



HAZIR BETONUN SİPARİŞİ REHBERİ

2025



TÜRKİYE HAZIR BETON BİRLİĞİ

HAZIR BETONUN SİPARİŞİ REHBERİ

İLETİŞİM BİLGİLERİ

Rüzgârlıbahçe Mah. Özalp Sok. No.:2 Plaza K Kat: 3

Beykoz / İSTANBUL

Tel: +90 216 322 96 70 / Faks: +90 216 413 61 80

www.thbb.org / info@thbb.org



TEMMUZ 2025

Türkiye Hazır Beton Birliği (THBB) yayınıdır.

Tüm yayın hakkı THBB'ye aittir.

Kaynak gösterilerek alıntı yapılabilir.

İzinsiz çoğaltılamaz ve basılamaz.

İÇİNDEKİLER

1. Giriş	1
2. Hazır Beton Siparişinin Planlanması	1
2.1. Proje İhtiyaçlarının Doğru Tanımlanması	2
2.2. Siparişte Belirtilmesi Zorunlu Temel Bilgiler	3
2.3. Özel Performans Kriterleri ve Ek Taleplerin Belirtilmesi	4
3. Hazır Betonun Siparişi	6
3.1. Basınç Dayanımı Sınıfı	7
3.2. Kıvam Sınıfı	10
3.3. Çevresel Etki Sınıfları	12
3.4. Klorür Sınıfı	17
3.5. Ağırlık Sınıfı	17
3.6. Agrega En Büyük Tane Büyüklüğünün (D_{maks}) Sınırlandırılması	18
3.7. Karbondioksit (CO_2) emisyonlarına ilişkin sınıflar	18
3.8. Beton ile İlgili Diğer Özellikler	19
4. Betonun Şantiyeye Teslimi, Kabulü ve Uygulama Esasları	21
5. Kaliteli Beton İçin Pratik Öneriler ve Sık Karşılaşılan Sorunlar	23
5.1. Sipariş ve Uygulamada Sık Yapılan Hatalar ve Çözüm Önerileri	23
5.2. Anormal Hava Koşullarında (Sıcak/Soğuk) Beton Dökümünde Dikkat Edilecekler ...	26
5.2.1. Soğuk Havada Beton Dökümü	26
5.2.2. Sıcak Havada Beton Dökümü	27
5.3. Üretici Seçimi ve Kalite Güvencesi	28
6. Farklı Yapı Tipleri ve Özel Projeler İçin Beton Siparişi	29
6.1. Konut Yapıları	29
6.2. Köprüler ve Ulaşım Yapıları	30
6.3. Endüstriyel Tesisler ve Özel Mühendislik Yapıları	31
6.4. Zorlu Çevre Koşullarına Maruz Kalacak Betonlar	33
Beton Siparişinde ve Saha Uygulamasında Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar	36

1. Giriş

Bu rehber, Türkiye'deki inşaat profesyonellerinin, hazır beton siparişlerini, teslim alma süreçlerini ve kabul işlemlerini TS EN 206 "Beton - Özellik, performans, imalat ve uygunluk" Standardı ve bu standardın tamamlayıcısı olan TS 13515 kapsamında tam uyumlu, bilinçli ve etkin bir şekilde gerçekleştirmelerine yardımcı olmak amacıyla hazırlanmıştır.

Beton, yapıların temel taşıyıcı malzemesi olup, kalitesi ve performansı doğrudan yapının güvenliği, servis ömrü ve toplam maliyeti üzerinde belirleyici bir rol oynamaktadır. Dolayısıyla, standartlara hakimiyet ve doğru sipariş pratikleri, bu kritik unsurların güvence altına alınmasında hayati öneme sahiptir. Bu rehber, söz konusu standartların karmaşık gibi görünen hükümlerini, günlük şantiye uygulamalarına yönelik pratik bilgilerle birleştirerek, kullanıcıların doğru kararlar almasını kolaylaştırmayı ve betonla ilgili süreçlerde başarıya ulaşmalarına katkıda bulunmayı hedeflemektedir.

Rehberin kapsamı, betonun temel özelliklerinin ve ilgili standart tanımlarının anlaşılmasından başlayarak, proje ihtiyaçlarına uygun betonun nasıl tarif edileceği, sipariş formunda hangi bilgilerin bulunması gerektiği, betonun şantiyeye teslimi sırasında yapılacak kontroller, taze ve sertleşmiş betondan numune alma ve deney yöntemleri, uygunluk değerlendirme kriterleri ve sıkça karşılaşılan sorunlar ile bunların çözüm yollarına kadar uzanan geniş bir yelpazeyi içermektedir. Ayrıca, farklı yapı tipleri ve özel proje gereksinimleri için beton seçiminde dikkat edilmesi gereken hususlara da değinilmektedir.

2. Hazır Beton Siparişinin Planlanması

Hazır beton sipariş süreci, projenin başarısı için kritik bir aşamadır. Bu aşamada yapılacak doğru planlama ve eksiksiz bilgilendirme, istenen kalitede betonun temin edilmesini, şantiyede yaşanabilecek sorunların en aza indirilmesini ve sonuç olarak yapının performans ve dayanıklılık hedeflerine ulaşmasını sağlar.

Hazır beton siparişi genelde müşterilerin şantiye yetkilileri tarafından hazır beton üreticisinin sevkiyat sorumlularına telefon ile birkaç gün önceden aranarak yapılmaktadır. Bazı durumlarda e-mail ve mobil uygulamalar gibi kanallar üzerinden de talepte bulunulabilmektedir. Müşterinin talep ettiği dayanım sınıfı ve hacimdeki ürün, sevkiyat sorumlularına iletildikten sonra sevkiyat programı oluşturulmaktadır. Bir şantiyede yaşanabilecek aksaklıklar gün içinde programı olan diğer şantiyelere de zincirleme olarak tesir edebilmektedir. Bu aksaklıklar şantiye ve müşteri kaynaklı olabildiği gibi (döküm alanının giriş-çıkışları, manevra alanının yetersizliği, pompa kurulacak alandaki uygunsuzluklar, imalatı yapılacak yapı elemanının hazır olmaması, yapı denetimin kontrolü/onay vermemesi ve yapı laboratuvarının hazır bulunmaması) trafik durumu, anlık hava durumu değişimi, ekipman arızaları vb. sebeplerle de gerçekleşebilmektedir. Bu nedenle özellikle aşağıda belirtilen hususlara azami dikkat gösterilmelidir.

- Şantiye yetkililerinin ve yapı denetim firmalarının sahada gerekli tüm kontrolleri yaptıktan sonra şantiyede bulunması gereken iş paydaşlarını organize etmesi ve sorumlu oldukları alanda bulunmalarını sağlaması gerekmektedir.
- Siparişlerin mümkün olan en erken sürede, düzenli ve doğru metrajda verilmesi önem arz etmektedir.
- Olası iletişim problemlerinde farklı özellikte beton siparişi açılması durumları yaşanabilmektedir. Bu nedenle siparişlerin yazılı olarak bildirilmesi karışıklıkların önüne geçebilecektir.
- Çeşitli nedenlerle iptal edilen siparişler mümkün olduğunca erken bir şekilde müşteri/şantiye yetkilisi tarafından hazır beton üreticisinin sipariş sevk sorumlusuna iletilmelidir.
- Döküm alanında kullanılacak pompanın bom uzunluğu ve döküm hızı için mutabık kalınmalıdır.

2.1. Proje İhtiyaçlarının Doğru Tanımlanması

Hazır beton siparişinin ilk ve en önemli adımı, projenin ve beton dökülecek yapı elemanının özel ihtiyaçlarının eksiksiz ve doğru bir şekilde tanımlanmasıdır. Bu tanımlama, sadece betonun basınç dayanım sınıfını belirlemekten çok daha fazlasını içerir. Yapılacak hatalı veya eksik bir ihtiyaç analizi, tüm sipariş sürecinin en başından yanlış yönleneşine ve sonuçta projeye uygun olmayan bir betonun kullanılmasına yol açabilir. Bu durum, yapının servis ömrünü kısaltabileceği gibi, ciddi güvenlik riskleri ve beklenmedik onarım maliyetleri de doğurabilir.

Proje ihtiyaçlarının tanımlanmasında dikkate alınması gereken temel unsurlar şunlardır:

- **Yapısal Tasarım Gereksinimleri:** Proje müellifi tarafından hazırlanan statik projede belirtilen beton basınç dayanım sınıfı (f_{ck}), betonun elastisite modülü (özellikle büyük açıklıklı veya yüksek yapılarda sehim kontrolü için önemli olabilir) ve diğer mekanik özellikler temel alınmalıdır.
- **Yapının Maruz Kalacağı Çevresel Etkilerin Analizi:** Betonun hizmet ömrü boyunca karşılaşacağı çevresel koşullar detaylı bir şekilde analiz edilmelidir. Bu analizde;
 - **Zemin Etüt Raporu:** Zeminin kimyasal yapısı (sülfat, klorür içeriği vb.), yeraltı suyu seviyesi ve agresifliği gibi bilgiler, özellikle temel betonları için kritik öneme sahiptir.
 - **İklim Koşulları:** Yapının bulunduğu bölgenin iklimsel özellikleri (ortalama sıcaklık, donma-çözülme döngüsü sayısı, nem oranı, yağış miktarı) XF (donma-çözülme) ve XC (karbonatlaşma) gibi etki sınıflarının belirlenmesinde rol oynar.
 - **Kimyasal Maruziyet:** Yapının kullanım amacı (örneğin, endüstriyel tesis, otopark, arıtma tesisi) veya konumu (örneğin, deniz kenarı, sanayi bölgesi yanı) nedeniyle maruz kalabileceği özel kimyasal etkiler (asitler, bazlar, tuzlar vb.) dikkate alınmalı ve ilgili XD, XS veya XA sınıfları belirlenmelidir.

- **Yapı Elemanının Özellikleri:** Betonun döküleceği yapı elemanının geometrisi, boyutları ve donatı detayları, betonun taze hâldeki özelliklerini doğrudan etkiler.
 - **En Büyük Agrega Tane Büyüklüğü (D_{maks}):** D_{maks} seçimi, betonun kalıp içerisinde homojen bir şekilde ayrılmadan yerleşmesi için kritik bir parametredir. Standartlarda belirtilen kurallara uyulmaması, agreganın donatı aralarından geçememesine, betonun yerleşememesine ve boşlukların oluşmasına neden olabilir.
 - **Kıvam Sınıfı:** Yapı elemanının şekli (karmaşık veya basit), donatı sıklığı (sık veya seyrek), döküm yüksekliği ve kullanılacak sıkıştırma yöntemi (vibratör tipi ve kapasitesi) gibi faktörler, uygun kıvam sınıfının seçilmesinde belirleyicidir.
- **Uygulama Koşulları:** Şantiyedeki mevcut imkânlar ve planlanan uygulama yöntemleri de beton siparişini etkiler.
 - **Döküm Yöntemi:** Betonun pompa ile mi, kova ile mi yoksa doğrudan transmikser olduğundan mı döküleceği, kıvam ve D_{maks} seçimini etkileyebilir. Örneğin, uzun mesafelere pompalanacak betonlar için daha akışkan bir kıvam ve pompanın tıkanmaması için uygun bir D_{maks} gerekebilir.
 - **Şantiye Erişimi ve Çalışma Alanı:** Transmikser ve pompa araçlarının şantiyeye rahatça girip manevra yapabilmesi, döküm hızını ve planlamasını etkiler.
 - **Kür İmkânları:** Şantiyede mevcut olan kür yöntemleri ve imkânları (su kaynağı, örtü malzemeleri, kür bileşikler vb.), özellikle sıcak veya rüzgârlı hava koşullarında betonun kalitesi için önemlidir.

Bu detaylı analiz sonucunda elde edilen bilgiler, siparişin ikinci adımı olan "belirtilmesi zorunlu temel bilgiler" ve "özel performans kriterleri" için temel girdiyi oluşturur. Unutulmamalıdır ki, proje ihtiyaçlarının eksik veya yanlış tanımlanması durumunda, en kaliteli üreticiden temin edilen beton bile projede beklenen performansı gösteremeyebilir. Bu nedenle, bu aşamaya gereken özen ve zaman ayrılmalıdır.

2.2. Siparişte Belirtilmesi Zorunlu Temel Bilgiler

Proje ihtiyaçları doğru bir şekilde tanımlandıktan sonra, bu ihtiyaçları karşılayacak betonun özelliklerinin hazır beton üreticisine net ve eksiksiz bir şekilde iletilmesi gerekir. TS EN 206 ve TS 13515 standartları, "tasarlanmış beton" (kullanıcı tarafından özellikleri belirtilen ve üreticinin bu özelliklere göre karışım tasarımını yaptığı beton) siparişinde kullanıcı tarafından sağlanması gereken temel bilgileri tanımlar. Bu bilgilerin doğru ve eksiksiz olarak verilmesi, istenen performansta betonun üretilmesi için kritik öneme sahiptir ve bu sorumluluk öncelikle siparişi veren kullanıcıya aittir. Eksik veya hatalı bilgi, üreticinin yanlış varsayımlar yapmasına veya standart dışı bir ürün teslim etmesine yol açabilir, bu da yapının kalitesini ve güvenliğini riske atar.

Tablo 1’de, hazır beton siparişinde kullanıcı tarafından üreticiye mutlaka verilmesi gereken temel bilgiler özetlenmiştir. Bu bilgiler, betonun performansını tanımlayan anahtar parametrelerdir ve her biri, betonun nihai kalitesi üzerinde doğrudan etkiye sahiptir.

Tablo 1. Hazır beton siparişinde kullanıcı tarafından sağlanması gereken temel bilgiler

Sipariş Bilgisi	Açıklama/Örnek	İlgili Standart Maddesi
Basınç Dayanım Sınıfı	Örn: C30/37, C25/30	TS EN 206 Madde 4.3.1, TS 13515 Madde 4.3.1
Çevresel Etki Sınıfı/Sınıfları	Örn: XC2, XF1, XS1+XA2	TS EN 206 Madde 4.1, Çizelge 1 & 2, TS 13515 Madde 4.1, Ek F
En Büyük Agrega Tane Büyüklüğü (D_{maks})	Örn: 22,4 mm, 16 mm	TS EN 206 Madde 4.2.2, TS 13515 Madde 4.2.2
Kıvam Sınıfı veya Hedef Değer	Örn: S4 (Çökme Sınıfı), veya Hedef Çökme: 180 mm	TS EN 206 Madde 4.2.1, TS 13515 Madde 4.2.1
Klorür İçeriği Sınıfı	Örn: Cl 0,20 veya Cl 0,40	TS EN 206 Madde 4.1.3, TS 13515 Madde 4.1.3, Çizelge F.1.1
Yoğunluk Hedefi veya Sınıfı	(Sadece hafif veya ağır beton için) Örn: Hafif beton için D1,8 (1800 kg/m ³ hedef), Ağır beton için hedef yoğunluk değeri.	TS EN 206 Madde 4.3.2, 4.3.3, TS 13515 Madde 4.3.2, 4.3.3

2.3. Özel Performans Kriterleri ve Ek Taleplerin Belirtilmesi

Standart beton özelliklerinin yanı sıra, bazı projeler veya yapı elemanları, özel performans kriterleri veya ek talepler gerektirebilir. Bu tür özel ihtiyaçların sipariş aşamasında net bir şekilde belirtilmesi, betonun projenin tüm gereksinimlerini karşılamasını sağlar ve sonradan yaşanabilecek uygunsuzlukların veya performans kayıplarının önüne geçer. Üreticinin bu özel talepleri karşılama kapasitesi ve deneyimi de sipariş öncesinde sorgulanmalıdır.

Siparişte belirtilebilecek bazı özel performans kriterleri ve ek talepler şunlardır:

- **Çimentonun Özel Tipleri veya Sınıfları:**
 - **Sülfata Dayanıklı Çimento (SDÇ):** Sülfatlı zemin veya yeraltı suyu etkisine maruz kalacak yapılar (XA etki sınıfları) için gereklidir. Bununla birlikte, sülfata dayanıklı beton tasarımı için sülfata dayanıklı çimento kullanımının bir zorunluluk olmadığı, TS 13515 Standardında farklı sülfat şiddeti koşullarına yönelik alternatif çözümler

(mineral katkı kullanımı veya farklı çimento cinsleri gibi) sunulduğu unutulmamalıdır.

- **Düşük Hidratasyon Isılı Çimento:** Kütle betonlarında (kalın temeller, barajlar vb.) hidratasyon ısını ve buna bağlı termal çatlak riskini azaltmak için kullanılır.
- **Beyaz Çimento:** Mimari veya estetik amaçlı betonlarda renkli yüzeyler elde etmek için tercih edilebilir.
- **Yeşil Çimento:** CEM I-Portland çimentosu haricinde TS EN 197-1, TS EN 197-5 veya TS EN 197-6'da yer alan ve/veya içeriğinde %80'den daha az klinker ve %20'den daha fazla mineral katkı ve alçı içeren ve ilave edilen mineral katkılara (kalker, silis dumanı, uçucu kül, puzolan ve benzeri) göre kendi içerisinde farklı gruplara ayrılan (CEM II, CEM III, CEM IV, CEM V, CEM VI ve benzeri) çimentolar. Diğer bir tanımla inşaat sektöründe sürdürülebilirlik açısından öne çıkan, çimento üretiminde karbon ayak izini en aza indiren çevre dostu bir malzeme çeşididir.
- **Agrega'nın Özel Tipleri veya Sınıfları:**
 - **Görünür Agregalı Beton:** Yüzeyde agregaların görünür olması istenen mimari uygulamalar için özel boyut, şekil ve renkte agregalar talep edilebilir.
 - **Hafif veya Ağır Agregalı Beton:** Hafif veya ağır beton üretimi için özel agregalar (pomza, genişletilmiş kil, barit, hematit vb.) kullanılır.
- **Donma-Çözülme Dayanımı İçin Özel Gereklilikler:** XF etki sınıflarına maruz kalacak betonlar için, standartta belirtilen S/Ç oranı ve dayanım sınıfının yanı sıra, genellikle hava sürükleyici kimyasal katkı kullanılarak betonda kontrollü hava boşlukları oluşturulması talep edilir. Hava sürükleyici katkının tipi ve miktarı konusunda üretici ile mutabık kalınabilir.
- **Taze Beton Sıcaklığı ile İlgili Özel Şartlar:**
 - **Kütle Betonları:** Hidratasyon ısının kontrolü amacıyla, döküm anındaki maksimum taze beton sıcaklığı ve/veya betonun iç ve dış yüzeyleri arasındaki maksimum sıcaklık farkı için limitler belirtilebilir.
 - **Sıcak/Soğuk Hava Koşulları:** Beklenen ekstrem hava koşullarına göre taze beton sıcaklığı için özel sınırlar talep edilebilir.
- **Hidratasyon Isısı ile İlgili Sınırlamalar:** Özellikle kütle betonlarında, bağlayıcı malzemelerin hidratasyon ısının belirli bir değeri (örn: 7 günde en fazla X cal/g) aşmaması istenebilir. Bu, genellikle düşük hidratasyon ısı çimento ve/veya mineral katkı kullanımı ile sağlanır.
- **Sertleşmenin Geciktirilmesi veya Hızlandırılması:**
 - **Priz Geciktirici Katkı:** Sıcak hava koşullarında, uzun taşıma mesafelerinde veya geniş alanlı dökümlerde soğuk derz oluşumunu engellemek ve işlenebilirliği korumak için talep edilebilir.

- **Priz Hızlandırıcı Katkı:** Soğuk hava koşullarında dayanım kazanımını hızlandırmak ve kalıp sökme süresini kısaltmak için kullanılabilir.
- **Su İşlemesine Karşı Direnç (Su Geçirimsizlik):** Su depoları, bodrum katları, tüneller gibi su sızdırmazlığının önemli olduğu yapılar için özel kriterler (örn: TS EN 12390-8'e göre maksimum su işleme derinliği X mm) veya geçirimsizlik sağlayıcı mineral/kimyasal katkı talebi belirtilebilir.
- **Aşınma Dayanıklılığı:** Endüstriyel zeminler, otoparklar, yollar gibi mekanik aşınmaya maruz kalacak yüzeyler için (XM etki sınıfları) yüksek aşınma dayanımına sahip beton veya yüzey sertleştirici uygulaması talep edilebilir.
- **Yarmada Çekme Dayanımı:** Betonun çekme dayanımının kritik olduğu bazı özel tasarımlarda (örn: donatısız saha betonları, bazı prefabrik elemanlar) yarmada çekme dayanımı için bir minimum değer belirtilebilir.
- **Lifli Beton Talebi:** Betonun çekme performansını, enerji yutma kapasitesini ve çatlak kontrolünü iyileştirmek amacıyla sentetik, çelik, cam veya bazalt gibi liflerin belirli bir tip ve miktarda (örn: 1 kg/m³ polipropilen lif, 30 kg/m³ çelik lif) betona eklenmesi talep edilebilir. Lif tipi ve miktarı, beklenen performansa göre seçilmelidir.
- **Erken Yaş Dayanımı Talebi:** Kalıp sökme süresini kısaltmak, inşaat hızını artırmak veya erken yükleme yapmak amacıyla betonun belirli bir erken yaşta (örn: 1, 3 veya 7 günde) hedeflenen bir minimum dayanıma ulaşması istenebilir. Bu, genellikle özel çimento tipleri, kimyasal katkılar veya kür yöntemleri ile sağlanır.
- **Özel Taşıma veya Yerleştirme Yöntemleri:** Şantiye koşulları veya proje gereksinimleri nedeniyle özel taşıma (örn: küçük transmikserler, damperli kamyon) veya yerleştirme yöntemleri (örn: kendiliğinden yerleşen beton, su altı beton dökümü) gerekliyse, bu durum siparişte açıkça belirtilmeli ve üretici ile detayları görüşülmelidir.

Bu özel taleplerin siparişte net bir şekilde ifade edilmesi, üreticinin doğru malzemeleri seçmesini, uygun karışım tasarımını yapmasını ve gerekli kalite kontrol önlemlerini almasını sağlar. Böylece, betonun projenin tüm özel performans beklentilerini karşılaması güvence altına alınmış olur.

3. Hazır Betonun Siparişi

Ülkemizde binaların yaklaşık %95'i betonarme olarak inşa edilmekte ve bu yapılarda hazır beton kullanılmaktadır. Hazır beton ve demir, betonarme yapılarda taşıyıcı sistemi oluşturan en önemli malzemelerdir. Özellikle hazır beton, inşaat demirine oranla daha fazla dikkat ve önem gerektiren bir malzemedir. Bunun en önemli nedeni hazır betonun demir gibi bitmiş bir ürün olmamasıdır. Betondan beklenen performans; şantiyedeki uygulamalardan, çevresel koşullardan ve işçilikten de etkilenmektedir. Bu nedenle hazır betonun siparişinde hem üreticinin hem de kullanıcının dikkat etmesi gereken birçok önemli husus vardır. Bir yarı ürün olan hazır beton, kullanıcının uygulamaları sonrasında bir son ürün hâline dönüşmektedir.

Başarılı uygulamaların üretici ve kullanıcının doğru iş birliği ile hayata geçebileceği asla unutulmamalıdır.

Hazır betonu tüm yapı malzemelerinden farklı kılan başlıca özellik, hedeflenen performansa teslim anında yani şantiyedeki uygulama noktasında tam olarak sahip olmamasıdır. Bir bakıma hazır beton, nihai bir ürün olarak müşteriye teslim edilemez. Bunun ana nedeni betonun performansının ancak 28 günlük bir süreç sonunda basınç dayanım deneyi ile tespit edilebilmesidir. Müşteriye teslim edilene kadar tamamen üretici sorumluluğunda olan ürün, tesliminden sonra artık ortak bir sorumluluk altındadır. Şantiyede dökülen betonun yerleştirilmesi, sıkıştırılması, bakımı ve kuru gibi önemli uygulamalar kullanıcının sorumluluğundadır. Bu nedenle kullanıcılar standart kapsamında taze ve sertleşmiş beton özelliklerine hâkim olup sipariş sürecini buna göre yönetmeli ve ürünü bu şekilde kontrol etmelidir.

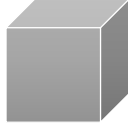
Hazır betonun bir yapının proje aşamasındaki en önemli parametreleri basınç dayanım sınıfı ve çevresel etki sınıfıdır. Tabii ki büyük çaplı projelerde dürabilite ve diğer mekanik özellikler de tasarlanan parametreler olmaktadır. Hazır betonun proje aşamasında teorik özellikleri (dayanım, çevresel etki sınıfı, klorür sınıfı vb.) uygulama esnasında ise pratik özellikleri (kıvam, yayılma, sıcaklık vb.) öne çıkmaktadır.

TS EN 206 ve bu standardı tamamlayıcı nitelikteki TS 13515 Standartlarında betonun sınıfları ve ürün irsaliyesinde yer alması gereken hususlar belirtilmiştir.

3.1. Basınç Dayanımı Sınıfı

Dayanım, betonun mekanik özelliklerinin en temel göstergesidir. Betonun basınç dayanımı, genel olarak silindir (150x300 mm veya 100x200 mm) veya küp (150x150x150 mm) numuneler üzerinden 28 gün sonunda ölçülmektedir. Projede yapısal tasarım hesaplarında kullanılan karakteristik basınç dayanım sınıfı, siparişte mutlaka doğru bir şekilde belirtilmelidir. Tablo 2’de beton dayanım sınıfı kodlaması açıklanmaktadır. Kodlamadaki ilk sayısal değer (örnekteki 30) betonun 15cmx30cm’lik silindir numuneye göre karakteristik basınç dayanımını, ikinci sayısal değer ise (örnekteki 37) betonun 15 cm’lik küp numuneye göre karakteristik basınç dayanımını ifade eder.

Tablo 2. Beton basınç dayanımının kodlaması

C	30	/	37
Concrete	 Betonun 15cmx30cm’lik silindir numuneye göre karakteristik basınç dayanımı		 Betonun 15 cm’lik küp numuneye göre karakteristik basınç dayanımı

Betonun basınç dayanımına göre sınıflandırıldığı durumlarda, normal ağırlıklı beton ve ağır beton için Tablo 3, hafif beton için Tablo 4 geçerlidir.

Tablo 3. Normal ağırlıklı ve ağır beton için basınç dayanımı sınıfları

Basınç dayanım sınıfı	En düşük karakteristik silindir dayanımı $f_{ck,silindir}$ (MPa)	En düşük karakteristik küp dayanımı $f_{ck,küp}$ (MPa)	$f_{ck,silindir} / f_{ck,küp}$
C8/10	8	10	0,80
C12/15	12	15	0,80
C16/20	16	20	0,80
C20/25	20	25	0,80
C25/30	25	30	0,83
C30/37	30	37	0,81
C35/45	35	45	0,78
C40/50	40	50	0,80
C45/55	45	55	0,82
C50/60	50	60	0,83
C55/67	55	67	0,82
C60/75	60	75	0,80
C70/85	70	85	0,82
C80/95	80	95	0,84
C90/105	90	105	0,86
C100/115	100	115	0,87

Tablo 4. Hafif beton için basınç dayanımı sınıfları

Basınç dayanım sınıfı	En düşük karakteristik silindir dayanımı $f_{ck,silindir}$ (MPa)	En düşük karakteristik küp dayanımı $f_{ck,küp}$ (MPa)
LC8/9	8	9
LC12/13	12	13
LC16/18	16	18
LC20/22	20	22
LC25/28	25	28
LC30/33	30	33
LC35/38	35	38
LC40/44	40	44
LC45/50	45	50
LC50/55	50	55
LC55/60	55	60
LC60/66	60	66
LC70/77	70	77
LC80/88	80	88

Betonun basınç dayanım sınıfı ile ilgili bilinmesi gereken bazı önemli hususlar:

- Önceden üzerinde mutabakata varılması şartı ile beton basınç dayanımı f_{ck} özel kullanım yerlerinde 28 günden daha geç yaşlar için, örnek olarak; 56 veya 90 gün olarak belirlenebilir. Özellikle sıcaklığın kontrol altına alınmak istendiği kütle betonlarında 28 günlük basınç dayanımı sonuçları, toplam bağlayıcı miktarının ve dayanım gelişme hızının düşük olması nedeniyle istenilen beton sınıfını sağlamayabilir. Böyle özel durumlarda yapı sahibi tarafından proje ile birlikte Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği İl Müdürlüklerine başvurularak hedef beton yaşının yapı denetim sisteminde tanımlanması sağlanmaktadır.
- Dayanım sınıfı C25/30 ve üzerindeki beton sınıflarında, en büyük agrega tane büyüklüğü 25 mm'den küçük olan betonlarda, başkaca herhangi bir matematiksel ilişki (korelasyon) kurulmamışsa, (150x150x150) mm küp şekilli veya (150x300) mm silindir şekilli numuneler yerine (100x200) mm boyutlardaki silindir şekilli numunelerin kullanılması durumunda betondan alınacak 28 günlük en az 3 adet numuneden elde edilen basınç dayanım deney sonucu, değerlendirme esnasında (150x300) mm ebadındaki silindir numune basınç dayanımına aşağıdaki bağıntı kullanılarak dönüştürülebilir. Gerek (150x300) mm ve gerekse (100 x 200) mm boyutlarındaki silindir numunelerin alınması sırasında numunelerin homojen olarak alınabilmesi için TS EN 12350-1'de belirtilen kurallara titizlikle uyulmalıdır.

$$f_{s(150)} = 0,97 \times f_{s(100)}$$

- Benzer şekilde, beton basınç dayanımı tayininde, en büyük agrega tane büyüklüğü 25 mm'den küçük olan betonlarda (150x150x150) mm küp şekilli veya (150x300) mm silindir şekilli numunelere ilave olarak (100x100x100) mm boyutlardaki küp şekilli numunelerin kullanılmasına da müsaade edilebilir. Bu durumda betondan alınacak 28 günlük en az 3 adet (100x100x100) mm küp numuneden elde edilen basınç dayanım deney sonucu, değerlendirme esnasında, (150x150x150) mm ebadındaki küp numune basınç dayanımına, aşağıdaki bağıntı kullanılarak dönüştürülebilir. Gerek (150x150x150) mm ve (100x100x100) mm boyutlarındaki küp numunelerin alınması esnasında numunelerin homojen olarak alınabilmesi için TS EN 12350-1'de belirtilen kurallara titizlikle uyulmalıdır.

$$f_{k(150)} = 0,95 \times f_{k(100)}$$

- Beton basınç dayanımı tayinindeki referans yöntem, silindir şekilli numunelerin kullanılmasıdır. Silindir şekilli numuneler, geometrik şekli ve taze beton numunesinin döküm yönüyle basınç uygulama yönünün aynı olması nedeniyle yapıdaki betonu daha iyi temsil etmektedir. Özellikle beton dayanım sınıfı C25/30 ve üzerindeki beton sınıflarında (150x300) mm veya (100x200) mm boyutlardaki silindir şekilli numunelerin kullanılması, daha gerçekçi dayanım değerlerinin elde edilmesini sağlayacağı için tavsiye edilmektedir.

3.2. Kıvam Sınıfı

Çoğunlukla hazır betonun kıvam sınıfı olarak çökme (slamp) değeri kullanılır. TS EN 206 Standardında sıkıştırma, yayılma ve kendiliğinde yerleşen beton için diğer kıvam sınıfları da yer almaktadır.

Hazır beton siparişinde kıvam sınıfı oldukça önemlidir. Bunun nedeni beton kıvamının şantiyede yapılacak uygulama ile doğrudan ilişkili olmasıdır. Genelde kullanıcı tarafından yüksek kıvamlı beton talep edilmektedir ve bazı durumlarda üretici – kullanıcı arasında kıvam ile ilgili sorunlar ortaya çıkabilmektedir. Hazır beton üreticisi müşteri talebi doğrultusunda betonun kıvamını şantiyeye göre ayarlar, ancak hava durumu, trafik ve plan dışı bekleme durumu kıvam değerini etkileyebilir. Bunun için standart tolerans değerler belirlenmiştir. Kullanıcı, hazır betonun kabulünde bu toleransları dikkate almalıdır.

Bazı durumlarda şantiyede kıvam ayarlamak için transmikser içindeki taze betona kimyasal katkı ilave edilebilmektedir. Redoz (yeniden dozajlama) olarak bilinen bu uygulama, beton için zararlı değildir ve standartta buna izin verilmiştir. Sadece, katkının beton içerisinde homojen olarak karıştığından emin olunmalıdır. Bu nedenle transmikser kazanının yüksek devirde en az 5 dakika çevrilmesi yeterlidir.

Beton siparişinde, projenin gereksinimlerine (yapı elemanının tipi, donatı sıklığı, döküm yüksekliği, sıkıştırma ekipmanı vb.) uygun kıvam sınıfı veya özel durumlarda hedef bir kıvam değeri (örneğin, 150 mm çökme) belirtilmelidir. Sık donatılı ve dar kesitli bir elemanda düşük kıvamlı (S1 veya S2 gibi) bir beton kullanmak yerleştirme sorunlarına yol açarken, gereğinden yüksek kıvamlı (S5 gibi) bir beton da ayrışma riskini artırabilir veya maliyeti gereksiz yere yükseltebilir. Şantiyede karşılaşılan en büyük sorunlardan biri, sipariş edilen betonun kıvamının yetersiz bulunması üzerine betona kontrolsüzce su eklenmesidir. Bu uygulama, betonun su/çimento (S/Ç) oranını artırarak dayanımını ve dayanıklılığını ciddi şekilde düşürür. Bu nedenle, doğru kıvamın baştan sipariş edilmesi ve şantiyede su eklenmesinden kesinlikle kaçınılması esastır.

Tablo 5'te betonun çökme, çökme-yayılma, yayılma ve sıkıştırılabilirlik derecesi sınıfları belirtilmektedir.

Tablo 5. Betonun çökme, çökme-yayılma, yayılma ve sıkıştırılabilirlik derecesi sınıfları

Sınıf	Çökme, mm
S1	10 – 40
S2	50 – 90
S3	100 – 150
S4	160 – 210
S5	≥ 220

Sınıf	Çökme-Yayılma, mm
SF1	550 – 650
SF2	660 – 750
SF3	760 – 850

Tablo 5 (devam). Betonun çökme, çökme-yayılma, yayılma ve sıkıştırılabilme derecesi sınıfları

Sınıf	Yayılma, mm	Sınıf	Sıkıştırılabilme derecesi
F1	≤ 340	C0	$\geq 1,46$
F2	350 – 410	C1	1,45 – 1,26
F3	420 – 480	C2	1,25 – 1,11
F4	490 – 550	C3	1,10 – 1,04
F5	560 – 620	C4	$< 1,04$
F6	≥ 630		

Kendiliğinden sıkışarak yerleşen betonun (KYB) ek özellikleri için sınıflar

Kendiliğinden sıkışarak yerleşen betonun viskozite, geçiş yeterliliği veya elek ayrışma direncine göre sınıflandırıldığı durumlarda Tablo 6 ila Tablo 10 geçerlidir.

Tablo 6. Viskozite sınıfları - t_{500}

Sınıf	EN 12350-8'e uygun olarak belirlenen t_{500} değeri ^a (s)
VS1	$< 2,0$
VS2	$\geq 2,0$

^a Bu sınıflandırma, D_{maks} değeri 40 mm'yi aşan betonlara uygulanamaz.

Tablo 7. Viskozite sınıfları – t_v

Sınıf	EN 12350-9'a uygun olarak belirlenen t_v değeri ^a (s)
VF1	$< 9,0$
VF2	9,0 ila 25,0

^a Bu sınıflandırma, D_{maks} değeri 22,4 mm'yi aşan betonlara uygulanamaz.

Tablo 8. Geçiş yeterliliği sınıfları – L kutusu

Sınıf	EN 12350-10'a uygun olarak belirlenen L-kutusu oranı
PL1	$\geq 0,80$ (2 çubukla)
PL2	$\geq 0,80$ (3 çubukla)

Tablo 9. Geçiş yeterliliği sınıfları – J halkası

Sınıf	EN 12350-12'ye uygun olarak belirlenen J-halkası adımı ^a (mm)
PJ1	≤ 10 (12 çubukla)
PJ2	≤ 10 (16 çubukla)
^a Sınıflandırma, en büyük agrega tane büyüklüğü 40 mm'yi aşan betonlara uygulanamaz.	

Tablo 10. Elek ayrışma direnci sınıfları

Sınıf	EN 12350-11'e uygun olarak belirlenen ayrışan kısım ^a (%)
SR1	≤ 20
SR2	≤ 15
^a Bu sınıflandırma, Dmaks değeri 40 mm'yi aşan betonlara uygulanamaz.	

Tablo 11'de TS EN 206 kapsamında taze betonun teslim noktasındaki kıvam sınıfları ve KYB özellikleri için izin verilen sapmalar görülmektedir.

Tablo 11. TS EN 206 kapsamında taze betonun teslim noktasındaki kıvam sınıfları ve KYB özellikleri için izin verilen sapmalar

Özellik	Deney yöntemi veya tayin yöntemi	İzin verilen sapma ^(a)
Çökme (slamp)	EN 12350-2	-10 mm / +10 mm -20 mm / +20 mm ^(b)
Sıkıştırılabilirlik derecesi	EN 12350-4	-0,03 / +0,03
Yayılma değeri	EN 12350-5	-0,04 ^(b) / +0,04 ^(b)
Çökme yayılma	EN 12350-8	-10 mm / +10 mm -20 mm ^(b) / +20 mm ^(b)
Viskozite	EN 12350-8 veya EN 12350-9	Sapmaya izin verilmez
Geçiş yeterliliği	EN 12350-10 veya EN 12350-12	Sapmaya izin verilmez
Ayrışmaya direnç	EN 12350-11	Sapmaya izin verilmez
(a) İlgili kıvam sınıfına ait alt veya üst sınır yoksa, buradaki sapmalar uygulanmaz.		
(b) Sadece, transmikserden veya karıştırma donanımından ilk boşaltılan betondan alınan numune ile yapılan kıvam deneyine uygulanabilir.		

3.3. Çevresel Etki Sınıfları

Bir yapının servis ömrü boyunca beton performansını etkileyecek en önemli parametre, maruz kalacağı çevresel etkilere dir. Bu nedenle tasarımcı ve şartname hazırlayıcı, yapıya tesir edecek çevresel etkileri ve şiddetlerini tespit etmeli ve tasarımı bu kapsamda yapmalıdır. Aksi takdirde yapıdan servis ömrü boyunca beklenen performans elde edilemez.

2018 yılında Resmî Gazete’de yayımlanan Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, betonarme projelerinde (çizim paftalarında) beton dayanım sınıfı ve donatı sınıfı ile birlikte TS EN 206’ya uygun çevresel etki sınıfının belirtilmesini zorunlu hâle getirmiştir.

Betonun dayanıklılığı, maruz kalacağı çevresel koşullara karşı direncini ifade eder ve bu, yapının servis ömrü boyunca performansını koruyabilmesi için hayati bir özelliktir. Maruz kalınacak çevresel etkileri gözetilmemiş bir yapıda beton yeterli dayanıma sahip olsa dâhi servis ömrünü tamamlayamadan hasarlar oluşabilir. TS EN 206 standardı, betonun karşılaşılabileceği çeşitli çevresel etkileri sınıflandırmak ve bu etkilere uygun beton özelliklerini tanımlamak amacıyla "Çevresel Etki Sınıfları" sistemini geliştirmiştir. Bu sınıflar, betonun donatı korozyonu veya betonun kendisinin bozulması gibi risklere karşı nasıl korunması gerektiğini belirler.

Bir yapı elemanı aynı anda birden fazla çevresel etkiye maruz kalabilir. Bu durumda, her bir etki için uygun sınıf belirlenmeli ve beton tasarımı en zorlu koşulu karşılayacak şekilde yapılmalıdır. Beton siparişinde, yapının veya yapı elemanının maruz kalacağı tüm ilgili çevresel etki sınıflarının doğru bir şekilde tespit edilmesi ve üreticiye bildirilmesi, betonun beklenen servis ömrüne ulaşabilmesi için mutlak bir zorunluluktur.

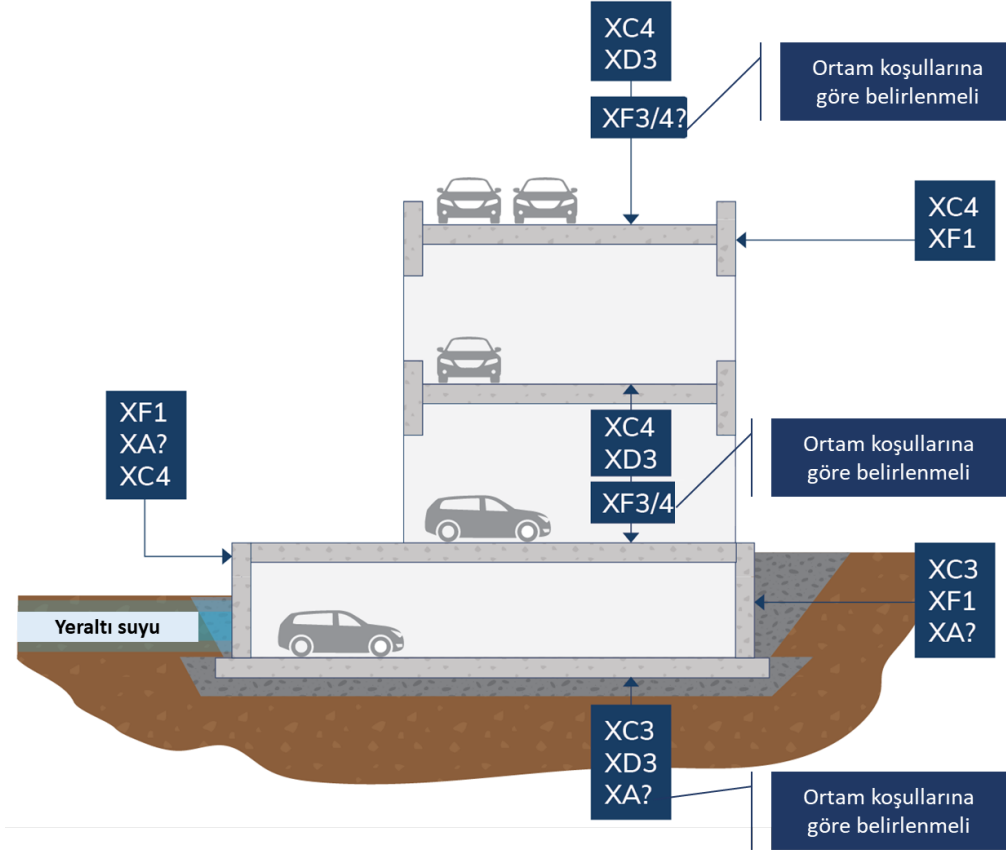
TS 13515 standardının Ek F bölümü, TS EN 206’da tanımlanan bu çevresel etki sınıflarına göre Türkiye koşulları için önerilen beton karışım sınırlarını (en yüksek su/çimento oranı, en düşük basınç dayanım sınıfı, en az eşdeğer çimento içeriği) ve uygun çimento tiplerini detaylı tablolar hâlinde sunar. Bu ek, çevresel etki sınıflarının soyut tanımlarını, somut beton tasarım parametrelerine dönüştürmede kritik bir rol oynar.

Not: “Su/çimento” terimi yerine “su/bağlayıcı” terimini kullanılması daha doğru olmakla beraber ilgili standartlarda “su/çimento” kullanıldığı için bu rehberde de aynı ifade kullanılmıştır. Su/çimento oranı denildiğinde sadece çimento değil, çimento ve kullanıldıysa mineral katkıların da dâhil olduğu toplam bağlayıcı anlaşılmalıdır.

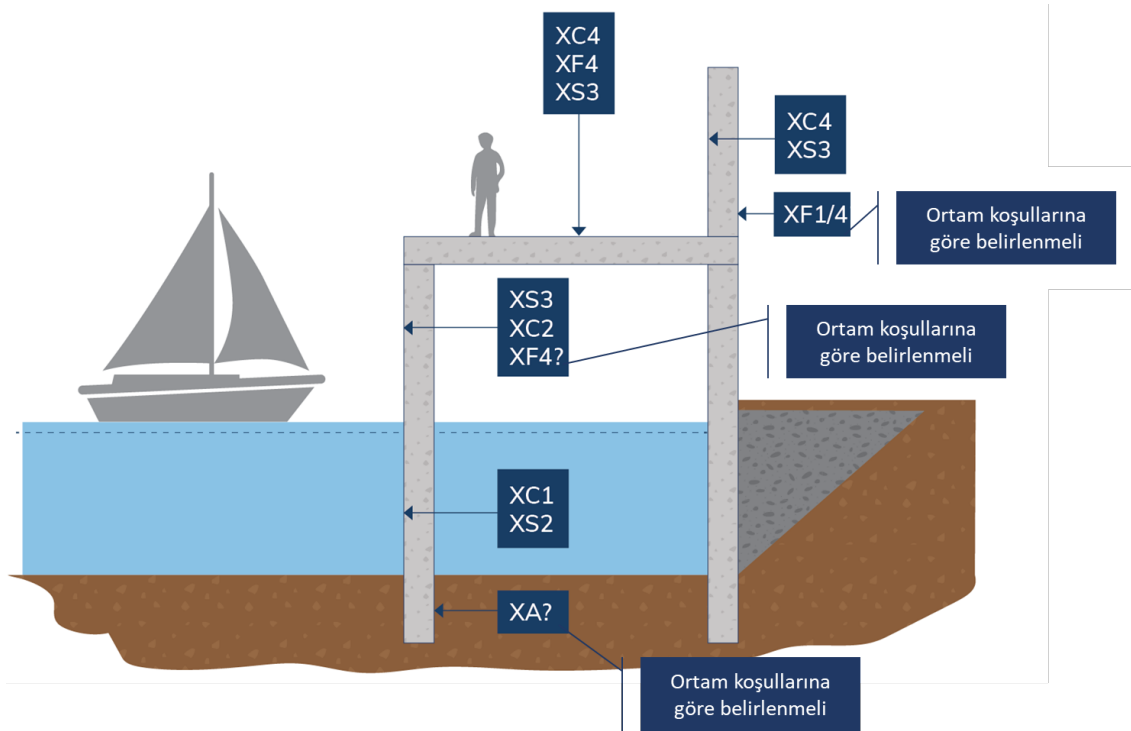
Çevresel etki sınıfının yanlış belirlenmesi veya bu sınıfa uygun beton özelliklerinin siparişte belirtilmemesi, betonun dayanıklılığını doğrudan tehlikeye atar ve yapının ömrünü önemli ölçüde kısaltabilir. Bu, standartların en kritik, ancak uygulamada bazen en çok ihmal edilen yönlerinden biridir ve ciddi yapısal hasarlara ve maliyetli onarımlara yol açabilir.

Şiddetli çevresel etkilere maruz kalan yapılarda dürabilite yani dayanıklılık tasarım açısından dayanımın önüne geçmektedir. Bu tür projelerde basınç dayanım sınıfını arttırmak dürabilite açısından kesin bir etkiye sahip değilken, daha düşük dayanımda, ancak doğru çevresel etki sınıfında üretilmiş beton kullanımı etkili bir çözüm olabilmektedir.

Şekil 1 ve Şekil 2’de iki farklı yapının çeşitli çevresel etkilere maruz kalan elemanları için uygun etki sınıfları görülmektedir.



Şekil 1. Örnek bir yapının farklı elemanları için çevresel etki sınıfları



Şekil 2. Deniz suyuna maruz bir yapının farklı elemanları için çevresel etki sınıfları

Proje ve şartname hazırlanırken TS 13515 Standardında yer alan çevresel etkilere göre beton sınıfı tespit edilmeli ve buna göre beton siparişi verilmelidir. Tablo 12’de TS EN 206 ve TS 13515 Standartlarında yer alan çevresel etkileri kodları ve tanımları belirtilmektedir. Tablo 13’te ise çevresel etki sınıflarına göre betonun sahip olması gereken özellikleri görülmektedir.

Tablo 12. TS EN 206 ve TS 13515 Standartları kapsamındaki çevresel etkiler

Sınıf	Tanım	Sınıf	Tanım
ETKİ YOK		DONMA-ÇÖZÜLME	
X0	Donatı veya gömülü metal bulunmayan betonlarda hiçbir zararlı etkinin olmadığı çevreler	XF1	Buz çözücü madde içermeyen suya orta derecede doymun
KOROZYON - KARBONATLAŞMA		XF2	Buz çözücü madde içeren suya orta derecede doymun
XC1	Kuru veya sürekli ıslak	XF3	Buz çözücü madde içermeyen suya yüksek derecede doymun
XC2	Islak, ara sıra kuru	XF4	Buz çözücü madde içeren su veya deniz suyuna yüksek derecede doymun
XC3	Orta derecede nemli	KİMYASAL ETKİ	
XC4	Döngülü ıslak ve kuru	XA1	Az zararlı kimyasal ortam
KOROZYON – KLORÜR (DENİZ SUYU HARIÇ)		XA2	Orta zararlı kimyasal ortam
XD1	Orta derecede nemli	XA3	Çok zararlı kimyasal ortam
XD2	Islak, ara sıra kuru	MEKANİK AŞINMA	
XD3	Döngülü ıslak ve kuru	XM1	Orta derecede aşınma
KOROZYON – KLORÜR (DENİZ SUYU)		XM2	Önemli derecede aşınma
XS1	Hava ile taşınan tuzlara maruz kalan, ancak deniz suyu ile doğrudan temas etmeyen	XM3	Çok yüksek derecede aşınma
XS2	Sürekli olarak su içerisinde		
XS3	Gelgit, dalga ve serpinti bölgeleri		

Tablo 13. TS 13515:2025 Standardına göre beton bileşimi ve özellikleri için tavsiye edilen sınır değerler

Çevresel Etki Sınıfları		En yüksek su/çimento oranı ^c	En düşük dayanım sınıfı	En düşük eşdeğer çimento içeriği ^c (kg/m ³)	En düşük hava içeriği (%)	Diğer Gerekliler
Korozyon veya zararlı etki tehlikesi yok	X0	-	C16/20	-	-	-
Karbonatlaşma nedeniyle korozyon	XC1	0,65	C20/25	260	-	-
	XC2	0,60	C25/30	280	-	-
	XC3	0,55	C30/37	280	-	-
	XC4	0,50	C30/37	300	-	-
Klorürün sebep olduğu korozyon (deniz suyu)	XS1	0,50	C30/37	300	-	-
	XS2	0,45	C35/45	320	-	-
	XS3	0,45	C35/45	340	-	-
Klorürün sebep olduğu korozyon (deniz suyu dışında klorür etkisi)	XD1	0,55	C30/37	300	-	-
	XD2	0,55	C30/37	300	-	-
	XD3	0,45	C35/45	320	-	-
Donma/çözülme etkisi	XF1	0,55	C30/37	300	-	EN 12620'ye uygun, yeterli donma/çözülme dayanıklılığına sahip agrega
	XF2	0,55	C25/30	300	4 ^a	
	XF3	0,50	C30/37	320	4 ^a	
	XF4	0,45	C30/37	340	4 ^a	
Zararlı kimyasal ortamlar	XA1	0,55	C30/37	300	-	-
	XA2	0,50	C30/37	320	-	Sülfata dayanıklı çimento ^b
	XA3	0,45	C35/45	360	-	
Aşınma	XM1	0,55	C30/37	300	-	-
	XM2					Beton yüzeyine İşlem uygulanır ^d
	XM3	0,45	C35/45	320		Sert agrega kullanılır

a) Hava sürüklenmemiş betonun performansı, ilgili etki sınıfı için donma/çözülme etkisine dayanıklılığı kanıtlanmış betonla karşılaştırılarak, uygun deney yöntemine göre yapılacak deneyle belirlenmelidir.

b) Ortamda bulunan sülfat miktarının XA2 ve XA3 çevre etki sınıfına işaret etmesi durumunda, EN 197-1'e veya tamamlayıcı ulusal standartlara uygun sülfata dayanıklı çimento veya 5.2.5.2.2. bölümünde belirtilen çimento ve/veya mineral katkıdan oluşan bağlayıcı kombinasyonlarının kullanılması gereklidir.

c) Örneğin, 280 kg CEM I 42.5 çimentosu ve 50 kg uçucu kül içeren karışımın eş değer çimento içeriği 300 kg'dır. İlgili çevresel etki sınıfına ait en düşük eşdeğer çimento içeriği kontrol edilirken 300 kg'a göre değerlendirme yapılır. Verilen çimento miktarları, en büyük agrega tane büyüklüğü 22,4 mm olan betonlar içindir.

d) Terleme sebebiyle yüzeye çıkan suyun vakumla çekilmesi ve yüzeyin helikopter tipi tesviye cihazı ile sıkıştırılarak düzeltilmesi gibi

3.4. Klorür Sınıfı

Beton içindeki klorür iyonları, donatı çeliğinin pasif koruyucu tabakasını bozarak korozyona yol açabilir. Bu nedenle, özellikle betonarme yapılarda klorür içeriğinin sınırlandırılması büyük önem taşır. TS EN 206, çimentonun kütlesine oranla izin verilen maksimum klorür içeriğine göre sınıflar tanımlar.

Kullanıcı betonun kullanılacağı yere göre klorür sınıfını tespit ederek hazır beton üreticisine bilgi vermelidir. Bilindiği üzere klorür betondan ziyade donatı için tehlikeli olmakta ve korozyona neden olmaktadır. Bu nedenle hazır beton bünyesindeki klorür içeriği sınırlandırılmıştır.

Tablo 14. Betonun en yüksek klorür içeriği

Beton kullanım yeri	Klorür içeriği sınıfı		Çimento kütlesine göre en fazla Cl ⁻ , %
Korozyona dayanıklı kaldırma elemanları hariç olmak üzere, çelik donatı ve diğer gömülü metal ihtiva etmeyen beton	Cl 1,00		1,00
Çelik donatı veya diğer gömülü metal ihtiva eden beton	Cl 0,20		0,20
	Cl	0,40	0,40
Betona doğrudan temas edecek şekilde ön germe çeliği ihtiva eden beton	Cl	0,10	0,10
	Cl	0,20	0,20

3.5. Ağırlık Sınıfı

Beton, etüv kurusu durumdaki birim hacim kütlesine göre, normal ağırlıklı beton, hafif beton veya ağır beton olarak tanımlanır. Normal ağırlıklı betonun, etüv kurusu durumdaki birim hacim kütlesi 2000 kg/m³'ten daha büyük olmalı ancak 2600 kg/m³'ü aşmamalıdır. Hafif betonun etüv kurusu durumdaki birim hacim kütlesi 2000 kg/m³'ten az, ağır betonun ise 2600 kg/m³'ten büyük olmalıdır. Birim hacim kütlenin, hedef değer olarak belirtilmesi durumunda, aksi belirtilmemişse, ± 100 kg/m³ tolerans uygulanır.

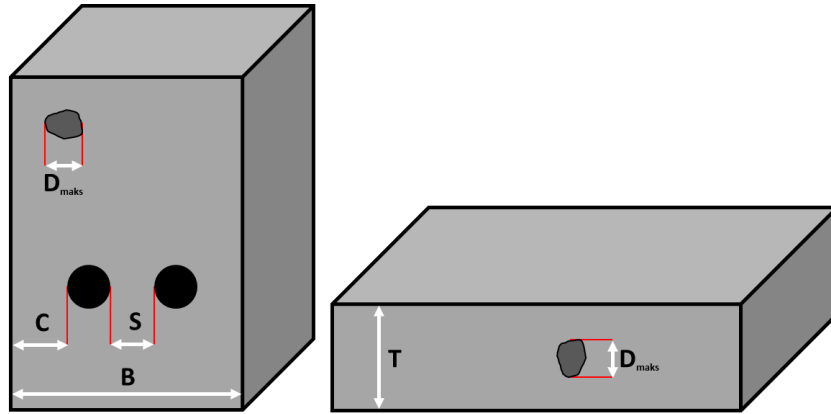
Tablo 15. Betonun ağırlık sınıfları

Yoğunluk Sınıfı	Sınır Değerler (kg/m ³)
Ağır	>2600
Normal	>2000 ve <2600
Hafif	<2000

3.6. Agrega En Büyük Tane Büyüklüğünün (D_{maks}) Sınırlandırılması

TS EN 206 standardına göre, betonda kullanılacak agreganın en büyük tane büyüklüğü (D_{maks}), çeşitli yapısal ve geometrik unsurlara bağlı olarak sınırlandırılır. Bu sınırlandırmalar, betonun yerleştirilebilirliğini, donatı etrafını uygun şekilde sarmasını ve genel yapısal bütünlüğü sağlamayı amaçlar. Genel olarak, en büyük agrega tane büyüklüğü (D_{maks}) aşağıdaki koşulları sağlamalıdır:

- **Kalıp Boyutları:** En büyük tane büyüklüğü, kalıp en dar boyutunun (B) 1/5'inden daha büyük olmamalıdır.
- **Döşeme Kalınlığı:** Plak gibi döşeme elemanlarında, en büyük tane büyüklüğü döşeme kalınlığının (T) 1/3'ünden fazla olmamalıdır.
- **Donatı Aralığı:** En büyük tane büyüklüğü, iki donatı çubuğu arasındaki net mesafenin (S) 3/4'ünden büyük olmamalıdır.
- **Beton Örtüsü (Paspayı):** En büyük tane büyüklüğü, donatıyı saran beton örtü tabakasının (paspayı) kalınlığından (C) daha büyük olmamalıdır.



Şekil 3. En büyük agrega tane büyüklüğünün sağlanması gereken şartlar

Bu kurallar, betonun yapı elemanı içerisine düzgün bir şekilde yerleşmesini, donatıyı tam olarak sarmasını ve potansiyel boşlukların oluşmasını engellemeyi hedefler. TS EN 206, beton bileşenlerinin seçimi ve betonun performansı için genel bir çerçeve sunarken, bu tür geometrik sınırlamalar TS 500 gibi ilgili yapısal tasarım standartlarıyla da uyumlu bir şekilde dikkate alınır.

3.7. Karbondioksit (CO_2) emisyonlarına ilişkin sınıflar

TS 13515 "TS EN 206'nın uygulanmasına yönelik tamamlayıcı standart" standardının Mart 2025 tarihli revizyonuyla birlikte, standarda ilk kez Ek T: Karbondioksit (CO_2) emisyonlarına ilişkin sınıflar başlığı altında bilgi amaçlı yeni bir bölüm eklenmiştir. Bu bölüm, beton sektöründe sürdürülebilirlik ve çevresel performansın değerlendirilmesi açısından önemli bir adımdır.

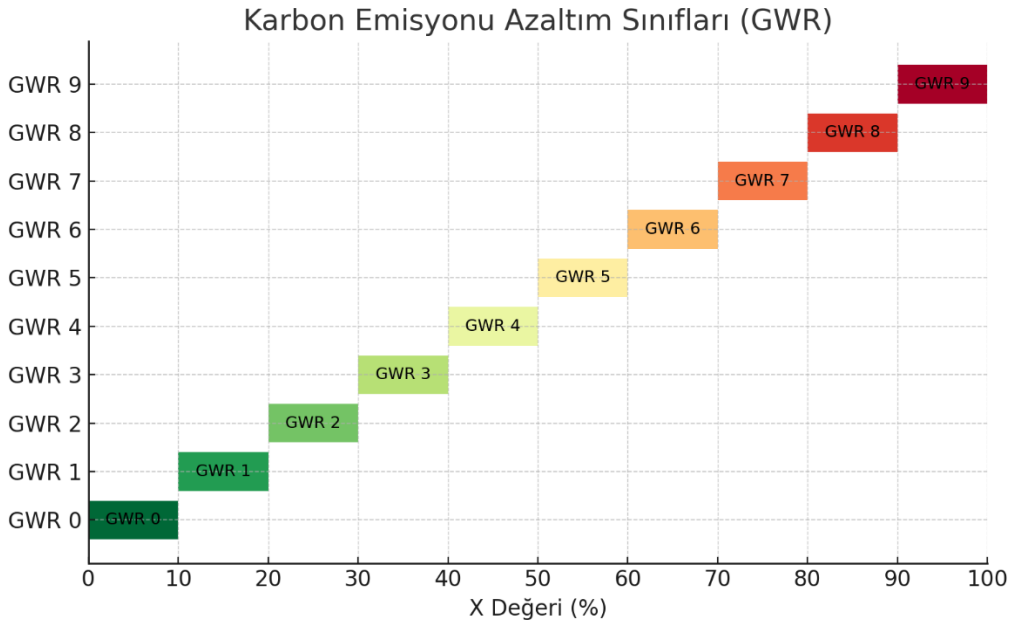
Karbondioksit sınıflandırması, betonun küresel ısınma potansiyelini (GWP) dikkate alarak yapılmaktadır. Tablo 16'da belirtilen bu sınıflar, değerlendirilen betonun CO_2 emisyonlarının, aynı performansa (örneğin aynı dayanım sınıfına) sahip ve mineral katkısız CEM I çimentosu

ile formüle edilmiş bir referans betonun emisyonlarına oranı üzerinden tanımlanır. Betonun sınıflandırması aşağıdaki formül kullanılarak belirlenmektedir:

$$X = 100 \left[1 - \frac{GWP_{toplaml}(değerlendirilen\ beton)}{GWP_{toplaml}(referans\ beton)} \right]$$

Tablo 16. Karbondioksit azaltım sınıfları

Azaltım sınıfları	X değeri
GWR 0	$X < 10$
GWR 1	$10 \leq X < 20$
GWR 2	$20 \leq X < 30$
GWR 3	$30 \leq X < 40$
GWR 4	$40 \leq X < 50$
GWR 5	$50 \leq X < 60$
GWR 6	$60 \leq X < 70$
GWR 7	$70 \leq X < 80$
GWR 8	$80 \leq X < 90$
GWR 9	$90 \leq X$



Şekil 4. TS 13515'e göre betonda karbon emisyon azaltım sınıfları

3.8. Beton ile İlgili Diğer Özellikler

Hazır beton müşterisi, standartlarda yer alan veya almayan bazı hususlar için üreticiden talepte bulunabilir. Bu taleplerin standartlar ile çelişmemesi gerekmektedir.

Taze Beton Sıcaklığı: Betonun priz süresi, dayanım gelişimi ve plastik rötre çatlakları gibi birçok özelliğini etkiler. TS EN 206'ya göre taze beton sıcaklığı şantiyeye teslim anında +5°C'den az olmamalıdır. TS 13515'e göre olumsuz etkilerinin önlenmesi için herhangi bir tedbir alınmayan ve özellikle hava sıcaklığının yüksek olduğu durumlarda, taze betonun sıcaklığı 35°C'ü aşmamalıdır. Soğuk hava koşullarında bu minimum sıcaklık, don etkisinden korunmak için daha da önemli hâle gelir. Sıcak hava koşullarında veya kütle betonlarında (büyük hacimli beton dökümleri) ise hidrasyon ısısının kontrolü ve erken yaşta yüksek sıcaklıkların önlenmesi için maksimum beton sıcaklığı limitleri (örneğin 30-32°C) gerekebilir ve bu durum siparişte belirtilmelidir.



Şekil 5. En düşük, ideal ve en yüksek taze beton sıcaklıkları

Hava İçeriği: Taze betondaki hava miktarı, özellikle donma-çözülme etkisine maruz kalacak yapılar için kritik bir özelliktir. Bilinçli olarak betonun bünyesine sürüklenmiş hava kabarcıkları, donma sırasında suyun genleşmesi için hacim oluşturarak betonun içsel hasar görmesini engeller. Hava içeriği TS EN 12350-7 standardına göre basınç metotları kullanılarak ölçülür. Normal betonlarda doğal olarak bulunan hava miktarı genellikle %1-2 civarındadır. Donma-çözülme dayanımı istenen betonlarda ise bu oran, hava sürükleyici kimyasal katkıları kullanılarak %4-%6 aralığına çıkarılır.

Özel kimyasal katkıları: Korozyon önleyici, rötre engelleyici vb. kimyasal katkıların kullanılması talep edilebilir. Burada kullanılacak kimyasal katkıların TS EN 934-2 Standardı'na uygun olması gerekmektedir. Hazır beton üreticisinin bilgisi ve onayı olmadan şantiyede müşteri tarafından betona katılacak katkıları için üreticinin sorumluluğu yoktur.

Çekme ve eğilme dayanımı: Özellikle zemin betonlarında eğilme dayanımı için talep olabilir.

Dürabilite özellikleri: Genelde büyük projelerde (özellikle altyapı) betonun mühendislik özellikleri tasarımda oldukça önemlidir. Kullanıcı su işleme derinliği, klorür iyonları geçirgenliği, sünme vb. konularda talepte bulunabilir.

Beton bileşenleri: Kullanıcı belirli özelliklere sahip agrega ve çimento kullanılmasını talep edebilir. Çevresel etkiye göre, sürdürülebilirlik adına veya kamu şartnameleri gereği mineral katkı veya farklı tip çimento kullanımı talep edilebilir. Agreganın aşınma direnci ve su emme özelliği ile ilgili şartlar koyulabilir. Hidrasyon ısısına yönelik özel tasarım isteyebilir.

4. Betonun Şantiyeye Teslimi, Kabulü ve Uygulama Esasları

Hazır beton siparişinin verilmesinden sonraki aşama, betonun şantiyeye teslimi, özelliklerinin kontrol edilerek kabulü ve standartlara uygun bir şekilde yapı elemanına yerleştirilmesidir. Bu bölüm, teslimat sürecinden başlayarak taze beton deneyleri, numune alma, uygulama prensipleri ve sertleşmiş betonun uygunluk değerlendirmesine kadar olan kritik adımları detaylandırmaktadır. Bu aşamalardaki titizlik, sipariş edilen kalitede betonun yapıya entegre edilmesini ve beklenen performansı göstermesini sağlar.

Hazır beton, üretim tesisinden şantiyeye genellikle "transmikser" adı verilen özel karıştırıcı kamyonlarla taşınır. Transmikserin tamburu, taşıma sırasında betonun homojenliğini korumak ve priz almasını geciktirmek için sürekli olarak yavaş bir hızda döner. Betonun üretildiği andan (su ile çimentonun ilk temas ettiği an) itibaren şantiyeye teslim edilip kalıba yerleştirilmeye başlanması için standartlarda belirtilen maksimum bir süre vardır. TS 13515'e göre bu süre, transmikser gibi donanımlı araçlarla taşınan beton için genellikle 120 dakikadır (2 saat) ancak bu süre, ortam sıcaklığı, rüzgâr, nem gibi hava koşulları, kullanılan çimentonun cinsi (örneğin, prizi hızlı veya yavaş alan çimentolar) ve kimyasal katkıların (priz geciktirici vb.) türüne bağlı olarak değişiklik gösterebilir. Kendiliğinden yerleşen beton veya priz hızlandırıcı kimyasal katkı ilave edilmiş betonlar dışındaki geleneksel betonlarda normal şartlar altında uzun süreli taşıma nedeniyle taze betonun priz başlangıç süresi, betonun dökümü ve kalıba yerleştirilebilmesi amacıyla en az 150 dakika olmalıdır.

Şantiye sorumlusu, beton döküm programını bu süreleri dikkate alarak planlamalı ve betonun şantiyede gereksiz yere beklemesini önlemelidir. Beton şantiyeye ulaştığında, ilk ve en önemli kontrol adımı, transmikser sürücüsü tarafından sunulan sevk irsaliyesinin (teslim fişinin) dikkatlice incelenmesidir. Sevk irsaliyesi, teslim edilen betonun kimliği niteliğindedir ve sipariş edilen betonla gelen betonun aynı olup olmadığının teyit edilmesini sağlar. İrsaliyedeki bilgilerin siparişe tam olarak eşleşmemesi durumunda, beton kabul edilmemeli ve durum derhal üretici firmaya bildirilmelidir. Uygunsuzluk yaşanmaması için siparişi veren şantiye yetkilisinin sahada bulunması ve süreci takip etmesi gerekmektedir. Şantiyede yetkili olmayan kişiler tarafından kontrol edilmeden ürün teslim alınmamalı ve irsaliyeler imzalanmamalıdır.

Sevk irsaliyesinde bulunması gereken asgari bilgiler aşağıda belirtilmektedir:

- ✓ Hazır beton tesisinin ismi,
- ✓ Sevk ve teslim belgesinin seri numarası,
- ✓ Yükleme tarihi ve saati (çimento ve suyun ilk temas ettiği zaman),
- ✓ Kamyonun plaka numarası veya aracı tanıttıcı bilgi,
- ✓ Alıcının veya müşterinin ismi,
- ✓ Şantiyenin ismi ve yeri,
- ✓ Şartnamelerle ilgili ayrıntılar veya atıf (kod no., sipariş no. gibi),
- ✓ Beton hacmi, m³ olarak,
- ✓ Şartnamelere ve EN 206'ya uygunluğunun beyanı,

- ✓ Varsa belgelendirme kuruluşunun ismi ve işareti,
- ✓ Betonun şantiyeye ulaştığı zaman (saat ve dakika),
- ✓ Boşaltmanın başladığı ve tamamlandığı zaman (saat ve dakika),

Betona ana karıştırma işlemi sonrasında şantiyede kimyasal katkı, boyar madde veya liflerin ilave edilmesi hâlinde, sevk ve teslim belgesine el ile aşağıdaki bilgiler ilave edilmelidir;

- ✓ İlave edilme zamanı,
- ✓ İlave edilen maddenin tipi ve miktarı,
- ✓ İlave edilme öncesinde transmikserde kalan tahmini beton miktarı,
- ✓ İlave öncesi beton kıvamı,
- ✓ İlave sonrası beton kıvamı,
- ✓ İlave işlemi talep eden taraf (yetkilinin kimlik bilgileri ve imzası)
- ✓ Çimento tipi ve dayanım sınıfı,
- ✓ Mineral veya kimyasal katkı tipi,
- ✓ Herhangi lif kullanılması hâlinde tipi ve miktarı

İlave olarak sevk ve teslim belgesinde aşağıda verilenlerle ilgili ayrıntılı bilgiler de bulunmalıdır.

Tasarlanmış beton için:

- ✓ Dayanım sınıfı,
- ✓ Çevresel etki sınıfları,
- ✓ Klorür içeriği sınıfı,
- ✓ Kıvam sınıfı veya hedef değer,
- ✓ Belirtilmişse beton karışım oranlarıyla ilgili sınır değerler,
- ✓ Belirtilmişse çimento tipi ve dayanım sınıfı,
- ✓ Belirtilmişse kimyasal katkı ve mineral katkı tipi,
- ✓ Belirtilmişse liflerin tipi ve miktarı veya liflerle güçlendirilmiş beton performans sınıfı,
- ✓ Gerekliyse özel nitelikler,
- ✓ D_{maks} (en büyük agrega tane büyüklüğü),
- ✓ Hafif veya ağır beton için, birim hacim kütle sınıfı veya hedef birim hacim kütle değeri,
- ✓ Dayanım gelişim hızı (7/28 oranı, sapma sınırları $\pm \%15$)

Tarif edilmiş beton için:

- ✓ Beton bileşimi ile ilgili detaylı bilgiler, çimento miktarı ve gerekliyse katkı tipi gibi,
- ✓ Hedef su/çimento oranı veya belirtildiği şekilde kıvam sınıfı veya hedef değer,
- ✓ D_{maks} (en büyük agrega tane büyüklüğü),
- ✓ Belirtilmişse liflerin tipi ve miktarı.

İrsaliye kontrolüne ek olarak, gelen betonun görünümü de gözle muayene edilmelidir. Betonda aşırı terleme, ayrışma, topaklanma gibi homojen olmayan bir görünüm varsa, bu durum sorun teşkil edebilir ve beton kabul edilmeden önce üretici ile görüşülmelidir.

Unutulmaması gereken en önemli kurallardan biri, şantiyede betona kesinlikle su ilave edilmemesidir. Betonun kıvamı düşük geldiyse, bu durumun nedeni araştırılmalı (uzun bekleme süresi, yanlış sipariş vb.) ve çözüm için üretici ile temasa geçilmelidir. Üreticinin onayı ve sorumluluğunda, eğer sevk irsaliyesinde belirtilmişse ve betonun su/çimento oranı aşılmayacaksa, kıvamı ayarlamak için uygun bir kimyasal katkı (süperakışkanlaştırıcı) kullanılabilir ancak bu işlem de yine üreticinin yazılı prosedürlerine ve standartların izin verdiği koşullara göre yapılmalıdır. Kontrolsüz su ilavesi, betonun dayanımını ve dayanıklılığını öngörülemez bir şekilde düşürerek yapının güvenliğini tehlikeye atar.

Ülkemizde transmikserlerde RFID etiket ve irsaliyede barkod uygulamasına geçildiği için yapı denetim firmalarının ve yapı denetim laboratuvarlarının betonun teslim sürecine etkisi artmıştır. Etiket ve barkod okumada gecikme, teknoloji kaynaklı sorunlar, ilgili personelin sahada bulunmaması ya da döküm programına uymaması nedeniyle program aksayabilir. Bu durumun yaşanmaması adına süreçteki tüm taraflar birbirleriyle etkin iletişim kurmalıdır.

5. Kaliteli Beton İçin Pratik Öneriler ve Sık Karşılaşılan Sorunlar

Hazır betonun siparişinden uygulanmasına kadar olan süreçte, standartlara uygun ve yüksek kaliteli bir sonuç elde etmek için dikkat edilmesi gereken birçok pratik nokta bulunmaktadır. Bu bölümde, sipariş ve uygulamada karşılaşılan hatalar, bu hataların çözüm önerileri, farklı hava koşullarında beton dökümünde dikkat edilmesi gerekenler ve güvenilir bir beton üreticisi seçimi ile kalite güvencesi konuları ele alınmaktadır. Bu öneriler, hem olası sorunların önlenmesine yardımcı olacak hem de betonun beklenen performansı göstermesini sağlayacaktır.

5.1. Sipariş ve Uygulamada Sık Yapılan Hatalar ve Çözüm Önerileri

Hazır beton uygulamalarında karşılaşılan sorunların önemli bir kısmı, standartların ve iyi uygulama prensiplerinin bilinmemesi, ihmal edilmesi veya yanlış yorumlanmasından kaynaklanır. Bu hataların birçoğu, sipariş aşamasında doğru kararlar verilerek ve şantiyede standartlara titizlikle uyularak önlenabilir.

- **Şantiyede Betona Su Eklenmesi:**

- **Hata:** En sık rastlanan ve beton kalitesine en çok zarar veren uygulamadır. Genellikle, gelen betonun kıvamı (işlenebilirliği) düşük bulunduğunda, yerleştirmeyi kolaylaştırmak amacıyla şantiyede betona kontrolsüzce su eklenir. Eklenen her fazla su, betonun su/çimento oranını artırarak basınç dayanımını, dayanıklılığını ve donatı ile aderansını ciddi şekilde düşürür, boşluk oranını ve geçirgenliğini artırır.
- **Çözüm:**
 - Sipariş aşamasında, döküm yapılacak elemanın özelliklerine, donatı sıklığına ve kullanılacak yerleştirme ekipmanına uygun kıvamda (gerekirse S4-S5 gibi yüksek kıvamda) beton sipariş edilmelidir.
 - Eğer şantiyede daha akışkan bir beton gerekiyorsa, bu ihtiyaç siparişte belirtilmeli ve su eklemek yerine uygun tip ve miktarda akışkanlaştırıcı veya

süperakışkanlaştırıcı kimyasal katkı kullanılması talep edilmelidir.

- Şantiyeye gelen betona kesinlikle su eklenmemelidir. Kıvam kaybı yaşanmışsa, durum üreticiye bildirilmeli ve üreticinin onayı ve sorumluluğunda, standartların izin verdiği ölçüde kimyasal katkı ile ayarlama yapılmalıdır.

- **Yetersiz Vibrasyon (Sıkıştırma):**

- **Hata:** Betonun kalıp içine tam olarak yerleşmemesine, donatı etrafında ve beton kütlesi içinde istenmeyen hava boşlukları kalmasına neden olur. Bu durum, betonun yoğunluğunu, dayanımını ve dayanıklılığını olumsuz etkiler.
- **Çözüm:**
 - Dökülecek betonun miktarına ve eleman tipine uygun sayıda, çapta ve kapasitede, çalışır durumda (yedekli) vibratör şantiyede hazır bulundurulmalıdır.
 - Vibrasyon işlemi, eğitimli personel tarafından standartlarda belirtilen doğru tekniklerle (daldırma aralığı, süresi, çekme hızı vb.) yapılmalıdır.
 - Aşırı vibrasyondan da kaçınılmalıdır, bu durum ayrışmaya neden olabilir.

- **Kalıp Hazırlığının Eksikliği:**

- **Hata:** Kirli, yeterince sağlam olmayan, sızdıran veya uygun şekilde yağlanmamış kalıplar, betonun yüzey kalitesini bozar, eleman boyutlarında ve dolayısıyla hacimde sapmalara neden olur, şerbet kaybına yol açarak dayanımı düşürür ve kalıbın sökülmesini zorlaştırır.
- **Çözüm:**
 - Kalıplar her kullanımdan önce temizlenmeli, yüzeyleri uygun bir kalıp yağı ile ince bir tabaka hâlinde yağlanmalıdır.
 - Kalıpların birleşim yerleri sızdırmaz olmalı, taze betonun basıncına dayanacak şekilde sağlam ve stabil olarak desteklenmelidir. Kendiliğinden yerleşen betonlar için bu duruma özellikle hassasiyet gösterilmelidir.
 - Paspayı elemanları doğru yerleştirilerek donatının koruyucu beton örtüsü sağlanmalıdır.

- **Zamanında ve Yeterli Kür Yapılmaması:**

- **Hata:** Betonun erken yaşta hızla su kaybetmesine, hidrasyonun durmasına veya yavaşlamasına neden olur. Sonuç olarak, beton beklenen dayanıma ulaşamaz, yüzeyinde plastik rötre ve kuruma rötresi çatlakları oluşur, tozumaya başlar ve dayanıklılığı azalır.
- **Çözüm:**
 - Beton yüzeyi parlaklığını kaybeder kaybetmez (terleme suyu buharlaştıktan sonra) kür işlemine başlanmalı ve standartlarda belirtilen minimum süre boyunca (genellikle en az 3-7 gün) kesintisiz olarak devam edilmelidir.
 - Hava koşullarına (sıcaklık, nem, rüzgâr) ve yapı elemanının tipine uygun bir kür

yöntemi (su ile kür, kimyasal kür bileşikleri, su geçirmez örtüler) seçilmelidir.

- **Yanlış Beton Sınıfı veya Özelliği Siparişi:**

- **Hata:** Projenin yapısal veya dayanıklılık gereksinimlerini karşılamayan (örneğin, olması gerekenden farklı basınç dayanım sınıfı, yanlış çevresel etki sınıfı, uygun olmayan D_{maks} veya kıvam) beton sipariş edilmesi.
- **Çözüm:**
 - Sipariş öncesinde proje detayları (statik hesaplar, zemin etüt raporu, mimari çizimler, yapının maruz kalacağı çevresel koşullar) dikkatlice incelenmeli ve doğru beton özellikleri tanımlanmalıdır.
 - Şüpheli durumda, proje müellifi veya uzman bir mühendisten görüş alınmalıdır.

- **Yanlış D_{maks} Seçimi:**

- **Hata:** Özellikle sık donatılı kesitlerde veya dar kalıplarda, D_{maks} 'ın gerekenden büyük seçilmesi, agreganın donatı aralarından geçememesine, betonun yerleşememesine ve boşlukların oluşmasına neden olur.
- **Çözüm:** D_{maks} seçimi, standartlarda belirtilen kurallara (kalıp en dar boyutu, döşeme kalınlığı, donatı aralığı, paspayı) uygun olarak yapılmalıdır. Gerekirse daha küçük D_{maks} değerine sahip veya kendiliğinden yerleşen beton gibi özel betonlar tercih edilmelidir.

- **Teslimat Süresinin Aşılması veya Şantiyede Uzun Süre Bekletme:**

- **Hata:** Betonun transmikserde standartlarda belirtilen süreden (genellikle 2 saat) daha uzun süre kalması veya şantiyede dökülmeden önce uzun süre bekletilmesi, kıvam kaybına, priz başlangıcına ve özelliklerinin bozulmasına yol açar.
- **Çözüm:**
 - Döküm programı, betonun teslim alınacağı saat ve döküm hızı dikkatlice planlanmalı, üretici firma ile iyi bir koordinasyon sağlanmalıdır.
 - Şantiyeye gelen betonun irsaliyesindeki "yükleme saati" (su ve çimentonun ilk temas anı) mutlaka kontrol edilerek betonun yaşı teyit edilmelidir.

- **Dayanıklılık Sorunlarına Yol Açan Yanlış Siparişler:**

- **Hata:** Betonun maruz kalacağı çevresel etkilerin (karbonatlaşma, sülfat atağı, klorür atağı, donma-çözülme, ASR vb.) doğru analiz edilmemesi ve buna uygun çevresel etki sınıfının siparişte belirtilmemesi. Bu durum, yanlış su/çimento oranı, yanlış çimento tipi veya yetersiz mineral katkı kullanımına yol açarak betonun erken yaşta bozulmasına neden olabilir.
- **Çözüm:** Çevresel etki sınıfları titizlikle belirlenmeli ve siparişte mutlaka belirtilmelidir. TS 13515 Ek F'de bu sınıflara karşılık gelen beton karışım sınırlarına (en yüksek S/Ç oranı, en düşük dayanım sınıfı, en düşük eşdeğer çimento miktarı, uygun çimento ve

katkı tipleri) uyulmalıdır.

Bu hataların ve çözümlerinin bilinmesi hem sipariş verenlerin hem de uygulayıcıların daha bilinçli hareket etmesini sağlayarak, beton kalitesini ve yapı ömrünü artıracaktır.

5.2. Anormal Hava Koşullarında (Sıcak/Soğuk) Beton Dökümünde Dikkat Edilecekler

Hava koşulları, taze betonun özelliklerini, priz süresini, dayanım gelişimini ve sertleşmiş betonun nihai kalitesini önemli ölçüde etkileyebilir. Bu nedenle, beton dökümü planlanırken ve sipariş verilirken beklenen hava koşulları mutlaka dikkate alınmalı ve gerekli önlemler hem beton karışımında hem de şantiye uygulamasında alınmalıdır. Bu, betonun kalitesini ve performansını olumsuz hava koşullarına rağmen korumak için proaktif bir yaklaşımdır.

5.2.1. Soğuk Havada Beton Dökümü (Ortam Sıcaklığının Genellikle +5°C'nin Altına Düştüğü veya Düşme Riski Olduğu Durumlar):

Soğuk hava, çimentonun hidratasyon reaksiyonunu yavaşlatır, bu da betonun priz süresinin uzamasına ve dayanım kazanım hızının düşmesine neden olur. Eğer taze beton donarsa, içindeki suyun genleşmesi sonucu yapısında kalıcı hasarlar oluşabilir.

Sipariş Aşamasında Dikkat Edilecekler:

- **Taze Beton Sıcaklığı:** Üreticiden, betonun şantiyeye teslim anındaki sıcaklığının standartlarda belirtilen minimum değerinin altına düşmemesi talep edilmelidir. Gerekirse üreticinin karışım suyunu veya agregaları ısıtması istenebilir.
- **Çimento Tipi:** Erken dayanımı yüksek çimentolar (örn: CEM I 42,5 R veya CEM II/A 52,5 R) tercih edilebilir.
- **Kimyasal Katkılar:**
 - **Priz Hızlandırıcı Katkı:** Priz süresini kısaltmak ve erken dayanım kazanımını hızlandırmak için, klorür içermeyen priz hızlandırıcı katkıların kullanılması siparişte belirtilebilir.
 - **Antifiriz Katkı:** Çok düşük sıcaklıklarda betonun donma noktasını düşürmek için kullanılabilir, ancak bu tür katkıların kullanımı dikkatli değerlendirilmelidir.
 - **Hava Sürükleyici Katkı:** Eğer beton donma-çözülme etkisine maruz kalacaksa (XF sınıfları), özellikle açık saha betonları için hava sürükleyici katkı mutlaka talep edilmelidir.

Şantiye Uygulamasında Dikkat Edilecekler:

- Döküm yapılacak zemin ve kalıpların donmuş olmaması, kar ve buzdan arındırılmış olması sağlanmalıdır. Gerekirse kalıplar ısıtılabilir.
- Beton döküldükten sonra, belirli bir süre (genellikle en az 3-7 gün) ve belirli bir minimum dayanıma (4 MPa) ulaşana kadar don etkisinden korunmalıdır. Bu, yalıtımlı kalıplar, ısıtıcılar, rüzgâr kırıcılar veya beton yüzeyinin uygun yalıtım malzemeleri (naylon, branda, saman vb.) ile örtülmesiyle sağlanabilir.
- Betonun sıcaklığı düzenli olarak kontrol edilmelidir.

- Kalıp sökme süreleri, soğuk hava nedeniyle yavaşlayan dayanım kazanımı dikkate alınarak uzatılmalıdır.
- TS 1248 "Betonun Hazırlanması, Dökümü ve Bakımı Kuralları - Anormal Hava Şartlarında" standardındaki hükümlere uyulmalıdır.

5.2.2. Sıcak Havada Beton Dökümü (Ortam Sıcaklığının Genellikle +30°C'nin Üzerine Çıktığı, Düşük Nemli ve/veya Rüzgârlı Koşullar):

Sıcak hava, taze betonun suyunun hızla buharlaşmasına, kıvam kaybına, priz süresinin kısalmasına ve plastik rötre çatlaklarının oluşmasına neden olabilir. Ayrıca, yüksek hidratasyon ısı nedeniyle termal çatlak riski de artabilir.

Sipariş Aşamasında Dikkat Edilecekler:

- **Taze Beton Sıcaklığı:** Üreticiden, betonun şantiyeye teslim anındaki sıcaklığının belirli bir maksimum değeri aşmaması talep edilebilir. Bu, karışım suyunun soğutulması, agregaların gölgelenmesi veya ıslatılması, gece üretimi gibi önlemlerle sağlanabilir.
- **Çimento Tipi:** Düşük hidratasyon ısı çimentolar (örn: CEM II/B-M, CEM III) veya mineral katkı (uçucu kül, cüruf) çimentolar tercih edilebilir.
- **Kimyasal Katkılar:**
 - **Priz Geciktirici Katkı:** İşlenebilirlik süresini uzatmak, kıvam kaybını yavaşlatmak ve soğuk derz riskini azaltmak için priz geciktirici katkıların kullanılması siparişte belirtilebilir.
 - **Süperakışkanlaştırıcı Katkı:** Daha düşük su/çimento oranı ile yüksek işlenebilirlik elde etmek ve su ihtiyacını azaltmak için kullanılabilir.

Şantiye Uygulamasında Dikkat Edilecekler:

- Döküm yapılacak zemin, kalıplar ve donatılar önceden nemlendirilerek (ancak su birikintisi oluşturmadan) taze betondaki suyun emilmesi önlenmelidir.
- Beton dökümü, günün daha serin saatlerinde (sabah erken veya akşam geç) planlanmalıdır.
- Beton, teslim alındıktan sonra mümkün olan en kısa sürede yerleştirilmeli ve sıkıştırılmalıdır.
- Rüzgârın etkisini azaltmak için rüzgâr kırıcılar kullanılabilir.
- Beton yüzeyi, dökümden hemen sonra (terleme suyu kaybolur kaybolmaz) kurumaya karşı korunmalı ve kür işlemine derhal başlanmalıdır. Su ile kür, kimyasal kür malzemeleri veya su geçirmez örtüler kullanılabilir. Kür süresi uzatılmalı ve etkinliği sürekli kontrol edilmelidir. Su ile kürlemede sabah-akşam sulamanın etkili olduğu söylenemez. Özellikle ilk 7 gün boyunca yapı elemanı sürekli ıslak kalmalıdır.
- Plastik rötre çatlaklarını önlemek için yüzey masterlaması dikkatli yapılmalı ve

gerekirse ikinci mastarlama yapılarak ilave koruyucu önlemler alınmalıdır.

- TS 1248 standardındaki hükümlere uyulmalıdır.

Her iki durumda da hava koşullarının beton kalitesi üzerindeki olası etkileri önceden değerlendirilmeli ve hem sipariş hem de uygulama aşamalarında proaktif önlemler alınmalıdır. Bu, betonun potansiyel performansını sahada gerçekleştirmesini ve yapının uzun ömürlü olmasını sağlayacaktır.

5.3. Üretici Seçimi ve Kalite Güvencesi

Hazır betonun kalitesi, sadece doğru sipariş verilmesi ve şantiyede iyi uygulanmasıyla değil, aynı zamanda betonun üretildiği tesisin teknik yeterliliği, kalite yönetim sistemi ve güvenilirliği ile de yakından ilişkilidir. Güvenilir ve kaliteli bir beton üreticisi seçmek, projenin genel başarısı ve yapı güvenliği için kritik bir öneme sahiptir. Bu seçim, sadece birim fiyata odaklanmak yerine, üreticinin sunduğu toplam kalite ve hizmeti değerlendiren kapsamlı bir yaklaşımla yapılmalıdır.

Üretici seçiminde dikkat edilmesi gereken temel hususlar ve kalite güvencesi mekanizmaları aşağıda belirtilmektedir:

- **Yasal Uygunluk ve Belgeler:**

- **"G" Uygunluk Belgesi:** Türkiye'de hazır beton üreticilerinin yasal olarak faaliyet gösterebilmeleri için, ürettikleri beton sınıflarını kapsayan geçerli bir "G" Uygunluk Belgesine sahip olmaları zorunludur. Bu belge, ürünün ilgili standartlara (TS EN 206 ve TS 13515) uygun olarak üretildiğini ve temel güvenlik gereklerini karşıladığını gösterir. Sipariş vermeden önce üreticinin "G" belgesi ve kapsamı mutlaka kontrol edilmelidir.

- **Teknik Yeterlilik ve Tesis İmkânları:**

- **Tesis Donanımı:** Beton santralının modern ve bakımlı olması, bileşenlerin (çimento, agrega, su, katkı) doğru ve hassas bir şekilde tartılmasını sağlayan kalibre edilmiş tartım sistemlerine sahip olması önemlidir.
- **Laboratuvar İmkânları:** Üreticinin kendi bünyesinde ve anlaşmalı olduğu akredite bir laboratuvarı, ham maddelerin ve üretilen betonun düzenli olarak testlerini yapabilme kapasitesine sahip olması gerekir.
- **Personel Yetkinliği:** Tesiste, TS 13515'te tanımlanan niteliklere sahip bir yetkin personelin bulunması ve üretim ile kalite kontrol süreçlerini yönetmesi önemlidir.

- **Kurumsal Güvenilirlik ve Referanslar:**

- **THBB Üyeliği ve Kalite Güvence Sistemi (KGS) Denetimi:** Kalite Güvence Sistemi (KGS), THBB tarafından 1995 yılında kurulmuş olan örnek bir sektörel öz denetim sistemidir. THBB üyeliği ve KGS denetiminden geçmiş olması, üreticinin sektördeki kalite standartlarına ve etik kurallara uyum sağladığının bir göstergesidir. KGS, üye tesislerin standartlara uygunluğunu düzenli olarak denetleyen bir sistemdir. THBB

üyeliği için KGS belgesi bir ön şarttır. THBB üyesi firmalar ve ürettiği betonlar daha sık ve doğru bir şekilde denetlenmektedir. Beton tedarik firması seçiminde bu husus gözetilmelidir.

- **Referanslar:** Üreticinin daha önce hizmet verdiği projeler, müşteri memnuniyeti ve sektördeki itibarı hakkında bilgi edinmek faydalıdır.
- **Transmikser ve Pompa Filosu:** İşin büyüklüğüne ve döküm hızına uygun sayıda ve kapasitede transmikser ve beton pompasına sahip olması veya temin edebilmesi, işin aksamadan yürümesi için önemlidir.

6. Farklı Yapı Tipleri ve Özel Projeler İçin Beton Siparişi

Her yapının ve her projenin kendine özgü gereksinimleri vardır. Standart bir konut yapısıyla, büyük bir köprü veya agresif kimyasallara maruz kalacak bir endüstriyel tesis için talep edilecek beton özellikleri doğal olarak farklılık gösterecektir. Bu bölümde, bazı yaygın yapı tipleri ve özel proje koşulları için beton siparişinde dikkat edilmesi gereken temel hususlar, ilgili çevresel etki sınıfları ve performans beklentileri ele alınacaktır.

6.1. Konut Yapıları

Konut yapıları, en yaygın inşaat türlerinden biridir ve genellikle standart basınç dayanım sınıfları (örneğin, projenin kat adedine, açıklıklarına ve deprem bölgesine göre C20/25, C25/30, C30/37, C35/45 gibi) ve yaygın çevresel etki sınıfları (özellikle XC serisi) kullanılır.

- **Temel Betonları:** Zemin etüt raporu sonuçlarına göre, zeminde sülfat veya diğer agresif kimyasalların varlığı durumunda ilgili XA sınıfı için önlemler alınmalı ve uygun çimento tipi (örneğin, sülfata dayanıklı çimento) veya TS 13515'te belirtilen mineral katkılı beton talep edilmelidir. Yeraltı suyu seviyesi yüksekse veya temel sürekli ıslak kalacaksa XC2 veya XC3 gibi etki sınıfları dikkate alınmalıdır. Kalın radye temel betonlarının dökümü önceden çalışılmış bir plan dâhilinde yapılmalıdır.
- **Dış Cephe Elemanları (Kolon, Perde, Döşeme):** Yağmura, neme ve bölgenin iklim koşullarına (donma-çözülme, sıcaklık farkları) maruz kalacakları için uygun XC ve XF sınıfları seçilmelidir. Örneğin, sık sık ıslanıp kuruyan ve donma riski olan bir bölgedeki dış kolon için XC4 ve XF1 (veya daha ağır) etki sınıfları birlikte değerlendirilmelidir. Özellikle uzun ve rijit perde elemanlarda (bodrum kat perdesi, havuz ve su deposu perdeleri, vb.) istenmeyen kısıtlanmış rötre çatlaklarına maruz kalınmaması için uygun dilatasyon aralıklarına ve alınabilecek diğer önlemlere dikkat edilmeli, proje müellifine danışılmalıdır.
- **İç Mekân Elemanları:** Genellikle daha az agresif koşullara maruz kalırlar. Kuru iç ortamlardaki elemanlar için XC1 sınıfı yeterli olabilir. Islak hacimlerde (banyo, mutfak) ise nem durumu dikkate alınmalıdır.
- **D_{maks} ve Kıvam Seçimi:** Konut yapılarında genellikle standart donatı sıklıkları bulunur. Ancak, özellikle perdelerde, sık donatılı kolon birleşim bölgelerinde veya ince kesitli elemanlarda D_{maks}'ın (genellikle 16 mm veya 22,4 mm) ve kıvamın (genellikle S3 veya S4)

doğru seçilmesi, betonun yerleşebilirliği açısından önemlidir.

- **Genel Yaklaşım:** Konut yapılarında maliyet etkinliği önemli bir faktör olmakla birlikte, özellikle yapının taşıyıcı sistemi ve dış etkilere açık elemanlarında sadece basınç dayanımına odaklanıp dayanıklılıkla ilgili çevresel etki sınıflarını ihmal etmek, yapının servis ömrünü kısaltabilecek ve ileride pahalı onarımlara yol açabilecek yaygın bir hatadır. TS EN 206 ve TS 13515'in temel gerekliliklerine (doğru etki sınıfı, buna uygun S/Ç oranı, minimum çimento içeriği vb.) titizlikle uyulmalıdır.

Konut yapılarında dâhi, yapının bulunduğu coğrafi konum (deniz kenarı, dağlık bölge vb.), zemin özellikleri ve mimari detaylar, standart yaklaşımların ötesinde özel dikkat gerektiren durumlar ortaya çıkarabilir. Bu nedenle, her proje kendi özelinde değerlendirilmeli ve beton siparişi buna göre yapılmalıdır.

6.2. Köprüler ve Ulaşım Yapıları

Köprüler, viyadükler, tüneller gibi ulaşım yapıları, genellikle zorlu çevresel koşullara maruz kalan, uzun servis ömrü beklenen ve yüksek güvenlik standartları gerektiren kritik mühendislik yapılarıdır. Bu nedenle, bu tür yapılarda kullanılacak betonun hem yüksek dayanıma hem de üstün dayanıklılığa sahip olması esastır. Beton siparişi, bu özel ihtiyaçları karşılayacak şekilde son derece detaylı ve titiz bir şekilde yapılmalıdır.

- **Yüksek Dayanım ve Dayanıklılık:** Genellikle C30/37 sınıfından başlayarak C50/60 ve üzeri yüksek dayanımlı beton sınıfları tercih edilir. Ancak dayanıklılık, en az dayanım kadar, hatta daha da önemlidir.
- **Önemli Çevresel Etki Sınıfları:**
 - **XF (Donma-Çözülme):** Özellikle soğuk iklimlerde ve dağlık bölgelerde köprü tabliyeleri, ayakları ve diğer elemanları için kritik bir etkidir. Buz çözücü tuzların (sodyum klorür, kalsiyum klorür vb.) kullanıldığı bölgelerde XF2 veya XF4 sınıfları geçerlidir ve bu durum, betonun hava sürükleyici katkı içermesini ve çok düşük S/Ç oranına sahip olmasını gerektirir.
 - **XD (Klorür Etkisi - Deniz Suyu Dışı):** Buz çözücü tuzların kullanımı, donatı korozyonu açısından XD3 gibi agresif bir etki sınıfını gündeme getirir.
 - **XS (Klorür Etkisi - Deniz Suyu):** Deniz üzerindeki veya kıyıya çok yakın köprülerde, deniz suyundan veya tuz serpintisinden kaynaklanan klorür iyonları nedeniyle XS1, XS2 veya XS3 sınıfları uygun olmaktadır. Bu durum, çok düşük S/Ç oranı, yüksek paspayı ve gerekirse korozyon inhibitörü katkıları veya paslanmaz donatı gibi ek önlemler gerektirebilir.
 - **XC (Karbonatlaşma):** Diğer etkilere ek olarak, özellikle yoğun trafik altındaki tünellerde veya şehir içindeki köprülerde karbonatlaşma riski de (XC3, XC4) dikkate alınmalıdır.
 - **XA (Kimyasal Etki):** Agresif zemin veya yeraltı suyu koşullarında (örneğin, sülfatlı zeminler) köprü temelleri için XA sınıfları değerlendirilmelidir.

- **XM (Mekanik Aşınma):** Köprü tabliyeleri gibi trafik yüküne maruz yüzeyler için aşınma direnci (XM sınıfları) önemli olabilir.
- **Beton Özellikleri İçin Temel Prensipler:**
 - **Düşük Su/Çimento Oranı:** Geçirgenliği azaltmak ve dayanıklılığı artırmak için genellikle 0,40-0,45 veya daha düşük S/Ç oranları hedeflenir.
 - **Yeterli Bağlayıcı İçeriği:** Standartlarda ilgili etki sınıfları için belirtilen minimum çimento veya bağlayıcı (çimento + mineral katkı) miktarlarına uyulmalıdır.
 - **Uygun Çimento Tipi:** Sülfat direnci için SDÇ, ASR riskine karşı düşük alkali çimento, klorür direncini artırmak için mineral katkılı (özellikle cüruf veya silis dumanı) çimentolar tercih edilebilir.
 - **Hava Sürükleyici Katkı:** XF2, XF3 ve XF4 etki sınıfları için gereklidir.
 - **Mineral Katkılar:** Silis dumanı, uçucu kül, öğütülmüş granüle yüksek fırın cürufu gibi mineral katkılar, betonun geçirgenliğini azaltarak klorür ve sülfat direncini artırabilir, ASR riskini düşürebilir ve uzun vadeli dayanım gelişimine katkıda bulunabilir. k-değeri kavramı burada etkin bir şekilde kullanılır.
 - **Çatlak Kontrolü:** Rötire (büzülme) çatlaklarını sınırlamak için düşük rötreli beton karışımları, uygun kür yöntemleri ve gerekirse lif takviyesi (özellikle plastik rötire için) düşünülebilir.
- **Özel İdare Şartnameleri:** Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM) gibi kurumların, kendi projelerinde kullanılacak betonlar için standartların ötesinde ek veya daha sıkı gereklilikler içeren özel teknik şartnameleri olabilir. Bu şartnameler, beton siparişinde mutlaka dikkate alınmalıdır.

Köprüler ve benzeri ulaşım yapıları, toplum için hayati öneme sahip yatırımlardır. Bu nedenle, beton seçiminde ve siparişinde en ufak bir ihmal veya hata kabul edilemez. Proje ömrü boyunca beklenen performansı sağlayacak, dayanıklı ve güvenli bir betonun temini için standartlara ve iyi mühendislik uygulamalarına tam uyum esastır.

6.3. Endüstriyel Tesisler ve Özel Mühendislik Yapıları

Endüstriyel tesisler (kimya fabrikaları, rafineriler, gıda işleme tesisleri, arıtma tesisleri vb.), enerji santralleri, barajlar, liman yapıları gibi özel mühendislik yapıları, genellikle standart binalarda karşılaşılmayan, çok çeşitli ve çoğu zaman agresif çevresel, kimyasal, termal veya mekanik etkilere maruz kalabilirler. Bu nedenle, bu tür yapılarda kullanılacak betonun seçimi ve siparişi, projenin benzersiz gereksinimlerini tam olarak karşılayacak şekilde, son derece spesifik ve dikkatli bir analiz sonucunda yapılmalıdır. Tek tip bir beton çözümü bu tür projeler için genellikle yetersiz kalır; adeta terzi dikimi bir yaklaşım gereklidir.

- **Maruz Kalınacak Özel Koşulların Detaylı Analizi:**
 - **Kimyasal Etkiler (XA Sınıfları):** Tesisin türüne bağlı olarak beton, çok çeşitli asitlere, bazlara, solventlere, tuzlara, organik bileşiklere veya endüstriyel atık sulara maruz

kalabilir. Bu kimyasalların türü, konsantrasyonu ve temas süresi, uygun XA sınıfının belirlenmesinde ve beton için gerekli koruyucu önlemlerin (özel çimento tipleri, yüksek yoğunluklu/düşük geçirimli beton, koruyucu kaplamalar, astarlar vb.) seçilmesinde kritiktir. Örneğin, bir endüstriyel atık su arıtma tesisi veya hayvan yemi siloları XA3 gibi yüksek derecede zararlı kimyasal ortamlara örnek olarak verilebilir.

- **Mekanik Aşınma Etkileri (XM Sınıfları):** Fabrika zeminleri, yükleme-boşaltma alanları, malzeme taşıma yolları gibi bölgeler ağır forklift trafiği, düşen malzemeler veya aşındırıcı partiküller nedeniyle yoğun mekanik aşınmaya maruz kalabilir. Bu durumda, XM1, XM2 veya XM3 sınıflarına uygun, yüksek aşınma direncine sahip betonlar veya yüzey sertleştiricili uygulamalar gerekebilir. Yüzey sertleştirici uygulamalarında farklı talepler olabilir, beton üreticisi ile mutlaka iletişim kurulmalıdır.
- **Yüksek Sıcaklık Etkileri:** Fırın temelleri, bacalar, bazı endüstriyel proses ekipmanlarının kaideleri gibi yapılar sürekli veya aralıklı olarak yüksek sıcaklıklara maruz kalabilir. 250°C'ye kadar sıcaklıklara maruz kalacak betonlarda kullanılacak agregaların uygunluk deneylerinin yapılması ve gerekirse yangına karşı direnci artırmak için polimer liflerin (örneğin, polipropilen) kullanılması değerlendirilebilir. Daha yüksek sıcaklıklar için refrakter betonlar gibi özel betonlar gerekebilir.
- **Donma-Çözülme Etkileri (XF Sınıfları):** Açık hava tankları, soğutma kuleleri veya soğuk iklimlerdeki endüstriyel yapılar donma-çözülme etkisine maruz kalabilir.
- **Ağır ve Dinamik Yükler:** Büyük makine temelleri, vinç yolları gibi yapılar yüksek statik ve dinamik yüklere maruz kalır. Bu durum, yüksek dayanımlı betonların yanı sıra yorulma direncini de dikkate almayı gerektirebilir.

• Beton Siparişinde Dikkat Edilecek Özel Hususlar:

- **Çimento Tipi:** Maruz kalınacak kimyasal etkiye göre katkılı çimento tipleri seçilmelidir.
- **Agrega Seçimi:** Kimyasal olarak inert, düşük su emmeli ve yüksek dayanımlı agregalar tercih edilmelidir. Yüksek sıcaklığa maruz kalacaksa, agregaların termal genleşme özellikleri ve stabilitesi önemlidir.
- **Su/Çimento Oranı:** Geçirgenliği en aza indirmek ve kimyasal direnci artırmak için mümkün olan en düşük S/Ç oranı hedeflenmelidir.
- **Mineral Katkılar:** Silis dumanı, uçucu kül, metakaolin gibi mineral katkıları, betonun yoğunluğunu artırarak, geçirgenliğini azaltarak ve kimyasal direncini yükselterek önemli faydalar sağlayabilir.
- **Kimyasal Katkılar:** Süperakışkanlaştırıcılar (düşük S/Ç oranı ile işlenebilirlik için), korozyon inhibitörleri, su geçirimsizlik katkıları gibi özel amaçlı katkıları gerekebilir.
- **Lif Takviyesi:** Çatlak kontrolü, darbe direnci veya yüksek sıcaklıkta dökülmeyi önlemek için çelik, polipropilen veya diğer sentetik lifler kullanılabilir.

- **Su Altı Beton Dökümü:** Bazı liman veya temel yapılarında su altında beton dökümü gerekebilir. Bu durumda, betonun ayrışmasını önlemek için kohezif, kendiliğinden yayılan veya anti-washout (yıkanmayı önleyici) katkı, özel bir karışım tasarımı gerekir. TS 13515, su altında dökülecek beton için minimum S/Ç oranı ($\leq 0,55$) ve minimum bağlayıcı içeriği (en az 350 kg/m³) gibi özel gerekler belirtir.
- **Yüksek Dayanımlı Beton (>C55/67):** Bazı özel mühendislik yapıları için çok yüksek dayanımlı betonlar gerekebilir. Bu tür betonların üretimi ve kalite kontrolü özel uzmanlık gerektirir ve TS 13515'e göre bir "kalite planı" oluşturulmasını ve imalat kontrolünün daha sıkı yapılmasını gerektirebilir.
- **Proje Spesifikasyonları ve Uzman Danışmanlığı:** Endüstriyel tesisler ve özel mühendislik yapıları için beton siparişi, genellikle detaylı proje spesifikasyonlarına dayanır. Bu spesifikasyonlar, maruz kalınacak tüm etkileri ve beklenen performans kriterlerini tanımlamalıdır. Karmaşık veya çok agresif koşullar için, beton teknolojisi konusunda uzman bir danışmandan destek almak faydalı olabilir.

Bu tür projelerde betonun maliyeti, toplam proje maliyeti içinde küçük bir paya sahip olsa da betonun performansı yapının güvenliği, işletme verimliliği ve ömrü üzerinde doğrudan ve büyük bir etkiye sahiptir. Bu nedenle, beton seçimi ve siparişi konusunda hiçbir taviz verilmemeli ve en yüksek kalite standartları hedeflenmelidir.

6.4. Zorlu Çevre Koşullarına Maruz Kalacak Betonlar

Önceki alt başlıklarda farklı yapı tipleri özelinde değinilen zorlu çevre koşulları (XA kimyasal etki, XF donma-çözülme, XD/XS klorür etkisi vb.), betonun dayanıklılığı açısından en kritik faktörlerdir. Bu bölümde, bu tür agresif etkilere maruz kalacak betonların siparişinde dikkat edilmesi gereken genel prensipler ve beton özellikleri daha bütüncül bir bakış açısıyla özetlenecektir. Betonun zorlu koşullara dayanımı, tek bir özelliğe değil, doğru malzeme seçimi, uygun karışım oranları ve kaliteli uygulama gibi birçok faktörün bir araya gelmesine bağlıdır. Sipariş aşamasında bu bütüncül yaklaşımın benimsenmesi, uzun vadeli performansı garantilemenin anahtarıdır.

- **Temel Prensip: Doğru Çevresel Etki Sınıfının Belirlenmesi ve Sınır Değerlere Uyum:**
 - Herhangi bir zorlu koşula karşı dayanıklı beton tasarımının ilk adımı, betonun maruz kalacağı tüm çevresel etkilerin (kimyasal, fiziksel, mekanik) doğru bir şekilde analiz edilmesi ve bunlara karşılık gelen TS EN 206 etki sınıflarının (XA, XF, XD, XS, XM vb.) projelendirilme aşamasında eksiksiz olarak belirlenmesidir.
 - Bu etki sınıfları belirlendikten sonra, TS 13515 Ek F'de (veya ilgili özel şartnamelerde) bu sınıflar için tanımlanan sınır değerlere (en yüksek su/çimento oranı, en düşük basınç dayanım sınıfı, en az bağlayıcı içeriği, uygun çimento ve mineral katkı tipleri) beton üreticisi tarafından titizlikle uyulması zorunludur. Bu sınır değerler, betonun o spesifik etkiye karşı minimum direncini sağlamak üzere belirlenmiştir.
- **Su/Çimento Oranının Düşük Tutulması:** Betonun dayanıklılığını etkileyen en önemli

faktörlerden biri, su/çimento oranıdır. Düşük S/Ç oranı, daha yoğun, daha az boşluklu ve dolayısıyla daha az geçirgen bir beton matrisi oluşturur. Bu da zararlı maddelerin (klorür, sülfat, karbondioksit vb.) beton içine nüfuz etmesini zorlaştırır ve donma-çözülme direncini artırır. Zorlu koşullar için genellikle 0,40-0,45 aralığında veya daha düşük S/Ç oranları hedeflenir.

- **Yeterli Bağlayıcı Miktarı ve Uygun Çimento Tipi:**

- Betonun yeterli işlenebilirliğe ve yoğunluğa sahip olması için minimum bir bağlayıcı (çimento + mineral katkı) miktarı gereklidir. Bu miktar, TS 13515 Ek F'de etki sınıflarına göre belirtilir.
- Çimento tipi, maruz kalınacak etkiye göre seçilmelidir. Örneğin:
 - **Sülfat Etkisi (XA):** Sülfata dayanıklı çimentolar (SDÇ) veya belirli oranlarda yüksek fırın cürufu ya da uçucu kül içeren çimentolar.
 - **Klorür Etkisi (XD, XS):** Pozolanik özellikli mineral katkı (silis dumanı, uçucu kül, cüruf) içeren çimentolar, klorür iyonlarının bağlanmasına ve geçirgenliğin azalmasına yardımcı olabilir.
 - **Donma-Çözülme Etkisi (XF):** Özel bir çimento tipi gerektirmeyebilir, ancak hava sürükleyici katkı ve düşük S/Ç oranı esastır.
 - **Alkali-Silika Reaksiyonu (ASR) Riski:** Düşük alkali içerikli çimentolar veya ASR'yi baskılayan mineral katkılar (belirli oranlarda uçucu kül, cüruf, silis dumanı) tercih edilmelidir.

- **Hava Sürükleyici Katkıların Kullanımı:** Donma-çözülme etkisine (özellikle XF2, XF3, XF4 sınıfları) maruz kalacak betonlarda, hava sürükleyici kimyasal katkıların kullanılması, beton içinde mikroskobik, birbirinden bağımsız ve düzgün dağılmış hava kabarcıkları oluşturarak donan suyun genleşmesi için hacim sağlar ve içsel hasarı önler. Hava içeriği genellikle %4-6 aralığında hedeflenir. Bu durumda beton basınç dayanımı olumsuz etkilenebilir, bu husus dikkate alınmalıdır.

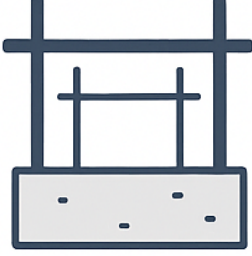
- **Mineral Katkıların (Tip II Katkılar) Rolü:**

- **Silis Dumanı:** Çok ince taneli bir pozolanik malzemedir. Betonun basınç dayanımını, yoğunluğunu ve kimyasal direncini (özellikle klorür ve sülfat) önemli ölçüde artırır, geçirgenliği azaltır. k-değeri genellikle 1,0 ila 2,0 arasındadır. Ülkemizde temini zor olup, uygulaması da özen gerektirir.
- **Uçucu Kül:** Termik santrallerin bir yan ürünüdür. Pozolanik aktivite göstererek betonun uzun vadeli dayanımını ve dayanıklılığını artırır, hidrasyon ısını düşürür, sülfat direncini ve ASR direncini iyileştirebilir. k-değeri genellikle 0,4 civarındadır. Ülkemizde bol miktarda bulunmaktadır. Kimyasal bileşimine dikkat edilmelidir.
- **Öğütülmüş Granüle Yüksek Fırın Cürufu:** Demir üretiminin bir yan ürünüdür. Çimento ile birlikte kullanıldığında betonun sülfat direncini, klorür direncini ve ASR direncini artırır, hidrasyon ısını düşürür. k-değeri kullanım oranına ve çimento

tipine göre değişir (örneğin, CEM I ile %100'e kadar kullanımda 0,8).

- **Alkali-Silika Reaksiyonu (ASR) Risk Yönetimi:**
 - Eğer kullanılacak agregaların reaktif silika içerdiği biliniyorsa veya şüpheleniliyorsa, ASR riskini yönetmek için önlemler alınmalıdır. Bu önlemler arasında:
 - Reaktif olmayan agregaya kaynaklarının tercih edilmesi.
 - Düşük alkali içerikli çimento kullanılması.
 - Betondaki toplam alkali miktarının (normal reaktif agregaya kullanıldığında 3,5 kg/m³ Na₂O eşdeğeri olarak) sınırlandırılması.
 - ASR'yi baskılayıcı etkisi kanıtlanmış mineral katkıların (belirli oranlarda uçucu kül, cüruf, silis dumanı) uygun oranlarda kullanılması.
- **Kaliteli Uygulama:** En iyi tasarlanmış ve üretilmiş beton bile, şantiyede kötü uygulanırsa (yanlış yerleştirme, yetersiz sıkıştırma, ihmal edilen kür) beklenen dayanıklılığı gösteremez.

Beton Siparişinde ve Saha Uygulamasında Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar



Kalıp ve demir işleri bitmeden sipariş vermeyiniz.



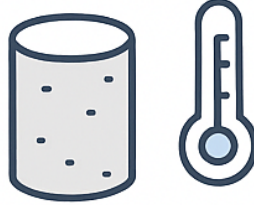
Sipariş vermeden önce hava durumunu mutlaka kontrol ediniz.



Beton metrajını kontrol edip sipariş veriniz.



Beton teslimatı esnasında irsaliyeyi kontrol ediniz.

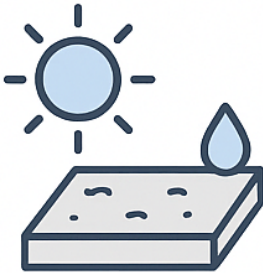


20±5°C

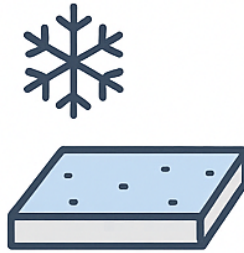
Taze beton numunelerini sahada 16-72 saat boyunca 20±5°C'de muhafaza ediniz.



Şantiyede betona su ilave edilmesine asla izin vermeyiniz. Redoz katkı ilavesini tercih ediniz.



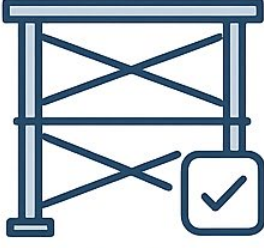
Sıcak havalarda beton yüzeyini en az 5 gün sürekli nemli tutunuz.



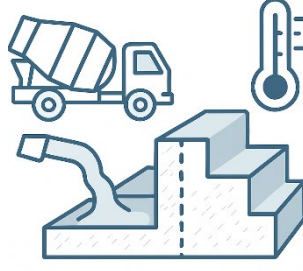
Soğuk havalarda betonu en az ilk 24 saat dondan koruyunuz.



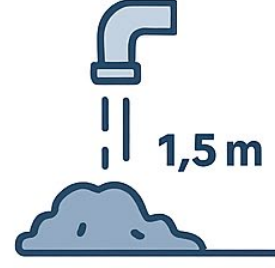
Döküm öncesi kalıplarınızı temizleyiniz ve gerekli ise nemlendiriniz.



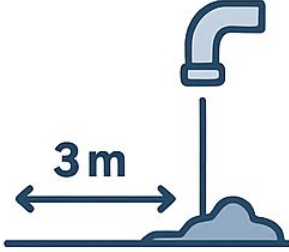
Döküm öncesi kalıp dikmelerini ve bağlantıları kontrol ediniz.



Kütle betonlarında kademeli dökümü tercih ediniz ve soğuk derz için önlem alınız.



Betonun döküm esnasından serbest düşüş mesafesi 1,5 metreyi geçmemelidir.



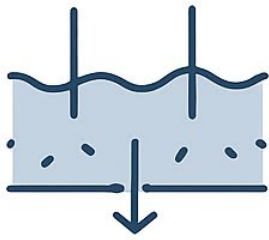
Betonun yayma mesafesi 3 metreyi geçmemelidir.



Betonu homojen yerleştiriniz, kürekle taşımayınız. Donatıya vibratör tutmayınız.



Betonun terlemesi bitmeden yüzey bitirme işlemi yapmayınız.



Zorunlu durumlarda statik açıdan en uygun yerlerde soğuk derz bırakılmalıdır.



Beton dökümünden hemen sonra betonu uygun yöntem ve ekipmanla sıkıştırınız.



Beton yüzeyini sertleştirmek için yüzeye çimento serpmeyiniz.



www.thbb.org

www.thbbakademi.org

