broof (dış yangın etkisine dayanıklı) olması halinde, çatı katmanları arasında kullanılacak ısı yalıtım malzemesinin yangın sınıfına bakılmayacağını belirtilmektedir. Bu nedenle yalıtım malzemesi olarak yangın sınıfı E olan EPS kullanılacaktır. İstenirse %30 maliyet artışını kabul ederek Broof sınıfı EPS'de kullanılabilir.

Granüllü ve alüminyum yüzeyli bitümlü örtüler TS EN 13501-5'e (Çatıların dış yangınlara maruz bırakılması deneylerinden elde edilen veriler kullanılarak sınıflandırma) göre Broof olarak sınıflandırılır.

3. Aşama:

Tasarlanan ürünün uygulanabilirliğinin anlaşılabilmesi için örnek uygulama yapılacak ve ürünün kullanımdaki davranışı tespit edilecektir. Bu ürünün mevcut yalıtımlı çatı panelleri ile arasındaki en önemli fark, küçük boyutlu olması nedeni ile kolay taşınabilmesi ve kolay uygulanabilmesidir. Tabii ki bunun yanısıra ürüne, piyasaya sunulması halinde, kolay ulaşılabilir olması ve daha uygun fiyatlı olması gibi önemli özelliklerin verilmesi düşünülmektedir.

Yapılan literatür araştırmalarında benzer ürünler bulunmakla birlikte, tasarlanan ürün ile birebir örtüşen bir çalışmaya rastlanmamıştır. Yapılan çalışmalar genellikle metal bir ana taşıyıcıya çeşitli katmanlar giydirilmesi şeklindedir. Bunun sonucunda çok yüksek performanslı ürünler elde edilebilmekte, ancak oluşan yüksek maliyetler, ürünün ticari olarak tercih edilmemesine neden olmaktadır.

Yeni tasarlanan ürün, kullanılabilir olması düşüncesi ile hali hazırda örtü şeklinde kullanılan bitümlü örtülerin biçimlendirilmesi ve form verilmiş kısımların altının desteklenmesi esasına dayanmaktadır. Elde edilecek ürün aşağıda sıralanan, bir çatı kaplama malzemesinden beklenen özelliklere ilave olarak üzerinde gezinebilir düzeyde basınç mukavemetine sahip ve güneş ışınımı yansıtıcı özelliğe sahip olacaktır;

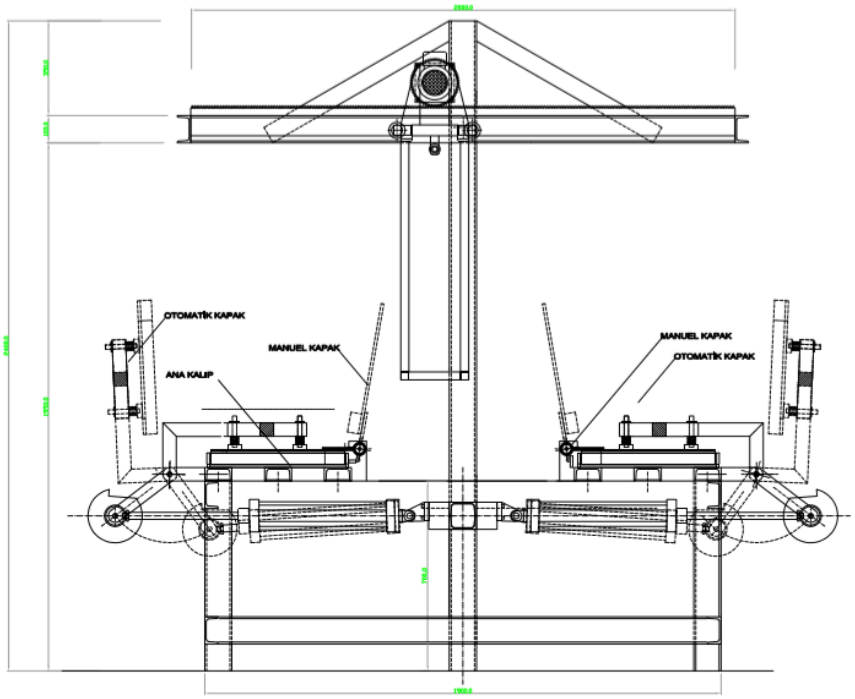
İlk olarak form vermek için kullanılacak malzemenin sac olması düşünülmüş, ancak kolay şekillendirilebilmesine rağmen, paslanma özelliği, yüksek maliyeti ve karbon ayak izinin yüksek olması nedeni ile vazgeçilmiştir.

5.2.2 Üretim süreci

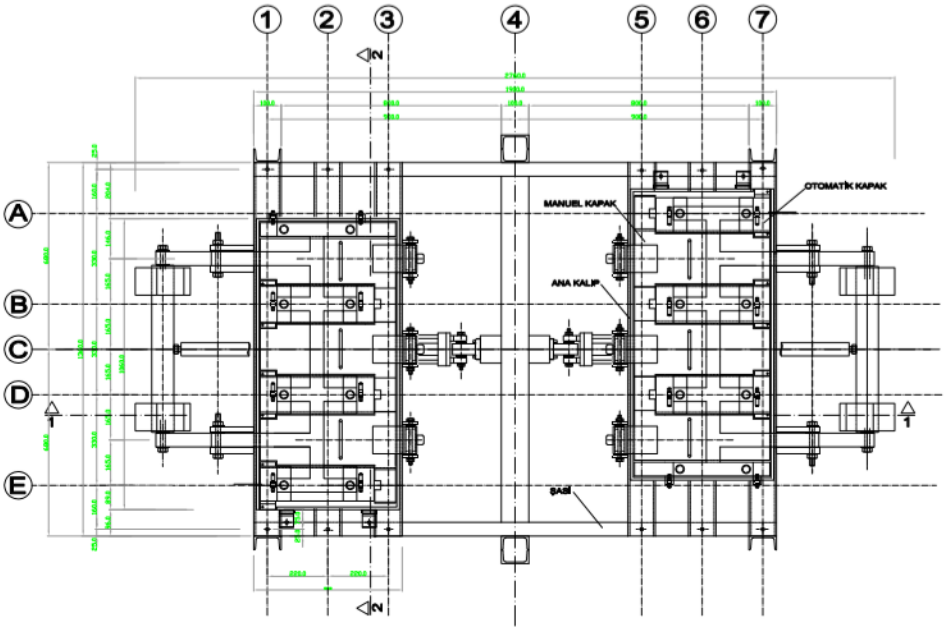
Ürünün hem performans özellikleri hemde ticari olarak pazara sürülebileceği kesinlik kazanmadan seri üretim yatırımı yapılması söz konusu olamaz. Bu nedenle ilk aşamada, hem gereken testleri yapmaya, hem de örnek uygulama yapmaya yetecek kadar malzeme üretilebilmesi için basit, emek yoğun bir makina tasarlanmıştır. Makinanın imalatı henüz tamamlanmış ve ilk deneme üretimlerine başlanmıştır. Üretilen malzemelerin doğal şartlarda test edilebilmesi için 3 farklı iklim bölgesinde örnek çatılar yapılması düşünülmektedir.

Ancak ülkemizdeki mevcut ekonomik kriz, bu aşamada ekonomik desteğimin kesilmesine neden olduğu için çok az sayıda üretim yapılabilmiş ve örnekçatı

yapılması konusu daha ileri bir tarihe atılmıştır. Verilen test değerleri, sadece Marmara bölgesinde yapılan numune çatıda yapılan testler sonucunda elde edilen verilerden oluşmaktadır. Modifiye bitümlü örtüler, çok farklı iklim koşullarında kullanılmak amacı ile, o bölgenin iklimsel özelliklerinde yüksek performans gösterebilecek şekilde özel formüller ile üretilebilmektedir



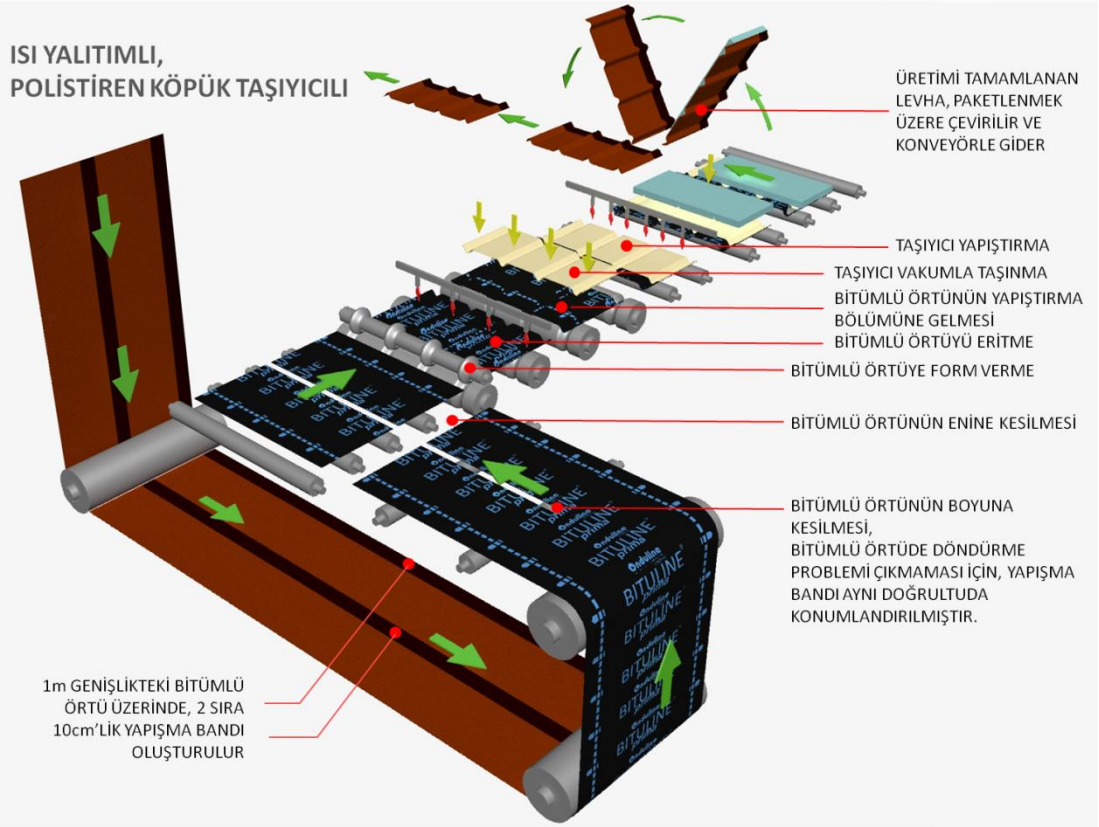
Şekil 5.17 : Bitüpan üretim makinesi,boyuna kesit.



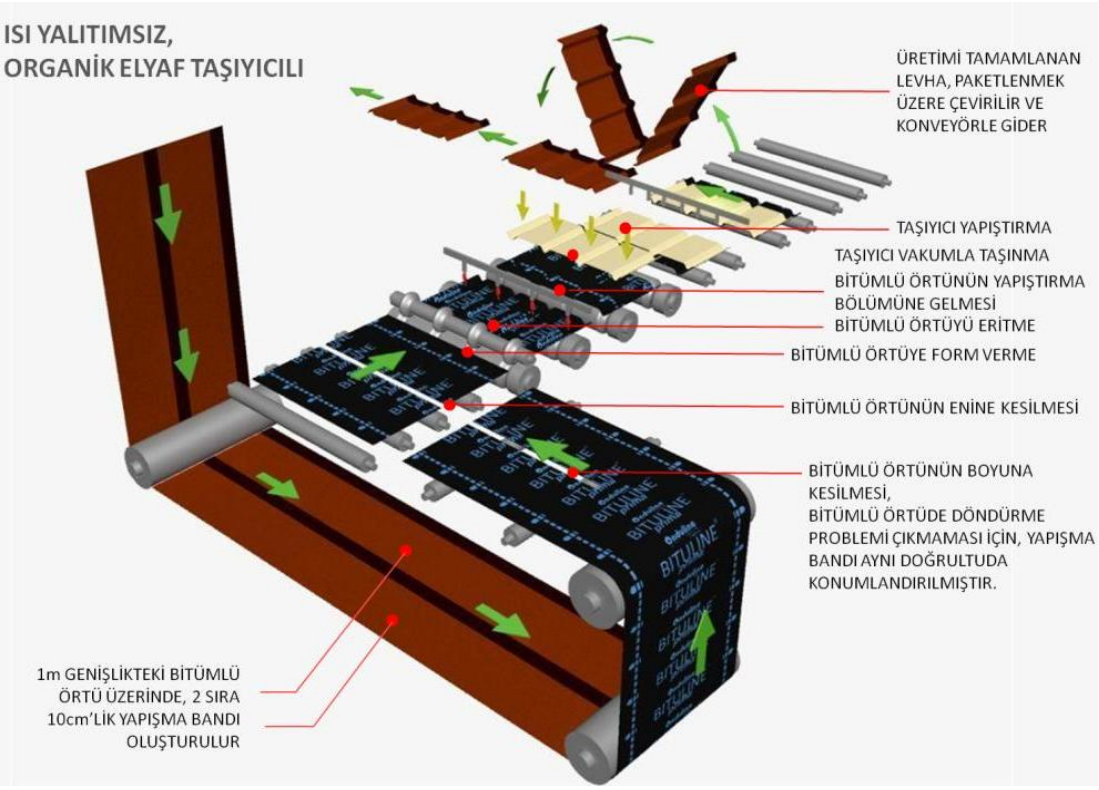
Şekil 5.18 : Bitüpan üretim makinesi, plan.

Şekil 5.19 : Bitüpan üretim makinesi ve üretimin aşamaları.

5.2.3 Seri üretim



Şekil 5.20 : Isı yalıtımlı bitüpan seri üretim.

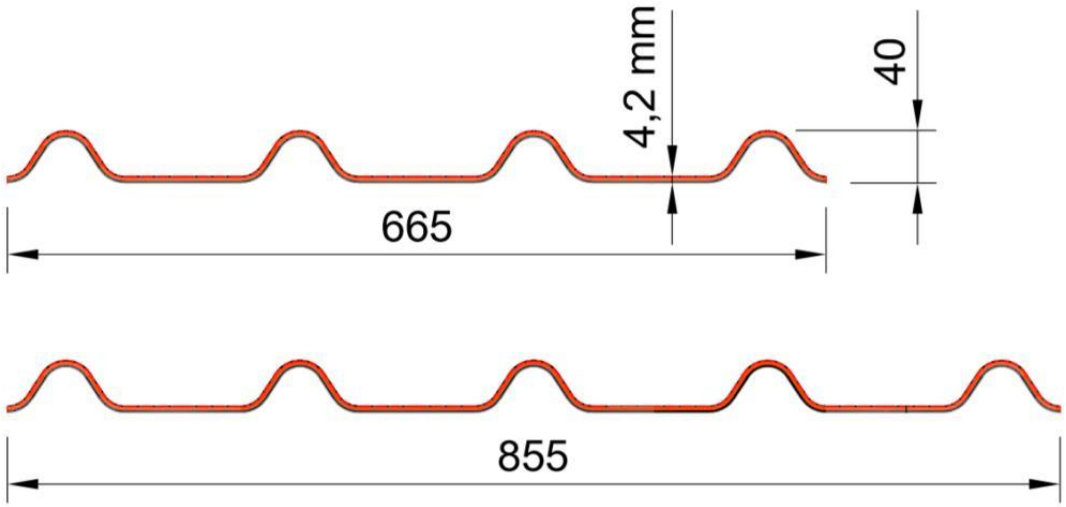


Şekil 5.21 : Isı yalıtımsız bitüpan seri üretim.

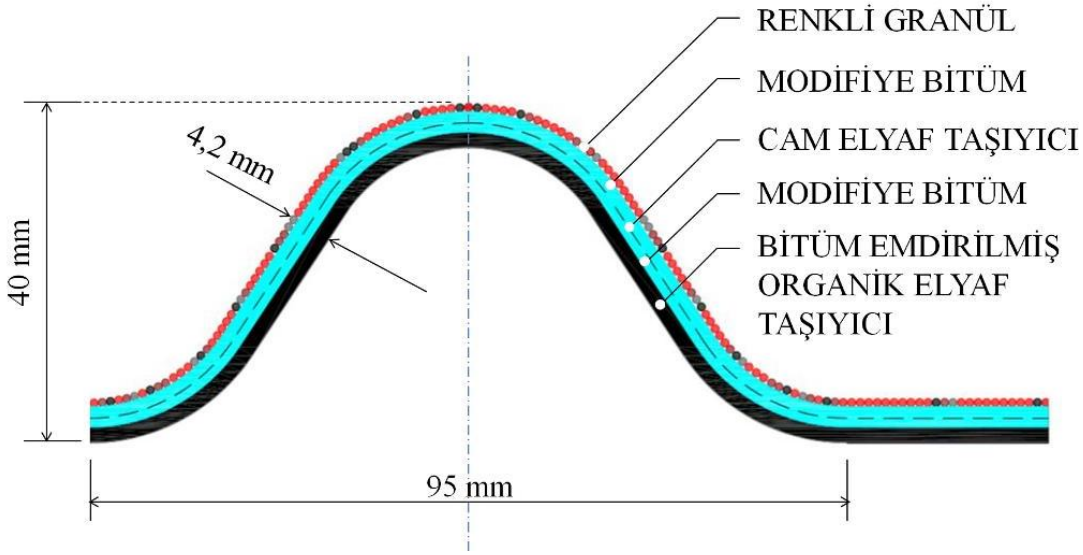
5.3 Bitüpan

5.3.1 Granüllü ısı yalıtımsız bitüpan – Bitüpan G

Bitüpan G, 2mm kalınlığında organik elyaf taşıyıcı ve üzerine ısıtılarak yapıştırılmış 2,2 mm kalınlıkta yüzeyi granül kaplanmış modifiye bitümlü örtü şeklinde tasarlanmıştır. Bitüpan G'nin kalınlığı 4,2 mm, tümsek yüksekliği 40 mm'dir. Taşıyıcı altlığa %30 oranında 70-100 penetrasyonlu bitüm emdirilecektir. Bitümlü örtünün ortasına 90 g/m² ağırlıkta takviyeli cam elyaf taşıyıcı konulacaktır. Bitüpan'ın 665 mm olan genişliği, istenirse 190 mm' nin katları olarak arttırılabilir [367].



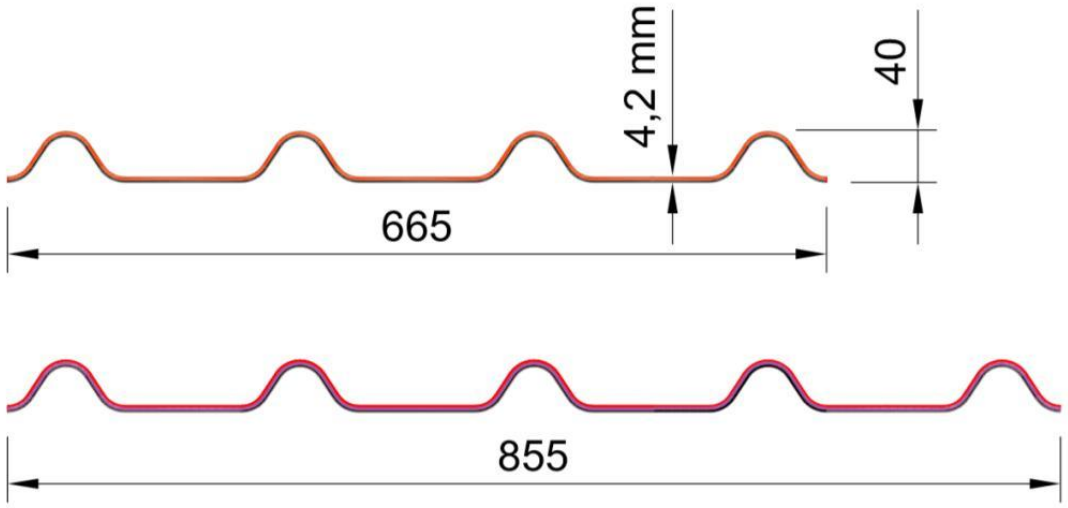
Şekil 5.22 : Isı yalıtımsız, granüllü bitüpan ölçüleri.



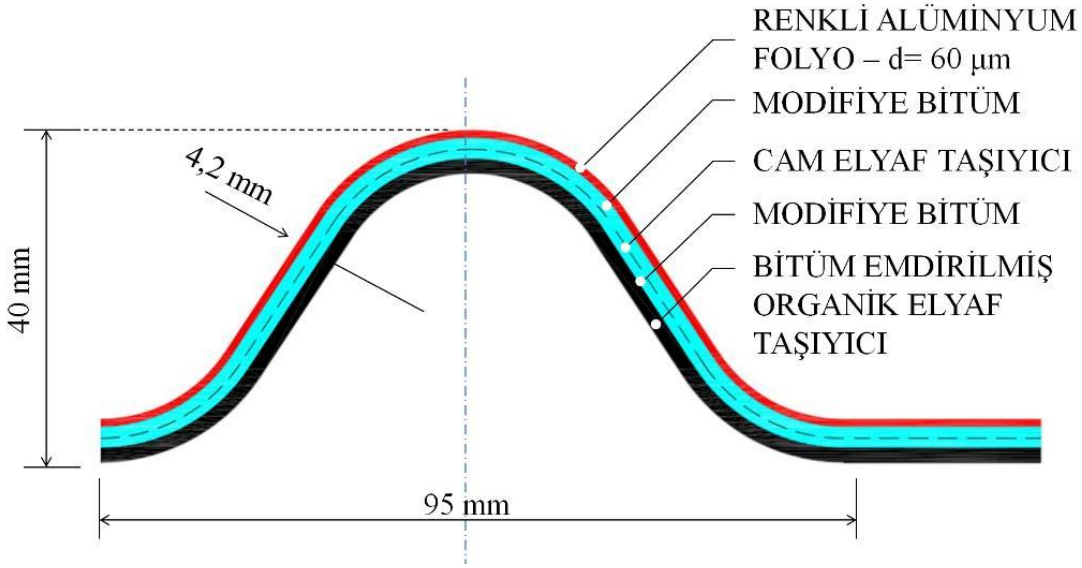
Şekil 5.23 : Isı yalıtımsız, granüllü bitüpan tümsek detayı.

5.3.2 Alüminyum folyolu ısı yalıtımsız bitüpan – Bitüpan A

Bitüpan A, 2mm kalınlığında organik elyaf taşıyıcı ve üzerine ısıtılarak yapıştırılmış 2,2 mm kalınlıkta ve yüzeyi 60 mikron alüminyum folyo kaplanmış modifiye bitümlü örtü şeklinde tasarlanmıştır. Bitüpan A'nin kalınlığı 4,2 mm, tümsek yüksekliği 40 mm'dir. Taşıyıcı altlığa %30 oranında 70-100 penetrasyonlu bitüm emdirilecektir. Bitümlü örtünün ortasına 90 g/m² ağırlıkta takviyeli cam elyaf taşıyıcı konulacaktır [367].



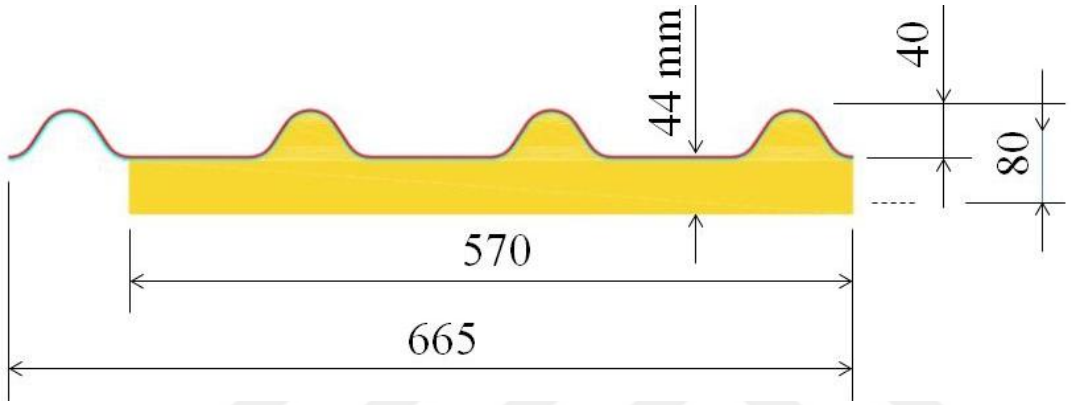
Şekil 5.24 : Isı yalıtımsız, alüminyum folyolu bitüpan ölçüleri.



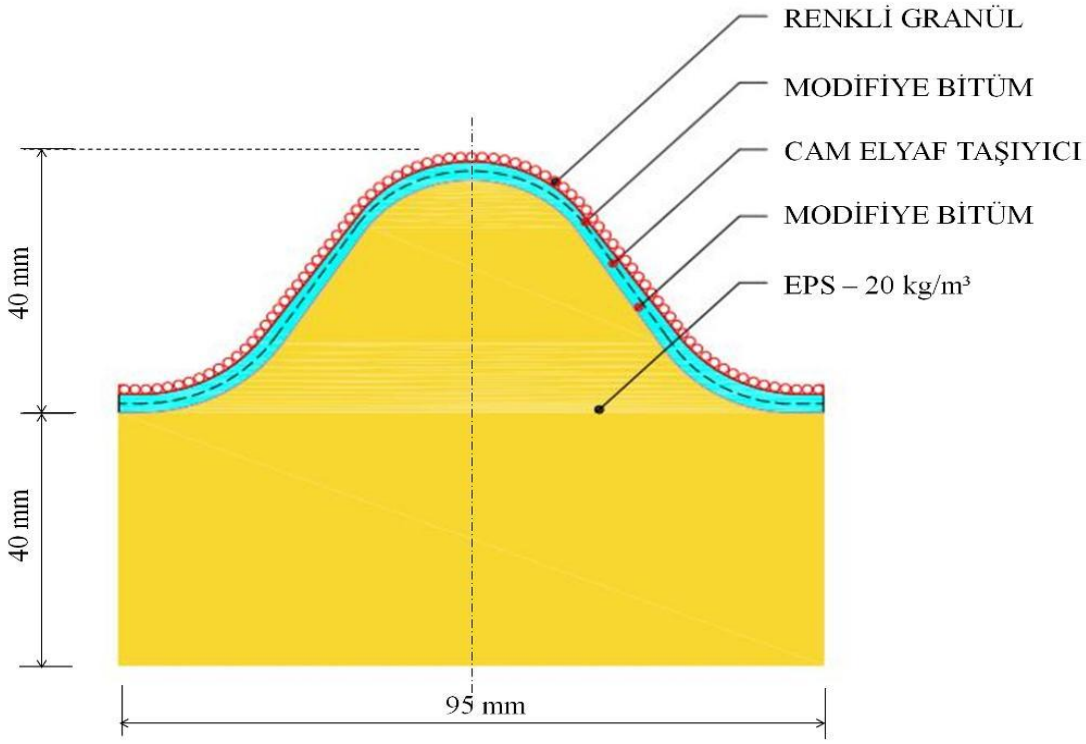
Şekil 5.25 : Isı yalıtımsız alüminyum folyolu bitüpan tümsek detayı.

5.3.3 Granüllü ısı yalıtımlı bitüpan – Bitüpan GY

Bitüpan G, 2mm kalınlığında organik elyaf taşıyıcı ve üzerine ısıtılarak yapıştırılmış 2,2 mm kalınlıkta yüzeyi granül kaplanmış modifiye bitümlü örtü şeklinde tasarlanmıştır. Bitüpan G'nin kalınlığı 4,2 mm, tümsek yüksekliği 40 mm'dir. Taşıyıcı altlığa %30 oranında 70-100 penetrasyonlu bitüm emdirilecektir. Bitümlü örtünün ortasına 90 g/m² ağırlıkta takviyeli cam elyaf taşıyıcı konulacaktır. Bitüpan'ın 665 mm olan genişliği, istenirse 190 mm' nin katları olarak arttırılabilir.



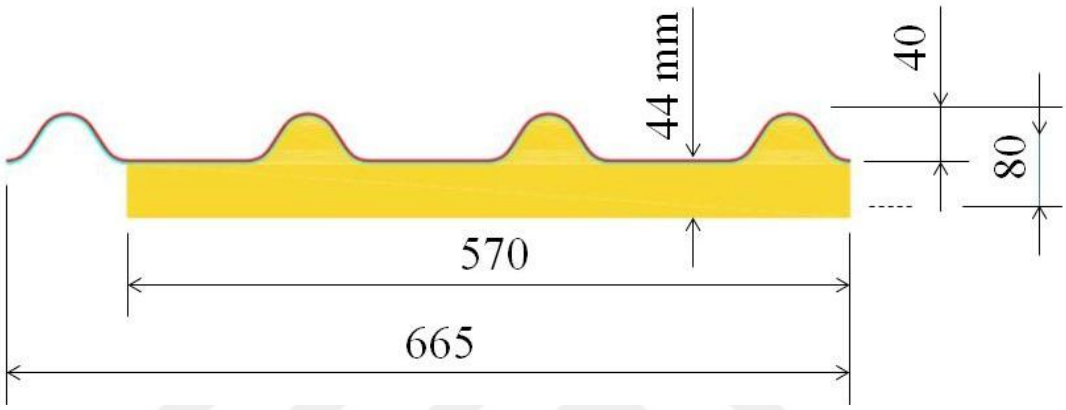
Şekil 5.26 : Isı yalıtımlı, granüllü bitüpan ölçüleri.



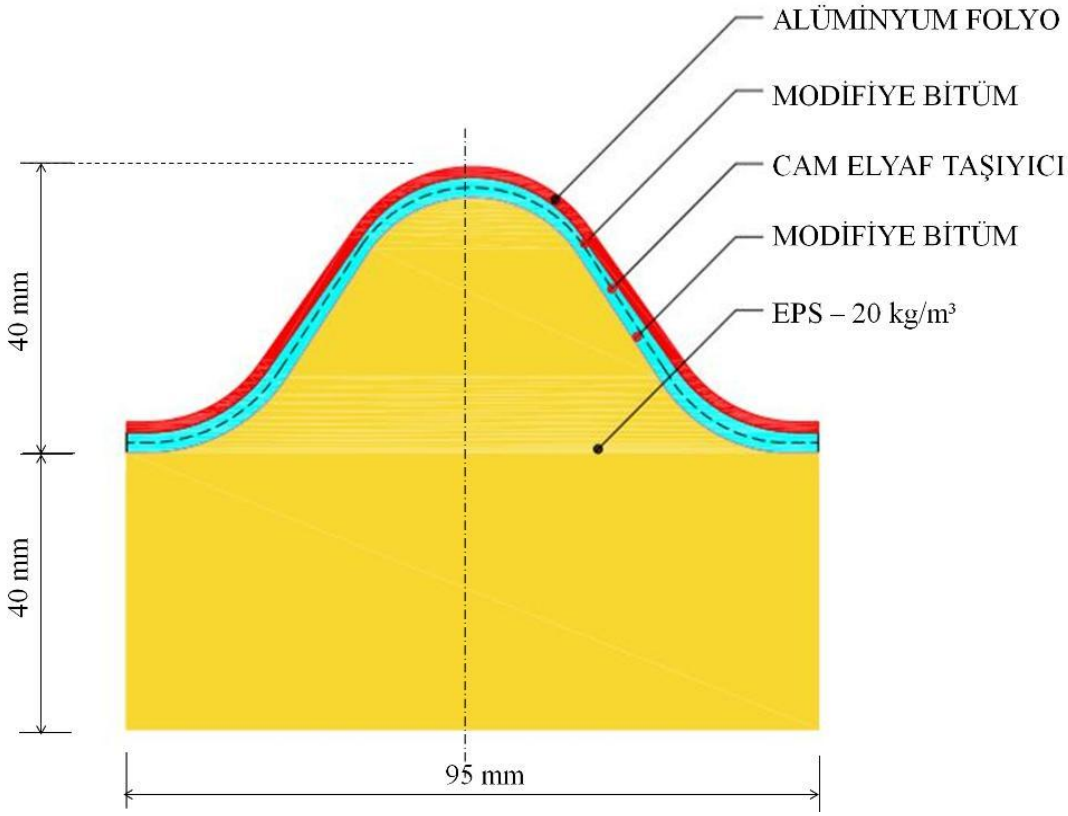
Şekil 5.27 : Isı yalıtımlı, granüllü bitüpan tümsek detayı.

5.3.4 Alüminyum folyolu ısı yalıtımlı bitüpan AY

Bitüpan A, 2mm kalınlığında organik elyaf taşıyıcı ve üzerine ısıtılarak yapıştırılmış 2,2 mm kalınlıkta ve yüzeyi 60 mikron alüminyum folyo kaplanmış modifiye bitümlü örtü şeklinde tasarlanmıştır. Bitüpan A'nin kalınlığı 4,2 mm, tümsek yüksekliği 40 mm'dir. Taşıyıcı altlığa %30 oranında 70-100 penetrasyonlu bitüm emdirilecektir. Bitümlü örtünün ortasına 90 g/m² ağırlıkta takviyeli cam elyaf taşıyıcı konulacaktır.



Şekil 5.28 : Isı yalıtımlı, alüminyum folyolu bitüpan ölçüleri.



Şekil 5.29 : Isı yalıtımlı, alüminyum folyolu bitüpan tümsek detayı.

5.4 Bitüpanın boyutsal, mekanik, fiziksel ve kimyasal özellikleri

Bitüpan, yüksek performanslı bir çatı kaplama malzemesi olarak geliştirilmiştir. Ürünün kullanım sürecindeki bakım maliyetlerinin de olabildiğince düşük olması amaçlanmıştır.

5.4.1.Boyutsal özellikler

Bitüpan, sınırlı sayıda, emek yoğun işçilikle TSEN 534 + A1'de belirlenen boyutsal özelliklere uygun olarak üretilmiştir. Çok hassas ölçümlerle üretilen Bitüpan'ların fiziksel özellikleri, belirlenen tolerans değerleri içerisindedir.

Uzunluk : 400 mm. Uzunluk toleransı + %1 ve – % 0,2'dir. Numune üretimler tolerans değerleri içerisinde kalmaktadır. Seri üretim aşamasında farklı uzunlukta Bitüpan'ların üretilebileceği düşünülmektedir.

Genişlik : 665 mm (Seri üretime geçildiğinde istenirse 855 mm ve 1045 mm genişlikte yapılabilecektir). Genişlik toleransı ± %2'dir. Numune üretimler tolerans değerleri içerisinde kalmaktadır.

Kalınlık : Granüllü Bitüpan'ın kalınlığı 4,2 mm ile 4,3 mm arasında değişmektedir. Alüminyum folyolu Bitüpan'ın kalınlığı 4,2 mm'dir. Isı yalıtımlı Bitüpan'larda organik elyaf taşıyıcı olmayacağı için toplam kalınlık, 4,0 mm + ısı yalıtım malzemesi kalınlığı kadardır. Kalınlık toleransı ± %10'dur.

Oluk yüksekliği : Bitüpanın tüm tiplerinde oluk yüksekliği 40 mm olarak tasarlanmıştır. Oluk yüksekliğinin toleransı ± %6'dır. Isı yalıtımlı Bitüpan'larda oluk yüksekliği 40 mm + ısı yalıtım malzemesi kalınlığı kadardır. Isı yalıtımsız Bitüpan'lar esnek oldukları için tümseklere paralel olarak yayılabilirler ve buna bağlı olarak oluk yükseklikleri 38 mm'ye kadar düşebilir (bu yükseklik te toleranslar içinde kalır). Isı yalıtımlı olanlarda böyle bir problem yoktur.

Tümseklerin derecesi : Bitüpan'ın tümsek kenarlarının eğimleri 0°'den başlayıp 57°'ye kadar çıkar ve tepe noktasında yine 0°'ye düşer. Ana eğim açısı 57°'dir. Eğim toleransı ±%3'tür. Isı yalıtımsız Bitüpan esnek olduğu için, yayılma nedeni ile tümsek kenar açısında farklılıklar oluşabilir. Isı yalıtımlı Bitüpan'ın taşıyıcı altlığı EPS olduğu için tümsek kenar açısında farklılıklar olmaz.

Karelik : Isı yalıtımsız Bitüpan'larda tümseklere paralel olarak yayılma, her iki uçta farklı ölçülerde olabilir. Bu boyutsal sapma 4 mm / m veya daha az olmalıdır. Isı yalıtımlı Bitüpan'da, taşıyıcı altlıkta boyutsal bir farklılık yoksa karelik düzgündür. Taşıyıcı altlığın boyutsal kararlılığı optik ölçüm aletleri ile test edilebildiğinden, karelikten sapma olasılığı yok denecek kadar azdır.

5.4.2 Mekanik özellikler

Bitüpan'ın boyutsal özellikleri nedeni ile, TSEN 534 + A1'in öngördüğü tüm testlerin yapılmasını gerekmemektedir. Boyutlarının küçük olması, alt yapılarının büyük çatı kaplama levhalarına göre daha farklı olmasını gerektirmektedir.

Düşey yük altında eğilme

Bitüpan küçük boyutlu bir malzeme olduğu için, tamamen dolu bir altyapı (lamba zıvanalı ahşap, OSB veya kontraplak) üzerine uygulanır. Açıklık atlaması ve sehim etkisi altında kalması söz konusu değildir. Bu nedenle aşağı doğru yük altında eğilme testinin uygulanmasına gerek görülmemiştir.

Çizelge 5.2 : Sehim Testi.

Yer değiştirme (mm)	Uygulanan ağırlık (Kg)
0	0
0	2
1,28	7
3,70	19
3,89	20
4,16	21
4,66	23
4,90	24
5,38	27
5,97	31
9,49	53
9,78	57
11,62	63
13,79	77
15,05	81
15,80	85
16,83	88

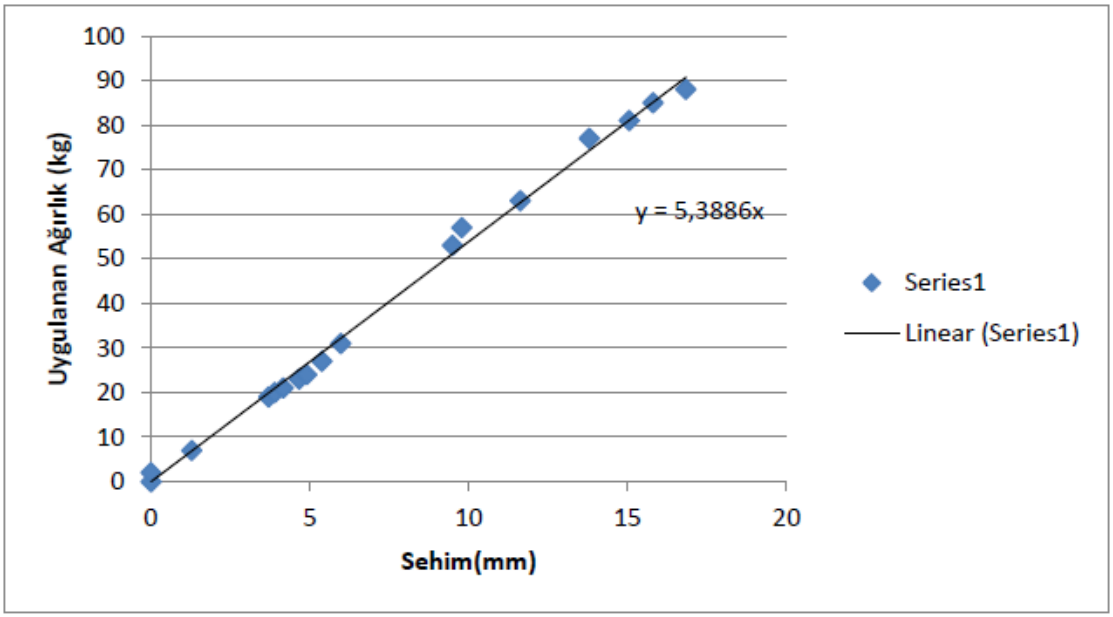
Ancak aralıklı bir alt yapı üzerinde uygulanırsa davranışı ne olur düşüncesi ile, 34cm mesnet aralığına yerleştirilen Bitüpan levhası üzerine 40 mm eninde bir destek

elemanı konularak bunun üzerinden düşey yük uygulanmış ve şu sonuçlar elde edilmiştir (Çizelge 5.02).

Elde edilen sonuçlar, beklentilerin çok üzerinde olumlu olarak gerçekleşmiştir. Bu şartlar altında Bitüpan'ın aralıklı bir alt yapı üzerine uygulanması da düşünülebilir. Bu kararın verilebilmesi çok sayıda test yapılmasını gerektirdiğinden aralıklı alt yapı üzerine uygulamadan vazgeçilmiştir.

Bu konu farlı bir araştırma projesi olarak değerlendirilebilir. Bu kapsamda yapılacak çalışmalarda malzeme boyunun arttırılabileceği düşünülmelidir.

Çizelge 5. 3 : Sehim Grafiği.



Darbe dayanımı:

Bu testte 400 mm çapında ve 40 kg ağırlığındaki küre – koni torbanın, 62 cm yükseklikten bırakıldığında test edilen malzemeyi delip delmediğine bakılmaktadır. Bitüpan tamamen dolu bir alt yapı üzerine uygulandığı için bu test geçersizdir.

İklimsel değişiklikler sonucunda dolu yağışlarının artması, çatılarda da ciddi sorunlar yaratmaya başlamış ve dolu mukavemeti, çatı kaplama malzemeleri için en önemli kriterlerden biri haline gelmiştir. Bu nedenle geliştirilen ürün, ASTM D3746'ya (Standard Test Method for Impact Resistance of Bituminous Roofing Systems) uygun olarak üretilen test aparatı ile teste tabi tutulmuştur (Şekil:7).

Test aparatı, darbe etkisi yapan ağılığın, numune Bitüpan üzerine farklı yüksekliklerden düşürülmesine olanak verecek şekilde tasarlanmıştır. Test, çatı kaplama malzemeleri üzerine 2450gr'lık ağırlığın muhtelif yüksekliklerden serbest olarak bırakılması şeklinde uygulanmakta ve ağırlık aynı noktaya 5 kez atılmaktadır. Ağırlığın 60cm yükseklikten bırakılması ile yapılan testlerde kiremitler parçalanmakta, sac kaplamalar tamamen ezilmekte ve bitümlü malzemelerde çatlamalar ve kırılmalar oluşmaktadır.

Bitüpan'da aynı şekilde teste tabi tutulmuş ve ağırlık aynı noktaya 5 kez atılmıştır.Bitüpan'da, gözle görünür bir deformasyona rastlanmaması üzerine, yine aynı noktaya 5 kez daha atım gerçekleştirilmiştir (Şekil 5.29). Bitüpan üzerinde toplamda 10 kez darbe uygulanan noktada , belirli belirsiz bir ezilme dışında hiçbir deformasyona rastlanmamıştır.

Şekil 5.30 : ASTM D3746'ya göre geliştirilen test aparatı.

Şekil 5.31 : Bitüpan darbe testi (ASTM D3746'ye göre).

Ağırlığın 10 kez düşürüldüğü nokta kırmızı daire içine alınmıştır. Şekil 5.31'de görüleceği üzere hiçbir hasar oluşmamıştır.

Dolu testi

En yaygın ve potansiyel olarak zarar verebilecek çevresel kuvvetlerden biri olan dolu, yasal zorunluluklar ne olursa olsun, açık havada kullanılan herhangi bir ürün için kalite kontrol sürecinin bir parçası olnmalıdır. Dolu etkisi altında kalan çatı kaplama malzemelerinde beş baskın hasar ortaya çıkmaktadır;

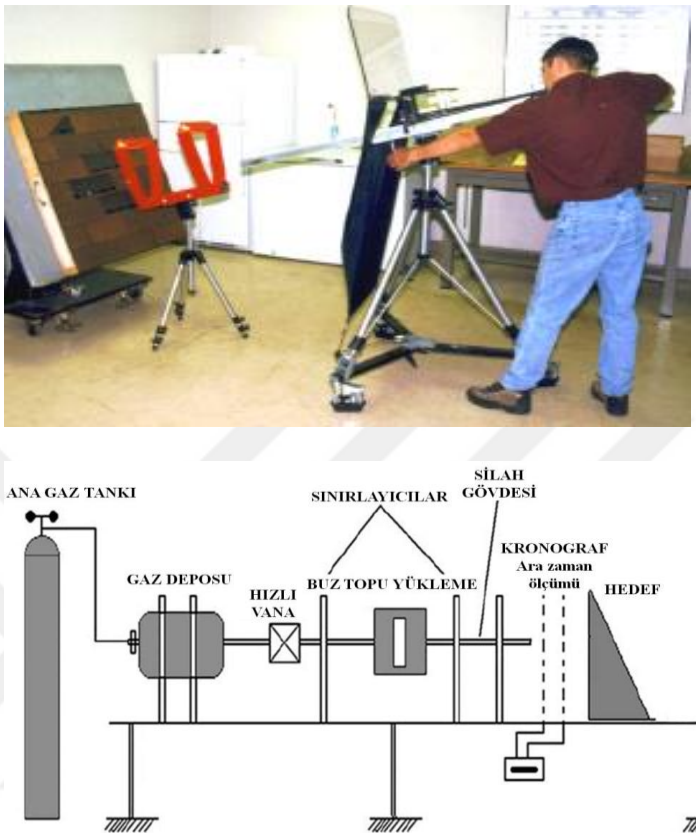
- İşlevsellik kaybı,
- Deformasyon,
- Kırılma,
- Estetik ve
- Yaşlanmayı etkileyen hasarlar.

Dolu, laboratuvar koşullarında çeşitli malzemeler kullanılarak çeşitli metotlarla test edilmektedir. Doğal dolu küreleri hava kabarcıklı ve gevşekbir yapıya sahiptir ve çatı kaplama malzemesi üzerine çeşitli açılarla çarparlar. Testlerde kullanılan buz küreleri ise hava boşluğu içermez ve genellikle test çatısına dik açı ile çarptırılırlar. Bu nedenle doğal dolu etkisinden çok daha ağır bir etki yaptıklarını söyleyebiliriz.

Dolu tanelerinin yoğunluğu genellikle 0,8 g cm^3'tür ve özellikle ıslak büyüme durumunda katı buza (0,917 g cm^3) yaklaşır (büyüme modu ve erime/donma süreci, yoğunluklarının farklılaşmasındaki en belirleyici etkendir).

İlk araştırmacılar dolu testlerinde basınçlı hava ile tetiklenen pnömatik silahlar kullandılar. Ancak bu silahlarda hız ve isabet tutarlılığı sağlanamamıştır. 1997 yılında, Haag Mühendisleri tarafından geliştirilen IBL-7 (7. nesil buz küresi fırlatıcı)

adlı mekanik cihazla, fırlatma hızında tutarlılık sağlamış ve her buz küresi istenen hedef noktaya yönlendirilmiştir. Günümüzde bu testler çok gelişmiş bilgisayar kontrollu silahlarla yapılmaktadır.



Şekil 5.32 : Dolu çarpma test cihazı (Gaz Tabancası) ve şematik gösterimi [368].

Şekil 5.33 : Bilgisayar kontrollu buz topu silahı [369].

Dolu fırtınası, modüllerde ve toplayıcılarda ciddi hasara neden olabilir. Test standımız, uluslararası standartlara göre testler yapmanızı sağlar. Dolu çarpma test standı, önceden belirlenmiş boyuttaki dolu taşları temsil eden buz toplarını, modüle

veya destek çerçevesine monte edilmiş toplayıcıya ateş eden, hava basınçlı bir fırlatıcı kullanır.

Teknik özellikler

Standard test alanı	3 m x 1.8 m
Buz topu	9
Standard ölçüler	25, 35 and 45 mm
Buz toplarının hızı	10–40 m/s

1996'dan önce, bazı çatı kaplama malzemelerinin diğerlerine göre daha iyi rüzgar ve dolu koruması sağladığı bilinmesine rağmen hiçbir tanımlayıcı standard yoktu. Bu nedenle emlak sigortası endüstrisi uzmanları, 1996 yılında, çatı kaybı sorunuyla mücadele etmek amacıyla UL 2218 sınıflandırmasını geliştirmek için İşletme ve Ev Güvenliği Enstitüsü (IBHS) ve Underwriter Laboratuvarı (UL) ile birlikte bir çalışma başlattı. UL 2218, dolu tanelerini simüle eden çelik bilyalar kullanarak, çatıkaplama malzemelerini Sınıf 1'den 4'e kadar derecelendirerek çatı darbe dayanımı için ulusal bir standart belirlemiştir. Sınf 1 en zayıf, sınıf 4 en dayanıklı çatı kaplama malzemesini tarif etmektedir [12,247,371,372].

Çizelge 5.4 : Terminal hızları ve test dolu tanelerinin enerjileri.

Çap		Terminal Hızı			Yaklaşık Darbe Enerjisi	
inches	(cm.)	ft/s	mi/hr	(m/sec)	ft lbs	(Joules)
1	(2.5)	73	50	(22.3)	<1	(<1.36)
1¼	(3.2)	82	56	(25.0)	4	(5.42)
1½	(3.8)	90	61	(27.4)	8	(10.85)
1¾	(4.5)	97	66	(29.6)	14	(18.96)
2	(5.1)	105	72	(32.0)	22	(29.80)
2½	(6.4)	117	80	(35.7)	53	(71.9)
2¾	(7.0)	124	85	(37.8)	81	(109.8)
3	(7.6)	130	88	(39.6)	120	(162.7)

Çizelge 5.5 : ASTM, FM ve UL standart test yöntemleri ile üretilen kinetik enerjiler.

Standard	Test Dolu Tanesi Parametreleri			
	Çap in. (mm)	Kütle lbs. (kg)	Düşme mesafesi ft. (mm)	Enerji ft. lbs. (J)
ASTM D 3746	2" (50)	(2.27)	4'5.0" (1355)	22 (33.0)
FM Class I-	1.75" (45)	(.360)	17'9.5" (5400)	14 (19.0)
FM Class I-	2" (51)	(7.37)	5' (1500)	8 (10.8)
UL Class 1	1.25" (32)	.28 (.127)	12' (3700)	3.36 (4.6)
UL Class 2	1.5" (38)	.48 (.218)	15' (4600)	7.2 (9.8)
UL Class 3	1.75" (46)	.79 (.358)	17' (5200)	13.43 (18.3)
UL Class 4	2" (51)	1.15 (.521)	20' (6100)	23 (31.2)

Gelişmiş dolu test silahları ile test yapma olanağı bulamadığım için mevcut silo yapısından yararlanılarak, çapı 100 mm PVC borudan oluşan bir test düzeneği hazırlanmıştır. Sadece boru ile istenen doğrultu düzgünlüğü sağlanamadığı için, boru etrafına basit bir taşıyıcı iskelet yapılmıştır. Düzeneğin üst kısmında üzeri açık eğimli bir kanal bulunmaktadır. Üzerinde eşit aralıklarla boşluklar bulunan ahşap eleman (buz topu yatağı) kanal üzerine serbest olarak konulmakta ve boşluklara hazırlanan buz topları yerleştirilmektedir. Buz topu yatağı kaldırılınca, buzlar eşit aralıkla kanal içinde hareket etmektedir.Kanalın üzerine Hazırlanan düzenekte, çapı 76 mm ve ağırlığı 134 g olan buz küreleri 21444 mm yükseklikten aynı noktaya 5 kez ardışık olarak atılmıştır.

Yapılan testin ASTM D 3476 ve UL Class 4 değerlerinin biraz altında olduğu görülerek, uzun kenarı 65 mm olan oval buzların içine kurşun topları konularak ağırlıkları 150 g'a çıkarılmış ve istenilen kinetik enerji değerine ulaşılmıştır.

E_{pot}= m x g x h

E_{pot}= 0,134 x 9,81 x 21,44 = E_{kin}

E_{kin} = 28,18 Joule = 20,78 ft. lbs.

E_{pot}= 0,150 x 9,81 x 21,44 = E_{kin}

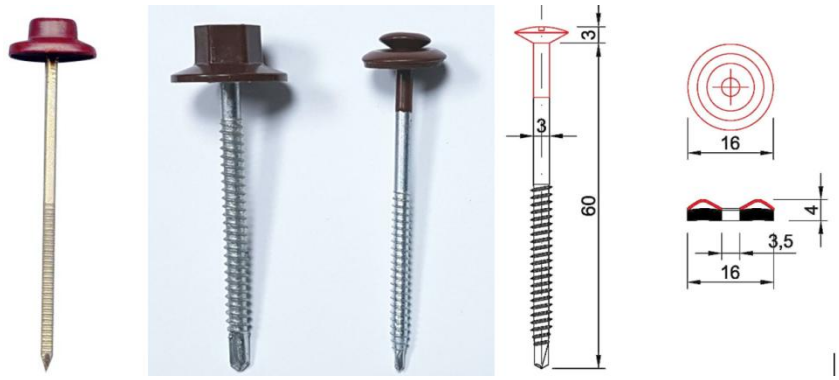
E_{kin} = 31,55 Joule = 23,26 ft. lbs.

Şekil 5.34 : Dolu test düzeneği.

Şekil 5.35 : Dolu testinde kullanılan buzlar.

Yırtılma dayanımı

Bitüpan'ın ahşap alt yapı üzerine tespitinde, monoblok başlıklı (plastik rondelası çivi başına entegre edilmiş olan) galvanizl çiviler, metal altyapı üzerine tespitinde matkap uçlu monoblok başlıklı (M12 altı köşe anahtara uygun formda) veya matkap uçlu, mercimek başlı, yıldız tornavida ağızlı, plastik yastıklı metal rondelalı standart vidalar kullanılacaktır. Çiviler 12 cm uzunluğa kadar, vidalar ise 16 cm uzunluğa kadar standart olarak üretilmektedir. Farklı boylarda çivi ve vidaların da özel siparişle ürettirilme olanağı vardır. Monoblok çivi ve vidalarda rondela çapı 22 mm, ayrı rondelalı vidalarda rondela çapı 16 mm'dir.



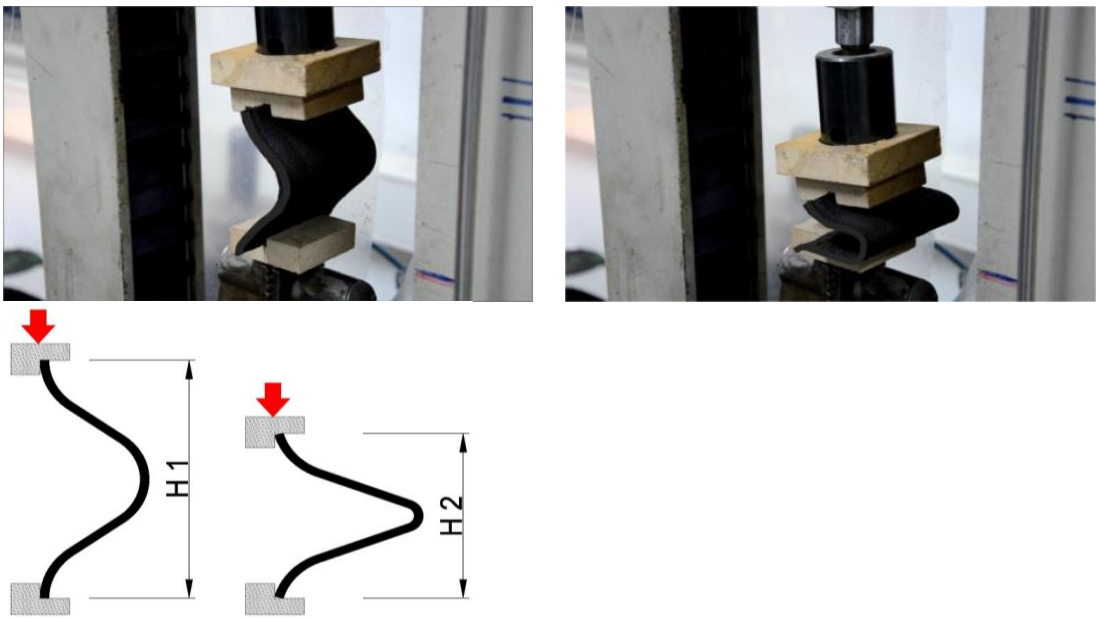
Şekil 5.36 : Bitüpan tespit elemanları.

Şekil 5.37 : Yırtılma testi.

Bitüpan'ın düz kısmından kesilen 5 cm x 15cm ölçülerindeki şerit test düzeneğine tespit edilmiş ve monoblok başlıklı çivi test parçası içinden geçirilerek 50 mm /m'lik çekme uygulanmıştır. Yapılan 5 testin tamamı, plastik başlığın çividen ayrılması ile sonuçlanmış, Bitüpan'da yırtılma olmamıştır.

Kırılganlık dayanımı

TSEN 534 + A1'e göre zorunlu bir test değildir. Levhanın 1 tümsek enindeki kısmı 5 cm uzunlukta kesilir. Kesilen parçanın kenarları test aparatının içine yerleştirilir ve basınç uygulanır. Malzemenin testi geçebilmesi için tümsek parçasının kırılmaması gerekir.



Şekil 5.38 : Sıkıştırma Testi.

Çizelge 5.6 : Sıkıştırma testi ölçümleri.

TARİH	6.03.2018		SIKIŞTIRMA HIZI	200mm/m	
YER	SAPANCA		H 1 : Sıkıştırmadan önceki ölçü		
ISI	22ºC		H 2 : Sıkıştırmadan sonraki ölçü		
NEM	40%				
ÖRNEK NO:	H 1 mm.	H 2 mm.	ÖRNEK NO:	H 1 mm.	H 2 mm.
1	95	24	6	95	24
2	95	24	7	96	24
3	96	24	8	95	24
4	96	24	9	95	24
5	95	24	ORTALAMA	95,3	24

5.4.3 Fiziksel özellikler:

Fiziksel özelliklerden söz edilince akla ilk olarak taşıma kapasitesi gelmektedir. Bunun yanısıra su geçirimsizlik, su emme oranı, birim kütle ağırlığı, homojenlik ve kayma direnci, incelenmesi gereken önemli özelliklerdir.

Su geçirimsizliği:

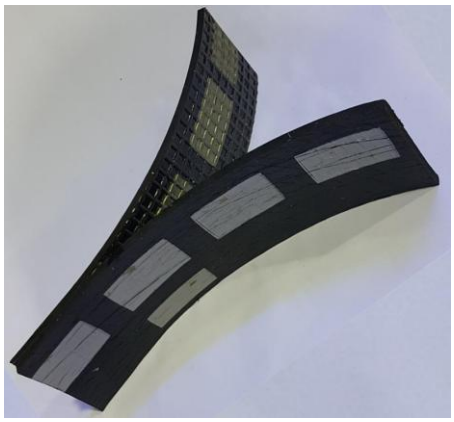
Bitüpan'ın üst katmanı su yalıtım örtüsünden oluştuğu için su geçirimsizliğinin test edilmesine gerek görülmemiştir. Üst katman olarak kullanılan su yalıtım örtüsüne, istenirse bitümlü örtü su yalıtım testleri uygulanabilir.

Kütle:

Granüllü ve alüminyum folyolu Bitüpan'lardan 5'er adet tartılmış ve ortalama değerleri alınmıştır. 400mm x 885 mm ölçülerindeki granüllü Bitüpan'ın ortalama ağırlığı 1,86 kg'dır. 400 mm x 665 mm ölçülerindeki alüminyum folyolu Bitüpan'ın ortalama ağırlığı 1,55 kg'dır. Seri üretime geçildiği zaman bu ölçümler farklılaşabilir.

Ürünün homojenliği:

Bir kesici yardımı ile yüzeyindeki alüminyum folyo soyulan Bitüpan yüzeylerinde bitümsüz alana rastlanmamıştır. Granüllü Bitüpanlarda ise, bitümsüz olan yüzeye granül yapışması söz konusu olmadığından, problemli yüzeyler hemen tespit edilebilir.



Şekil 5.39 : Ürünün homojenliği.

Su emilimi:

Bitüpan'ın düz kısmından kesilen 100mm x 100 mm boyutlarındaki 3 adet test numunesi, 70°C'lik kurutma kabininde 48 saat dinlendirildikten sonra tartıldı. Daha sonra içinde 23°C sıcaklıkta demineralize su (deiyonize su – saf su) bulunan kapta 25 saat bekletidi ve sonra tekrar tartıldı.

Çizelge 5.7 : Su emilimi testi ölçümleri.

TARİH	6.03.2018	
YER	SAPANCA	
ISI	23ºC	
NEM	40%	
TEST SÜRESİ	24 + 1 saat	
D : Kuru ağırlık - g		
W : Islak ağırlık - g		
ÖRNEK NO:	D	W
1	41,42	41,48
2	42,25	42,32
3	42,67	42,71
ORTALAMA	42,11	42,17

Ağırlıktaki artış = 1,72 g / dm²

400 mm x 665 mm Bitüpan = 1,86 kg / Ad.

1Adet Bitüpan'ın emebileceği su miktarı 52,6 g = %2,83

Kayma direnci:

Pürüzlü yüzeyleri nedeniyle granüllü Bitüpan çatı kaplama levhaları kaygan ürünler değildir. Alüminyum yüzyli olan Bitüpanlar da, yüzeylerindeki kabartmalı kaplama nedeni ile kaygan değildir.

Çatı üzerindeki yük taşıma kapasitesi:

Yük taşıma kapasitesi, bu ürün standardının kapsamına dâhil olmayan destek ve sabitleme yöntemine bağlıdır.

Not:Yük seviyesi, güvenlik seviyeleri ve izin verilebilen sapma (dönme), EUROCODES ve / veya ulusal inşaat yönetmeliklerinde tanımlanmaktadır .

5.4.4 Yangın performansı:

Yangın dayanımı, tüm yapı bileşenlerinde olduğu gibi, çatı kaplama malzemelerinde de beklenen bir özelliktir. Bu nedenle Bitüpan, yangın yönetmeliklerinin öngördüğü koşulları karşılayacak şekilde tasrlanmıştır.

Dış yangın performansı:

AB'ye üye ülkeler tarafından kabul edilen sınıflandırmaya bağlı olarak 4 test yönteminden biri seçilmektedir. Çatı ve çatı kaplamasının dış yangın performansı (14);

- Test 1 uygulanarak sınıfı belirlenmişse; BROOF (t1),
- Test 2 uygulanarak sınıfı belirlenmişse; BROOF (t2),
- Test 3 uygulanmışsa; sınıfı BROOF (t3), CROOF (t3), DROOF (t3),
- Test 4 uygulanmışsa; BROOF (t4), CROOF (t4), DROOF (t4), EROOF (t4) olarak ifade edilmektedir.

Çatı ve çatı kaplamalarının dış yangın performansı için birden fazla test yönteminin istendiği durumlarda, her test yöntemi çatı üzerine ayrı ayrı uygulanmaktadır. Çünkü, EN 13501-5 standardında, yapı malzemelerinin yangına tepki sınıflarının belirlenmesi için EN 13501-1 standardında temel alınan Test, tek yanan eleman testi (SBI- Single Burning Item) gibi ortak bir test yöntemi olmadığı için (16) farklı çatı testleri ve onların ortaya koyduğu çatı sınıfları arasında doğrudan bir ilişki kurulamamakta ve bundan dolayı, kabul edilir bir hiyerarşi bulunmamaktadır.

Bu nedenle yangın testlerinin en zoru olan ENV 1187 tercih edilmekte ve bu testi geçen ürünün diğer testleri de geçebilceği görüşü benimsenmektedir.

Çizelge 5.8 : İngiliz ulusal çatı yangın sınıfları ve karşılık gelen Avrupa sınıfları.

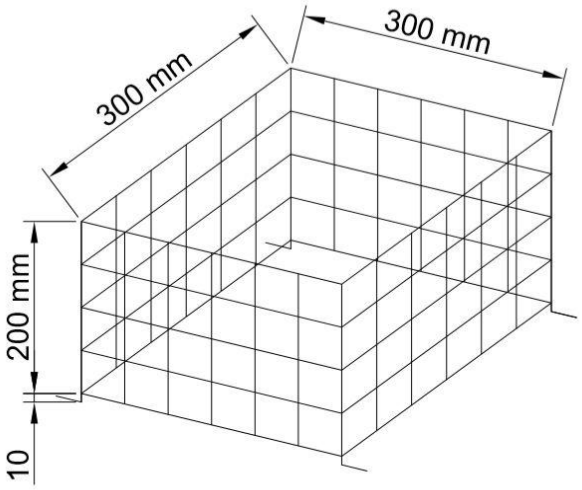
Ulusal Sınıf (BS 476:3'e göre)	Avrupa Sınıfı (EN 13501-5'e göre)
AA, AB, AC	B_{ROOF} (t4)
BA, BB, BC	C_{ROOF} (t4)
CA, CB, CC	D_{ROOF} (t4)
AD, BD, CD	E_{ROOF} (t4)
DA, DB, DC, DD	F_{ROOF} (t4)

Çizelge 5.9 : Çatıların Dış Yangın Testi özellikleri

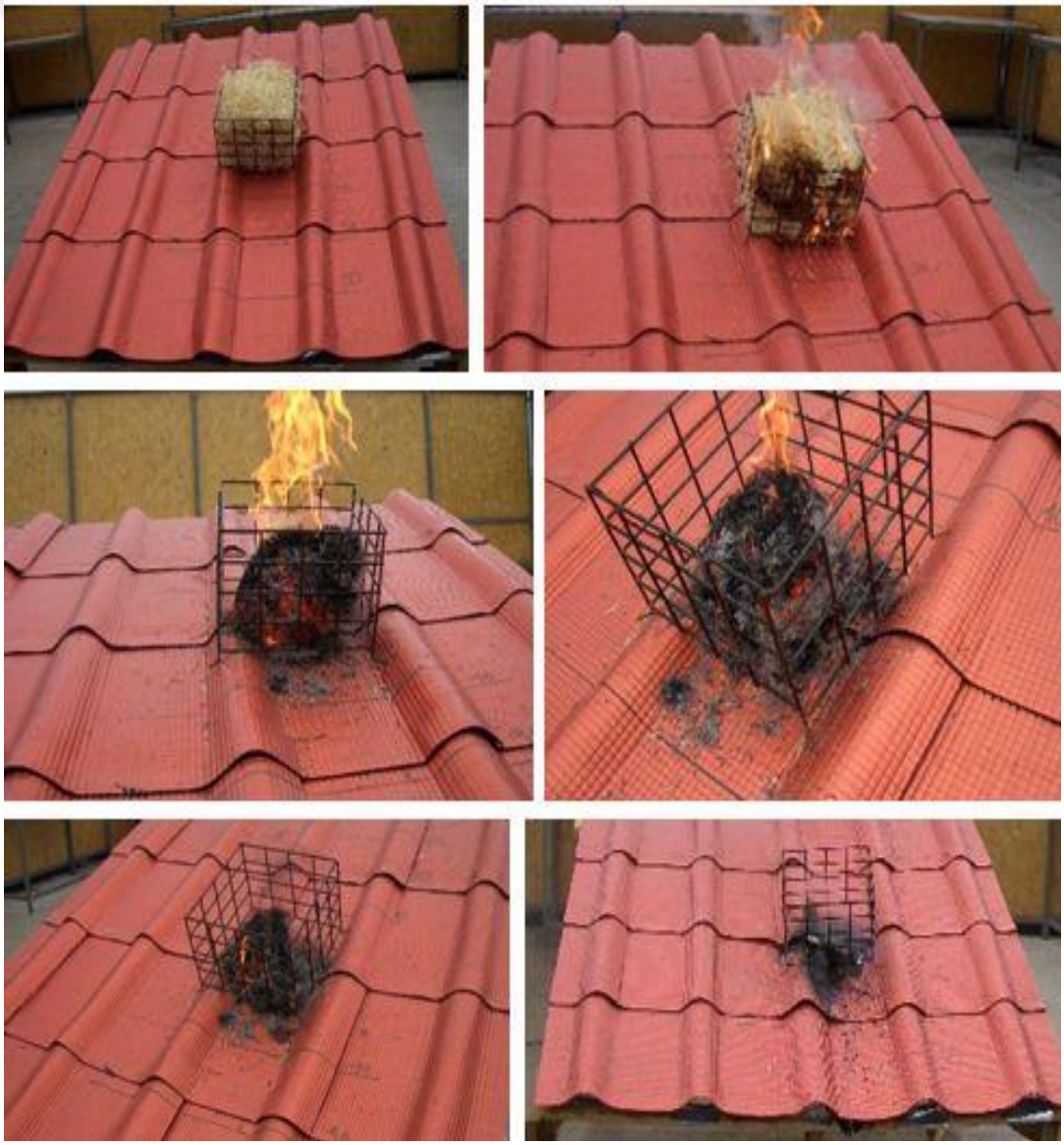
Sınıflandırma Standardı	EN 13501-5			
Test Standardı	ENV 1187			
Test Yöntemi	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4
Temel alınan ulusal standartlar	DIN (Almanya)	NORDTEST (İskandinavya)	AFNOR (Fransa)	BSI (UK)
Test numunesi boyutu (m)	0,80 x 1,80	0,40 x 1,0	1,2 x 3,0	0,84 x 0,84
Test düzeneği eğimi	15^0 ve 45^0	30^0	5^0 ve 30^0	45^0 veya düz yüzey
Yanıcı parçacık	Sepet içinde odun yongası	Küçük ahşap palet (Woodcrib)	Ahşap lifli levha (Wood fiberboard)	Gaz alevi
Rüzgar hızı (m/sn)	-	2 ve 4	3	6,7
Isıtma seviyesi (kW/m²)	-	-	12,5	12,5
Sınıflar	B_{ROOF} (t1) F_{ROOF} (t1)	B_{ROOF} (t2) F_{ROOF} (t2)	B_{ROOF} (t3) C_{ROOF} (t3) D_{ROOF} (t3) F_{ROOF} (t3)	B_{ROOF} (t4) C_{ROOF} (t4) D_{ROOF} (t4) E_{ROOF} (t4) F_{ROOF} (t4)

Bitüpan levhalarının dış yangın performansı ENV 1187-test 1'e göre test edilmiştir. %20 eğimli çatı üzerine kaplanan Bitüpan levhalarının ek yerine konan 30 cm x 30cm ölçülerindeki tel sepet içinde yakılan 300 g odun lifi tamamen yandıktan sonra, yakılan bölgenin etrafında akma ve damlama olmamış ve Bitüpan veya ahşap çatı konstrüksiyonu tutuşmamıştır. Buna göre Bitüpan, EN 13501-5 hükümlerine göre B_{ROOF} olarak sınıflandırılmıştır.

Yakma işlemi levhanın en zayıf bölümü olan ek yerinde yapılmıştır. Bu bölümdeki alüminyum kaplanmamış bitümlü bölümde bitüm erimesine rağmen tolerans değerleri dışında bir alevlenme ve akma oluşmamıştır.



Şekil 5.40 : Yangın testinde kullanılan tel sepet.



Şekil 5.41 : Bitüpan yangın testi.

5.5 Yapım

Geliştirilen çatı kaplaması levhası tamamen dolu bir alt yapı üzerine uygulanacaktır.

Saçakta aynı profilde 10cm genişlikte bir saçak elemanı bulunacak ve bu eleman çakılarak tespit edilecektir. Çatı kaplama levhası saçakta bu altlık üzerine yapıştırılarak uygulanacak, üst kısımda ise çakılacaktır. Bir üst sıra levha, alttaki levhanın tespit edildiği kısmın üzerini kapatacaktır.Saçakta en fazla 5cm çıkma yapılacaktır.

Yan kapama, mahya, dere v.b. detay bölümleri için aynı mantıkla (allt taşıyıcı sac, plastik veya karton, üstte mineralli veya alüminyumlu örtü) üretilmiş elemanlar kullanılacaktır.

Üretimde kullanılacak bitümlü örtüler, standart olarak üretilmekte olan mineralli ve alüminyumlu örtülerden seçilecektir. Tasarlanan ürünün seri üretiminin söz konusu olması halinde her iki kenarında 10cm'si kaplamasız olan özel bitümlü örtü üretimi yaptırılmalıdır.

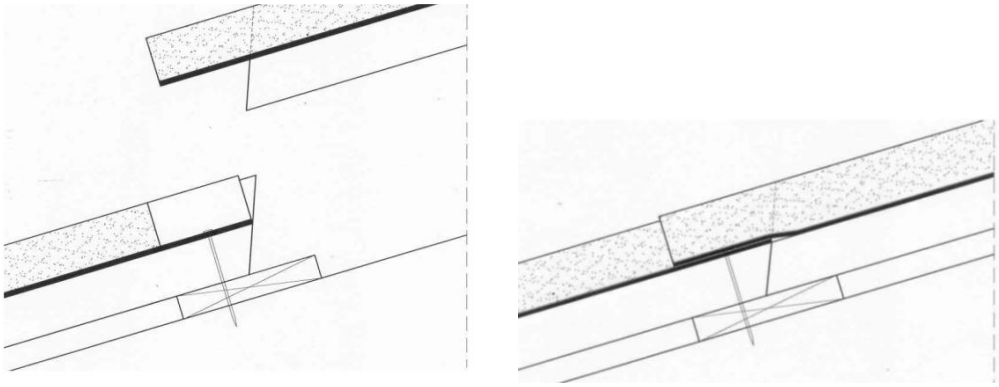
5.5.1 Isı yalıtımsız bitüpanın uygulanması

Tasarlanan ürünün üretiminin düşünülebilmesi için, kolay uygulanabilir olması ve tüm detayların sorunsuz ve basit bir şekilde çözülebilmesi gereklidir. Yapılan çalışmalarda geliştirilen ürünün detay çözümlerinde problem yaratmayacağı anlaşılmış ve binalarda en çok sorun yaşanan saçak, mahya, kalkan duvarı kenarı ve baca dibi detaylarının uygulaması aşamalı çizim halinde verilmiştir. Burada her bir detay noktası için kolay olduğu düşünülen bir çözüm verilmiştir.İstenirse daha farklı detay çözümleri de geliştirilebilir.

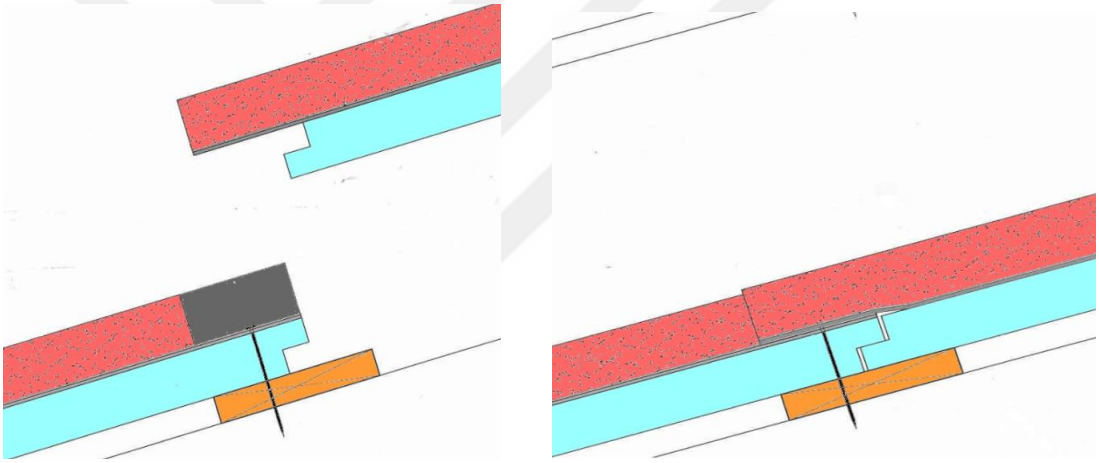
5.5.2 Isı yalıtımlı bitüpanın uygulanması

Geliştirilen çatı kaplaması levhası tamamen dolu bir alt yapı üzerine uygulanacaktır.
Levhaların kesiti, saçağa dik doğrultuda biribirlerini kilitleyecek şekilde tasarlanacaktır.
Saçakta ahşap veya plastik saçak çıtası ile uygulamaya başlanacak, tüm çatı levhaları sadece arkalarından çakılarak tespit edilecektir. Tespit çivileri tamamen gizlenmiş olacaktır. Yan kapama, mahya, dere v.b. detay bölümleri için aynı mantıkla (allt

taşıyıcı sac, plastik veya karton, üstte mineralli veya alüminyumlu bitümlü örtü) üretilmiş malzemeler kullanılacaktır.



Şekil 5.42 : Isı Yalıtımlı bitüpan boyuna bindirme detayı.



Şekil 5.43 : Isı yalıtımlı bitüpan boyuna bindirme alternatif detayı.

Üretimde kullanılacak bitümlü örtüler, standart olarak üretilmekte olan mineralli ve alüminyumlu bitümlü örtülerden seçilecektir. Tasarlanan ürünün seri üretiminin söz konusu olması halinde her iki kenarında 10cm'si kaplamasız olan özel bitümlü örtü üretimi yaptırılacaktır. Kaplamasız kısımların kendinden yapışkanlı olarak yapılması olanakları da ayrıca araştırılmış ve bunun üretilebileceği anlaşılmıştır. Bu amaçla kullanılabilecek, bitümlü örtü ve EPS ile reaksiyona girmeyen, aderansı çok yüksek yapıştırıcılar standart olarak üretilmekte ve piyasada bulunmaktadır. Yapıştırıcı maliyeti ve bitümlü örtünün ısıtılarak eritilmesi maliyeti ayrıca incelenerek değerlendirilebilir.

Çizelge 5.10 : Çeşitli Yapı Ürünlerinin Karbon Ayak İzleri [374].

Yapı Ürünleri	**CO2e g/kg**
Gazbeton blok	442
Alüminyum levha	11500
Seramik Karo	613
Sac	3778
Bakır Levha	973
Kırma taş	14
Float Cam	1230
Çakıl 2/32	3
Hafif Beton Blok	240
Polieten (LDPE)	2130
Polipropilen	2750
Kum 0/2	2
Cam Yünü	3148
Polistiren (EPS)	3300
Poliüretan (Sert Köpük)	4200
Ahşap elyaf	243

İlerleyen araştırmada, polipropilenin ve bitümlü kartonun, kolay temin edilebilir ve uygun fiyatlı olduğu görülmüş ve çalışmalara bu doğrultuda devam edilmiştir. Polipropilenli çözümde ekonomik açıdan geri dönüşümlü malzeme kullanılmasına karar verilmiştir. Üretimin ilk olarak ekstrüderle yapılması düşünülmüş ancak plastik üreticileri ile yapılan görüşmeler sonucunda bitümlü örtünün polipropilen yüzeye sağlıklı bir şekilde yapışabilmesi için özel profillendirilmiş yüzey gerektirdiği ve enjeksiyonla üretimin zorunlu olacağı anlaşılmıştır. Bu nedenle bitümlü karton üzerinde yoğunlaşılmıştır.

Tasarlanan ürünün çatıda kiremit algısı yaratması için, hem biçiminde, hem de ölçülerinde oluklu kiremitler esas alınmakla birlikte, hemen sonuç elde edebilmek amacı ile standart bir form kullanımı tercih edilmiştir. Yeni tasarım ürünü, 4 oluk ve 3 düzlükten oluşmaktadır. Levhanın uzunluğu 40 cm olarak ve bini ölçüsü 6cm olarak belirlenmiştir (Çalışmamın son aşamasında bu ölçüler optimize edilecektir).

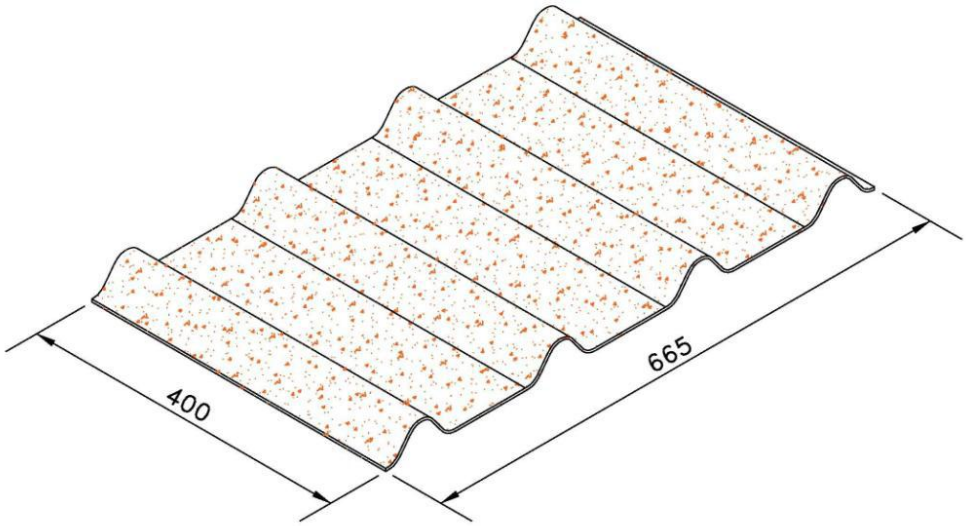
Sadece olukların altına destek konulmasının yeterli olacağı düşünülmüş ancak bunun üretime ve paketlemeye getireceği zorluklar dikkate alınarak ürünün tamamının altında taşıyıcı olması kararlaştırılmıştır. Herbir üründe 4 oluk ve 3 düzlükten oluşan bir destek parçası kullanılmıştır. Bu destek parçası çakılarak uygulanacak üründe (TipA) 40cm (Şekil:01) , binileri yapıştırılarak uygulanacak üründe (TipB) 32cm olarak kullanılacaktır (Şekil:5.16,5.17). Yapılan denemelerde, bitümlü destek elemanlarının bitümlü örtüye mükemmel bir şekilde yapıştığı gözlemlenmiştir. Bitümlü örtü sert altlık üzerine şalümo ile eritilerek yapıştırılabildiği gibi (altlığa alev tutulmadan), kendinden yapışkanlı olarak imal edilip soğuk olarak ta sorunsuz bir şekilde yapıştırılabilir.

Tip A levhaları bütün oluk tepelerinden çakılarak tespit edilecektir. Levha sıraları arasında bir oluk şaşırtma yapılacaktır. Boyuna bindirme 8cm, enine bindirme bir oluk olacaktır (Şekil:5.18). Bitüpan'ların aynı doğrultuda tespitini sağlamak için, çatı üzerine saçaktan itibaren ilk olarak 27 cm aralıkla bir çizgi çizilmeli, daha sonra 32 cm aralıkla çizgiler çizilmelidir. Bitüpanlar çatıya yerleştirilirken arka hizaları bu çizgiye rastlatılarak uygulanmalıdır.

Levhaların çatıya yerleştirilmesi sırasındaki kaymaları önlemek için levhalar, düzlüklerin arka kısımlarından, bindirmelerin altında kalan bölümlerden, en az 2,5cm uzunluğunda geniş başlı çivilerle tespit edilebilir. Bu tespit noktaları levha dış kenarlarına 2cm'den fazla yaklaşmamalıdır. Çatı eğiminin %30'dan fazla olması halinde her düzlükten, bini altında kalacak şekilde en az 2 adet geniş başlı çivi ile mekanik tespit yapılmalıdır.

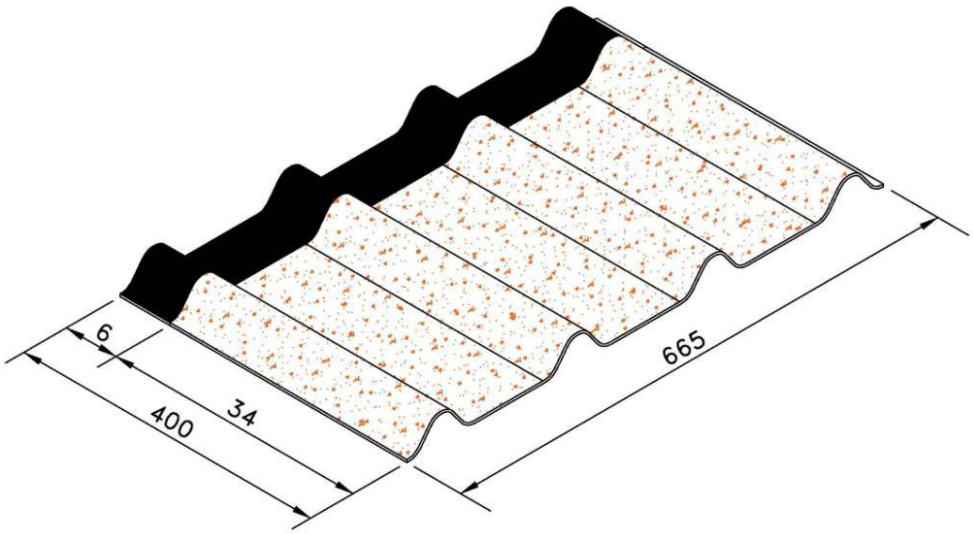
Aşırı rüzgarlı bölgelerde bini altına sürekli olarak çapı en fazla 6mm olacak şekilde bitümlü mastik sürülmelidir. 6mm çapındaki mastik 2 levha arasında sıkıştığı zaman 2mm yükseklikte ve 15mm genişlikte sürekli bir su geçirimsiz şerit oluşturmaktadır.

Çatı katmanlarının arasının havalandırılmasını sağlamak için, tümseklerin uçları hava geçirmeyecek şekilde kapatılmamalıdır. Kuş girmesinin engellenmesi için, standart olarak üretilen taraklı kuş engel çıtaları, üzeri kanallı plastik veya alüminyum saçak çıtaları veya Bitüpan'ın tümseklerinin içini dolduracak şekilde üretilen, üzeri hava geçişine izin verecek şekilde delikli sert süngerler kullanılabilir.



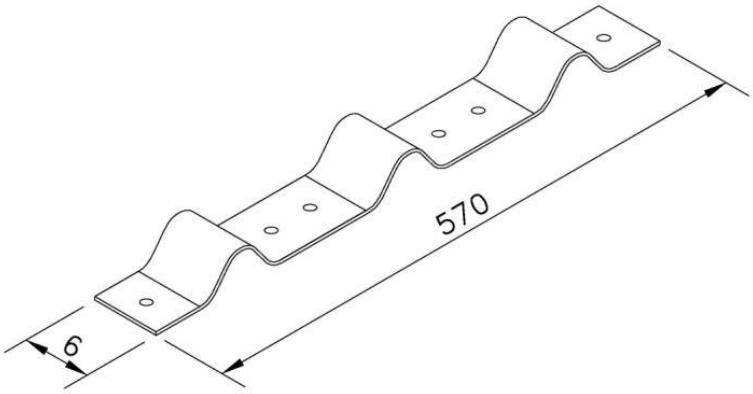
Şekil 5.44 : Çivi veya vida ile uygulanacak mineralli çatı levhası.

Tip B levhaları bini altında kalan düzlüklerden çakılarak ve binilerden yapıştırılarak tespit edilecektir. Uygulandıktan sonra levhaların üzerinde hiçbir tespit elemanı görünmeyecektir. Levha sıraları arasında bir oluk şaşırtma yapılacaktır. Boyuna bindirme 6cm, enine bindirme bir oluk olacaktır (Şekil:5.27).



Şekil 5.45 : Boyuna binileri yapıştırılarak uygulanacak mineralli çatı levhası.

Bu levhaların uygulanacağı çatılarda saçakta da tespit elemanı görmemek için, levhanın arka kısmındaki 6cm'lik bantın benzeri şeklinde üretilecek elemanlar saçakta kullanılacaktır. Saçak elemanları bini yapmadan, düzlüklerden çakılarak uygulanacaktır (Şekil:5.20).



Şekil 5.46 : Saçak elemanı (düzlüklerden çakılarak uygulanacaktır).

Yeni çatı kaplama malzemesinin uzunluğu 40 cm genişliği 66,5 cm olarak tasarlanmıştır. TipA boyuna 8 cm bini yaparak uygulanacaktır. Tip A (Şekil:5.21) oluk tepelerinden monoblok başlıklı çivilerle çakılarak tespit edilecektir.

TipB boyuna 6cm bini yaparak uygulanacaktır. Tip B (Şekil:5.22) binilerde şalümo ile ısıtılıp yapıştırılarak uygulanacağından rüzgarla itilen yağmur sularına karşı daha güvenlidir. Bu nedenle bini azaltılmıştır. Rondelası üzerinde olan çiviler uygulama kolaylığı sağladığı için tercih edilmektedir. Tasarlanan yeni çatı kaplama malzemelerinin net olarak kapladığı alan Tip A 0,1824 m2 (32cm x 57cm), Tip B ise 0,1938 m2 (34cm x 57 cm) ’dir.

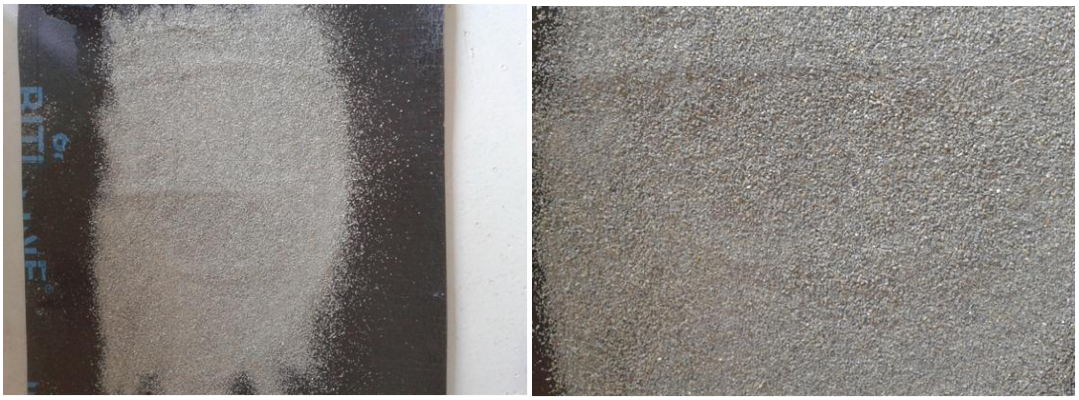
Şekil 5.47 : Tip A

Şekil 5.48 : Tip B.

Üretimde kullanılacak bitümlü örtüler, şimdiye kadar bitümlü su yalıtım örtüsü üretiminde hiç kullanılmamış kiremit kırığı (Şekil 5.23) ve mermer kırığı (Şekil 5.24) kullanılarak elle üretilecektir. Tasarlanan ürünün seri üretiminin söz konusu olması halinde her iki kenarında 10cm'si kaplamasız alan olan özel bitümlü örtü üretimi yaptırılacaktır.

Ayrıca olivin isimli bir mineralle denemeler yapılmış ancak başarılı olmamıştır. Başarısızlığın en büyük nedenlerinin başında, tane büyüklüğünün çok az ve çok çeşitli olması gelmektedir. Üretici firmanın istenen aralıkta tane büyüklüğünde üretim yapabilmesi halinde tekrar deneme yapılabilir.

Türkiye'deki granül üreticilerinin bazalt mineralinden granül ürettikleri tespit edilmiş ancak üretimleri çok yeni olduğu için deneme yapma olanağı bulunamamıştır.



Şekil 5.49 : Olivin minerali ile yapılan yüzey kaplaması denemesi.

Şekil 5.50 : Kiremit kırığı mineral (Kiremit irmiği).

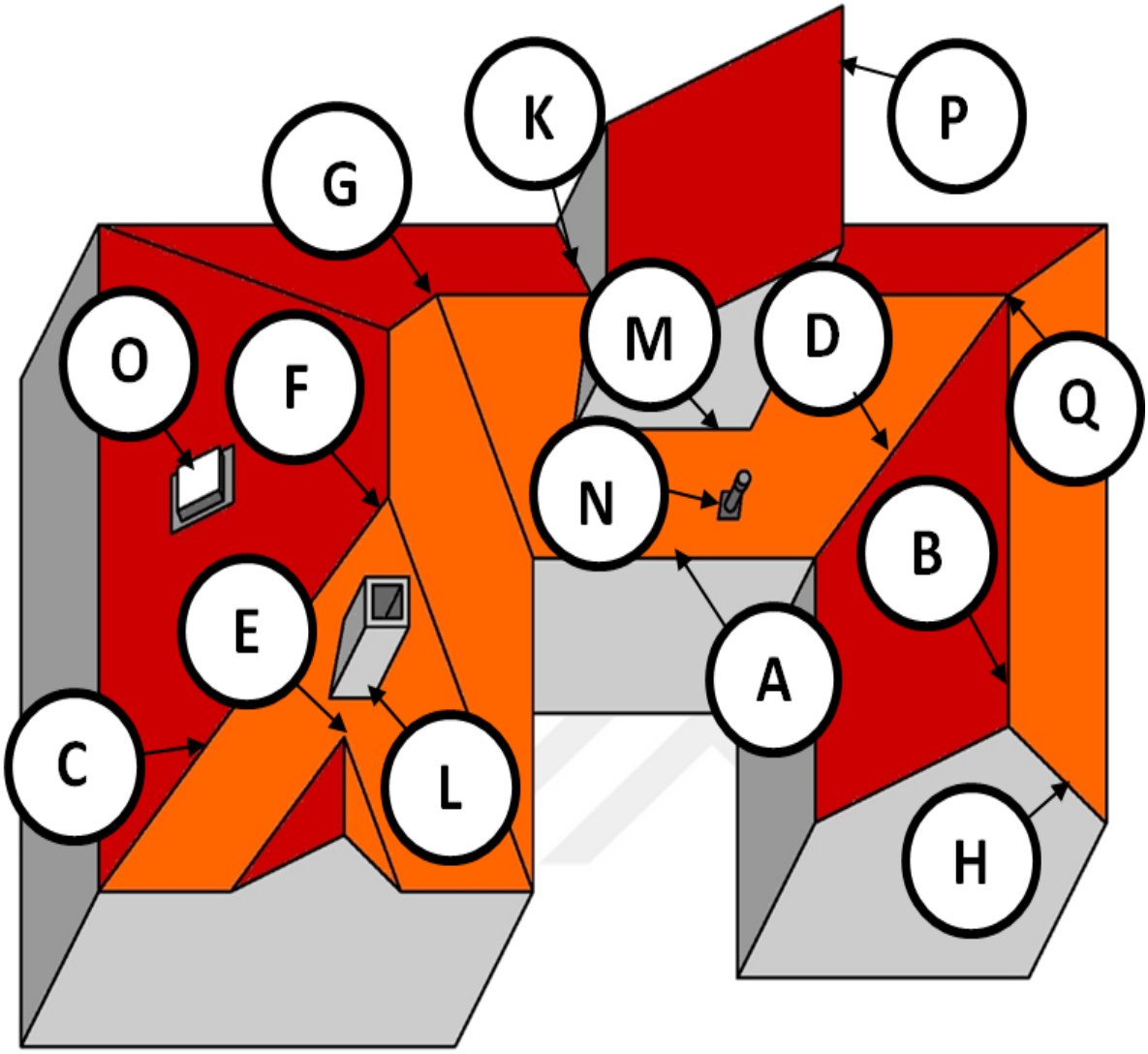
Şekil 5.51 : Mermer kırığı mineral (Mermer pirinci).

Kiremit kırığı ile 2003 yılında yapılan numune, Marmara Bölgesi şartlarında dış ortamda bırakılmış ve geçen 15 yıllık süre içinde granüllerin renginde ve biçimlerinde bozulma olmadığı gözlemlenmiştir (Şekil 5.25).

Farklı renklerde ürünler elde etmek için renkli doğal mermer kırıklarının kullanımını da düşünülmektedir. Böylece mineral üretim aşamasında boyama sürecinin yok edilmesinin yanısıra, ullraviole etkisi ile oluşabilecek solmaların da önemli ölçüde önüne geçilecektir.

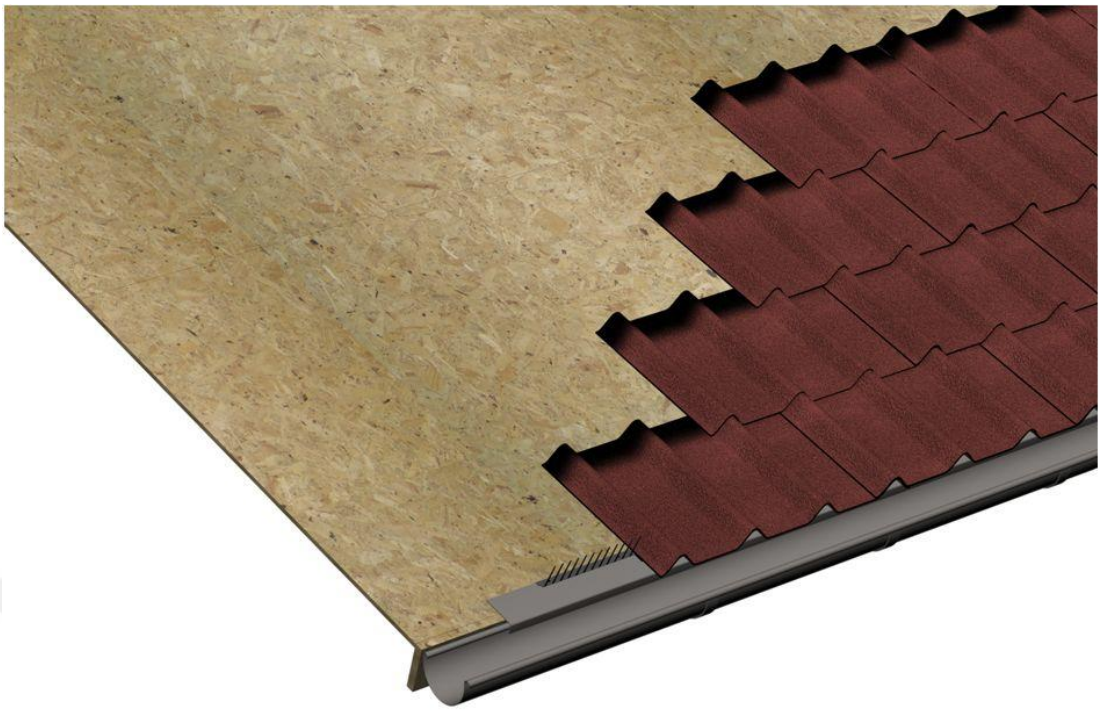
Şekil 5.52 : Doğal şartlarda 11 yıl yaşlandırılmış kiremit kırığı kaplı bitümlü örtü.

5.6 Nokta detayları

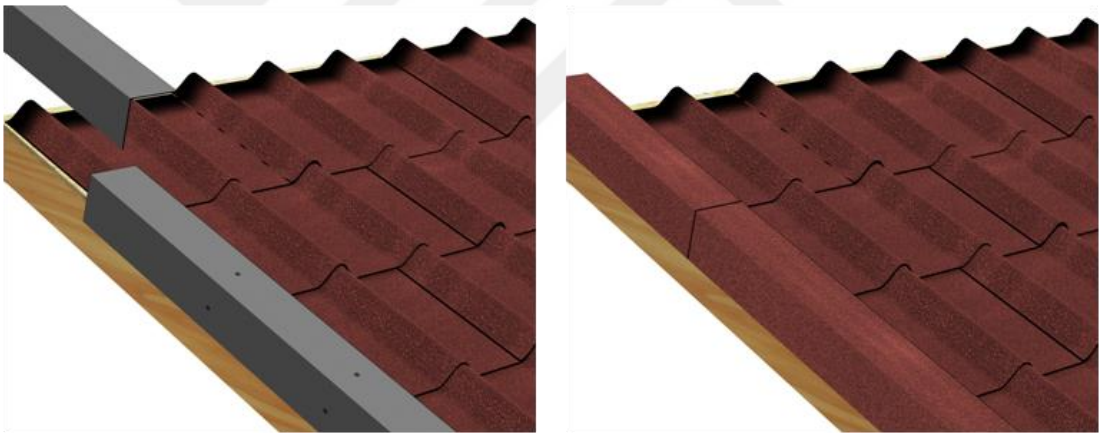


A – SAÇAK	**K** – EĞİK DUVAR DİBİ
B - YATAY MAHYA	**L** – BACA KENARI
C - EĞİK MAHYA	**M** – SAÇAK
D – EĞİK DERE	**N** – HAVALANDIRMA
E - EĞİK DERE –MAHYA BİRLEŞİM	**O** – ÇATI PENCERESİ
F – MAHYA-EĞİK MAHYA BİRLEŞİM	**P** – MAHYA BİTİŞ
G – EĞİK DERE-EĞİK MAHYA BİRLEŞİM	**Q** - EĞİK DERE –MAHYA –EĞİK MAHYA BİRLEŞİM
H – ALIN DUVARI KENARI	

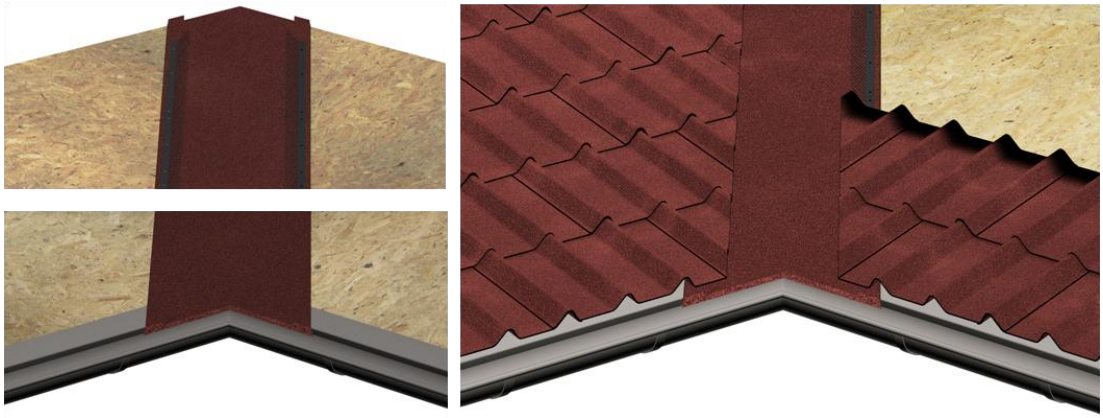
Şekil 5.53 : Çatıda karşılaşılabilecek detay noktaları.



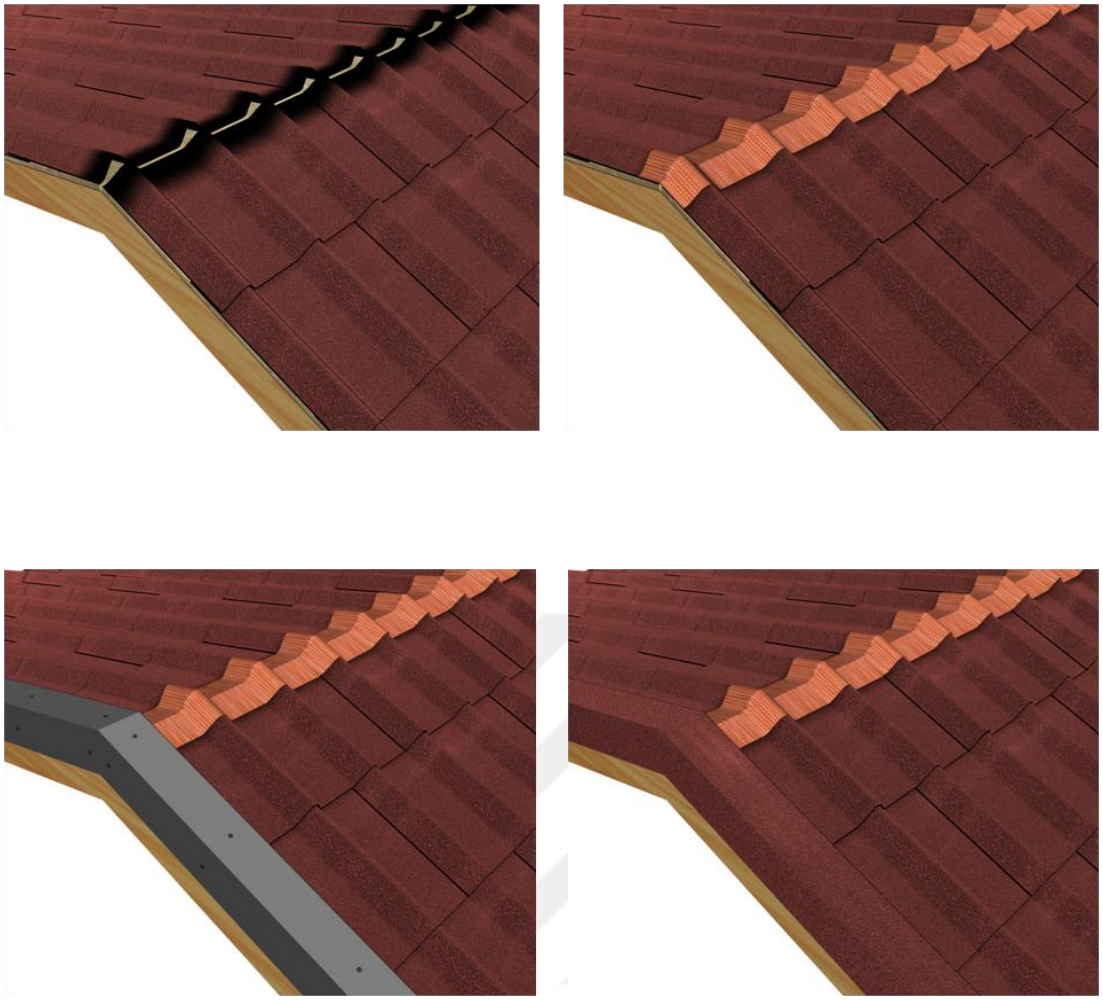
Şekil 5.54 : Saçak detayı.



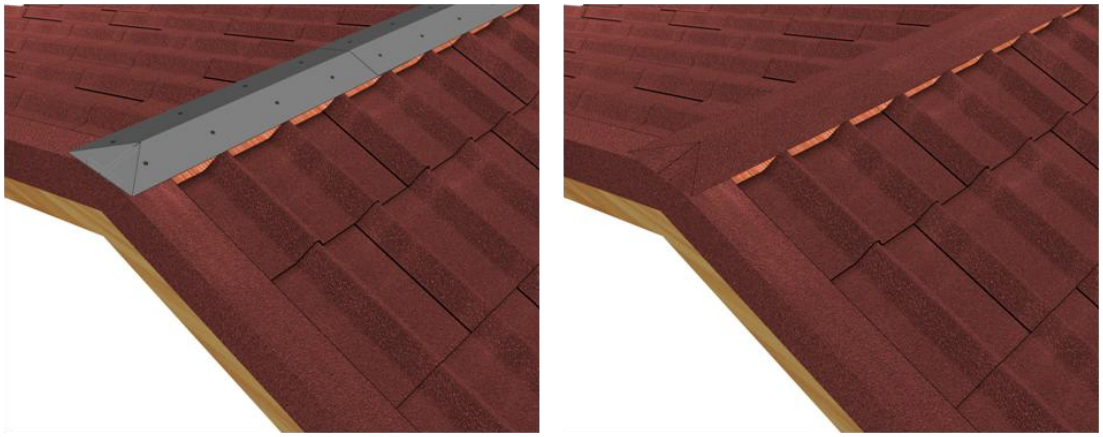
Şekil 5.55: Alın duvarı kenar detayı.



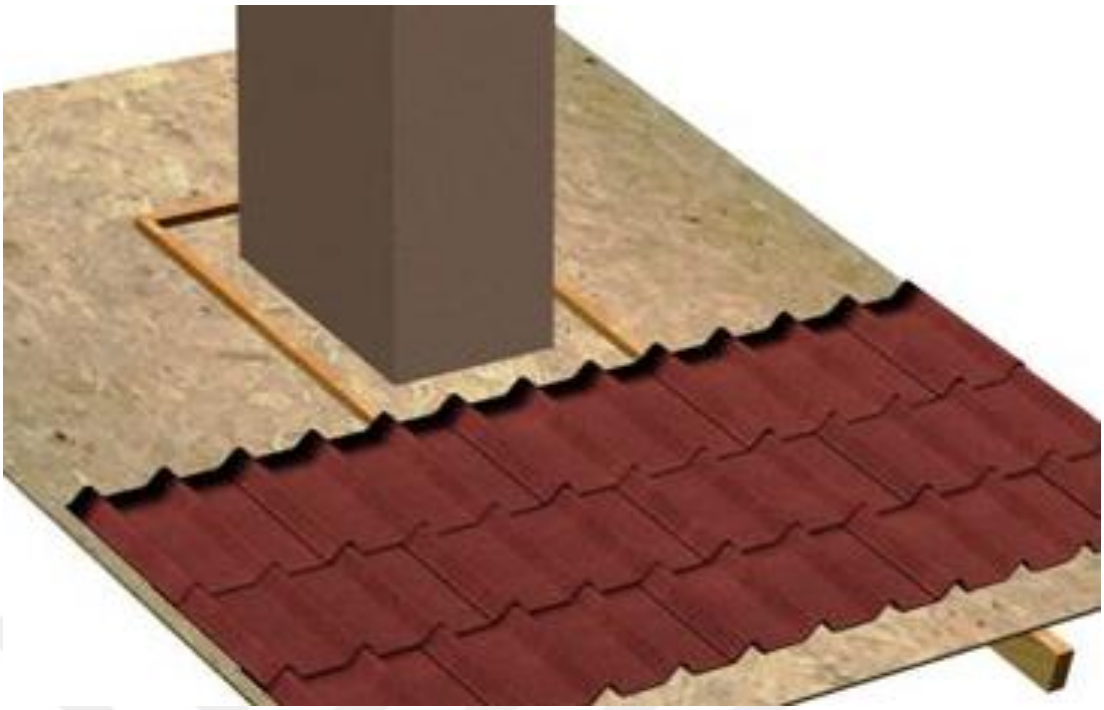
Şekil 5.56 : Eğik dere detayı.



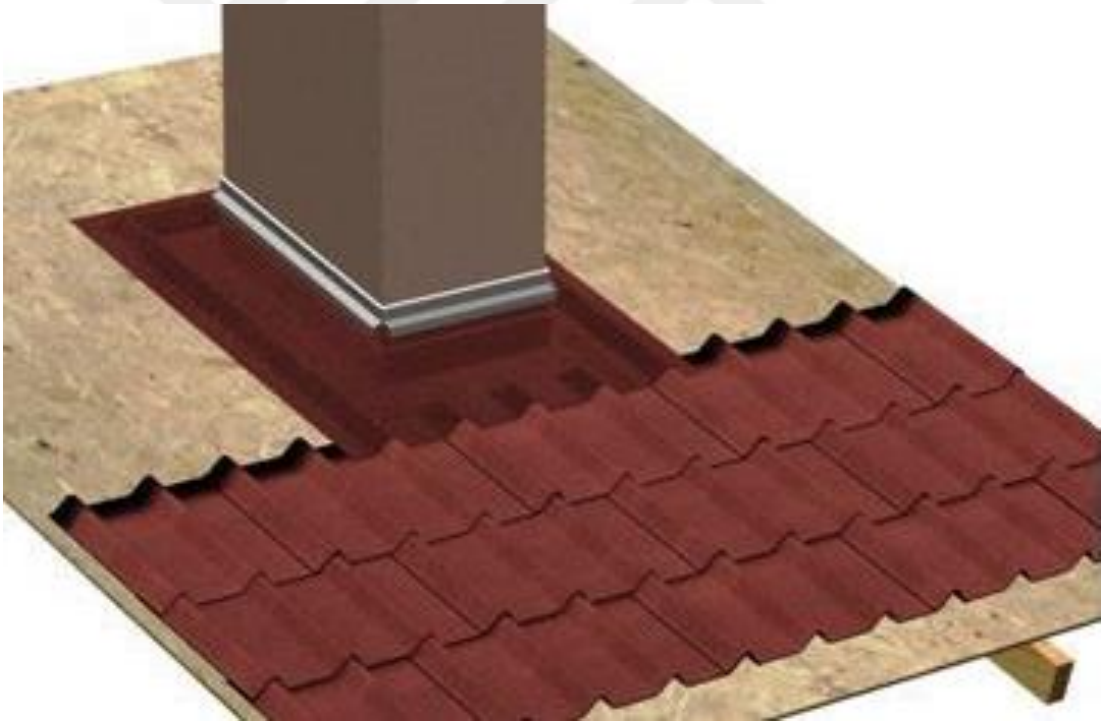
Şekil 5.57 : Mahya alt kaplama detayı.



Şekil 5.58 : Mahya bitiş detayı.



Şekil 5.59 : Baca dibi detayı uygulaması, 1. aşama.

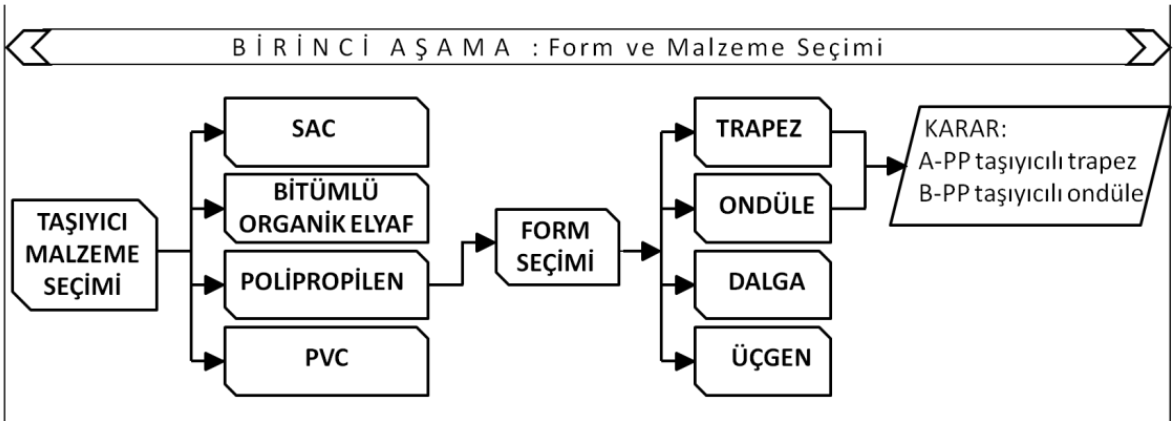


Şekil 5.60 : Baca dibi detayı uygulaması, 2. aşama.

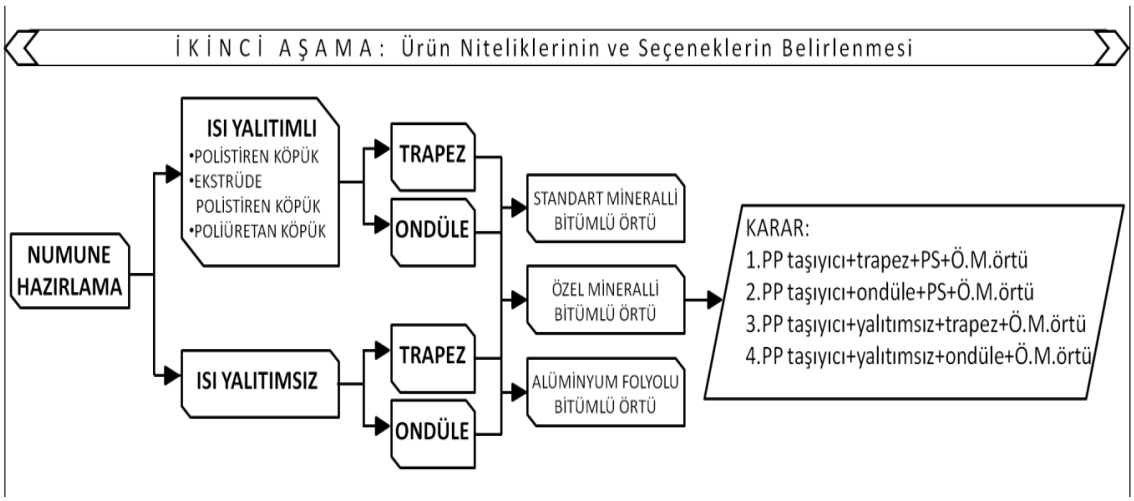
Şekil 5.61 : Baca dibi detayı uygulaması, 3. aşama.

5.7 Ürün Geliştirme Süreci Akış Şeması

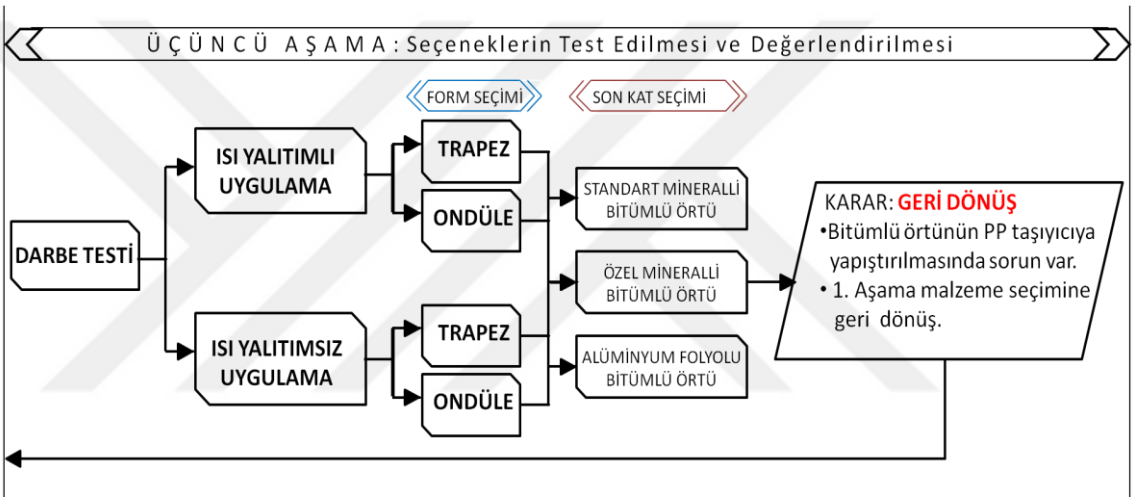
Proje 5 aşamada gerçekleştirilmiş ve proje aşamalarının kolaylıkla takip edilebilmesi amacı ile proje akış şeması hazırlanmıştır. Birinci aşamada taşıyıcı malzeme seçiminde ve biçimin belirlenmesi konusunda yoğunlaşılmıştır. Taşıyıcı malzeme seçiminde, Türkiye'de kolay bulunabilen malzemeler tercih edilmiştir. Bunların içinde geri dönüşümlü malzemelerde bulunmaktadır. Biçimlendirme sırasında kullanılan malzemelerin fiziksel ve kimyasal olarak ne şekilde etkilendikler konusu araştırılmıştır.



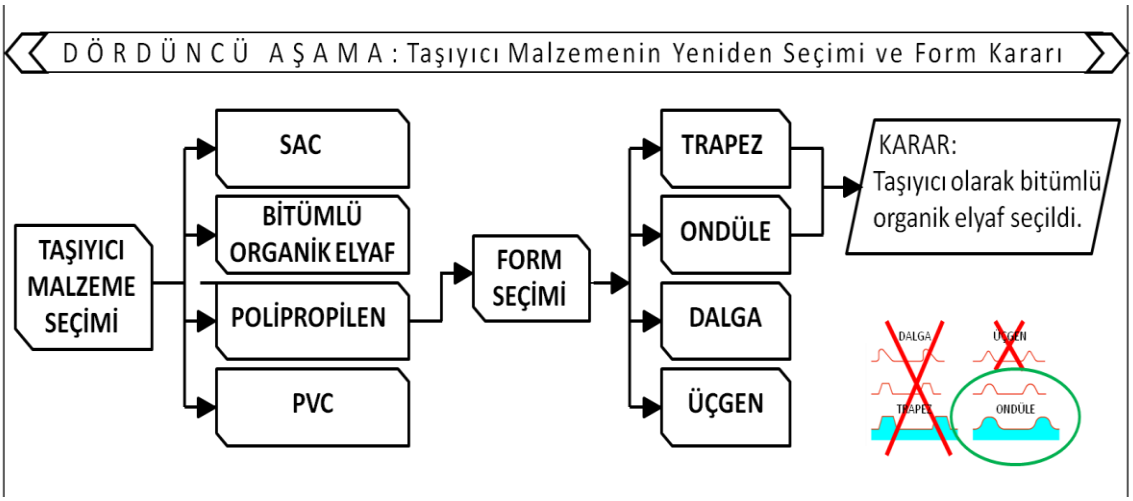
Şekil 5.62 : Projenin 1. Aşaması, form ve malzeme seçimi.



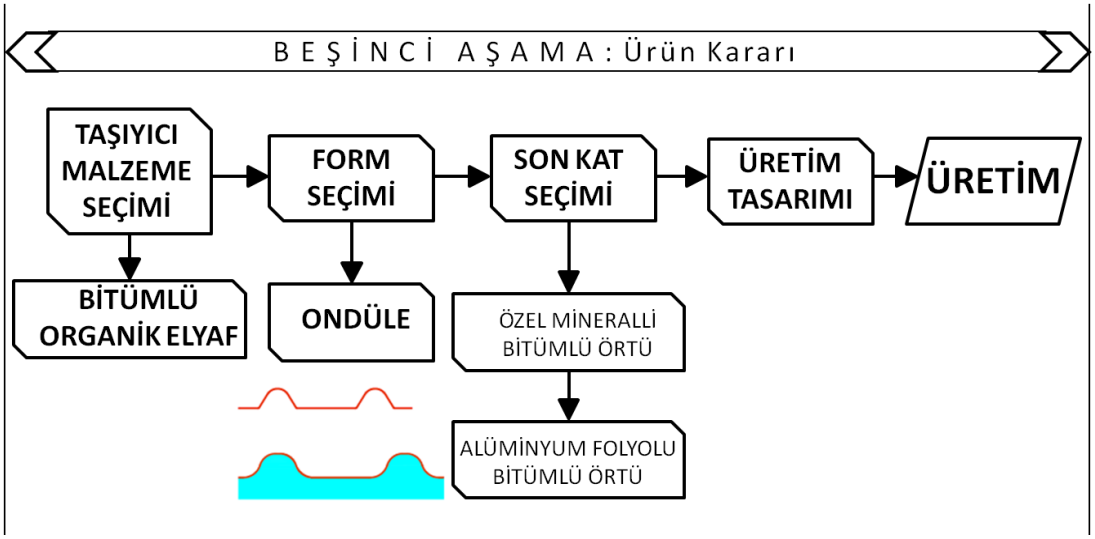
Şekil 5.63 : Projenin 2. Aşaması, ürün niteliklerinin ve seçeneklerinin belirlenmesi.



Şekil 5.64 : Projenin 3. Aşaması, seçeneklerin test edilip değerlendirilmesi.



Şekil 5.65 : Projenin 4. Aşaması, taşıyıcı malzeme seçimi ve form kararı.



Şekil 5.66 : Projenin 5. Aşaması, ürün kararı.

5.8 Bölüm Sonucu

Yapılan ürün modelleri ve testler sonucunda, bitümlü örtü altında kullanılacak taşıyıcının, geri dönüşümlü organik elyaf veya PP olmasının en uygun malzeme seçimi olacağı görülmüştür. İstenirse ısı yalıtımlı olarak üretilmesi mümkün olacaktır.

Sadece tümsekler altında yapılan taşıyıcının, levhanın rijitliğini sağlamadığı, hem paketlemede hem de uygulamada sorunlar yarattığı görülmüş, bu nedenle taşıyıcının tüm levhanın altında olması gerektiğine karar verilmiştir.

Yüzey kaplaması olarak üretim artığı doğal malzemelerin kullanılmasının uygun olacağı, bunlarında tercihan açık renkli olanlarının seçilmesi halinde, çatı levhasının güneşin radyasyonunu önemli ölçüde yansıtacağı ve kullanımda ilave bir avantaj sağlayacağı görülmüştür.

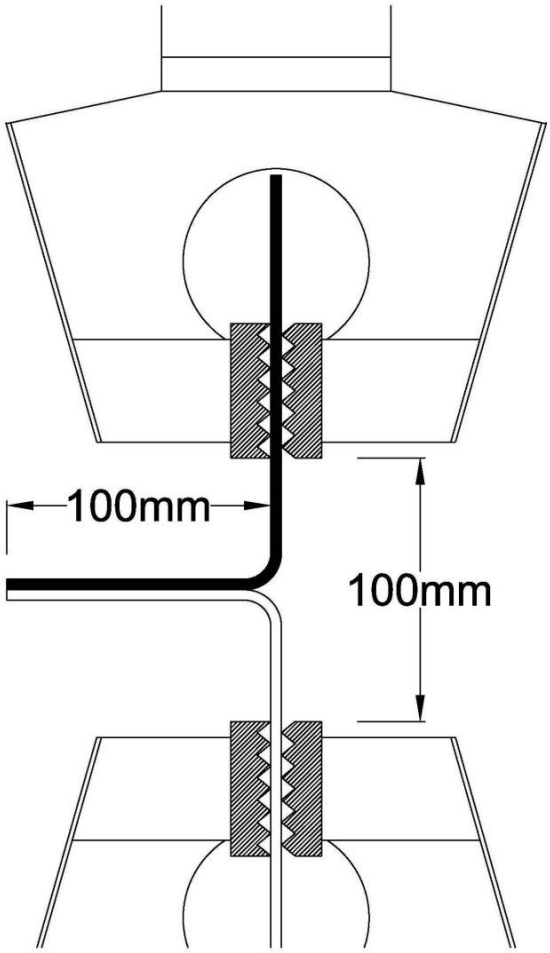
Yapılan darbe testleri sonucunda, kil kiremit, beton kiremit, plastik vb. çatı kaplama malzemeleri hasarlanırken, geliştirilen malzemede delinme, kırık, çatlak gibi herhangi bir görsel bir deformasyona rastlanmamıştır. Bu da en ağır iklim şartlarından etkilenmeyeceğinin en önemli göstergelerinden biridir.

Ayrıca tamamen dolu bir alt yapı üzerinde uygulanmasının iyi sonuç vereceği ve her ne kadar uygun bulmasakta, malzeme üzerindeki geniş düzlükler, çatı kaplaması üzerinde rahatlıkla gezinilebilmesine imkan verdiği için, çatıda herhangi bir hasar oluşmayacağı uygulamalı olarak saptanmıştır.

Son 1-2 yıldır çok popüler olan binaların yangından korunması yönetmeliği nedeni ile, çatılarda kaplama malzemesi olarak en az Broof özelliğe sahip ürünlerin kullanımına izin verilmektedir. Geliştirilen ürün, yüzey kaplamasına bağlı olarak en az Broof özelliğine sahip olduğu için, binanın ruhsatlandırılması aşamasında sorun yaşanmasına neden olmayacaktır.

Geliştirilen ürünün, yapılan basit bir test ile 150Kg/m²'lik vakum kuvvetini emniyetli bir şekilde karşıladığı tespite edilmiştir. Ek yerindeki yapışmanın 75-85N/5cm arasında değişmesi çok güçlü yapışmayı ifade etmektedir. Bu aynı zamanda rüzgarla itilen yağmur sularının çatı arasına girmesini imkansız hale getirecektir.

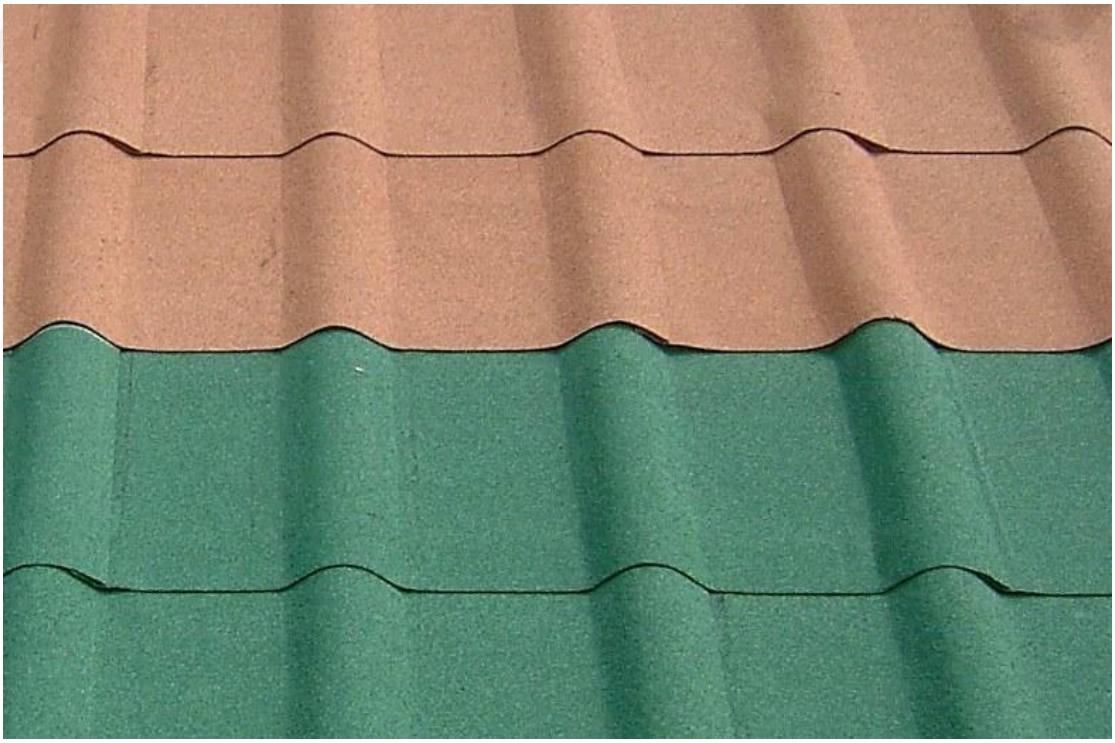
Hem ısı yalıtımsız, hem de ısı yalıtımlı malzemelerin oluklu bir yapıya sahip olmaları, çatı arası havalandırma detaylarının kolaylıkla çözülebilmesine olanak vermektedir.



Şekil 5.67 : Ekyeri ayrılma testi.

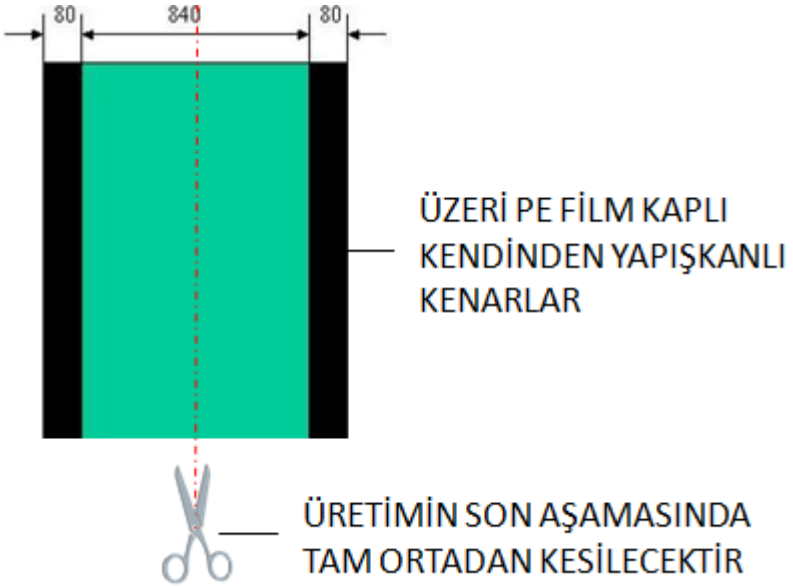
6. PROJE BİLGİLERİ VE KISITLAMALAR

Çok çeşitli ürün denemeleri yapılması nedeni ile imalatı düşünülen üründen 10 adet numune yapılabilmiştir. Numunelerin üretimlerinde standart mineralli bitümlü örtüler kullanılmıştır. Bu numunelerle 17 Aralık 2017 tarihinde yapılan çatı, Marmara Bölgesinde dış ortamda 15 günlük periyotlarla izlenmektedir. Şu ana kadar yapılan boyutsal ölçümlerde herhangi bir farklılığa rastlanmamıştır.



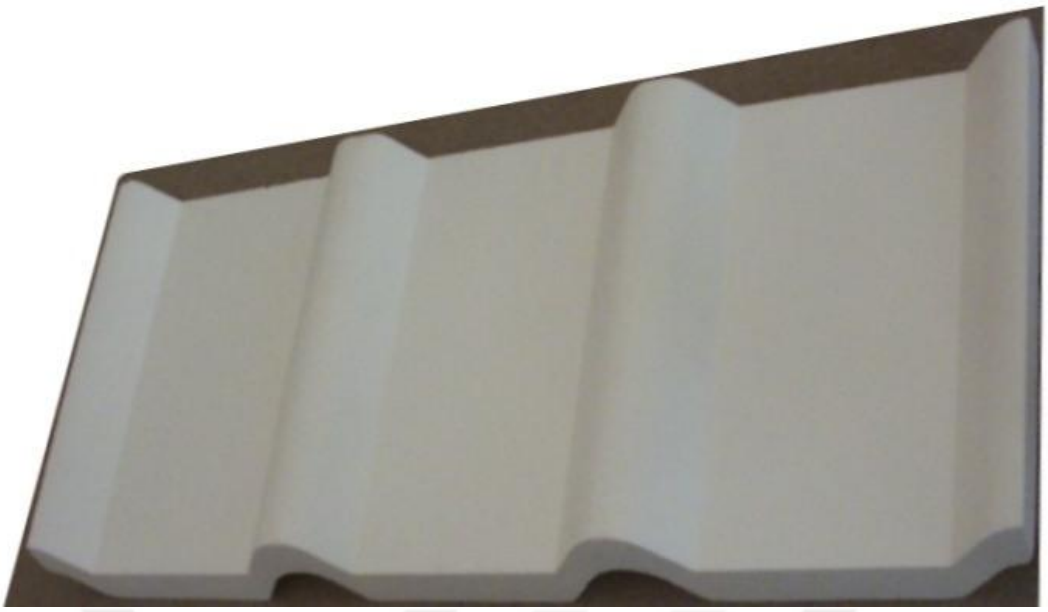
Şekil 6.1 : Tek eğimli çatıda granüllü bitüpan uygulama.

İlk aşamada sadece test yapılmasına imkan verecek basit bir üretim şekli düşünülmüştür ve malzemenin nasıl üretileceği konusu kapsam dışı bırakılmıştır. Her ne kadar seri üretim tasarımı çalışmanın kapsamı dışında olsa da, üretimde kullanılacak bitümlü örtünün nasıl üretileceği ile ilgili olarak çalışmalar yapılmış ve tasarlanan ürünün, mevcut bitümlü örtü üretim hattının sonuna basit bir kesme aparatı konularak çözümlenebileceği anlaşılmıştır.

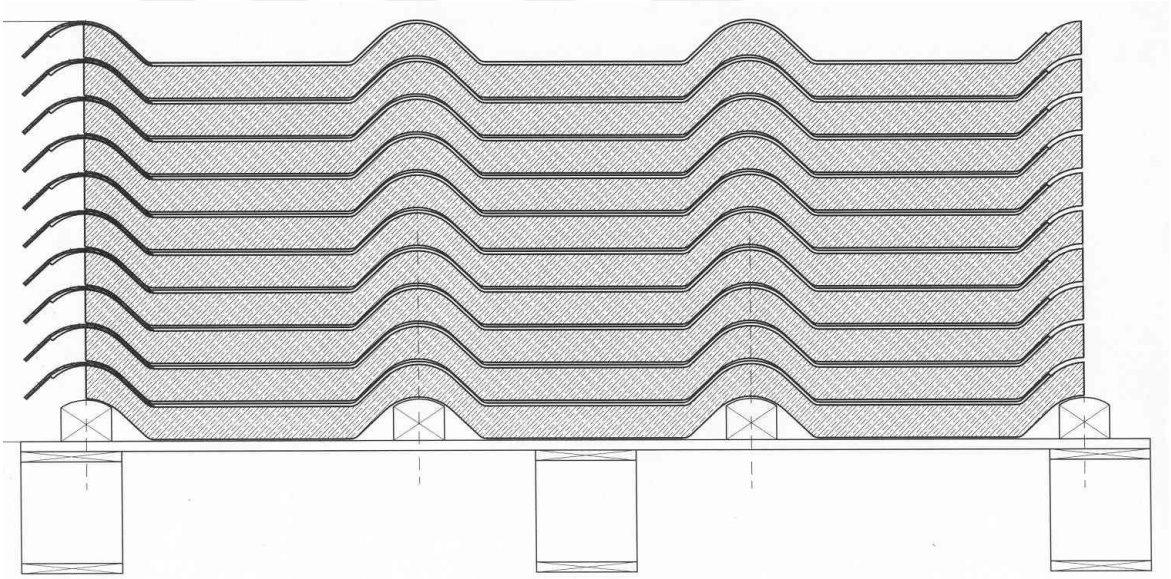


Şekil 6.2 : Üretimde kullanılacak bitümlü örtü.

- Sadece test yapılmasına imkan verecek basit bir üretim şekli düşünülmüştür.
- Çok çeşitli üretim denemeleri yapılmış ve bunların sonucunda, hem ısı !!!yalıtımlı, hemde ısı yalıtımsız numuneler yapılması kararlaştırılmıştır. Isı yalıtımsız malzemede sadece tümsekler altında takviye kullanılmıştır.
- Isı yalıtımlı numuneler için polistiren köpükten taşıyıcılar hazırlatılmış, bitümlü örtünün kaplamasız kısmı şalümo ile eritilerek EPS üzerine yapıştırılmıştır. 16-18 dansitedeki köpükte bitümlü örtünün ısısı nedeni yaklaşık olarak 1,0mm'lik kesit kaybı olduğu tespit edilmiş ve eriyen kısmın, yapılan ısı yalıtımı hesabında ihmal edilebilecek oranda olduğu görülmüştür.
- Isı yalıtımlı malzemenin depolama ve nakliyedeki olası sorunlarının görülebilmesi ve palet üzerine yerleştirmenin nasıl yapılacağını görmek için bir tasarım yapılmıştır. Bu ürün için, ürünü tümseklerin altından destekleyen çıtaları bulunan özel bir palet yapılmasının uygun olacağı anlaşılmıştır. Ürünler palet üzerine yerleştirildikten sonra devrilmelerini önlemek amacı ile plastik bir çember ile emniyet altına alınmalarının gerekeceği ancak çemberin ürünlere hasar vermemesi için de köşe takviyeleri gerekeceği görülmüştür.
  Köşe takviyeler, hem yumuşak oldukları için ürüne hasar vermemeleri, hem de düşük maliyetli olmaları nedenleri ile, geri dönüşümlü orğanik elyaf köşebentlerden seçilmişrie.



Şekil 6.3 : EPS taşıyıcı altlık.



.**Şekil 6.4 :** Bitüpan'ların palet üzerine yerleşimi şeması.

Isı yalıtımlı bitüpanlar, özel tasarlanmış paletler üzerine, ısı yalıtım malzemesinin kalınlığına bağlı olarak en az 30 sıra, en çok 40 adet yerleştirilecektir.5cm yalıtımlı bitüpan 30 sıra yerleştirildiği zaman palet yüksekliği, takoz (9cm) + palet tahtası (2cm) + 30sıra bitüpan (159cm) + tepe yüksekliği (4cm) = 174cm olacaktır.

4cm ısı yalıtımlı 40 adet bitüpanlı palet yüksekliği 187cm olacaktır.

Şekil 6.5 : Tek eğimli çatıda aluminium folyolu bitüpan uygulama.

Şekil 6.6 : Bitüpan'ların palet üzerine yerleşimi.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Projenin ana fikri, mevcut bitümlü su yalıtım örtülerinin üst kaplamalarının yerli doğal ürünlerle kaplanması ve örtüye form verilmesini sağlayacak sert altlığın yapıştırılmasıdır.

Sert altlık, geri dönüşümlü organik elyaftan çok az enerji sarfiyatı ile imal edilebilecektir. İstenirse, bitümlü örtünün yapışması için gerekli yüzey detayı oluşturulması şartı ile polipropilen altlık ta kullanılabilecektir. Isı yalıtımlı çözümde kullanılacak olan 16-18 Kg/m³ yoğunluktaki EPS, aynı zamanda altlık görevini üstlenecektir.

Malzemenin çatı alt yapısına tespiti çivilerle yapılacak ve tespit noktaları malzemenin altında kalacaktır. Malzemenin bir alttaki malzemeye tespiti (ön biniler), malzeme üzerindeki kendinden yapışkanlı şeritlerle sağlanacaktır (Dış hava koşulları etkisindeki kendinden yapışkanlı tespitlerle ilgili olarak yapılan ek yeri ayrılma testlerinde, APP esaslı yapıştırıcıların 75-85 N/5cm aralığında açıldığı görülürken, bütil esaslı yapıştırıcıların 88-98 N/5cm'de ve SBS esaslı yapıştırıcıların 115 N/5cm'de ancak parçalanarak ayrıldığı görülmüştür. Böylece çatı yüzeyinde hiçbir tespit elemanı görülmeyecek ve bu da, tespit elemanlarındaki paslanma, çürüme v.b. oluşabilecek hasarların neden olabileceği problemlerin tamamen bertaraf edilmesini sağlanacaktır.

Tümsekler altındaki boşluklar, ilave bir uygulamaya gerek kalmadan çatı arasının havalandırılmasını sağlayacaktır. Bunun için saçaklarda tümseklerin içinin tıkanmaması ve mahyada da nefes alan örtü kullanılarak veya uygun bir detay çözümü ile hava sirkülasyonunun sağlanması gereklidir.

Ürün tasarımı esnek olup, en uzun kenarın 1,00m'den fazla olmaması şartı ile, tümsekler ve düzlüklerin istenilen ölçülerde yapılabilmesine olanak vermektedir. Ancak biçimin oluşturulmasında, geleneksel çatı kaplama malzemelerinin biçimlerinden çok fazla farklılaştırılmamasına da özen gösterilmiştir.

Ürün tasarımı aynı zamanda, çatı yüzeyinin her iki kenarının istenirse tümsek, istenirse düzlükle bitirilmesini sağlamaktadır. Bu esneklik, detay çözümlerinin kolaylıkla yapılabilmesi olanağı sağlayacaktır.

Yüzey kaplaması olarak istenilen renkte mineral veya alüminyum folyo kullanılabileceği için, Leed, Bream gibi sertifiksyonlarda büyük puan kazandıran, istenen SRI değerini sağlayacak malzemeler üretilebilir. Üretiminde geri dönüşümlü malzeme kullanılması, fiziksel özelliklerinin üstünlüğü, üretiminde az enerji kullanımı ve kolay uygulama olanakları, üretilmesi halinde tercih edilecek birürün olabileceğinin en önemli göstergesidir.

Yapılan testler sonucunda, geliştirilen malzemenin TSEN 13707'nin ekindeki, ''Bitümün kimyasal dayanımı'' tablosundaki performansı göstereceği deneysel olarak saptanmıştır. Laboratuvarda yapılan darbe deneylerinde, UV ile yaşlandırma deneylerinde, yapıştırılan kısımların ek yeri ayrılma deneylerinde istenilen performansı karşıladığı tespit edilmiştir.

Ayrıca tamamen dolu bir alt yapı üzerinde uygulanmasının iyi sonuç vereceği ve her ne kadar uygun bulunmasa da, çatı kaplaması üzerinde sadece düzlüklere basılarak gezilmesi halinde de çatıda herhangi bir hasar oluşmayacağı uygulamalı olarak saptanmıştır.

KAYNAKLAR

[1] **Url-1** <*https://patentscope.wipo.int*>, erişim tarihi 23.02.2018.

[2] **Url-2** <*http://www.tpe.gov.tr*>, erişim tarihi 20.02.2018.

[3] **2023 Türkiye İhracat Stratejisi ve Eylem Planı ile ilgili 6/6/2012 Tarihli ve 2012/8Sayılı Yüksek Planlama Kurulu Kararı.** (2012). *T.C. Resmi Gazete, 28322,* 13.06.2012.

[4] **Türk Patent ve Marka Kurumu.** (2018). *2017 Faaliyet Raporu*. Ankara.

[5] **Aykın, T., Alkin, K., East, M., Beswick, C.** (2019).*Türkiye İnovasyon Haftası Bildiriler Kitabı.* İstanbul: Kongre Merkezi, 3-4 Mayıs.

[6] **Gürlesel,Can F.** (2016). *İnşaat ve İnşaat Malzemeleri Sektöründe Gelişmeler ve Beklentiler*,Nisan 2016, s.17, İstanbul.

[7] **İlter, M.** (2001). *Aile sirketlerinde kurumsallasma ve kobilerin yönetim sorunları,* İstanbul Ticaret Odası Yayınları. Yayın No: 2001-19.

[8] **Pérez, P.F., Lluch, A.** (2016). *Evolution of family business : continuity and change in Latin America and Spain,* ISBN: 978 1 78536 314 6, Cheltenham : Edward Elgar Publishing ; Bilbao, Spain.

[9] **Korez, C., Kuroğlu, Ş.** (2019) Kişisel görüşme. 14 Mart, İstanbul

[10] **12937 Sayılı Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik.** (2007). *T.C.Resmi Gazete***,** *26735*, Rev.16.03.2015,

[11] **Aygün, B.** (2011). *Türkiye'nin Çatıları.* Euromat Matbaacılık A.Ş. ISBN : 978 975 6400 944, İstanbul.

[12] **TSEN** (2006). *Su yalıtımı için esnek levhalar-Çatılarda su yalıtımı için bitümlü, plastik ve kauçuk levhalar-Darbe dayanımının tayini* (TSEN 12691:2006).

[13] **TSEN** (2015). *Su yalıtımı için esnek levhalar- Çatılarda su yalıtımı için bitümlü, plastik ve lastik levhalar- Statik yüklere mukavemetinin tayini* **(**TSEN 12730:2015).

[14] **TSE CEN/TS** (2015). *Dış yangına maruz çatılar - Deney metotları* (TSE CEN/TS 1187:2015).

[15] **Spence, W.P.** (2004). *Roofing: Materials & Installation*, Sterling, ISBN-10:0806992964, ISBN-13: 978-0806992969, USA.

[16] **Sandilands, T.** (2012). *Roofing* 101, ISBN: 9781476317366, USA.

[17] **Burren, B. ve Tschanz, B. ve Vogt, C. M.** (2008). *The pitched roof : architecture manual* / ed. Niggli Verlag, ISBN13: 9783721206807, Zürich, Switzerland.

[18] **Manuela, R.** (2012). *Roof architecture + design,* Salenstein : Braun ; London : Thames & Hudson, ISBN13:9783037681138, UK.

[19] **Mindham, C.N.** (2006). *Roof construction and loft conversion,* Oxford, UK ; Malden, MA, USA : Blackwell, ISBN-10: 1405139633, ISBN-13: 978-1405139632

[20] **Burgess, I., Green, A., Abu, A.** (2013). *Concise Eurocodes: Loadings on Structures:* (BS EN 1991: Eurocode 1)., *What Category of Roof Does the Building Have*? BSI Standards Ltd., ISBN:9781621984573, 9780580694530.

[21] **Arısoy, Z.** (1943). *Çatı İnşaatı*, Üniversite Kitabevi, Ankara.

[22] **Wikander, Ö.** (2017). *Roof-tiles and tile-roofs at Poggio Civitate* (Murlo). *The emergence of Central Italic tile industry* (Skrifter utgivna av Svenska Institutet i Rom, 4°, 63), ISBN: 978-91-704218-4-6, Stockholm,Sverige,

[23] **Griffin, C.W. (**1982). *Manual of Built-Up Roof Systems 2nd Edition,* ISBN-10: 0070247838, ISBN-13: 978-0070247833, USA.

[24] **Griffin, C.W. ve Fricklas, R**. (2006). *Manual of Low-Slope Roof Systems: Fourth Edition,* McGraw-Hill Education, ISBN-10: 007145828X, ISBN-13: 978-0071458283, USA.

[25] **Phalen, T.E.** (1993). *Design and Analysis of Single-Ply Roof Systems,* Prentice Hall, ISBN-10: 0132034077, ISBN-13: 978-0132034074, Dallas USA,

[26] **Patterson, S.,Mehta,M. (**2001). *Roofing Design and Practice, 1st Edition,* Prentice Hall; 1 edition, ISBN-10: 0130259950, ISBN-13: 978-0130259950, Texas USA.

[27] **Roonen, A.** (1979). *Guide to the Prehistoric Caves of Mount Carmel, Regional Hof Hacarmel,* ASIN: B0007C8832, Haifa, IL.

[28] **Roonen, A.** (1984). *Sefunim Prehistoric Sites, Mount Carmel, Israel (bar s) ,* British Archaeological Reports, Richmond, TX, ISBN 10: 0860542998, ISBN 13: 9780860542995, USA.

[29] **Lord, K.J. (**1984). *The zooarchaeology of Hinds Cave* (41 VV 456), Texas A&M University, Dept. of Anthropology, ASIN: B00070R4F2, USA.

[30] **Tuna, C.** (1967). *Mağaradan Kente Cilt:1,* İletişim Yayınevi, ISBN: 9789754707991, Ankara.

[31] **Beard, D.C.** (2004). *Shelters, Shacks, and Shanties: The Classic Guide to Building Wilderness Shelters,* Dover Publications, ISBN-10: 0486437477, ISBN-13: 978-0486437477,USA.

[32] **Beard, D.C.** (2004). *Shelters, Shacks, and Shanties: The Classic Guide to Building Createspace Independent Publishing Platform* **,** ISBN-10: 1484062612, ISBN-13: 9781484062616,USA.

[33] **Lloyd, S.** (2004). *Ancient Architecture (History of World Architecture),* Phaidon Press, ISBN-10: 1904313280, ISBN-13: 978-1904313281, Newyork, USA.

[34] **Zink, D.** (1979). *The ancient stones speak : a journey to the world's most mysterious megalithic sites*, Musson Book Co., ISBN13: 9780773710337, ISBN10: 0773710337, USA.

[35] **Varner, G.R.** (2004). *Menhirs, Dolmen, and Circles of Stone: The Folklore and Magic Of acred Stone*, Algora Publishing, ISBN-10: 0875863493, ISBN-13: 978-0875863498, New York, USA.

[36] **Piccolo,S.** (2013). *Ancient Stones: The Prehistoric Dolmens of Sicily*, Brazen Head Publishing, ISBN-10: 0956510620, ISBN-13: 978-0956510624, U.K.

[37] **Mohen, J. P.** (1990). *World of Megaliths, Facts on File*, ISBN-10: 0816022518, ISBN-13: 978-0816022519, USA.

[38] **Mcgowen**,T. (2000). *Giant Stones And Earth Mounds Library Binding*, Millbrook Press, ISBN-10: 0761313729, ISBN-13: 978-0761313724, USA.

[39] **Collins, A. ve Hancock, G.** (2014). *Gobekli Tepe: Genesis of the Gods: The Temple of the Watchers and the Discovery of Eden*, Bear & Company**,** ISBN-10: 9781591431428, ISBN-13: 978-1591431428, USA.

[40] **Raftery, B.** (1997). Pagan Celtic Ireland: *The Enigma of the Irish Iron Age*, Thames and Hudson,ISBN10: 0500279837, ISBN: 9780500279830, U.K.

[41] **Allen, J.R.** (1994). *Celtic Art In Pagan and Christian Times Hardcover*, Bracken Books, ISBN-10: 1858910757, ISBN-13: 978-1858910758, U.K.

[42] **Pearson, M.P., Pollard, J., Colin, R.C., Thomas, J. Ve Welham, K.** (2016). *Stonehenge: Making Sense of a Prehistoric Mystery*, Council for British Archaeology, ISBN-10: 1909990027, ISBN-13: 978-1909990029, U.K.

[43] **Chris Scarre,C.** (1999). *The seventy wonders of the ancient world : the great monuments and how they were built*, Thames & Hudson, ISBN10: 0500050961, ISBN13: 9780500050965, U.K.

[44] **Allen, J.R.** (1994). *Celtic Art In Pagan and Christian Times Hardcover*, Bracken Books, ISBN-10: 1858910757, ISBN-13: 978-1858910758, U.K.

[45] **Krieger, C.** (2017). *Ireland's Ancient East*, O'Brien Press, ISBN-10: 184717812X, ISBN-13: 978-1847178121, IE.

[46] **Tringham, R. ve Stevanovic, M.** (2012). *Last House on the Hill: BACH. Area Reports from Çatalhöyük*, Turkey**,** ISBN 10: 1931745668, ISBN 13: 9781931745666, Cotsen Institute of Archaeology Press, BMV Bookstores, CA, USA.

[47] **Url-3** <*https://ankarabeksrap.tr.gg/K-Oe-Y-EVLER%26%23304%3B.htm*>, erişim tarihi 15.06.2019.

[48] **Url-4** <*http:// www.konyahaber.com/sanatci-koyunde-dam-yuvagi-mesaisi-61394h.htm*>, erişim tarihi 15.06.2019.

[49] **Uşma**, **G.** (2019). *Geleneksel Türk Evi ve Van Evleri*, Nobel Akademik Yayıncılık, ISBN: 13: 9786057928405, Ankara.

[50] **Bruun, P.D.** (2010). *The Cave Dwellers of Southern Tunisia*, Darf Publishers Ltd, ISBN-10: 1850770646, ISBN-13: 978-1850770640, U.K.

[51] **Fletcher, B.ve Cordingley, R. A.** (1967). *A History of Architecture on the Comparative Method*, 17th Edition, Charles Scribner's Sons, ISBN-10: 1111442398, ISBN-13: 978-1111442392, USA.

[52] **Winter, N.A.** (1993). *Greek Architectural Terracottas: From the Prehistoric to the End of the Archaic Period*, Clarendon Press, ISBN 10: 0198147945, ISBN 13:9780198147947, U.K.

[53] **Görçiz, G.** (2000). Ülkemizde Tuğla ve Kiremit Endüstrisi, *Tukder yayınları*, 3 (9), 26-32, Manisa.

[54] **Henrickson, R.C. ve Blackman, M. J. (**2002). *Hellenistic Production of* Terracotta *Roof Tiles Among the Ceramic Industries at Gordion*, Oxford Journal of Archaeology, 18 (3), s.307-326, DOI: 10.1111/1468-0092.00086.

[55] **Url-5** *<https://tr.pinterest.com/pin/193162271488906294/>*, erişim tarihi 14.06.2019

[56] **Wikander, O. (**2017). *Roof-tiles and Tile-roofs at Poggio Civitate (Murlo)*, Svenska Institutet i Rom, ISBN-10: 9170421846, ISBN-13: 978-9170421846, IT.

[57] **Raimondo, M., Ceroni, C., Dondi, M., Guarini, G., Marsigli, M. ve Venturi, I.** (2009). *Durability of clay roofing tiles*: the influence of microstructural and compositional variables. Journal of the European Ceramic Society 29 (15), 3121-3128.

[58] **Schunck, E., Oster, H.J., Barthel, R. ve Kiessl, K.** (2013). *Roof Construction Manual: Pitched Roofs*, Walter de Gruyter, ISBN 10: 3034615639, ISBN 13: 9783034615631, DE.

[59] **American Technical Society.** (2012). *Sheet-Metal Work: A Manual of Practical. Self-Instruction in the Art of Pattern Drafting and Construction Work in Light and Heavy Gauge Metal, Including Skylights, Roofing, Cornice Work*, Etc, Ulan Press, **ASIN:** B009O5LT7A, USA.

[60] **Melaragno, M.** (2012). *An Introduction to Shell Structures: The Art and Science of Vaulting*, Springer-Verlag/Sci-Tech/Trade, ISBN-10: 1475702256, ISBN-13: 9781475702255, USA.

[61] **Ory, P.** (1982). *Les expositions universelles de Paris: Panorama raisonné, avec des aperçus nouveaux et des illustrations par les meilleurs auteurs* (Collection "Les Nostalgies"), Ramsay, ISBN-10: 2859563148, ISBN-13: 978-2859563141, FR.

[62] **Nyrop, C.** (2018). *Exposition Universelle de 1889*, À Paris: Le Danemark; Catalogue Illustré, Forgotten Books, ISBN-10: 1391352483 , ISBN-13: 978-1391352480, FR.

[63] **Kuban, D.** (2007). *Osmanlı Mimarisi,* YEM Yayınları, ISBN 13: 9786054793600, Istanbul.

[64] **Leo A. Meyer, L.A.** (2006). Sheet Metal, American Tech Publishers, ISBN-10: 9780826919106, ISBN-13: 978-0826919106, USA.

[65] **Otto, F.** (1973). Tensile Structures (v. 1 & 2), The MIT Press, ISBN-10: 0262650053, ISBN-13: 978-0262650052, USA.

[66] **Watson, J.A.** (1984). Commercial roofing systems Hardcover, Reston Pub. Co., ISBN-10: 0835908577, ISBN-13: 978-0835908573, USA.

[67] **Herzog, T.** (1976). *Pneumatic Structures*: A Handbook of Inflatable Architecture Hardcover, Oxford University Press, ISBN-10: 0195198956, ISBN-13: 978-0195198959, U.K.

[68] **McLean, W. ve Silver, P.** (2015). *Air Structures Paperback-Form+Technique*, Laurence King Publishing, ISBN-10: 9781780674827, ISBN-13: 978-1780674827, U.K.

[69] **Adrover, E.R.** (2015) *Deployable Structures-Form+Technique*, Laurence King Publishing, ISBN-10: 9781780674834, ISBN-13: 978-1780674834, U.K.

[70] **Taylor, D.** (2016) *Performance*, Duke University Press Books, ISBN-10: 0822359979, ISBN-13: 978-0822359975, USA.

[71] **Underwood , J.R. ve Chiuini,M.** (2007). *Structural Design*: A Practical Guide for Architects 2nd Edition, John Wiley & Sons, ISBN-13: 978-0471789048, ISBN-10: 0471789046, USA.

[72] **Thande, H. M.** (2014). *Structural Analysis and Design of a Warehouse Building*, Bachelor's thesis, Degree Programme in Mechanical Engineering and Production Technology, Hamk University, FI.

[73]**Url-6** <*https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148105003228*>, >,A.Dimoudi, A., Lykoudis,S., Androutsopoulos, A., November 2006, *Thermal performance of an innovative roof component, Renewable Energy. cilt 31, sayı 14, s. 2257-2271, alındığı tarih,15.10.2018.*

[74]**Url-7**<*https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1359431116325510*>., Xamá, J., Carreno, J.C., Perez, I.H., Lopez, I.H., Castro, K.M.A., Melo, E.V.M., August 2017, *Thermal performance of a hollow block with/without insulating and reflective materials for roofing in Mexico*. cilt 123, s 243-245, alındığı tarih,15.10.2018.

[75] **Matthew R.H.** (2010). *Materials for Energy Efficiency and Thermal Comfort in Buildings.* A volume in Woodhead Publishing Series in Energy, Woodhead Publishing, ISBN 13: 9781845695262, IN.

[76] **Edwards, B.** (2003). *Green Buildings Pay Second Edition*,Spon Press, ISBN10: 0415262712, ISBN 13: 9780415262712, s.188-193, UK.

[77] **TS 825** (2008). *Binalarda ısı yalıtımı kuralları standardı,* ICS 91. 120. 10, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara.

[78] **Url-8** <*https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778815300347* >,Ramamurthy, P, Sun, T., Rule, K., Zeid, E.B., *The joint influence of albedo and insulation on roof performance: A modeling study*. 1 September 2015, cilt102, s.317-327, erişim tarihi 15.10.2018.

[79] **Url-9** < *http://www.degora.com/pdf/ovation.pdf*>, erişim tarihi 15.10.2018.

[80] **Harrison, H. W., Trorman, P. M. ve Saunders, G. K.** (2009). *Roofs and Roofing : Performance, Diagnosis, Maintenance, Repair and the Avoidance of Defects* (BR 504) 3.th. new edition, Ihs Bre Press, ISBN 10: 1848060920, ISBN 13: 9781848060920, UK.

[81] **DIN EN** (2015). Gullies for buildings - Part 2: *Roof drains and floor gullies without trap, Abläufe für Gebäude* - Teil 2: Dachabläufe und Bodenabläufe ohne Geruchverschluss (DIN EN 1253-2).

[82] **Gould, J.** (1999). *Rainwater Catchment Systems for Domestic Supply: Design, Construction and Implementation,* Intermediate Technology Publications. ISBN 10: 1853394564, ISBN 13: 9781853394560, USA.

[83] **Url-10** <*https://www.sciencedirect.com*/science/article/pii/S1876610217349408 >, Nielsen, A., Morelli, M., Measured temperature and moisture conditions in the roof attic of a one-and-a-half story house, . October 2017, cilt132, s.789-794, alındığı tarih,15.10.2018.

[84] **Url-11** <*https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141029618324611* >, Stevenson, S.A., Ansary, A.M.E., Kopp, G.A., *A practical modelling technique to assess the performance of wood-frame roofs under extreme wind loads.* 15 July 2019, cilt191, s.640-648, alındığı tarih,15.10.2018.

[85] **Rossiter Jr., W. J. ve Wallace, T. J.** (2003). Roofing Research and Standards Development, ASTM International, ISBN-10: 080313469X, ISBN-13: 978-0803134690, USA.

[86] **TS EN** (2013). *Yapı mamulleri ve yapı elemanları, yangın sınıflandırması bölüm 1: Yangın karşısındaki davranış deneylerinden elde edilen veriler kullanılarak sınıflandırma* (TS EN 13501-1+A1).

[87] **TS EN** (2016). *Yapı mamulleri ve yapı elemanları - Yangın sınıflandırması* – Bölüm 5: *Çatıların dış yangınlara maruz bırakılması deneylerinden elde edilen veriler kullanılarak sınıflandırma* (TS EN 13501-5).

[88] **TSE CEN/TS** (2015). *Dış yangına maruz kalan çatılar için deney yöntemleri*, (TSE CEN/TS 1187).

[89] **Rindel, J.H.** (2018). *Sound Insulation in Buildings*, CRC Press, USA, ISBN 10: 149870042X, ISBN 13: 9781498700429

[90] **Laaly, H. O.** (1992). *The Science and Technology of Traditional and Modern Roofing Systems*, Laaly Scientific Pub, ISBN 10: 0962966908, ISBN 13: 9780962966903,UK.

[91] **Pfister, T., Schweighofer, M. ve Reichel, A.** (2016). *Sustainability (Key Ideas)* 1st Edition, Routledge, UK, ISBN-10: 0415714117, ISBN-13: 978-0415714112

[92] **Ching, F.D.K.** (2014). *Building Construction Illustrated*, 5th Edition, John Wiley & Sons, ISBN-13: 978-1118458341, ISBN-10: 1118458346, USA.

[93] **DIN 276-1** (2008). *Kosten im Bauwesen* - Teil 1: *Hochbau, /Building costs* – Part 1: 0 construction (DIN 276-1:2008-12).

[94] **Construction Project Information Committee**. (1998). *Common Arrangement of Work Sections for Building*, ISBN 10: 0-9512662-5-X, UK.

[95] **Chudley, R., Greeno, R.** (2016). *Building Construction Handbook*, Routledge, ISBN-10: 113890709X, ISBN-13: 978-1138907096, UK.

[96] **Schwartz, M. (**1997). *Basic Lumber Engineering for Builders Pap.*Dis Edition, ISBN-13: 978-1572180420, ISBN-10: 1572180420, Craftsman Book Co, UK.

[97] **Url-12** <*https://saterdesign.com/blogs/news/117365383-top-3-types-of-roof-structures*>, erişim tarihi 17.05.2019.

[98] **Jahromi, A.B.** (2006). *Development and evaluation of composite insulated Beams.* A thesis in Napier University, Edinburgh, Scotland, UK.

[99] **Url-13** <*http://www.nasreddingroup.com/resim/files/katalog2018.pdf*>, erişim tarihi 17.05.2019.

[100] **Url-14** <*https://strindustry.ru/tr/roof/the-device-pitched-roof*>, erişim tarihi 18.05.2019.

[101] **Schwartz, M.** (1997). *Basic Lumber Engineering for Builders Pap.* Dis Edition, ISBN-13: 978-1572180420, ISBN-10: 1572180420, Craftsman Book Co, UK.

[102] **Url-15** <*http://www.sabittuncel.com/ahsap-kirisler*>, erişim tarihi 18.05.2019.

[103] **Url-16** <*http://www.gulfindustryonline.com*>, erişim tarihi 18.05.2019.

[104] **Url-17** <*http://www.kayacelikkonstruksiyon.com/project/birikim*>, erişim tarihi 18.05.2019.

[105] **Url-18** <*https://insapedia.com/statik-eleman-aciklik-sinirlari*>, erişim tarihi 18.05.2019.

[106**] Url-19** <*https://www.endustrimekanik.com/petek-kiris-cati-profil-ipe-npi-kesimi-imalati-mukavemet-hesabi-olculeri-agirlik-tablosu-detayi-kesit-degerleri*>, alındığı tarih 18.05.2019.

[107] **Url-20** <*https://www.nachi.org/structural-design-basics-residential-construction.htm* >, erişim tarihi 23.05.2019.

[108] **Raju, N.K.** (2015). *Advanced Reinforced Concrete Design*, (IS : 456-2000) (English) 3rd Edition**,** CBS Publisher, ISBN 13: 9788123912257, IN.

[109] **Subramanian, N.** (2013). *Design of Reinforced Concrete Structures*, Oxford, ISBN 10: 0198086946, ISBN 13: 978-0198086949, UK.

[110] **Url-21** <*https://www.tekdemirprefabrik.com/betonarme-prefabrik-sistem-yapilar*>, erişim tarihi 23.05.2019.

[111] **Oliver, M.S. (**1997). *Coated Metal Roofing and Cladding Hardcover.* Inst of Civil Engineers Pub, ISBN10: 072772620X, ISBN 13: 978-0727726209, USA.

[112] **Ross., R.B.** (1992). *Metallic Materials Specification Handbook*, Fourth Edition, Chapman & Hall, ISBN 13: 978-0412369407, UK.

[113] **Url-22** <*http://www.timas.net/kenet-cati-sistemleri*>, erişim tarihi 23.05.2019.

[114] **Url-23** <*http://www.uzmanlargrup.com.tr*>, erişim tarihi 25.05.2019.

[115] **Rand, B. B.** (2014). *Materials for Architectural Design 2,* Laurence King Publishing, ISBN-10: 9781780670898, ISBN-13: 978-1780670898, UK.

[116] **Url-24** <*http://manisyapi.com/*>, erişim tarihi 25.05.2019.

[117] **Porter, F.C.** (1991). *Zinc Handbook: Properties, Processing, and Use In Design,* CRC Press, ISBN 10: 0824783409, ISBN 13: 9780824783402, USA.

[118] **TS** (2015). *Galvanizli düz ve oluklu saclar - sıcak daldırma metodu ile galvanizlenmiş* (TS 822).

[119] **BS** (1980). *Specification For Rolled Copper and Copper Alloy.* Sheet, Strip And Foil, British Standards Institution, UK. (BS 2870).

[120] **Url-25** <*roofing.com.ua/en/news/2010/09/27/medkrish.htm*>, erişim tarihi 25.05.2019.

[121] **Url-26** <*https://brennancorp.com/products/roofing/mueller-snap-lock-standing-seam/*>, erişim tarihi 25.05.2019.

[122**] Url-27** <*https://www.markacati.com/aluminyum-kenet/#*>, erişim tarihi 25.05.2019.

[123] **Adam, S.** (2018). *Modern Architecture,* A Very Short Introduction, Oxford University Press, ISBN/EAN978-0-19-878344-2, UK.

[124] **TSE - TS EN** (2015). Self supporting double skin metal faced insulating panels - *Factory made products* – Specifications (TSE-TS EN 14509).

[125] **Url-28** <*https://www.booking.com/hotel/es/marques-de-riscal-luxury-collection.en-gb.html*>, erişim tarihi 25.05.2019.

[126] **Donachie, M. J.** (1982). *Titanium and Titanium Alloys* (Source Book). First Edition Edition, Asm Int**e**rnational, ISBN-10: 0871701405**,** ISBN-13: 978-0871701404, USA.

[127] **Joshi, V. A.** (2006). *Titanium Alloys: An Atlas of Structures and Fracture Features,* CRC Press, ISBN-10: 0849350107, ISBN-13: 978-0849350108, USA.

[128] **BS EN** (1997). *Zinc and zinc alloys. Specification for rolled flat products for Building,* UK (BS EN 988).

[129] **Url-29** <*https://www.rheinzink.com.tr/referanslar*>, erişim tarihi 26.05.2019.

[130] **Dezettel, L. M.** (1977). *Masons and Builders Library* Volume II (Bricklaying, Plastering, Rock Masonry, Clay Tile), Theodore Audel & Co, ISBN-10: 0672231832, ISBN-13: 978-0672231834, USA.

[131] **Url-30** <*http://basakkiremit.com.tr/product/kiremitler*>, erişim tarihi 26.05.2019.

[132] **TS EN** (2015). *Bitümlü levhalar - Oluklu - Mamul özellikleri ve deney yöntemleri* (TS EN 534 + A1).

[133] **Sheel (**1980). *Roofing, improved Bituminous Felts with Cariflex TR*, England.

[134] **ASTM** (2012). Standard Specification for Asphalt-*Coated Glass Fiber Base* Sheet Used in Roofing (ASTM D4601 / D4601M).

[135] **ASTM** (2016). *Standard Specification for Styrene Butadiene Styrene (SBS) Modified Bituminous Sheet Materials Using a Combination of Polyester and Glass Fiber Reinforcements* (ASTM D6162/D6162M).

[136] **ASTM** (2016). *Standard Specification for Styrene Butadiene Styrene (SBS) Modified Bituminous Sheet Materials Using Glass Fiber Reinforcements* (ASTM D6163/D6163M).

[137] **ASTM** (2016). *Standard Specification for Styrene Butadiene Styrene (SBS) Modified Bituminous Sheet Materials Using Polyester Reinforcements* (ASTM D6164/D6164M).

[138] **Url-31** <*http://www.catider.org.tr/index.php?action=page&id=258*>, erişim tarihi 11.03.2019, Çatıder, *Çatı Kaplama Malzemeleri 2017 Yılı Sektör Büyüklüğü Araştırması,* İstanbul.

[139] **Johanson, M., Bluhm, A. ve Springer, B.** (2018). Black & Decker DIY *Roofing: Shingles - Shakes - Tile - Rubber - Metal - PLUS Roof Repair*. Editors of Cool Springs Press, ISBN-10: 0760364494, ISBN-13: 978-0760364499, CAN.

[140] **Guertin, M.** (2002). *Roofing with Asphalt Shingles* (For Pros by Pros), ISBN 10:1561585319, (ISBN13: 9781561585311, Taunton press, UK.

[141] **Url-32** <*https://www.cubiertasramon.es/nuestros-trabajos*>, erişim tarihi 28.05.2019.

[142] **Url-33** <*https://www.southern-timber.co.uk/product/roofing-agricultural-buildings/fibre-cement/big-6-fibre-cement-roof/*>, erişim tarihi 28.05.2019.

[143] **Url-34** <*www.atermit.com/*>, erişim tarihi 28.05.2019.

[144] **Url-35** <*https://www.eternit.at/produkte/dach/toscana/*>, erişim tarihi 28.05.2019.

[145] **Billmeyer, F.W.** (1984). *Textbook of Polymer Science.* 3rd Edition, John Wiley & Sons, ISBN-13: 978-0471389293, USA.

[146] **Url-36 <***http://tr.innovopcsheet.com*>, erişim tarihi 28.05.2019.

[147] **Teraoka, I.** (2002). *Polymer Solutions: An Introduction to Physical Properties*, John Wiley & Sons, ISBN-13: 978-0471031963, USA.

[148] **Tadmor, Z ve Gogos, C.G.** (2006). *Principles of Polymer Processing*. 2nd Edition, John Wiley & Sons, ISBN-13: 978-0471387701, USA.

[149] **Url-37** <*www.fibrosan.com.tr*>, erişim tarihi 28.05.2019.

[150] **Url-38** <*http://www.zorlucenter.com.tr*>, erişim tarihi 27.05.2019.

[151] **Url-39** <*marmaraforum.com.tr*>, erişim tarihi 27.05.2019.

[152] **Url-40** <*https://www.prominyum.com/*>, erişim tarihi 27.05.2019.

[153] **Url-41** <*https://www.iqglassuk.com/products/structural-glass-roofs/s15028*>, erişim tarihi 27.05.2019.

[154] **Url-42** <*https://carpenterlowings.com/portfolio_page/moynihan-station/*>, erişim tarihi 28.05.2019.

[155] **Url-43** <*https://www.pilkington.com/en-gb/uk/products/product-finder*>, erişim tarihi 28.05.2019.

[156] **Url-44** <*https://www.forms-surfaces.com/bermanglass-profile-kiln-cast-glass*>, erişim tarihi 28.05.2019.

[157] **Llorens, J.** (2015). *Fabric Structures in Architecture* (Woodhead Publishing Series in Textiles) 1st Edition, Woodhead Publishing; ISBN-10: 1782422331, ISBN-13: 978-1782422334, UK.

[158] **Url-45** <*https://www.som.com/projects/denver_union_station*>, erişim tarihi 28.05.2019.

[159] **Url-46** <*http://etfe-mfm.eu/contents/publicationsitem/textile-based-architecture_slides.pdf*>, erişim tarihi 28.05.2019.

[160] **Wood, C.** (2003). *Stone Roofing: Conserving the Materials and Practice of Traditional Stone Slate Roofing in England* (English Heritage Research Transactions), Maney - Heritage; Volume 9 ed. Edition, ISBN-10: 1902916328, ISBN-13: 978-1902916323, UK.

[161] **Vardallı, S.** (2018). Kişisel görüşme. 10 Haziran, Bolu.

[162] **Url-47** <*https://www.ardogres.it/it/*>, erişim tarihi 28.05.2019.

[163] **Url-48** <*https://kamiscati.eu/isi-yalitimi-ve-kamis-cati/*>, erişim tarihi 28.05.2019.

[164] **Johanson, M., Bluhm, A. ve Springer, B.** (2018). Black & Decker DIY. *Roofing: Shingles - Shakes - Tile - Rubber - Metal - PLUS Roof Repair*. Editors of Cool Springs Press, ISBN-10: 0760364494, ISBN-13: 978-0760364499, CAN.

[165] **Url-49** <*http://www.everybodyneedsaroof.com/wood-shakes-and-wood-shingle*>, erişim tarihi 05.10.2016.

[166] **Url-50** <*https://www.wolfcreekcedar.com/shakeshingles.php*>, erişim tarihi 05.10.2016.

[167] **Url-51 <** *http://gajitz.com/the-roof-is-on-fire-solar-shingles-let-you-green-on-the-sly*>, erişim tarihi 28.10.2016.

[168] **Burdick, J. ve Schmidt, P.** (2017). *Install Your Own Solar Panels***,** Storey Publishing LLC**,** ISBN10 1612128254, ISBN13 9781612128252, MA, United States.

[169] **Url-52** <*https://www.sunstyle.com/en/solar_roof.html* >, erişim tarihi 27.10.2016.

[170] **Alba, R.M., ChatzopoulouIlaria, A., Guarracino, J., Freeman, C. ve Markides, N.** (2017). *Hybrid photovoltaic-thermal solar systems for combined heating, cooling and power provision in the urban environment.* Gn. Yayın yön. Al-Nimr, M. A., Energy conversion and management panel, s. 838-850, ISSN: 0196-8904, UK.

[171] **Kolb, J.** (2008). *Systems in Timber Engineering: Loadbearing Structures and Component Layers.* Walter de Gruyter, ISBN 10: 3764386908, ISBN 13: 9783764386900, Berlin.

[172] **Kalfa, S. M., Yaşar, Y. ve Pehlevan, A.** (2014). *Eğimli Çatı Konstrüksiyonlarında Havalandırma ve Yoğuşma Kontrolü,* 7. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu 3– 4 Nisan 2014, Yıldız Teknik Üniversitesi Beşiktaş, İstanbul.

[173] **Url-53** <*http://eyrc.com/work/helal-new-moon-residence*>, erişim tarihi 17.10.2016.

[174] **Url-54** < *http://www.treesranch.com/7b38b7b236d38454-beach-cottages-in-the-keys-southern-beach-cottage-house-plans.html* >, erişim tarihi 25.09.2016.

[175] **Url-55** <*https://divisare.com/projects/295817-atelier-ars-levering-trade*>, erişim tarihi 25.09.2016.

[176] **Url-56** <*https://benoarchitects.com/nl/projects/offices-nl/office-fortop/*>, erişim tarihi 25.09.2016.

[177] **Url-57** <*http://designbythebay.com/sfmta-islais-creek-facility*>, erişim tarihi 25.09.2016.

[178] **Url-58** <*http://www.burrandmccallum.com/projects*>, erişim tarihi 26.09.2016.

[179] **Url-59** <*https://klefevour89.wordpress.com/imagetext-project-2/*>, erişim tarihi 26.09.2016.

[180] **Url-60** <*http://archnet.org/sites/649/media_contents/3647*>, erişim tarihi 27.09.2016.

[181] **Url-61** <*http://www.stufish.com/project/xishuangbanna-theatre-2*>, erişim tarihi 29.09.2016.

[182] **Url-62** <*http://www.archdaily.com/772363/vilela-school*>, erişim tarihi 29.09.2016.

[183] **Url-63** <*https://www.lcsd.gov.hk/clpss/en/webApp/Facility/Details.do?ftid=38&did=16*>, erişim tarihi 29.09.2016.

[184] **Url-64** <*https://kaizardispatch.wordpress.com/2010/06/24/merseburg-germany*>, erişim tarihi 30.09.2016.

[185] **Url-65** <*https://jillianchantal.com/2010/06/04/friday-facts-mansard-roof/*>, erişim tarihi 02.10.2016.

[186] **Url-66** <*http://www.yearofcleanwater.org/explore/mansard-roof-plans/*>, erişim tarihi 02.10.2016.

[187] **Url-67** <*http://crestroofing.ca/butterfly-roof/*>, erişim tarihi 03.10.2016.

[188] **Url-68** <*http://www.homespunvillage.com/butterfly-roof/*>, erişim tarihi 03.10.2016.

[189] **Url-69** <*http://www.inspirationhouse.co.uk/butterfly-roof-structure/*>, erişim tarihi 03.10.2016.

[190] **Url-70** <*https://inhabitat.com/stunning-solar-butterfly-house-masters-resource-conservation-in-california/butterfly-house-by-feldman-architecture-7/*>,alındığı tarih 05.10.2016.

[191] **Url-71** <*https://www.sanatinyolculugu.com/tonoz-nedir/*>, erişim tarihi 05.10.2016.

[192] **Url-72** < *http://waveavenue.com/profiles/blogs/twin-barrel-vaulted-residence-in-england* >, erişim tarihi 06.10.2016.

[193] **Url-73** < *http://www.bdonline.co.uk/roll-out-the-barrel- vault/3101701. article#*>, erişim tarihi 06.10.2016.

[194] **Url-74** <*https://www.selfbuild-central.co.uk/first-ideas/examples/ kashentroch-banchory/* >, erişim tarihi 06.10.2016.

[195] **Url-75** <*http://www.pages.drexel.edu/~jpm55/AE390/A3/description.htm* >, erişim tarihi 07.10.2016.

[196] **Url-76** <*https://www.biodomes.eu/dome-sizes.php*>, erişim tarihi 07.10.2016.

[197] **Url-77** <*http://www.istanbuldakicamiler.com/mihrimah-sultan-camii-edirnekapi*>, erişim tarihi 05.10.2016.

[198] **Url-78**< *http://domehouse.org/?page_id=788* >, erişim tarihi 09.10.2018.

[199] **Url-79** <*http://www.binishells.com*>, erişim tarihi 07.10.2018.

[200] **Url-80** <*http://www.icosasystems.com.tr/eng/proje-4-altan-kultur-merkezi.html*>, erişim tarihi 18.12.2018.

[201] **Url-81** <*http://myrooff.com/monopitch-roof/*>, erişim tarihi 10.10.2018.

[202] **Url-82** <*https://www.houzz.com/magazine/5-types-of-sloping-roofs-that-hit-the-right-pitch-stsetivw-vs~44873798*>, erişim tarihi 01.02.2019.

[203] **Url-83** <*https://goodfellasconstruction.net/*>, erişim tarihi 11.10.2018.

[204] **Url-84** < *http://www.velux.com.tr*>, erişim tarihi 10.09.2018.

[205] **Url-85** <*https://americanflatroofs.com/about-us/*>, alındığı tarih 12.12.2018.

[206] **Url-86** <*https://pacificnwseasons.blogspot.com/2010/07/tacomas-museum-of-glass-world-class.html*>, erişim tarihi 11.10.2018.

[207] **Url-87** < *http://www.medotente.com*>, erişim tarihi 14.10.2018.

[208] **Url-88** <*http://www.fosterandpartners.com/projects/*>, erişim tarihi 11.10.2016.

[209] **Drew, P. (**1976). Frei Otto; *Form und Konstruktion,* EG-Schwenk, Almanya. http://www.bofsad.com/.

[211] **Url-90** <*http://www.muenchenarchitektur.com/architekturhighlights/18-sonderbauten/20798-olympiastadion-im-olympiapark*>, erişim tarihi 17.10.2016.

[212] **Url-91** <*http://suspensiondomes.com/existing/cable_stayed*>, erişim tarihi 17.10.2018.

[213] **Url-92** < *http://www.httf.com.tr/asma_germe_membran_sistemleri.asp*>, erişim tarihi 15,03.2019.

[214] **Url-93** <*http://www.mekpanpanel.com/en/product/Five-Rib_Roof_Panel* >, erişim tarihi 17.10.2018.

[215] **Url-94** <*http://www.ekmekciogullari.com.tr/CMSFiles/Product/LittleImage/635581314511450816.pdf*>, erişim tarihi 18.10.2018.

[216] **Url-95** <*www.metalkenet.com/*>, erişim tarihi 18.10.2018.

[217] **Url-96** <*http://www.ozdemirlermetal.com.tr/bakir-levha*>, erişim tarihi 02.05.2019.

[218] **Url-97** <*https://memphite.com/Y29vcGVyIHJvb2Y/*>, erişim tarihi 03.05.2019.

[219] **Url-98** <*https://thecaninecabana.org/12820/*>, erişim tarihi 03.05.2019.

[220] **Url-99** <*https://deliciassalvadorenas.com/pgsxvn22862/IgbBGE22886/*>, erişim tarihi 04.05.2019.

[221] **TSEN** (2008). *Kurşun ve kurşun alaşımları - İnşaat amaçlı haddelenmiş kurşun levha* (TSEN 12588).

[222] **Url-100** <*http://www.ucryapi.com/?page_id=40*>, erişim tarihi 05.05.2019.

[223] **Url-101** <*http://www.mirmankursun.com/*>, erişim tarihi 05.05.2019.

[224] **Url-102** <*https://www.diydoctor.org.uk/projects/leadflashing.htm*>, erişim tarihi 05.05.2019.

[225] **Url-103** <*http://www.mimdap.org/?p=95512*>, erişim tarihi 06.05.2019.

[226] **Url-104** <*https://www.archdaily.com/160921/martin-luther-church-in-hainburg-coop-himmelblau*>, erişim tarihi 06.05.2019.

[227] **Url-105** <*http://www.ludhianabuildingmaterial.com/sandwich-panel/*>, erişim tarihi 06.05.2019.

[228] **Url-106** <*http://www.deltayapielemanlari.com.tr/KenetliPaneller.html*>, erişim tarihi 06.05.2019.

[229] **Url-107** <*http://www.metalcati.com*>, erişim tarihi 06.05.2019.

[230] **Url-108** <*http://www.vmzinc.com.tr*>, erişim tarihi 06.05.2019.

[231] **Url-109** < *https://www.yukseltuglakiremit.com/urun-gruplarimiz/1017/kiremit* _cesitleri >, erişim tarihi 06.05.2019.

[232] **Url-110** <*https://dafa.com.ua/en/blog/erlus-e58-rs/*>, erişim tarihi 06.05.2019.

[233] **Url-111** <*http://www.genelcati.com/uygulama-detay/Kiremit-Cati#*>, erişim tarihi 06.05.2019.

[234] **Url-112** <*https://yandex.com.tr/search/?text=www.imerys-roof-tiles&clid=2233630&lr=11508*>, erişim tarihi 06.05.2019.

[235] **Url-113** <*https://innovatile.com/products/clay-roof-tiles/roman-pan/*>, erişim tarihi 10.05.2019.

[236] **Url-114** <*https://i.pinimg.com/736x/67/4d/c9/674dc91506dd16d522d9519 f22ec1145-- radiant-barrier-monserrat.jpg*>, erişim tarihi 10.05.2019.

[237] **Url-115** <*http://www.terracotagres.com/english/telha-terracota*>, erişim tarihi 06.05.2019.

[238] **Url-116** <*https://www.mca-tile.com/oriental-japenese/*>, erişim tarihi 06.05.2019.

[239] **Lyons, A. R.** (2014),*Materials for Architects and Builder*. Routledge, ISBN 10: 0415704979, ISBN 13: 9780415704977, s.197-209, U.K.

[240] **TSEN** (2014). *Su yalıtımı için esnek levhalar - Çatılarda su yalıtımında kullanılan takviyeli bitümlü levhalar* - Tanımlamalar ve özellikler (TSEN 13707).

[241] **ASTM D** (2019). *Standard Test Method for Wind-Resistance of Steep Slope Roofing Products*-Fan-Induced Method (ASTM D 3161M-19).

[242] **ASTM D** (2019). *Standard Test Method for Wind Resistance of Asphalt Shingles*-Uplift Force/Uplift Resistance Method (ASTM D 7158M-19).

[243**] UL** (2009). *Standard for Tests for Wind Resistant Asphalt Shingles with Sealed Tabs* (UL 2390).

[244] **ASTM D** (2019), *Standard Specification for Asphalt Shingles Made from Glass Felt and Surfaced with Mineral Granules* (ASTM D 3462M).

[245] **ASTM D** (2018). *Standard Specification for Underlayment Felt Containing Inorganic Fibers* (ASTM D 6757M-18).

[246] **CSA** (2016). *Asphalt Shingles Made from Glass Felt and Surfaced with Mineral Granules* (CSA A123.5-16).

[247] **UL** (2012). Impact Resistance of Prepared Roof Covering Materials (UL 2218).

[248] **UL** (2014). *Standard Test Methods for Fire Test of Roof Coverings* (UL 790).

[249] **ASTM D** (2017). Standard Specification for Class A Asphalt Shingles Surfaced with Mineral Granules (ASTM D3018M-11).

[250] **Johanson, M., Bluhm, A., Springer, B.** (2018). Black & Decker DIY. *Roofing: Shingles - Shakes - Tile - Rubber - Metal - PLUS Roof Repair*, Editors of Cool Springs Press, ISBN-10: 0760364494, ISBN-13: 978-0760364499, CAN.

[251] **Guertin, M.**, (2002) *Roofing with Asphalt Shingles* (For Pros by Pros), **ISBN** ISBN 10:1561585319, ISBN13: 9781561585311, Taunton press, UK.

[252] **Akkurt, S., (**2007). *Plastik Malzeme Bilimi, Teknolojisi ve Kalıp Tasarımı*, Birsen Yayınevi, İstanbul. ISBN 9755110550.

[253] **Url-117** <*http://tr.3m-srtile.com/asa-pvc-plastic-roof-tile/single-layer-pvc-roof-sheet-with-asa-type-860.html*>, erişim tarihi 10.09.2018.

[254] **Url-118** <*https://polser.com/tr/referanslar*>, erişim tarihi 10.09.2018.

[255] **Url-119** <*https://www.sbp.de/en/project/baoan-stadium-shenzhen/*>, erişim tarihi 10.09.2018.

[256] **TS EN ISO** (2012). *Plastikler-Çekme özelliklerinin tayini*-Bölüm 1: Genel prensipler (TS EN ISO 527-1).

[257] **TS EN ISO** (2019). *Plastikler-Eğilme özelliklerinin tayini* (TS EN ISO 178).

[258] **TSE-EN-ISO** (2006). *Plastikler-Izod darbe mukavemetinin tayini* (TSE 1005 EN ISO 180).

[259] **Billmeyer, F.W.** (1984). *Textbook of Polymer Science*. 3rd Edition, John Wiley & Sons, ISBN-13: 978-0471389293, USA.

[260] **Teraoka, I.** (2002). *Polymer Solutions*: An Introduction to Physical Properties, John Wiley & Sons, ISBN-13: 978-0471031963, USA.

[261] **Tadmor, Z, Gogos, C.G.,** (2006). *Principles of Polymer Processing*, 2nd Edition, John Wiley & Sons, ISBN-13: 978-0471387701, USA.

[262] **Url-120** <*https://www.palram.com/us/project/shenzhen-universiade-sports-centre- china/* >, erişim tarihi 10.09.2018.

[263] **Url-117** <*https://www.aterstore.com.tr/urun/cati-malzemeleri/ctp/ctp/*>, erişim tarihi 10.09.2018.

[264] **Özgür, E.** (2019). Kişisel görüşme (İstanbulÖzgür Atermit San. ve Tic. A.Ş. Yönetim Kurulu Üyesi). 19 Haziran, İstanbul.

[265] **Url-118** <*http://www.izolekiremit.com.tr/products/tr/188/198/efes-serisi*>, erişim tarihi 10.09.2018.

[266] **Wood, C.** (2003). *Stone Roofing: Conserving the Materials and Practice of Traditional Stone Slate Roofing in England* (English Heritage Research Transactions), Maney - Heritage; Volume 9 ed. Edition, ISBN-10: 1902916328, ISBN-13: 978-1902916323, UK.

[267] **Url-119** <*https://www.flickr.com/photos/13984968@N02/4836134427*>, erişim tarihi 10.09.2018.

[268] **Yılmaz, C.** (2005). *The Importance of Prefabricated Material Use in the Regions Where be Natural Hazards Risk; an Example from Sinop*, 7 Ulusal Coğrafya Kongresi 2005, (29–30 Eylül 2005), (707-716), İstanbul Üniversitesi, Çantay Kitabevi, İstanbul.

[269] **Skinner, T.,** (2008). *Historic Slate Roofs: With How-To Info and Specifications.* Schiffer Publishing, Limited, Pennsylvania, ISBN10: 0764330012, ISBN 13: 9780764330018.

[270] **England, H.** (2016). *Practical Building Conservation: Roofing*. Taylor & Francis Ltd. ISBN 10: 0754645568, ISBN 13: 9780754645566. United Kingdom.

[271] **Matthews, N., Bowen, L., Edden, L.** (2010). *Roofs, A guide To The Repair Of Historic Roofs*. Dublin Published by the Stationery Office, ISBN 10: 0755775406, IR.

[272] **Url-120** <*https://www.ardogres.it/en/gallery.php*>, erişim tarihi 10.09.2018.

[273] **Nolan, D., O'Reilly, B., Carthaigh, C. M.** (2015). *Thatch, A guide To The Repair Of Thatched Roofs.* Dublin Published by the Stationery Office, ISBN 13: 978-1406428360, IR.

[274] **Url-121** <*https://www.africaroofing.co.uk/wp-content/uploads/2017/11/IMG _9801.jpg*>, erişim tarihi 10.09.2018.

[275] **Url-122** <*https://i.pinimg.com*>, erişim tarihi 10.09.2018.

[276] **Url-123** <*http://www.chrisdodsonthatcher.co.uk/wp-ontent/uploads/2015/02/ P1020074.jpg*>, erişim tarihi 10.09.2018.

[277**] Spence, W. P.** (2004). *Roofing: Materials & Installation Paperback.* Sterling, ISBN-10: 0806992964, ISBN-13: 978-0806992969, N.Y., ABD.

[278] **DIN** (2019). *Holzschindeln, Diese Norm legt Maße und Anforderungen für Holzschindeln, im Folgenden kurz Schindeln genannt, die zur Dachdeckung und Wandbekleidung verwendet werden, fest* (DIN 68119: 2019-04).

[279] **Url-124** <h*ttps://www.wedgeroofing.com/roof-types/wood-shingle-roofs*>, erişim tarihi 10.09.2018.

[280] **Url-125** <*http://www.bregenzerwald.co.at/DSC01127g.jpg*>, erişim tarihi 10.09.2018.

[281] **Url-126** <*http://view.stern.de/de/picture/818788/perspektive-dach-tiefe-rhythmus-schindeln-holzdach-holzschindeln-940.jpg*>, erişim tarihi 10.09.2018.

[282] **Url-127** <*https://pxhere.com/tr/photo/670756*>, erişim tarihi 10.09.2018.

[283] **Url-128** <*http://www.wider-baukomfort.de/fileadmin/wider-baukomfort.de/04_ Referenzen/Schindelarbeiten/Freiburg/PB120021.JPG*>, erişim tarihi 10.09.2018.

[284] **Url-129** <*https://www.westshoreroofing.com/roofing-types/wood-shake/*>, erişim tarihi 10.09.2018.

[285] **Url-130** <*https://hanergy.eu/wp-content/uploads/2018/01/hantiles_los.jpg* >, erişim tarihi 11.11.2018.

[286] **Url-131** <*http://www.versoley.com/images/stories/images/1_copy.jpg* >, erişim tarihi 11.11.2018.

[287] **Url-132** <*https://cdn.vox-cdn.com/uploads/chorus_asset/file/7373703/tesla-solar-roof -tiles.png* >, erişim tarihi 11.11.2018.

[288] **Url-133** <*https://hanergy.eu/wp-content/uploads/2018/01/hantiles_header.jpg* >,erişim tarihi 11.11.2018.

[289] **Url-134** <*https://cdn.flexsolsolutions.com/wp-content/uploads/2018/10/ FlexSol-solar-roof-tile.jpg* >, erişim tarihi 11.11.2018.

[290] **Url-135** <*http://www.versoley.com/images/stories/images/Heda_solar_tile.jpg* >, erişim tarihi 10.09.2018.

[291] **Url-136** <*http://www.akuoenergy.com/fr/solaire* >, erişim tarihi 10.09.2018.

[292] **Alba, R.M., ChatzopoulouIlaria, A., Guarracino, J., Freeman, C., Markides,N. (**2017). *Hybrid photovoltaic-thermalsolar systems for combined heating, cooling and power provision in the urban environment*, Gn. Yayın yön. Al-Nimr, M. A., Energy conversion and management panel, s. 838-850, ISSN: 0196-8904, UK.

[293] **Url-137** <*https://dualsun.com/en/product/panels*>, erişim tarihi 11.11.2018.

[294] **Url-138** <*https://www.megaroncati.com.tr/tr/urunler/hibrit-gunes-paneli/*>, erişim tarihi 11.11.2018.

[295] **Url-139** <*http://www.sisecamduzcam.com/sites/catalogs/tr/Documents/arch-catalogs/isicam-sistemleri/Isicam-3+-Brosur-TR.pdf*>, erişim tarihi 11.11.2018.

[296] **Url-140** <*http://saytekno.com/en/references*>, erişim tarihi 12.11.2018.

[297] **Url-141** <*https://www.to-experts.com/en/projects/detailview-references/arch-supported-pvc-pes-roof-hangars-3-4/*>, erişim tarihi 12.11.2018.

[298] **Url-142** <*https://www.tupras.com.tr/urunler*>, erişim tarihi 12.11.2018

[299] **TSEN** (2015). *Bitüm ve bitümlü bağlayıcılar-İğne batma derinliği tayini* (TSEN 1426).

[300] **TSEN** (2015). *Bitüm ve bitümlü bağlayıcılar-Yumuşama noktası tayini-Halka ve bilye yöntemi* (TSEN 1427).

[301] **TSEN** (2015). *Bitüm ve bitümlü bağlayıcılar - Isı ve hava etkisi altında sertleşme direncinin tayini* - Bölüm 1: RTFOT yöntemi (TSEN 12607-1).

[302] **TS EN** (2017). *Bitüm ve bitümlü bağlayıcılar – Kırılma davranışının belirlenmesi* – Bölüm 2: Katyonik bitüm emülsiyonlarının ince mineral maddelerle karışma süresinin belirlenmesi (TS EN 13075-2).

[303] **TSEN** (2016). *Bitümler ve bitümlü bağlayıcılar - Katyonik bitüm emülsiyonların tanımlanması için genel esaslar* (TSEN 13398).

[304] **TSEN** (2018). *Bitüm ve bitümlü bağlayıcılar - Modifiye bitümün depolama stabilitesinin belirlenmesi* (TSEN 13399).

[305] **TSEN** (2017). *Bitüm ve bitümlü bağlayıcılar - Bitümlü bağlayıcıların çekme özelliklerinin tayini - Çekme deney metodu ile* (TSEN 13587:2017).

[306] **TSEN** (2018). *Bitümler ve bitümlü bağlayıcılar - Kuvvet uygulamalı süneklik yöntemiyle modifiye bitümün gerilme özelliklerinin belirlenmesi* (TSEN 13589).

[307] **TSEN** (2010). *Bitüm ve bitümlü bağlayıcılar-Polimer modifiye bitüm şartnameleri için genel esaslar* (TSEN 14023 : 2010).

[308] **TSEN** (2012). *Bitümler ve bitümlü bağlayıcılar - Basınçlı yaşlandırma kabı (pav) ile hızlandırılmış uzun süreli yaşlandırma işlemi* (TSEN 14769 : 2012).

[309] **TSEN** (2010). *Bitüm ve bitümlü bağlayıcılar-Yoğunluk ve özgül kütle tayini-Kapiler kapaklı piknometre yöntemi* (TSEN 15326 +A1 :2010).

[310] **TSEN** (2017). *Petrol ürünleri-Parlama ve yanma noktası tayini-Cleveland açık kap metodu* (TSEN ISO 2592 :2017).

[311] **ASTM** (2015). *Standard Test Method for Viscosity Determination of Asphalt at Elevated Temperatures Using a Rotational Viscometer* (ASTM D4402 / D4402M – 15).

[312] **Wypych, G.,** (2012). *Handbook of Polymers*. ISBN 13: 978-1895198478, ChemTec Publishing, CAN.

[313] **Url-143** <*http://www.elektropark.com.tr/Urunler/ataktik-polipropilen/ataktik-polipropilen-54/*>, erişim tarihi 12.11.2018 .

[314] **Url-144** <*http://www.ncbplastik.com/Assets/Images/polipropilen-PP.png*>, erişim tarihi 12.11.2018 .

[315] **Url-145** <*http://4.imimg.com/data4/DA/OE/MY-2275601/calprene-540-styrene-butadiene-styrene-250x250.jpg*>, erişim tarihi 17.12.2018 .

[316] **Url-146** <*http://basstechintl.com/products/styrene-butadiene-styrene-sbs/*>, erişim tarihi 17.12.2018 .

[317] **Url-147** <*www.generalpolymers.net*>, erişim tarihi 17.12.2018 .

[318**]** **ASTM** (2018). *Standard Test Methods for Rheological Properties of Non-Newtonian Materials by Rotational Viscometer* (ASTM D2196 - 18e1).

[319] **ASTM** (2014). *Standard Test Methods for Rubber From Synthetic Sources - Volatile Matter* (ASTM D5668 – 09).

[320] **ASTM** (2019). *Standard Test Method for Rubber Determination of Bound Styrene in Styrene Butadiene Rubber by Refractive Index (*ASTM D5775 – 95)

[321] **ASTM** (2015). *Standard Test Method for Rubber Property*. Durometer Hardness (ASTM D2240 - 15e1).

[322] **ASTM** (2000). *Standard Test Method for Rubber-Evaluation of Residual Unsaturation in Hydrogenated Nitrile Rubber (HNBR) by Curemeter Testing* (ASTM D5669-95).

[323] **ASTM** (2014). *Standard Test Method for Softening Point of Bitumen,* Ring-and-Ball Apparatus (ASTM D36 / D36M - 14e1).

[324] **ASTM** (2019). *Standard Test Method for Penetration of Bituminous Materials* (ASTM D5 / D5M – 19).

[325] **Url-148** <*https://www.fiberglasswarehouse.com/product/chopped-strand-mat-*1-5-oz-x-50-inch/>, erişim tarihi 17.12.2018 .

[326] **Url-149** <*https://www.okorder.com/p/composite-polyester-mat_461812.html*>, erişim tarihi 17.12.2018 .

[327] **Url-150** <*https://www.oerlikon.com/manmade-fibers/en/*>, erişim tarihi 19.12.2018 .

[328] **Url-151** <*https://www.petsabond.com/page/kurumsal/teknik-bilgiler.html*>, erişim tarihi 19.12.2018 .

[329] **DIN EN** (2018). *Flexible sheets for waterproofing - Determination of length, width and straightness. Part 1: Bitumen sheets for roof waterproofing (*DIN EN 1848-1).

[330] **TS EN** (2002). *Su yalıtımı için esnek levhalar- Kalınlık ve birim alan kütlesinin tayini- Bölüm 1: Çatı su yalıtımı için bitümlü levhalar* (TS EN 1849-1).

[331] **TS EN** (2000). *Su yalıtımı amaçlı esnek levhalar. Bölüm 1: Çatıların su yalıtımı için bitümlü levhalar- Çekme özelliklerinin tayini (*TS EN 12311-1)..

[332] **TS EN** (2014). *Esnek levhalar - Su yalıtımı için - Alt tabakaların tarifleri ve özellikleri. Bölüm 1: Sürekli olmayan çatı kaplama levhaları için alt tabaka olarak kullanılan (*TS EN 13859-1).

[333] **Url-152** <*https://tekstilsayfasi.blogspot.com/2012/11/polietilen-nedir.html*>, erişim tarihi 19.12.2018 .

[334] **Url-153** <*http://olgunplast.com.tr/images/urunlerimiz/116432.png*>, erişim tarihi 19.12.2018 .

[335] **Url-154** <*https://www.ankarametal.com.tr/urunlerimiz/aluminyum/aluminyum-cesitleri/aluminyum-rulo/*>, erişim tarihi 19.12.2018 .

[336] **Url-154** < https://www.serbametal.com/>, erişim tarihi 19.12.2018 .

[337] **EN** (2004). *Alüminyum ve alüminyum alaşımları - biçimlendirilebilen mamullerin kimyasal bileşim ve şekli* – bölüm 1 : Sayısal kısa gösteriliş sistemi **(**EN 573-1).

[338] **BS EN (**2013). *Aluminium and aluminium alloys. Chemical composition and form of wrought products*. Chemical composition and form of products (BS EN 573-3).

[339] **ASTM** (2014). *Standard Specification for Aluminum and Aluminum-Alloy Sheet and Plate (*ASTM B209 – 14)

[340] **ASTM** (2017). *Standard Test Method for Sieve Analysis of Granular Mineral Surfacing For Asphalt Roofing Products (*ASTM D451/D451M – 17).

[341] **Url-155** <*http://multimedia.3m.com/mws/media/60955O/copper-roofing-granules-wausau-11-grade-data-sheet.pdf?&fn=Wausau_11grade_ DS. pdf*>, erişim tarihi 20.03.2019.

[342] **TS EN** (2013). *Esnek levhalar - Su yalıtımı için - Çatılarda kullanılan bitümlü levhalar. Düşük sıcaklıktaki esnekliğin belirlenmesi (*TS EN 1109).

[343] **TS EN ISO** (2011). *Yapı malzemeleri - Yangın dayanımı deneyleri – Aleve doğrudan maruz kaldığında tutuşabilirlik*. Bölüm 2: Tek alev kaynağıyla deney **(**TS EN ISO 11925-2).

[344] **Paksoy, H. M.,** (2017). *İşletmelerin Satışa Sunacağı Yeni Ürünlerin Pazarda Tutunmasını Etkileyen Faktörler*. Girişimcilik İnovasyon ve Pazarlama Araştırmaları Dergisi Yıl:2017, 1(1):67-86.

[345] **Johnson, S.,** (2010). *Where Good Ideas Come from: The Natural History of Innovation*. Riverhead Books, ISBN 10: 1594487715, ISBN13: 9781594487712, USA.

[346] **Url-156** <*https://qdsinosteel.en.made-in-china.com, Shandong Sino Steel Co., Ltd.*>, erişim tarihi 20.03.2019.

[347]**Url-157** <http://plant.tradebelt.com/PUPIR_line02/PUPIR_Discontinuous_ *Freezing_ Refrigeration_ Panel.html*>, erişim tarihi 20.03.2019.

[348] **Davies, J.M.,** (2001) . *Lightweight Sandwich Construction*, London: Blackwell Science Ltd., ISBN 13: 9780632040278, USA.

[349] **Vinson J.R.,** (2005). *Sandwich Structures*: Past, Present, and Future. In: Thomsen O., Bozhevolnaya E., Lyckegaard A. (eds) Sandwich Structures 7: *Advancing with Sandwich Structures and Materials*. Springer, Dordrecht, ISBN 13: 978-1402034442, Netherlands.

[350] **Otto, K., Wood, K.,** (2001). *Product Design: Techniques in Reverse Engineering and New Product Development*. New Jersey: Prentice Hall. Pearson; 1 edition, ISBN-13: 978-0130212719, ISBN-10: 0130212717.

[351] **Thomsen, O. T., Bozhevolnaya, E., Lyckegaard, A.,** (2005). *Sandwich Structures 7: Advancing with Sandwich Structures and Materials, Proceedings of the 7th International Conference on Sandwich Structures*, Aalborg University, Aalborg, Denmark, 29-31 August 2005, Springer Netherlands, Springer Science+Business Media B.V., ISBN 13: 978-1402038488.

[352] **Url-158** <*www.teknopanel.com*>, erişim tarihi 18.06.2019.

[353] **TS EN** (2007). *Su yalıtımı için esnek levhalar - Bodrum katlarda depolama amaçlı kullanılan levhalar dahil bitümlü rutubet yalıtım levhaları* - Tanımlamalar ve özellikler (TS EN 13969 /A1).

[354] **TS EN** (2010). *Esnek levhalar - Su yalıtımı için - Beton köprü tabliyeleri ve trafiğe açık diğer beton alanlar için takviyeli bitüm levhalar* - Tarifler ve özellikler **(**TS EN 14695).

[355] **TS EN** (2008). *Su yalıtımı-Esnek levhalar-Çatılarda su yalıtımında kullanılan bitüm, plastik ve lastik levhalar- Bitki köklerinin nüfuz etmesine direncin tayini* (TS EN13948).

[356] **Url-158** <*http://www.euroline-italia.com/products/bituminous-membrane-production-line/*>, erişim tarihi 18.06.2019.

[357] **Url-159** <*http://www.erregross.com/areariservata/listini/Gutta/Listino%20 Gutta %202017.pdf*>,erişim tarihi 18.06.2019.

[358] **Url-160** <*https://www.copernit-metallo.it/en/products/metalbit*>, erişim tarihi 18.05.2019.

[359] **DIN EN** (2014). *Roofing and cladding products from metal sheet. Specification for self-supporting of steel, aluminium or stainless steel sheet* - Part 1: Steel (DIN EN 508-1).

[360] **EN** (2015). *Continuously hot-dip coated steel flat products for cold Forming. Technical delivery conditions* **(**EN 10346).

[361] **UNI EN** (2006). *Continuously hot-dip coated steel sheet and strip – Tolerances on dimensions and shape* (UNI EN 10143).

[362] **UNI EN** (2012). *Continuously organic coated (coil coated) steel flat products. Technical delivery conditions* (UNI EN 10169:2011+A1).

[363] **UNI EN** (2016). *Continuously hot-dip aluminium-zinc (AZ) coated steel strip and sheet. Technical delivery conditions* **(**UNI EN 10215).

[364] **Url-161** <*https://ondulit.com/profiles.html*>, erişim tarihi 20.05.2019.

[365] **Url-162** <*https://www.isolparma.it/lavorazione-preciso.html*>, erişim tarihi 20.05.2019.

[366] **Kubal, M. T.,** 2008, Construction Waterproofing Handbook: Second Edition Mc Graw -Hill Education, ISBN-10: 0071489738, ISBN-13: 978-0071489737, USA.

[367] **Url-163** <*https://www.shethinsulations.com/waterproofing-materials-tar-*felts.html >, erişim tarihi 20.05.2019.

[368] **Url-164** <*http://www.fluelerpolymer.ch/english/services/index.htm*>, erişim tarihi 20.05.2019.

[369] **Url-165** <*https://www.pse.de/test-equipment*>, erişim tarihi 20.05.2019.

[370] **Koontz, J. D., Hutchinson, T. W.** (2009). *Hail impact testing of EPDM roofs Assemblies.* RCI 24th International Convention & Trade Show March 12 - 17, 2009 Dallas, Texas.

[371] **ASTM** (2015). *Standard Test Method for Impact Resistance of Bituminous Roofing System* (ASTM D3746/D3476M).

[372] **FM 4470.** (2016). *Single-ply, polymer-modified bitumen sheet, built-up roof (bur) and liquid applied roof assemblies for use in class 1 and noncombustible roof deck construction*.

[373] **Marshall, T. P., Herzog, R. F., Morrison, S. J. and Smith, S. R.,** (2002). *Hail Damage Threshold Sizes for Common Roofing Materials.* Haag Engineering Co. Dallas, Texas.

[374] **Ruuska, A.** (2013). *Carbon footprint for building products*. Table: 9-10, s:24, VTT Technical Research Centre of Finland.

ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Atila Gürses

Doğum Tarihi ve Yeri : 21.07.1955 / Çankırı

E-posta : atila.gurses@onduline.com.tr

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 1980, İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi
- **Yükseklisans** : 1982, İstanbul Teknik Üniversitesi-Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Yapım Sistemleri Programı,

MESLEKİ DENEYİM:

- 1978-1979 İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi eski Dekanlarından Prof. Dr. Mukbil Gökdoğan Ofisinde, Yapı ve Kredi Bankası Gn. Md.'lük binası projesinde çalıştı.
- 1979-1980 İstanbul Teknik Üniversitesi Döner Sermaye İşletmelerinde, Prof. Dr. Doğan Kuban ve Prof. Dr. Metin Sözen'in yürütücülüğündeki Safranbolu Koruma İmar Planı projesinde çalıştı.
- 1980-1981 İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi, Fiziksel Çevre Kontrolu Kürsüsünde, Prof. Lütfi Zeren yürütücülüğündeki Enerji Tasarrufuna Dayalı Bir Yerleşme Modelinin Fiziksel Planlaması projesinde çalıştı.
- 1982 İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Yapım Sistemleri Programında, Prof. Dr. Yıldız Sey yürütücülüğünde,<<Betonarme Büyük Boyutlu Prefabrike Elemanlarla Konut Üretimi>> başlıklı tezini tamamladı.
- 1985 Bulgarian Academy Of Science (BAS) yöneticisi Prof. H. Grechelniyev'in daveti ile Bulgaristan'a gitti ve Bulgaristan'da geliştirilen Lift Slab Sistemi ile ilgili incelemeler yaptı.
- 1989 İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi tarafından gerçekleştirilen 1.Ulusal Beton Kongresinde, yürütme kurulu üyeliği yaptı.

- 1982-1994 Özel sektörde proje ve şantiye çalışmaları yaptı. İhtisas konusu olan prefabrike ürün tasarımı ve uygulamaları gerçekleştirdi.
- 1994-……Türkiye'de çatı kaplama malzemeleri ve su yalıtım malzemeleri üreten yabancı sermayeli bir firmada Teknik Koordinatörlük yaptı ve halen aynı firmada Proje Müdürü olarak görev yapmaktadır.
- 1994 yılından bugüne kadar, üniversitelerde, belediyelerde, bakanlıklarda ve meslek odalarında, çatı sistemleri ve temel yalıtımları konularında, sunumlu ve uygulamalı olarak 500'ün üzerinde seminer verdi.
- 1994-2015 Çalıştığı firmanın Türkiye'de ve yurt dışında katıldığı tüm yapı fuarlarındaki standlarının tasarımlarını ve uygulamalarını yaptı.
- 1997 Sapanca'da, mimar, inşaat mühendisi ve uygulamacı ustalara, Türkiye'de ilk defa şingıl uygulama eğitimi verdi.
- 2003 Sapanca'da, mimar, inşaat mühendisi ve uygulamacı ustalara, Türkiye'de ilk defa bitkilendirilmiş çatı sistemleri uygulama eğitimi verdi.
- 2000-2005 Çalıştığı firma için, Kafkas ülkeleri, İran, Pakistan ve tüm Orta Asya ülkelerinde, çatı sektörü hakkında incelemelerde bulundu ve raporlar hazırladı.
- 2004-2016 Çatıder tarafından düzenlenen ÇATI ve CEPHE Sempozyumlarında, Sempozyum Yürütme Kurulu üyeliği ve Bilimsel ve Teknik Kurul Üyeliği yaptı.
- 2018 Çatıder tarafından düzenlenen ÇATI ve CEPHE Konferanslarında, Sempozyum Yürütme Kurulu üyeliği ve Bilimsel ve Teknik Kurul Üyeliği yaptı.
- 2000 yılından itibaren sektörel dernekler ÇATIDER, BİTUDER, İZODER ve İMSAD'da teknik komisyonlarında çalıştı. İZODER'de, Isı, su, ses ve yangın yönetmeliklerinin hazırlanmasında, ÇATIDER'de Ulusal Mesleki Yeterliliklerin hazırlanması çalışmalarında aktif olarak faaliyette bulundu.
- 2010-2012 yılları arasında ÇATIDER yönetim kurulu başkanlığı yaptı.
- 2102-2014 İMSAD'da Yönetim Kurulu Üyeliği yaptı.
- 1997-…… Çalıştığı firma için, Orta Asya, Kafkaslar, İran, Pakistan, Orta Doğu ve Afrika ülkelerinde çatı sektörü hakkında incelemelerde bulundu ve raporlar hazırladı.
- 1994 yılından bugüne kadar, Fransa-Paris'te 2 yılda bir düzenlenen BATIMAT fuarlarının, Almanya-Münih'te 2 yılda bir düzenlenen BAU fuarlarının ve yine Almanya'nın çeşitli şehirlerinde düzenlenen DACH UND WAND (2016'da Stutgart'ta DACH UND HOLZ adı ile düzenlenen) fuarlarının birçoğunu, çalıştığı firma adına incelemelerde bulunmak üzere ziyaret etti.
- 2017 yılında İzmit BAHÇECİK Yapı Meslek Lisesinde, 2018 yılında ISOV Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesinde ilk defa çatıcılık sınıfı açılmasını sağladı.
- 2004'ten bugüne kadar Çatıder tarafından 2 yılda bir hazırlanan Sektör Büyüklüğü Raporu çalışmaları komisyonunda yer aldı.
- Çatıder tarafından 2018 ve 2019 yıllarında düzenlenen Çatı Ustaları Yarışması organizasyon komitesinde yer aldı.

DOKTORA TEZİNDEN TÜRETİLEN YAYINLAR:

- **Gürses A., Arıoğlu N.** 2019. *Türkiye'de İnovatif Bir Çatı Kaplama Malzemesi Geliştirilmesi Süreci Önerisi*, Beykent Üniversitesi Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt 11, Sayı 2, 2s.-18s., İstanbul, Türkiye.

DİĞER YAYINLAR:

- **Gürses A., Sevsay E.** 1987, *Türkiye'de Toplu Konut Üretiminde Yeni Teknoloji Kullanımı*, Türkiye İnşaat Mühendisliği 9. Teknik Kongresi, Cilt 1, 627s.-640s., Ankara, Türkiye.
- **Gürses A., Sevsay E.** 1988, *Şişirme Betonarme Kabuk Sistemler*, Yapı Endüstri Merkezi, Yeni Teknolojiler Seminerleri, 26s.-34s., İstanbul, Türkiye.
- **Gürses A.** 2006, *Yeşil Çatılar*, Mimarlıkta Malzeme Ağustos 2006/2, 29s.-38s., İstanbul, Türkiye.
- **Gürses A.** 2011, *Çatı Sektörünün Değerlendirilmesi*, Çatı ve Cephe Dergisi, Mayıs-Haziran 2011/32, 33s.-35s., B2B Medya, İstanbul, Türkiye.
- **Gürses A.** 2011, *6. Çatı Cephe Sempozyumu ve Çalıştayı*, Çatı ve Cephe Dergisi, Temmuz-Ağustos 2011/33, 32s.-33s., B2B Medya, İstanbul, Türkiye.
- **Gürses A.** 2011, *6. Çatı Cephe Sempozyumu ve Çalıştayı*, Çatı ve Cephe Dergisi, Eylül-Ekim 2011/34, 33s.-35s., B2B Medya, İstanbul, Türkiye.
- **Gürses A.** 2011, *Deprem ve Çatılar*, Çatı ve Cephe Dergisi, Kasım-Aralık 2011/35, 35s.-36s., B2B Medya, İstanbul, Türkiye.
- **Gürses A.** 2012, *Çatı Ustalığı ve Arkeolojik Alanda Çatı*, Çatı ve Cephe Dergisi, Ocak-Şubat 2012/36, 38s.-41s., B2B Medya, İstanbul, Türkiye.
- **Gürses A.** 2012, *Çatı Sektörün Değerlendirmesi ve Sertifikasyon Eğitimleri*, Çatı ve Cephe Dergisi, Mart-Nisan 2012/37, 36s.-37s., B2B Medya, İstanbul, Türkiye.
- **Gürses A.** 2012, *6. Çatı Cephe Sempozyumu ve Çatılar Çalıştayı Gerçekleştirildi*, Çatı ve Cephe Dergisi, Mayıs-Haziran 2012/38, 37s.-39s., B2B Medya, İstanbul, Türkiye.
- **Gürses A.** 2012, *Çatı Altlarının Kullanıma Açılması ve Yeni Yangın Yönetmeliği*, Çatı ve Cephe Dergisi, Temmuz Ağustos 2012/39, 40s.-43s., B2B Medya, İstanbul, Türkiye.
- **Gürses A.** 2012, *Çatı Kaplama Malzemeleri 2011 Yılı Sektör Büyüklüğü Araştırması*, Çatı ve Cephe Dergisi, Eylül-Ekim 2012/40, 43s.-46s., B2B Medya, İstanbul, Türkiye.
- **Gürses A.** 2012, *Çatı Sektörü Değerlendirmesi*, Çatı ve Cephe Dergisi, Kasım-Aralık 2012/41, 46s.-47s., B2B Medya, İstanbul, Türkiye.
- **Gürses A.** 2013, *Yeşil Çatı Sistemleri, Çatıder'in 10. Yılı ve Çatı Sistemleri Uygulama Eğitimleri ve Çalıştayları*, Çatı ve Cephe Dergisi, Ocak-Şubat 2013/42, 30s.-34s., B2B Medya, İstanbul, Türkiye.
- **Gürses A.** 2019, *Yeşil Çatı Detay Çözümleri*, Poliüretan Dergisi Ağustos-Eylül-Ekim 2019/2, 69s.-72s., İstanbul, Türkiye.