

MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ

KİMYA MÜHENDİSLİĞİ

KMB402 - Kimyasal Teknolojiler

Prof. Dr. Yıldırım TOPCU

ÇİMENTO ENDÜSTRİSİ

KMB402 - Kimyasal Teknolojiler

Hafta - 8

İÇİNDEKİLER

1. Çimentonun Önemi
2. Çimento İçerisindeki Bileşenler
3. Çimento Çeşitleri
4. Çimentoların Özellikleri ve Kullanım Alanları
5. Çimento Üretimi
6. Çimento ve Beton
7. Kireç Üretimi ve Kullanım Alanları
8. Çimento Kalite Kontrolü
9. Türkiye Çimento Sanayisi

1. ÇİMENTONUN ÖNEMİ

- Su eklendiğinde hamur kıvamı alan, zamanla sertleşerek plastik özelliğini kaybeden bağlayıcı özelliğe sahip toz veya sıvı haldeki malzemelere **bağlayıcı maddeler** denir.
- Alçı, çimento ve kireç toz bağlayıcı sınıfındadır.
- Çimento su ile karıştırıldığında sertleşerek tuğla, briket, fayans, kum, çakıl gibi malzemelerin birleştirilmesinde kullanılan hidrolik bir bağlayıcıdır.

- İçerisinde bulunan bağlayıcı maddeler çimentonun suyla etkileşime girmesinde etkindir. Üretimde ve uygulamalarda çoğunlukla hidrolik (suyla etkileşime giren) çimentolar (Portland çimentosu, kompoze çimento vb.) kullanılmasına rağmen suyla etkileşime girmeyen, yani hidrolik olmayan çimentolarda bulunmaktadır.
- **Çimentonun gelişim süreci içinde en önemli aşama Portland çimentosunun üretimidir.** Bu çimentonun doğal çimentodan daha iyi özelliklere sahip olduğu anlaşılmıştır. Günümüzde en çok tercih edilen Portland çimentosu özellikle beton üretiminde önemli bir bileşen olarak işlev görür.



Portland Çimentosu

- Portland Çimentosu, ismini rengini andırdığı Büyük Britanya'ya bağlı olan **Portland Yarmadası**'ndan almıştır.
- Portland Çimentosu standardın tarifiyle; su ile karıştırıldığında hidratasyon reaksiyonları sonucunda priz alarak sertleşen bir hamur oluşturan ve sertleşme sonrası suyun altında bile dayanımını ve kararlılığını koruyan, inorganik ve ince öğütülmüş hidrolik bir bağlayıcıdır.
- Hidratasyon çimento ile su arasında gerçekleşen karmaşık bir kimyasal reaksiyondur. Hidratasyon sonucu sertleşmiş rijit yapıda bir malzeme meydana gelir. Bir başka deyimle "insan yapımı taş" oluşur.

Çimentonun Üretimi

- Çimentonun başlıca hammaddeleri **kalker** ve **kil**dir. Çimento üretiminde uygun miktarda kireç (CaO), silis (SiO_2), alümina (Al_2O_3) ve demir oksit (Fe_2O_3) içeren hammaddeler belirli oranlarda karıştırılırlar.
- **Fırın** denilen öğütülmüş hammadde karışımı, eğimli döner fırında yaklaşık 1400-1500 °C sıcaklığa kadar pişirilir.
- Fırının alt çıkış ucuna doğru hammadde tanelerinin yan ergimemiş halde birbirlerine yapışmaları sonucu "**klinker**" adı verilen granüle küresel taneçikler meydana gelir.
- Klinker soğutulduktan sonra az bir miktar alçı taşı ile öğütülür. Alçı taşı eklenmesinin amacı çimentonun priz süresini ayarlamaktır.
- Klinker ve alçı taşının birlikte öğütülmesi sonucu "**Portland Çimentosu**" elde edilir. Öğütme sırasında klinker ve alçı taşına standardın uygun gördüğü miktarlarda mineral katkılar (tras, cüruf, uçucu kül, kalker tozu vb.) eklendiğinde farklı "**katkılı çimentolar**" elde edilir.

betonvincim.com/kimya/çimento-2

2. ÇİMENTO İÇERİSİNDEKİ BİLEŞENLER

Çimento içerisindeki bileşenler iki gruba ayrılır. Bunlar:

- Ana hammaddeler
- Yardımcı hammaddeler olarak sınıflandırılır.



2.1. Ana Hammaddeler

Çimento üretiminde kullanılan ana ham maddeler şunlardır:

- Kireçtaşı (kalker)
- Kil
- Marn
- Alçı taşı

Kireçtaşı (Kalker)

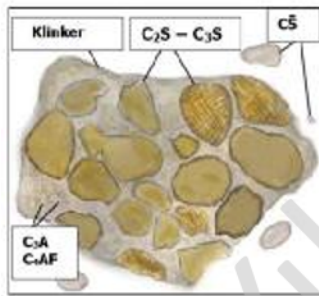
Kimyasal bileşimi % 90 CaCO_3 (kalsiyum karbonat) olan kayalara **doğal kalker** veya **kireçtaşı** adı verilir.

Kireçtaşı gevrek yapılı ve kırılğan olan ve genelde beyaz renkte bir maddedir. Doğal kalker bünyesinde **kalsiyum karbonata** ilave olarak değişik oranlarda **magnezyum karbonat** ve **kil** mineralleri bulundurulur. **Kalker içeriğindeki bu maddelere göre farklı isimler almaktadır.**



Çimento Ana Bileşenleri

- 1) Kalsiyum Silikatlar ($\text{C}_3\text{S} - \text{C}_2\text{S}$)
- 2) Kalsiyum Alüminatlar ($\text{C}_3\text{A} - \text{C}_4\text{AF}$)
- 3) Kalsiyum Sülfatlar ($\text{C}_2\text{S} \cdot 2\text{H}$) (alçı taşı)



Şekil - 1: Çimento bileşenleri[1]



Çimento Ana Bileşenleri

Silikatlar		Alüminatlar	
$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$
Trikalsiyum silikat (C_3S)	Dikalsiyum silikat (C_2S)	Trikalsiyum alüminat (C_3A)	Tetrakalsiyum alüminoferrit (C_4AF)

Silikatlar:

- Çimentonun yaklaşık % 20'si silisyum dioksit (SiO_2) ve %60-65'i kalsiyum oksit'ten (CaO) oluşur. Bu iki oksitin birleşmesiyle silikatlar oluşur. Silikatlar klinkerin yaklaşık % 75'ini oluşturur.
 - Trikalsiyum silikat - Alit (C_3S): Çimento hacminin yaklaşık %55'ini oluşturur. Erken dayanıma etkisi vardır.
 - Dikalsiyum silikat - Belit (C_2S): Çimentonun hacminin yaklaşık %20'sini oluşturur. Geç dayanıma etkisi vardır.

Alüminatlar:

- Alümina, kalsiyum oksitle birleşerek trikalsiyum alüminat (C_3A) ve demir oksitle birleşerek tetrakalsiyum alüminoferrit (C_4AF) oluşturur. Alüminatlar yaklaşık olarak çimentonun %20'sini oluşturur.
- Hidratasyon sırasında C_3A çok hızlı tepkimeye girer ve bu durum alçı ile kontrol edilir.

Kısaltmalar:

C: CaO S: SiO_2 A: Al_2O_3 F: Fe_2O_3

http://www.kocaeli.com.tr/urun/750/141000017_bileşenler.html



Çimento Ana Bileşenleri

Alçıtaşı:

- Klinkere değirmende öğütülme işlemi esnasında çimentonun yaklaşık %3-5 hacmini oluşturacak miktarda alçıtaşı ($\text{C}_2\text{S} \cdot 2\text{H}$) eklenir. Alçıtaşının eklenmesi ile C_3A tepkimesinin kontrolü için gerekli olan sülfat temin edilmiş olur.
- Sülfat oranı üretici tarafından çok hassas bir şekilde optimize edilir. Aksi takdirde priz olayında sorunlar yaşanabilir. Sülfat ve alüminat içeriği bir denge içerisinde olmalıdır.
- Çimento içerisinde bulunan sülfat ile betona daha sonra giriş yapan deniz ya da yeraltı suyu kaynaklı sülfat karıştırılmamalıdır. Dış kaynaklı sülfat betona nüfuz eder ve hidratasyon ürünü olan C_3A ile tepkimeye girerek genişlemeye (hacimsel artışa) neden olur. İşte bu nedenle sülfata dayanklı çimentoda C_3A oranı belli bir sınırdan tutulur (%5'ten az).

Ani priz (flash setting):

- Çimentoda C_3A 'nın hızlı ve ani tepkimesini engelleyip (dengeleyip) kontrol edecek miktarda sülfat bulunmadığında ani priz meydana gelir ve betonu beklenen süreden önce sertleştirir.
- Bu durum kalıcı bir etki yaratır ve uygulamada ciddi sorunlar yaratır.

Yalancı priz (false setting):

- Yalancı priz, çimento içindeki sülfatın suyu kendine bağlaması ve bu nedenle geçici bir donma meydana getirmesidir.
- Bu durum hem sülfatın gerektikinden fazla olması hem de alçının kimyasal yapısından kaynaklanabilir.
- Yalancı priz durumunda beton tekrar karıştırıldığında plastik ötekliliğine kavuşur.
- Yalancı priz ani prize göre zararsız bir durumdur.



http://www.kocaeli.com.tr/urun/750/141000017_bileşenler.html

Çimento Ana Bileşenlerinin Özellikleri

C_3S : Priz sürelerini, erken ve nihai dayanımı etkiler. C_3S yüzdesi arttıkça çimentonun ilk yaşlardaki dayanımı daha yüksek olur.

C_2S : Reaksiyona girmesi yavaştır ve genel olarak bir haftadan sonraki dayanımda etkilidir.

C_3A : Erken yaşlardaki dayanım gelişimi üzerine etkisi çok azdır. Reaksiyonda ilk çözünen bileşendir. Büyük miktarda ısı artışına neden olur. Klinkerin öğütülmesi sırasında katılan alçıtaşı C_3A 'nın hidratasyon hızını yavaşlatır. Alçıtaşı ilave edilmemiş C_3A 'ı bir çimento hızla katlayır. C_3A yüzdesi düşük çimentolar özellikle sülfat ihtiva eden su ve zemine karşı dayanıklıdır.

C_4AF : Klinkerleşme sıcaklığını düşürerek çimento üretimine etki eder. Çimento rengini veren bileşendir.



http://www.kocaeli.com.tr/urun/750/141000017_bileşenler.html

Çimento Ana Bileşenlerinin Özellikleri

Tablo 2: Çimento ana bileşenlerinin özellikleri (1)

	Çimento Ana Bileşenlerinin Özellikleri			
	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF
Reaksiyon Hızı	orta	yavaş	hızlı	orta
Hidrasyon Isısı	orta	az	çok	orta
	120 kcal/g	62 kcal/g	207 kcal/g	100 kcal/g
Bağlayıcılık Değeri	yüksek	düşük	düşük	düşük
İlk zamanlarda	yüksek	yüksek	düşük	düşük
sonunda				

(1) Bileşen özellikleri genellikle olarak verilmektedir. C₃A ve C₄AF bileşenleri yüksek ısıtma gerektiren, bu bileşenlerin hidratasyonunda alüminyum oksit de gözönünde tutulmaktadır.
(2) İlk zamanlarda (ilk bir kaç saat veya bir gün içinde), C₃A'ın katkısı "yüksek"tir. Daha sonraki zamanlar geçtikçe azalacak olursa, bu katkı "düşük"tür.

http://www.ck12.org/wiki/Çimento/2012/10/20/017_018/019/020/021/022/023/024/025/026/027/028/029/030/031/032/033/034/035/036/037/038/039/040/041/042/043/044/045/046/047/048/049/050/051/052/053/054/055/056/057/058/059/060/061/062/063/064/065/066/067/068/069/070/071/072/073/074/075/076/077/078/079/080/081/082/083/084/085/086/087/088/089/090/091/092/093/094/095/096/097/098/099/100/101/102/103/104/105/106/107/108/109/110/111/112/113/114/115/116/117/118/119/120/121/122/123/124/125/126/127/128/129/130/131/132/133/134/135/136/137/138/139/140/141/142/143/144/145/146/147/148/149/150/151/152/153/154/155/156/157/158/159/160/161/162/163/164/165/166/167/168/169/170/171/172/173/174/175/176/177/178/179/180/181/182/183/184/185/186/187/188/189/190/191/192/193/194/195/196/197/198/199/200/201/202/203/204/205/206/207/208/209/210/211/212/213/214/215/216/217/218/219/220/221/222/223/224/225/226/227/228/229/230/231/232/233/234/235/236/237/238/239/240/241/242/243/244/245/246/247/248/249/250/251/252/253/254/255/256/257/258/259/260/261/262/263/264/265/266/267/268/269/270/271/272/273/274/275/276/277/278/279/280/281/282/283/284/285/286/287/288/289/290/291/292/293/294/295/296/297/298/299/300/301/302/303/304/305/306/307/308/309/310/311/312/313/314/315/316/317/318/319/320/321/322/323/324/325/326/327/328/329/330/331/332/333/334/335/336/337/338/339/340/341/342/343/344/345/346/347/348/349/350/351/352/353/354/355/356/357/358/359/360/361/362/363/364/365/366/367/368/369/370/371/372/373/374/375/376/377/378/379/380/381/382/383/384/385/386/387/388/389/390/391/392/393/394/395/396/397/398/399/400/401/402/403/404/405/406/407/408/409/410/411/412/413/414/415/416/417/418/419/420/421/422/423/424/425/426/427/428/429/430/431/432/433/434/435/436/437/438/439/440/441/442/443/444/445/446/447/448/449/450/451/452/453/454/455/456/457/458/459/460/461/462/463/464/465/466/467/468/469/470/471/472/473/474/475/476/477/478/479/480/481/482/483/484/485/486/487/488/489/490/491/492/493/494/495/496/497/498/499/500/501/502/503/504/505/506/507/508/509/510/511/512/513/514/515/516/517/518/519/520/521/522/523/524/525/526/527/528/529/530/531/532/533/534/535/536/537/538/539/540/541/542/543/544/545/546/547/548/549/550/551/552/553/554/555/556/557/558/559/560/561/562/563/564/565/566/567/568/569/570/571/572/573/574/575/576/577/578/579/580/581/582/583/584/585/586/587/588/589/590/591/592/593/594/595/596/597/598/599/600/601/602/603/604/605/606/607/608/609/610/611/612/613/614/615/616/617/618/619/620/621/622/623/624/625/626/627/628/629/630/631/632/633/634/635/636/637/638/639/640/641/642/643/644/645/646/647/648/649/650/651/652/653/654/655/656/657/658/659/660/661/662/663/664/665/666/667/668/669/670/671/672/673/674/675/676/677/678/679/680/681/682/683/684/685/686/687/688/689/690/691/692/693/694/695/696/697/698/699/700/701/702/703/704/705/706/707/708/709/710/711/712/713/714/715/716/717/718/719/720/721/722/723/724/725/726/727/728/729/730/731/732/733/734/735/736/737/738/739/740/741/742/743/744/745/746/747/748/749/750/751/752/753/754/755/756/757/758/759/760/761/762/763/764/765/766/767/768/769/770/771/772/773/774/775/776/777/778/779/780/781/782/783/784/785/786/787/788/789/790/791/792/793/794/795/796/797/798/799/800/801/802/803/804/805/806/807/808/809/810/811/812/813/814/815/816/817/818/819/820/821/822/823/824/825/826/827/828/829/830/831/832/833/834/835/836/837/838/839/840/841/842/843/844/845/846/847/848/849/850/851/852/853/854/855/856/857/858/859/860/861/862/863/864/865/866/867/868/869/870/871/872/873/874/875/876/877/878/879/880/881/882/883/884/885/886/887/888/889/890/891/892/893/894/895/896/897/898/899/900/901/902/903/904/905/906/907/908/909/910/911/912/913/914/915/916/917/918/919/920/921/922/923/924/925/926/927/928/929/930/931/932/933/934/935/936/937/938/939/940/941/942/943/944/945/946/947/948/949/950/951/952/953/954/955/956/957/958/959/960/961/962/963/964/965/966/967/968/969/970/971/972/973/974/975/976/977/978/979/980/981/982/983/984/985/986/987/988/989/990/991/992/993/994/995/996/997/998/999/1000/1001/1002/1003/1004/1005/1006/1007/1008/1009/1010/1011/1012/1013/1014/1015/1016/1017/1018/1019/1020/1021/1022/1023/1024/1025/1026/1027/1028/1029/1030/1031/1032/1033/1034/1035/1036/1037/1038/1039/1040/1041/1042/1043/1044/1045/1046/1047/1048/1049/1050/1051/1052/1053/1054/1055/1056/1057/1058/1059/1060/1061/1062/1063/1064/1065/1066/1067/1068/1069/1070/1071/1072/1073/1074/1075/1076/1077/1078/1079/1080/1081/1082/1083/1084/1085/1086/1087/1088/1089/1090/1091/1092/1093/1094/1095/1096/1097/1098/1099/1100/1101/1102/1103/1104/1105/1106/1107/1108/1109/1110/1111/1112/1113/1114/1115/1116/1117/1118/1119/1120/1121/1122/1123/1124/1125/1126/1127/1128/1129/1130/1131/1132/1133/1134/1135/1136/1137/1138/1139/1140/1141/1142/1143/1144/1145/1146/1147/1148/1149/1150/1151/1152/1153/1154/1155/1156/1157/1158/1159/1160/1161/1162/1163/1164/1165/1166/1167/1168/1169/1170/1171/1172/1173/1174/1175/1176/1177/1178/1179/1180/1181/1182/1183/1184/1185/1186/1187/1188/1189/1190/1191/1192/1193/1194/1195/1196/1197/1198/1199/1200/1201/1202/1203/1204/1205/1206/1207/1208/1209/1210/1211/1212/1213/1214/1215/1216/1217/1218/1219/1220/1221/1222/1223/1224/1225/1226/1227/1228/1229/1230/1231/1232/1233/1234/1235/1236/1237/1238/1239/1240/1241/1242/1243/1244/1245/1246/1247/1248/1249/1250/1251/1252/1253/1254/1255/1256/1257/1258/1259/1260/1261/1262/1263/1264/1265/1266/1267/1268/1269/1270/1271/1272/1273/1274/1275/1276/1277/1278/1279/1280/1281/1282/1283/1284/1285/1286/1287/1288/1289/1290/1291/1292/1293/1294/1295/1296/1297/1298/1299/1300/1301/1302/1303/1304/1305/1306/1307/1308/1309/1310/1311/1312/1313/1314/1315/1316/1317/1318/1319/1320/1321/1322/1323/1324/1325/1326/1327/1328/1329/1330/1331/1332/1333/1334/1335/1336/1337/1338/1339/1340/1341/1342/1343/1344/1345/1346/1347/1348/1349/1350/1351/1352/1353/1354/1355/1356/1357/1358/1359/1360/1361/1362/1363/1364/1365/1366/1367/1368/1369/1370/1371/1372/1373/1374/1375/1376/1377/1378/1379/1380/1381/1382/1383/1384/1385/1386/1387/1388/1389/1390/1391/1392/1393/1394/1395/1396/1397/1398/1399/1400/1401/1402/1403/1404/1405/1406/1407/1408/1409/1410/1411/1412/1413/1414/1415/1416/1417/1418/1419/1420/1421/1422/1423/1424/1425/1426/1427/1428/1429/1430/1431/1432/1433/1434/1435/1436/1437/1438/1439/1440/1441/1442/1443/1444/1445/1446/1447/1448/1449/1450/1451/1452/1453/1454/1455/1456/1457/1458/1459/1460/1461/1462/1463/1464/1465/1466/1467/1468/1469/1470/1471/1472/1473/1474/1475/1476/1477/1478/1479/1480/1481/1482/1483/1484/1485/1486/1487/1488/1489/1490/1491/1492/1493/1494/1495/1496/1497/1498/1499/1500/1501/1502/1503/1504/1505/1506/1507/1508/1509/1510/1511/1512/1513/1514/1515/1516/1517/1518/1519/1520/1521/1522/1523/1524/1525/1526/1527/1528/1529/1530/1531/1532/1533/1534/1535/1536/1537/1538/1539/1540/1541/1542/1543/1544/1545/1546/1547/1548/1549/1550/1551/1552/1553/1554/1555/1556/1557/1558/1559/1560/1561/1562/1563/1564/1565/1566/1567/1568/1569/1570/1571/1572/1573/1574/1575/1576/1577/1578/1579/1580/1581/1582/1583/1584/1585/1586/1587/1588/1589/1590/1591/1592/1593/1594/1595/1596/1597/1598/1599/1600/1601/1602/1603/1604/1605/1606/1607/1608/1609/1610/1611/1612/1613/1614/1615/1616/1617/1618/1619/1620/1621/1622/1623/1624/1625/1626/1627/1628/1629/1630/1631/1632/1633/1634/1635/1636/1637/1638/1639/1640/1641/1642/1643/1644/1645/1646/1647/1648/1649/1650/1651/1652/1653/1654/1655/1656/1657/1658/1659/1660/1661/1662/1663/1664/1665/1666/1667/1668/1669/1670/1671/1672/1673/1674/1675/1676/1677/1678/1679/1680/1681/1682/1683/1684/1685/1686/1687/1688/1689/1690/1691/1692/1693/1694/1695/1696/1697/1698/1699/1700/1701/1702/1703/1704/1705/1706/1707/1708/1709/1710/1711/1712/1713/1714/1715/1716/1717/1718/1719/1720/1721/1722/1723/1724/1725/1726/1727/1728/1729/1730/1731/1732/1733/1734/1735/1736/1737/1738/1739/1740/1741/1742/1743/1744/1745/1746/1747/1748/1749/1750/1751/1752/1753/1754/1755/1756/1757/1758/1759/1760/1761/1762/1763/1764/1765/1766/1767/1768/1769/1770/1771/1772/1773/1774/1775/1776/1777/1778/1779/1780/1781/1782/1783/1784/1785/1786/1787/1788/1789/1790/1791/1792/1793/1794/1795/1796/1797/1798/1799/1800/1801/1802/1803/1804/1805/1806/1807/1808/1809/1810/1811/1812/1813/1814/1815/1816/1817/1818/1819/1820/1821/1822/1823/1824/1825/1826/1827/1828/1829/1830/1831/1832/1833/1834/1835/1836/1837/1838/1839/1840/1841/1842/1843/1844/1845/1846/1847/1848/1849/1850/1851/1852/1853/1854/1855/1856/1857/1858/1859/1860/1861/1862/1863/1864/1865/1866/1867/1868/1869/1870/1871/1872/1873/1874/1875/1876/1877/1878/1879/1880/1881/1882/1883/1884/1885/1886/1887/1888/1889/1890/1891/1892/1893/1894/1895/1896/1897/1898/1899/1900/1901/1902/1903/1904/1905/1906/1907/1908/1909/1910/1911/1912/1913/1914/1915/1916/1917/1918/1919/1920/1921/1922/1923/1924/1925/1926/1927/1928/1929/1930/1931/1932/1933/1934/1935/1936/1937/1938/1939/1940/1941/1942/1943/1944/1945/1946/1947/1948/1949/1950/1951/1952/1953/1954/1955/1956/1957/1958/1959/1960/1961/1962/1963/1964/1965/1966/1967/1968/1969/1970/1971/1972/1973/1974/1975/1976/1977/1978/1979/1980/1981/1982/1983/1984/1985/1986/1987/1988/1989/1990/1991/1992/1993/1994/1995/1996/1997/1998/1999/2000/2001/2002/2003/2004/2005/2006/2007/2008/2009/2010/2011/2012/2013/2014/2015/2016/2017/2018/2019/2020/2021/2022/2023/2024/2025/2026/2027/2028/2029/2030/2031/2032/2033/2034/2035/2036/2037/2038/2039/2040/2041/2042/2043/2044/2045/2046/2047/2048/2049/2050/2051/2052/2053/2054/2055/2056/2057/2058/2059/2060/2061/2062/2063/2064/2065/2066/2067/2068/2069/2070/2071/2072/2073/2074/2075/2076/2077/2078/2079/2080/2081/2082/2083/2084/2085/2086/2087/2088/2089/2090/2091/2092/2093/2094/2095/2096/2097/2098/2099/2100/2101/2102/2103/2104/2105/2106/2107/2108/2109/2110/2111/2112/2113/2114/2115/2116/2117/2118/2119/2120/2121/2122/2123/2124/2125/2126/2127/2128/2129/2130/2131/2132/2133/2134/2135/2136/2137/2138/2139/2140/2141/2142/2143/2144/2145/2146/2147/2148/2149/2150/2151/2152/2153/2154/2155/2156/2157/2158/2159/2160/2161/2162/2163/2164/2165/2166/2167/2168/2169/2170/2171/2172/2173/2174/2175/2176/2177/2178/2179/2180/2181/2182/2183/2184/2185/2186/2187/2188/2189/2190/2191/2192/2193/2194/2195/2196/2197/2198/2199/2200/2201/2202/2203/2204/2205/2206/2207/2208/2209/2210/2211/2212/2213/2214/2215/2216/2217/2218/2219/2220/2221/2222/2223/2224/2225/2226/2227/2228/2229/2230/2231/2232/2233/2234/2235/2236/2237/2238/2239/2240/2241/2242/2243/2244/2245/2246/2247/2248/2249/2250/2251/2252/2253/2254/2255/2256/2257/2258/2259/2260/2261/2262/2263/2264/2265/2266/2267/2268/2269/2270/2271/2272/2273/2274/2275/2276/2277/2278/2279/2280/2281/2282/2283/2284/2285/2286/2287/2288/2289/2290/2291/2292/2293/2294/2295/2296/2297/2298/2299/2300/2301/2302/2303/2304/2305/2306/2307/2308/2309/2310/2311/2312/2313/2314/2315/2316/2317/2318/2319/2320/2321/2322/2323/2324/2325/2326/2327/2328/2329/2330/2331/2332/2333/2334/2335/2336/2337/2338/2339/2340/2341/2342/2343/2344/2345/2346/2347/2348/2349/2350/2351/2352/2353/2354/2355/2356/2357/2358/2359/2360/2361/2362/2363/2364/2365/2366/2367/2368/2369/2370/2371/2372/2373/2374/2375/2376/2377/2378/2379/2380/2381/2382/2383/2384/2385/2386/2387/2388/2389/2390/2391/2392/2393/2394/2395/2396/2397/2398/2399/2400/2401/2402/2403/2404/2405/2406/2407/2408/2409/2410/2411/2412/2413/2414/2415/2416/2417/2418/2419/2420/2421/2422/2423/2424/2425/2426/2427/2428/2429/2430/2431/2432/2433/2434/2435/2436/2437/2438/2439/2440/2441/2442/2443/2444/2445/2446/2447/2448/2449/2450/2451/2452/2453/2454/2455/2456/2457/2458/2459/2460/2461/2462/2463/2464/2465/2466/2467/2468/2469/2470/2471/2472/2473/2474/2475/2476/2477/2478/2479/2480/2481/2482/2483/2484/2485/2486/2487/2488/2489/2490/2491/2492/2493/2494/2495/2496/2497/2498/2499/2500/2501/2502/2503/2504/2505/2506/2507/2508/2509/2510/2511/2512/2513/2514/2515/2516/2517/2518/2519/2520/2521/2522/2523/2524/2525/2526/2527/2528/2529/2530/2531/2532/2533/2534/2535

- Bu çimentolar ana bileşenleri klinker olmak üzere bunun yanında ağırlıklarının %5'inden daha az miktarda katkı maddeleri içerirler. **En az katkı maddesi içerenler A, orta miktarda içerenler B, en fazla katkı maddesi içerenler ise C** tipi çimento olarak sınıflandırılırlar.
- Çimentoların içerdikleri katkı maddelerinin türü harf sembolleri ile işaretlenerek birbirinden ayırt edilir. Ülkemizde en çok **tras (P), silisli uçucu kül (L), kalkerli uçucu kül (W) ve yüksek fırın cürufu (S)** katkuları kullanılmaktadır.
- 3 standart dayanım sınıfı olan çimentoların basınç dayanımları **32,5 MPa, 42,5 MPa ve 52,5 MPa** değerlerindedir. Bunun yanında her standart dayanım sınıfı için iki erken dayanım sınıfı tanımlanmıştır. Bunlar **normal erken dayanım (N)** sınıfı ve **hızlı erken dayanım (R)** sınıfıdır.

Top 10 Restaurants (by rating)												
Country	City	Restaurant	Rating	Price Range	Cuisine	Signature Dish	Address	Phone	Website	Hours	Notes	Main Dish
USA	New York	Le Bernardin	9.2	\$\$\$	French	Langoustine	175 W 57th St	(212) 554-2234	lebernardin.com	Mo-Fr 12-10, Sa 12-10, Su 12-10	Michelin 3 stars	French
		Eleven Madison Park	9.1	\$\$\$	American	Seasonal Tasting Menu	11 Madison Ave	(212) 691-7200	elevenmadisonpark.com	Mo-Fr 12-10, Sa 12-10, Su 12-10	Michelin 3 stars	American
		The Modern	8.9	\$\$\$	Contemporary	Roasted Duck	224 W 5th St	(212) 625-1234	thefmodern.com	Mo-Fr 12-10, Sa 12-10, Su 12-10	Michelin 2 stars	Contemporary
		Gramercy Tavern	8.8	\$\$\$	American	Seasonal Tasting Menu	52 E 19th St	(212) 677-2345	gramercytavern.com	Mo-Fr 12-10, Sa 12-10, Su 12-10	Michelin 2 stars	American
		Blue Hill Farm	8.7	\$\$\$	Organic	Organic Tasting Menu	53 W 3rd St	(212) 677-1234	bluehillfarm.com	Mo-Fr 12-10, Sa 12-10, Su 12-10	Michelin 2 stars	Organic
	California	The French Laundry	9.3	\$\$\$	French	Truffle Tasting Menu	6601 San Francisco Ave	(415) 398-1234	thefrenchlaundry.com	Mo-Fr 12-10, Sa 12-10, Su 12-10	Michelin 3 stars	French
		Atelier Crenn	9.0	\$\$\$	Contemporary	Seasonal Tasting Menu	3001 Geary Blvd	(415) 775-1234	ateliercrenn.com	Mo-Fr 12-10, Sa 12-10, Su 12-10	Michelin 2 stars	Contemporary
		Acquerello	8.9	\$\$\$	Italian	Osso Buco	1600 Divisadero St	(415) 775-1234	acquerello.com	Mo-Fr 12-10, Sa 12-10, Su 12-10	Michelin 2 stars	Italian
		State Bird Provisions	8.8	\$\$\$	American	Seasonal Tasting Menu	3127 19th Ave	(415) 775-1234	statebirdprovisions.com	Mo-Fr 12-10, Sa 12-10, Su 12-10	Michelin 2 stars	American
		Grecco	8.7	\$\$\$	Greek	Lamb Chops	1500 Market St	(415) 775-1234	grecco.com	Mo-Fr 12-10, Sa 12-10, Su 12-10	Michelin 2 stars	Greek
UK	London	The Restaurant at The Dorchester	9.4	\$\$\$	French	Truffle Tasting Menu	101 Piccadilly	(020) 7462-1234	therestaurantatthedorchester.com	Mo-Fr 12-10, Sa 12-10, Su 12-10	Michelin 3 stars	French
		Sketch	9.1	\$\$\$	Contemporary	Seasonal Tasting Menu	10 Coleman St	(020) 7462-1234	sketch.london	Mo-Fr 12-10, Sa 12-10, Su 12-10	Michelin 2 stars	Contemporary
		Core Club	8.9	\$\$\$	Contemporary	Seasonal Tasting Menu	10 Coleman St	(020) 7462-1234	coreclub.london	Mo-Fr 12-10, Sa 12-10, Su 12-10	Michelin 2 stars	Contemporary
		Alain Ducasse at The Dorchester	8.8	\$\$\$	French	Truffle Tasting Menu	101 Piccadilly	(020) 7462-1234	alainducasseatthedorchester.com	Mo-Fr 12-10, Sa 12-10, Su 12-10	Michelin 2 stars	French
		Barrafina	8.7	\$\$\$	Spanish	Pasitos	10 Coleman St	(020) 7462-1234	barrafina.london	Mo-Fr 12-10, Sa 12-10, Su 12-10	Michelin 2 stars	Spanish
	Manchester	The Botanist	9.2	\$\$\$	Contemporary	Seasonal Tasting Menu	100 Market St	(0161) 275-1234	thebotanist.co.uk	Mo-Fr 12-10, Sa 12-10, Su 12-10	Michelin 2 stars	Contemporary
		Wine Bar	8.9	\$\$\$	Contemporary	Seasonal Tasting Menu	100 Market St	(0161) 275-1234	winebar.co.uk	Mo-Fr 12-10, Sa 12-10, Su 12-10	Michelin 2 stars	Contemporary
		Alchemist	8.8	\$\$\$	Contemporary	Seasonal Tasting Menu	100 Market St	(0161) 275-1234	alchemist.co.uk	Mo-Fr 12-10, Sa 12-10, Su 12-10	Michelin 2 stars	Contemporary
		Wine Bar	8.7	\$\$\$	Contemporary	Seasonal Tasting Menu	100 Market St	(0161) 275-1234	winebar.co.uk	Mo-Fr 12-10, Sa 12-10, Su 12-10	Michelin 2 stars	Contemporary
		Wine Bar	8.6	\$\$\$	Contemporary	Seasonal Tasting Menu	100 Market St	(0161) 275-1234	winebar.co.uk	Mo-Fr 12-10, Sa 12-10, Su 12-10	Michelin 2 stars	Contemporary
Australia	Sydney	The Restaurant at The Sydney Opera House	9.3	\$\$\$	French	Truffle Tasting Menu	200 Macquarie St	(61) 2 922-1234	therestaurantattheoperahouse.com	Mo-Fr 12-10, Sa 12-10, Su 12-10	Michelin 3 stars	French
		Wine Bar	9.0	\$\$\$	Contemporary	Seasonal Tasting Menu	200 Macquarie St	(61) 2 922-1234	winebar.com.au	Mo-Fr 12-10, Sa 12-10, Su 12-10	Michelin 2 stars	Contemporary
		Wine Bar	8.9	\$\$\$	Contemporary	Seasonal Tasting Menu	200 Macquarie St	(61) 2 922-1234	winebar.com.au	Mo-Fr 12-10, Sa 12-10, Su 12-10	Michelin 2 stars	Contemporary
		Wine Bar	8.8	\$\$\$	Contemporary	Seasonal Tasting Menu	200 Macquarie St	(61) 2 922-1234	winebar.com.au	Mo-Fr 12-10, Sa 12-10, Su 12-10	Michelin 2 stars	Contemporary

4. ÇİMENTOLARIN ÖZELLİKLERİ VE KULLANIM ALANLARI

Genel olarak çimentolar **karışım oranlarına** göre dört sınıfa ayrılırlar. Bunlar:

- **Portland Çimentosu:** %100 klinker
- **Katkılı Çimento:** %81 (min.) klinker + %19 (max.) puzolanik madde
- **Traslı Çimento:** %60-80 klinker + %40-20 tras
- **Yüksek Fırın Cürüflü Çimento:** %70-90 klinker + %30-10 uçucu kül

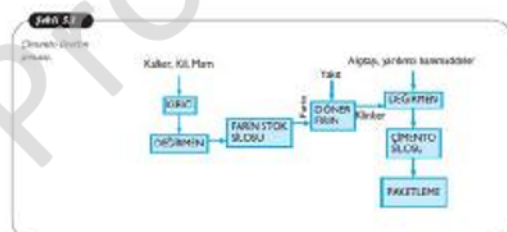
Çimentoda en yüksek maliyetli bileşen klinkerdir.

Bu nedenle ülkemizde çoğunlukla **klinker oranı daha az olan katkı çimento** ve **traşlı çimento** üretilmektedir. Bunların mukavemetleri, priz süreleri ve genişmeleri portland çimentosu ile aynıdır.

- Öncelikli olarak inşaat işlerinde kullanılan bu çimentolar içerdikleri katkıların türüne göre farklı yapı işlerinde kullanılabilir. Örneğin;
 - Hidratasyon ısısı düşük olan **traslı çimento** deniz içi yapılarda;
 - Beyaz renkli **beyaz portland çimentosu** dekoratif yapı işlerinde;
 - **Sorel çimentosu** kılıncım tehlikesi alan yerlerde, cephane üretimi yapan fabrikalarda ve cephaneliklerde kullanılır.

5. ÇİMENTO ÜRETİMİ

Çimento üretimi çeşitli basamaklardan oluşmaktadır. Şekil 5.1’de bir çimento fabrikasında çimento üretimine ait süreçler şematize edilmiştir.



Hammadde Temini

Çimentonun hammaddeleri olan kil ve kalker (veya marn) iş makineleri ve/veya patlayıcı kullanılarak bulundukları ocaklardan çıkarılır ve fabrikaya sevk edilirler.



Hammaddenin Öğütülmesi ve Karıştırılması

- Ocaklardan çıkarılan hammaddeler belirli bir büyüklüğe getirilmek için (~ 0-1,5 m³ boyutundan 0-50 mm 'ye) kırıcılarda öğütülür.
- Öğütme işlemi önemli bir aşamadır. Çünkü klinker oluşum reaksiyonu yani kalker ve kilin yüksek sıcaklıkta pişirilmesi **katı fazda** gerçekleşen bir olaydır. Bu tepkimenin verimini artırmanın yolu da kullanılan katı bileşenlerin temas yüzeylerini mümkün olduğunca arttırmaktır.



- Ocaklardan çıkan hammaddelerin kimyasal analizleri yapıldıktan sonra bileşimlerine göre ayrı ayrı depolanırlar.
- Bileşimleri bilinen hammaddeler belirli bir düzenle değirmenlere gönderilip öğütülürler.
- Öğütülmüş hammaddelerin fırına girmeden önceki ince öğütülmüş hallerine Fransızca' da un anlamına gelen **farin (farine)** adı verilmektedir.

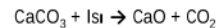


- Farin hazırlamada kullanılan üç farklı yöntem vardır:
 1. Yaş yöntem
 2. Yarı yaş yöntem
 3. Kuru yöntem
- Farin yukarıda anlatılan yöntemlerden birine (yaş veya kuru yöntem) göre hazırlanır ve fırınlara gönderilerek pişirilir.



Klinkerin Pişirilmesi

- Öğütülen ve istenen kimyasal bileşime sahip hammadde karışımı (farin) döner fırında pişirilmeden önce ön ısıtma yapılır.
- Ön ısıtmanın amacı hammaddeleri hem belli bir sıcaklığa (800 °C) getirmek hem de kalsinasyon işlemini gerçekleştirmektir.
- Yüksek sıcaklıkta kalsiyum karbonatın kalsiyum oksite dönüşmesi sürecine **kalsinasyon** adı verilir.



- Ön ısıtma işlemi yapılan karışım pişirmenin yapılacağı döner fırınlara girmeden önce artık yapısındaki su ve karbondioksitin büyük bir kısmını kaybetmiştir ve sıcaklığı yaklaşık 800 °C civarındadır.
- Pişirmenin yapılacağı fırınlar üretim yöntemine bağlı olarak farklı türlerde olabilirler.
- Yaş yöntemle yapılan üretimde 80-100 m uzunluğunda, kuru yöntemle yapılan üretimde ise 40-50 m uzunluğunda, % 3,5-4,0 eğimli ve kendi eksenini etrafında dönen fırınlarda karışım pişirilir.



- Burada önemli olan nokta her iki yöntemde kullanılan fırının **eğimli yapıda** olmasıdır. Bu karışımın kendi eksenini etrafında dönerek homojen bir şekilde pişirilmesini sağlamak içindir.
- Fırın içindeki sıcaklık 1100-1200 °C olduğunda karışım eriyip yapışkan hale gelmeye (**sinterleşme**) başlar.
- Bu aşamada katı tanecikler arasında reaksiyonlar gerçekleşmeye başlar.



Yani CaO ile ortamdaki reaktif silis (SiO_2) birleşerek C_2S bileşiğini oluşturur. 1200-1350 °C' de sıvı faz oluşmaya başlar. Sıvı fazda C_2S ile CaO birleşerek C_3S oluştururlar. Bu tepkime sonrası ortamdaki CaO derişimi oldukça azalır. 1450 °C' de C_3S oluşumu sonlanır. Soğutma işlemiyle sonlandırılan bu aşamanın ürünleri C_3S , C_2S , C_3A , C_4AF ve serbest kireçtir. Kısaca pişirme işleminde 1500 °C' yi bulan yüksek sıcaklığın etkisiyle hammaddenin içeriğindeki kireç, silis, alüminyum, demir oksit bileşikleri önce serbest hale gelir sonrada aralarında reaksiyona girerek silikat ve aluminat bileşiklerine dönüşürler. Tüm bu aşamalar sonucu oluşan ürüne **klinker** adı verilir.



Klinkerin Soğutulması ve Öğütülmesi

- Klinkerin içindeki bileşenlerden C_3S dayanıklılığı artırıcıdır. 1250 °C altındaki sıcaklıklarda klinkerin içindeki C_3S , C_2S 'e dönüşmeye başlar.
 $\text{C}_3\text{S} \rightarrow \text{C}_2\text{S} + \text{CaO}$
- Bu dönüşüm hem çimentonun **dayanıklılığı** açısından istenmeyen bir durum yaratır hem de oluşan CaO yani **serbest kireç betonda çatlamalara** neden olur. Bu reaksiyonun önlenmesi için 1450 °C sıcaklıkta iken **ani soğutma** yapılır. Böylece C_3S 'in C_2S ve CaO'e dönüşümü engellenmiş olur.



- Soğutulan klinker gözenekli ve yaklaşık 1-3 cm boyutlarında gri sert topaklar şeklindedir. Bu haliyle su ile etkileşime girmez. ince bir şekilde öğütüldükten sonra bağlayıcı olarak kullanılabilecek duruma gelir.
- Bu nedenle fırından çıkan klinker çimento değirmenlerinde önce ince toz haline gelene kadar öğütülür ve ağırlığının ~%5'i kadar alçı taşı ile karıştırılır.
- Alçı taşı çimentonun priz süresini düzenleyici olarak kullanılır.**



- Bunun yanında üretilmek istenen çimento türüne göre çeşitli katkı maddelerinin ilavesi de bu aşamada yapılır. Öğütme işlemi tamamlanan çimento soğuması ve kararlı hale gelmesi için silolarda bekletilir ve bu sürenin sonunda paketlemeye gönderilir.
- Çimento fabrikalarında bulunan önemli ünitelerden biride **toz toplama üniteleri**dir. Pişirme, öğütme, depolama ve paketleme işlemleri sırasında oluşan tozların toplanarak değerlendirilmeleri ve çevreye zarar vermelerinin önlenmesi oldukça önemlidir.



Paketleme :

Üretim aşaması tamamlanan çimento taneciklerinin boyutu 90 ile 6,5 mikron arasında değişir. Çimento, alıcının isteğine bağlı olarak ya torbalanmış halde yada direkt kamyon vb. araçlarla kullanılacağı yere sevk edilir.

Depolama :

Çimentoların belirli bir kullanım süresi vardır. Dört aydan fazla depolarda (silolarda) bekletilen çimento havanın nemini adsorplayacağı için yapısı bozulur. Bu nedenle depolandığı ortamın (siloların) nemden uzak olmasına, ambalajlarının kuru ve hava almamasına dikkat edilir.



6. ÇİMENTO VE BETON

- Beton çimento, agrega, su ve bazı katkı maddelerinin karıştırılmasıyla üretilen bir yapı malzemesidir. Kum, çakıl, kırma taş gibi taneli malzemeler **agrega** olarak isimlendirilir.
- Çimento bağlayıcı özelliğe sahip olduğu için agrega taneciklerinin yüzeylerini kaplar, aralarındaki boşlukları doldurur ve tanecikleri bir arada tutar.
- Çimento, su ve ince agrega karışımlarından oluşan malzemeye **harç** adı verilir.
- Çimento hamuru ilk oluşmaya başladığında kıvamı yumuşak, plastik özelliktedir. Fakat zamanla hamur katılaşmaya başlar. Benzer olarak beton ilk karılmanın ardından bir süre plastik kıvamdadır. Bu süre içinde betonun kalıplanması, yüzeyinin düzeltilebilmesi mümkündür. Betonun katılaşması tamamlandıktan sonra taş gibi sert bir malzeme haline gelir.



Sertleşmiş bir betonda olması gereken özellikler:

- Dayanımı 7, 28 veya 90 gün dayanım sürelerinden birine uygun olmalıdır.
- Su veya herhangi bir sıvıyla temas ettiğinde geçirimsiz olmalıdır.
- Çeşitli etkenler (donma-çözülme, ıslanma-kuruma, aşınma, asitler, sülfatlar) dayanıklı olmalıdır.
- Hacminin yeteri kadar sabit olması gerekir. Kısaca büzülmesi (rötre) veya genleşmesi çatlamlar oluşturmayacak derecede olmalıdır.



- Beton üretiminde kullanılan çimentonun türü, miktarı, agregaların oranı, mineral ve kimyasal katkıların özellikleri betonun servis ömrünü etkileyen etkenlerdir.
- Betonun dış etkenlere karşı dayanıklılığına **durabilite** adı verilir.
- Beton diğer yapı malzemelerinden (ahşap, çelik vb.) daha avantajlıdır. Betonla çeliğin birçok özelliği birbirine benzer.
- Özellikle **termal genleşme katsayıları birbirine yakın** olan bu iki malzeme betonarme yapılarda **tek bir malzeme gibi** bir arada bulunarak yapının sağlamlık kazanmasında etkilidirler.

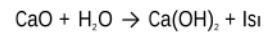


7. KIREÇ ÜRETİMİ VE KULLANIM ALANLARI

- Kalkerin pişirilmesi (**kalsinasyonu**) sırasında oluşan kireç (CaO) suda ve havada sertleşerek katı hal alan, beyaz renkli bir bağlayıcıdır.
- Özellikle çimento sanayinde önemli bir bileşen olan kireç sıva, bağlayıcı boya malzemesi, beton ve plastik endüstrisinde de hammadde olarak kullanılır.



- Kireçtaşı ocaklarından çıkarılan kireçtaşları belirli boyutlara getirilmek için önce kırılmakta sonra fırınlarda pişirilerek **sönmemiş kireç** elde edilmektedir.
- Sönmemiş kireç oldukça **hidroskopik** (nem çekici) bir maddedir ve söndürülmesi için ağırlığının yaklaşık yarısı kadar su ilave edilir.
- **Hidratasyon** adı verilen bu süreç ile **sönmüş kireç** elde edilir.



Kirecin su ile söndürülmesi ekzotermik bir reaksiyondur yani ısı açığa çıkar.

Kireç, inşaat sektöründe ;

- Sıva,
- Harç,
- Beton,
- Kireç-kum tuğlası üretimi,
- Badana işleri,
- Yollarda stabilizasyon malzemesi olarak kullanılır.



8. ÇİMENTO KALİTE KONTROLÜ

Çimento üretimi tamamlanıp kullanıma sunulmadan önce TSE tarafından belirlenen standartlara uygunlukları test edilir. Bu aşamada yapılan işlemler kalite-kontrol laboratuvarlarında gerçekleştirilmektedir. TSE standartlarında çimento kalitesini belirlemek için yapılan deneyler genel olarak mekanik, fiziksel ve kimyasal olmak üzere üçe ayrılırlar.

8.1. Çimentonun Fiziksel Özelliklerine Yönelik Deneyler

Çimentonun fiziksel özellikleri ile ilgili deneyler; çimentonun **priz süresi tayini**, çimento için gerekli **su miktarı tayini**, çimentonun **incelik tayini**, çimentonun **hacim genleşmesi tayini**, **özgül ağırlık tayini** deneyleridir.



8.2. Çimentonun Mekanik Dayanım Özelliklerine Yönelik Deneyler

- Bağlayıcı maddelerde aranan en önemli özellik **yüksek bir dayanıma** sahip olmaları ve bunu zamanla yitirmemeleridir.
- Bunu test etmek için üretilen çimentolar (%100 katkısız veya katkılı türler) su ile karıştırılarak kalıplara dökülür ve priz almaları beklenir.
- Sertleşen numuneler kalıptan çıkarıldıktan sonra 28 gün 20 °C'de bekletilir. 28 gün sonra kalıpların üzerine pres aleti ile basınç uygulanarak numunenin kırıldığı basınç değeri belirlenir.
- Standartlara göre çimentolann mekanik dayanımlarının 32,5, 42,5 veya 52,5 MPa olması gerekmektedir.



8.3. Çimentonun Kimyasal Bileşiminin Tayinine Yönelik Deneyler

- Türk Standartları Enstitüsü tarafından çimentonun kimyasal analizinde uygulanacak standart yöntemler ve elementlerin sınır değerleri belirlenmiştir.
- Çimentonun kimyasal bileşiminin tayini yani çimento içinde bulunan elementlerin türünü ve miktarlarını belirlemek için **spektroskopik, spektrofotometrik, fotometrik yöntemler ile ısıt işlemler ve gravimetrik yöntemler** kullanılmaktadır.



9. TÜRKİYE ÇİMENTO SANAYİSİ

- Çimento hammaddeleri özellikle **kalker rezervleri oldukça fazla olan ülkemiz**, kullanılan yeni teknolojiler ve teknik bilgi birikimi yüksek deneyimli çalışanlar sayesinde diğer ülkeler arasında ön sıralarda bulunmaktadır.
- Yıllan yıla değişmekle birlikte genellikle **Dünya'da ilk sekiz ülkeden biri** arasına girmeyi başaran ülkemiz çimento üretiminde ve ihracatta **Avrupa'da ilk üç ülke arasında** bulunmaktadır.
- Ülkemizde 20 milyon ton üretim kapasitesine sahip **39 entegre tesis** ve **16 öğütme paketleme** tesisi olmak üzere **55 çimento fabrikası** bulunmaktadır.



KAYNAKÇA

- 1) Prof. Dr. Yücel ŞAHİN (Editör) 2010. Endüstriyel Kimya, 294s, Anadolu Üniversitesi Yayınları, Eskişehir.
- 2) <http://www.mta.gov.tr> (Alçı taşı)
- 3) Akçansa Teknik Notlar-3, Çimentonun Hidratasyonu, http://www.akcansa.com.tr/docs/20120216160047_teknik-notlar-3.pdf
- 4) Yasin ERGİN, 'Çimento', <https://www.betonvecimento.com/cimento/cimento-2>

Kimya Mühendisliği Bölümü Öğrencileri:
Abdulkadir AKYÜZ, Nisa AYDIN, Başak MAY'ın katkılarıyla hazırlanmıştır.

