



# Hydronix

## Hydronix Nem Sensörlerini kullanarak Beton Üretiminde Çökme Nasıl Kontrol Edilir?

Beton, sudan sonra Dünya'da en çok kullanılan ikinci madde olup yılda kişi başına yaklaşık 1 tonluk bir kullanıma sahiptir. Beton üç maddeden oluşur: agregat ve kum (dolgu), çimento (bağlayıcı) ile su. Bu maddeler doğru oranlarda birleştirildiğinde betonun oluşmasını sağlayan kimyasal bir tepkime yaratırlar.

İki ayrı beton türü vardır: Hazır Beton ve Prekast. Hazır beton, genellikle yığılma tesisinde üretilir ve kullanılacağı alana yeni karılmış halde beton mikserleriyle taşınır. Prekast beton ise genellikle daha büyük bir yapının parçasını oluşturacak dökme beton malzemelerin yapımında kullanılır. Bu tür bir beton, gelişmiş bir tesiste üretilip yüksek kalite standartlarına tabi tutulmaktadır ve nem kontrolü, üretim sürecinin önemli bir parçasıdır. Doğru kıvam, kalite ve beton sağlamlığının elde edilmesi için her iki beton türünün de malzemelerin doğru oranlarda karıştırıldığı özel bir tarife göre üretilmesi gerekir.



Beton üreticileri beton karışımının işlenebilirliğini, akışkanlığını ve kıvamını kontrol etmek için çoğu zaman çökme testi uygular. Agregat, katkı maddesi ve nem içeriği oranları gibi çökme testini etkileyecek çeşitli etmenler vardır. Bu yazıda, beton tesisinde dijital mikrodalga nem ölçümü yöntemi kullanmanın her yığında kıvamlı beton üretimine nasıl yardımcı olabileceğini ve böylelikle tutarlı çökme özellikleri sağlanacağını anlatacağız.

### Nem kontrolü neden önemlidir?



**Şekil 1: Agregat Yığınlarında Doğal Nem Drenajı**

Normalde her yığın için gereken suyun belirli bir hacimde olması ve üretilen betonun kalitesinin her yığında aynı olması için hem agregaların hem de çimentonun tamamen kuru olması gerekir. Ancak, agregalar genellikle açık alanda ve yığın halinde depolanır. Agregaların iyi depolanması işe yarayabilir; fakat kapalı bunkerlerde depolanan malzemelerde bile agregaların içindeki nem, kaçınılmaz sızıntı sebebiyle devamlı olarak değişecektir.

Modern beton harmanlama tesislerinde, tarifte yer alan gerekli malzemelerin miktarı genellikle tartılır ve bu tarif malzemelerin varsayılan "kuru" ağırlığı kullanılarak hesaplanır. Ancak, tartılan agregaların içinde bilinmeyen miktarda su bulunur. Bu yazı çökme üzerine yoğunlaşsa da kum ve agregalardaki fazla su veya nem içeriği de su/çimento oranı, agregat/çimento oranı, verim ve karışımın rengi üzerinde önemli etkilere sahip olabilir. Bu durum ise çökme, sağlamlık, renk ve kalitede tutarsızlıklara yol açarak kalitesiz ürün elde edilmesine neden olacaktır.

### Nemin doğru hesaplanması neden önemlidir?

Beton üreticilerinin tartılmış agregat ve çimento miktarını kullanarak belirli bir tarifi uygulaması ve ardından belirtilen miktarda suyu karışıma eklemesi durumunda agregaların içindeki bilinmeyen ve sürekli değişen su miktarı nedeniyle üretilen her yığın farklılık gösterecektir. Örneğin, bir tarifte 1.000 kg'lık agregat isteniyorsa ve bunlar %100 kuru değilse tartılan miktar 1.000 kg'lık agregat değil, agregat ve su karışımı olacaktır.

#### Nem hesaplaması

Bir agregadaki nemi laboratuvar testleriyle doğru olarak belirlemenin tek yolu, agregadan numune alıp tartmak (kabıyla beraber) ve içindeki suyu buharlaştırmak için kurutarak daha sonra numuneyi yeniden tartmaktır. Normalde ikinci ve üçüncü kurutma döngüsü, ağırlıkta ek kayıp olmayana kadar yapılır (numunenin tamamen kuru olduğu anlamına gelir).

Daha sonra agregat oranının kuru ağırlık karışım tarifine göre doğru olduğundan emin olmak amacıyla malzemelerdeki fazla nemi düzeltmek için hesaplamalar yapılır. Aşağıda kavramı açıklamak amacıyla basit sayılar kullanılarak yapılmış bir hesaplama örneği verilmiştir.

Kap ağırlığı	=	500,0 g
Islak numune ve kabın toplam ağırlığı	=	1.500,0 g
Kuru numune ve kabın toplam ağırlığı	=	1.409,1 g

$$\begin{aligned} \text{Isıtma sebebiyle kaybedilen ağırlık} &= 1.500,0 - 1.409,1 = 90,9 \text{ g} \\ \text{Numunenin kuru ağırlığı} &= 1.409,1 - 500,0 = 909,1 \text{ g} \\ \text{Numunenin ıslak ağırlığı} &= 1.500,0 - 500,0 = 1.000,0 \text{ g} \end{aligned}$$

Bu değerler malzemedeki suyun yüzdesini hesaplamak için kullanılabilir:

$$\%KuruBazlıNem = 100 \times \frac{\text{Su Ağırlığı}}{\text{Kuru Malzeme Ağırlığı}} = 100 \times \frac{91}{909} = \%10$$

Islak bazlı nemi bulmak için kullanılan aynı değerler şu sonucu verir:

$$\%IslakBazlıNem = 100 \times \frac{\text{Su Ağırlığı}}{\text{Islak Malzeme Ağırlığı}} = 100 \times \frac{91}{1000} = \%9,1$$

Tüm nem hesaplamaları ve çalışmalarında ölçüm temeli tutarlılığının nasıl korunması gerektiği kolayca anlaşılıyor.

Kuru bazlı nem değerleriyle çalışmanın yararı, tasarım ağırlığından yola çıkarak hedef ağırlığı hesaplamak için bu değerleri kullanmanın daha basit olmasıdır.

## Nemdeki değişiklikler malzeme oranlarını nasıl etkiler?

Aşağıdaki örnekler, agregalardaki nem farklılıklarının karışımdaki malzemelerin oranına etkisini gösterir. Toplam nemin yanı sıra karışımdaki malzemelerin oranı da beton çökmesinin belirlenmesinde önemli bir etmendir.

Tartılan bir yığındaki kumun nem oranı %10 ve çakılın nem oranı %0 ise (kuru ağırlık yöntemine göre) aşağıdaki tablo malzeme karışımını gösterir:

Malzeme	Hedef Ağırlık	Nem	Gerçek Kuru Ağırlık
Kum	1.000 kg	%10	909 kg
8 mm'lik Çakıl	500 kg	%0	500 kg

Kumun çakıla oranı 1,8 : 1 şeklindedir.

Ancak, kumdaki nem oranının %0 ve çakıldaki nem oranının %5 olduğu ikinci bir yığın hazırlanırsa tablo aşağıdaki gibi olacaktır:

Malzeme	Hedef Ağırlık	Nem	Gerçek Kuru Ağırlık
Kum	1.000 kg	%0	1.000 kg
8 mm'lik Çakıl	500 kg	%5	476 kg

Kumun çakıla oranı 2,1 : 1 şeklindedir.

Bu, yığınlar arasındaki malzemelerin oranında önemli bir fark yaratır ve düzeltilmediği sürece, üretilen betonun kalitesini doğrudan etkileyecektir. Bu nedenle, agregalar içinde tutulan su miktarının doğru bir şekilde ölçülmesi ve karışıma ilave edilecek olan malzemenin kuru ağırlığının buna göre ayarlanması çok önemlidir.

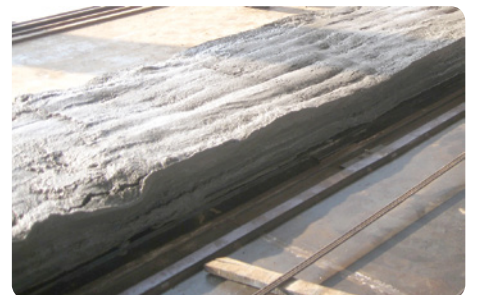
Karıştırma aşamasında eklenen nihai su miktarı, doğru su/çimento oranını ve tutarlı çökmeyi sağlamak için agrega nem içeriğine bağlı olarak ayarlanabilir. Ancak, en iyi performansı sağlamak için nemin ve miksera eklenecek suyun ayrı ayrı kontrol edilmesi önerilir. Daha fazla bilgi için lütfen web sitemizi ziyaret edin.

## Nem farklılıklarıyla ilişkili sorunlar

Beton karışımının yanlış oranlarda hazırlanmış veya nem seviyesinin doğru olmaması durumunda betonun kıvamı, işlenebilirliği veya çökmesi ile ilgili sorunlar ortaya çıkacaktır. Hazır beton üreticileri, ürettikleri betonların müşteriye teslim edildiğinde de doğru kıvamını koruyacağından ve doğru çöküntü ve sağlamlığı üretebileceğinden emin olmalıdır.

Prekast Beton üreticileri içinse nem farklılıkları, bileşenlerin üretimi sırasında şekillendirme ve beton kalıplarıyla ilgili sorunlara neden olacaktır. Buna merkez çıkarıldığında boruların çökmesi veya blok makinesi çıktığında blokların parçalara ayrılması örnek olarak verilebilir. Boşluklu döşeme makinesi hat boyunca ilerlerken betonun sarkabileceği veya deforme olabileceği boşluklu beton döşemeleri de kayda değer örneklerdir.

Agregaların içindeki nem değişimiyle ilgili diğer sorunlardan biri de agregaların yüzey alanının değişmesidir (beklenenden daha az agrega olmasıdır). Bu durum bir beton yığınının renk eklerken karışım oranları değiştikçe yüzey alanının renk pigmentleriyle kaplanma oranı çeşitlilik göstereceği için çok önemlidir. Bu da farklı yığınlar arasında renk tutarsızlığına sebep olarak düzeltme için kullanılacak ilave renk maliyetinin artmasına neden olabilir.



**Şekil 2: Yanlış kıvam nedeniyle Boşluklu beton çökmesi örneği**

## Hangi nem ölçme yöntemini kullanmalıyım?

Laboratuvar kurutma testlerinden elde edilen sonuçlar doğru olmasına rağmen çok zaman alır ve bu yöntem gerçek zamanlı olarak malzeme oranlarında değişiklik yapılmasını mümkün kılmaz. İşlemi otomatikleştirmek için kullanılacak ve kendine özgü avantaj ve dezavantajlara sahip olan kapasitif, rezistif, Kızıl Ötesi ve mikrodalga gibi çeşitli nem ölçme yöntemleri vardır. En popüler sistemlerden biri mikrodalgadır, ancak analog yöntem kullanarak ölçüm yapan diğer sistemlerin aksine Hydronix sensörleri kirlilik, renk, parçacık boyutu veya sıcaklıktan etkilenmeyen ve  $\pm 0,2$  doğrulukla ölçüm yapan dijital mikrodalga tekniğini kullanır.

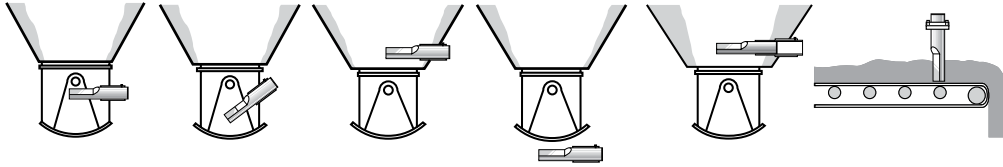
## Hydronix mikrodalga nem ölçüm tekniği kullanılarak elde edilen maliyet kazancı

Beton üreticileri, her yığında üretilen betonun kalitesi ve kıvamına anında gerçekleştirilen iyileştirmelerin yanı sıra artan kârlılıktan da faydalanacaktır. Bu durum, bozuk malzeme veya malzeme kaybında azalma ya da kullanılan malzemenin verimliliğinde iyileşme ile tanımlanabilir. Faydalar arasında şunlar vardır:

- Tutarlı karışım oranlarından kaynaklanan bozuk malzeme miktarında azalma
- Doğru sağlamlığa ulaşmak için kullanılan çimento miktarında azalma
- Tutarlı tekrarlanabilir kalite
- Tutarlı işlenebilirlik ve çökme
- Tutarlı yüzey bitirme
- Renk katkıları daha verimli kullanılabilir

## Hangi sensör?

Hydronix, işlemin farklı bölümlerinde kurulabilen dijital mikrodalga nem sensörleri sunar. Tüm Hydronix sensörleri saniyede 25 kez ölçüm yapar ve nem verilerini gerçek zamanlı olarak kontrol sistemine geçirip tartılan agreganın miktarı, malzemelerin karışımı veya mikse ilave edilen su miktarının anında ayarlanmasını sağlar. Hydronix sensörleri aynı zamanda tüm işleme sürecini doğrudan sensörün içinde gerçekleştirir ve piyasadaki diğer sensörlerin aksine kontrol sistemine gerçek bir doğrusal çıktı gönderir.



## Agrega bunkerleri, beslenme hunileri ve konveyör kayışlarında nem ölçümü

Hydro-Probe sensörü kullanılarak nem ölçülmesi genellikle agreganın girişinin yakınında gerçekleştirilir; bu şekilde malzeme akışı engellenmeden seramik algılama kafası boyunca geçen agregalarla en güvenilir okumalar yapılır. Sensör belirli tesis gereksinimlerine bağlı olarak bunkerin boynuna veya altına takılabilir. Sensör doğru bir şekilde takıldıktan sonra, nem okumaları her yığın için ortalama olarak alınabilir ve tesisin kontrol sistemi tartılan her bir agreganın ağırlığını gerçek zamanlı olarak ayarlayabilir. Bu sayede doğru kuru ağırlığın harmanlanması sağlanacaktır.



## Sonuç

Dijital mikrodalga nem ölçüm ve kontrolünün sürece dahil edilmesi, beton üreticilerine basit ve uygun maliyetli bir çözüm sağlamaktadır. Üretilen beton, her yığında tutarlı olacak olup ürün kalitesini artıracak ve malzeme kaybını veya bozuk malzeme oranını azaltacaktır. Nem kontrolü, yeni veya mevcut tesislere kolayca kurulabilir ve tesisin üretimine bağlı olarak kurulumdan kısa süre sonra (genellikle sadece birkaç ay) yatırım getirisini görülebilir.

## Hydronix Hakkında

1982'de kurulan ve sattığı 70.000'den fazla birimle Hydronix, beton ve inşaat sektöründe mikrodalga nem ölçüm cihazları alanında dünyanın pazar lideri konumundadır. Karıştırma esnasında hem agreganın hem de taze beton için nem ölçüm çözümleri ile global satış ve destek ağı sunan Hydronix ürünleri, beton üreticileri için seçilmiş çözümlerdir.