

1. táblázat: Ajánlás a cementek felhasználására cement fajták és környezeti osztályok szerint

(Készült a BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék kutatási témájához. Készítette: Dr. Kausay Tibor Budapest, 2010. július 23.)

Oszlop száma		O1.	O2.	O3.	O4.	O5.	O6.	O7.	O8.	O9.	O10.	O11.	O12.	O13.	O14.	O15.	O16.	
Sor száma	Cement fajta MSZ EN 197-1:2000 MSZ 4737-1:2002 CEM	Környezeti osztály, MSZ 4798-1:2004 ¹⁾																
		XN(H) X0(H)	XC1 XC2 XC3	XC4	XD1 XD2 XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XF2(H)	XF3(H)	XA1 XA2	XA3	XK1(H) XK2(H)	XK3(H) XK4(H) XK5(H)	XV1(H) XV2(H)	XV3(H)	
		Megjegyzés a környezeti osztályra (minden cement esetében)					m9	m9	m9	m9 m17	m9 m17	m16	m16	m9 m11 m12	m9 m11 m12	m10 m13	m10 m13	
S1.	I 32,5 R	Megjegyzés a cementre (minden környezeti osztályban)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> m7	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> m4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
S2.	I 32,5 R-S {S-54}		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> m7	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
S3.	I 42,5 N		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> m7	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> m4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
S4.	I 42,5 N-S		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> m7	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
S5.	I 42,5 R		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> m7	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> m4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> m22	<input checked="" type="checkbox"/> m22	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
S6.	I 52,5 N		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> m7	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> m4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> m22	<input checked="" type="checkbox"/> m22	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
S7.	II/A-S 42,5 N	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> m8	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> m4 m23	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> Δ4 m8	<input checked="" type="checkbox"/> Δ4 m8	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
S8.	II/B-S 32,5 R	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> m4	<input type="checkbox"/>	Δ4	<input type="checkbox"/> m0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
S9.	II/B-S 42,5 N	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> m8	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> m4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> Δ4 m8	<input checked="" type="checkbox"/> Δ4 m8	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
S10.	II/A-P 42,5 N	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> m0	<input checked="" type="checkbox"/> m21	<input type="checkbox"/> m0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> Δ4	<input checked="" type="checkbox"/> Δ4	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
S11.	II/A-V 32,5 R-S	m1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> m21	<input checked="" type="checkbox"/> m21	<input checked="" type="checkbox"/> m21	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Δ4	<input type="checkbox"/> m0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> m14	
S12.	II/A-V 42,5 N	m1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> m21	<input checked="" type="checkbox"/> m21	<input checked="" type="checkbox"/> m21	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> m4 m23	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> Δ4	<input checked="" type="checkbox"/> Δ4	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> m14	
S13.	II/B-V 32,5 N	m1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Δ1 m21	<input checked="" type="checkbox"/> m21	Δ1 m21	Δ1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Δ4	<input type="checkbox"/> m0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> m14
S14.	II/B-V 32,5 R	m1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Δ1 m21	<input checked="" type="checkbox"/> m21	Δ1 m21	Δ1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Δ4	<input type="checkbox"/> m0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> m14
S15.	II/A-M (V-L) 42,5 N	m1 m2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Δ5	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> m21	<input checked="" type="checkbox"/> m21	<input checked="" type="checkbox"/> m21	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> m4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> Δ4	<input checked="" type="checkbox"/> Δ4	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> m14
S16.	II/B-M (P-V) 32,5 R	m1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Δ1	<input type="checkbox"/> m0	Δ1 m21	<input type="checkbox"/> m0	<input type="checkbox"/> m0	Δ1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> m0	<input type="checkbox"/> m0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> m14
S17.	II/B-M (V-L) 32,5 N	m1 m2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> m5 m6	<input type="checkbox"/> m0	<input type="checkbox"/> m0 m20	Δ1	<input type="checkbox"/> m0	Δ1 m21	<input type="checkbox"/> m0	<input type="checkbox"/> m0	Δ1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Δ4	<input type="checkbox"/> m0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> m14
S18.	II/B-M (V-L) 32,5 R	m1 m2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> m5 m6	<input type="checkbox"/> m0	<input type="checkbox"/> m0 m20	Δ1	<input type="checkbox"/> m0	Δ1 m21	<input type="checkbox"/> m0	<input type="checkbox"/> m0	Δ1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> m0	<input type="checkbox"/> m0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> m14
S19.	III/A 32,5 N	m19	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> m5	<input checked="" type="checkbox"/> m5	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Δ1	<input checked="" type="checkbox"/>	Δ1 Δ2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> m4	<input type="checkbox"/>	Δ4	<input type="checkbox"/> m0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> m14
S20.	III/A 32,5 N-MS	m19	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> m5	<input checked="" type="checkbox"/> m5	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Δ1	<input checked="" type="checkbox"/>	Δ1 Δ2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Δ4	<input type="checkbox"/> m0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> m14
S21.	III/B 32,5 N-S		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> m5	<input checked="" type="checkbox"/> m5	<input checked="" type="checkbox"/> m5	Δ1	Δ1	Δ1	Δ1 Δ3	Δ1	Δ1	<input checked="" type="checkbox"/> m15	<input checked="" type="checkbox"/> m15	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> m14
S22.	V/A (S-V) 32,5 N	m3	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/> m18							Δ6	Δ6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> m14

Jelmagyarázat: Ajánlott Nem ajánlott Δ Feltételesen ajánlott

Az 1. táblázat az **m** és **Δ** megjegyzésekkel együtt kezelendő.

¹⁾ A környezeti osztályok jelölése az MSZ 4798-1:2004 szabvány jeleit követi, kivéve a szabvány kiadása után megfogalmazott XF2(H) és XF3(H) jelű környezeti osztályt, amelyben a fagyálló beton légbuborékképző adalékszer nélkül készíthető, és amely környezeti osztályokat a korábbi publikációkban XF2(BV-MI) és XF3(BV-MI) jellel jelöltük. Az XK(H) környezeti osztályok tagolása is megváltozott az MSZ 4798-1:2004 szabványhoz képest. (Lásd például: Cement-beton Kisokos, HOLCIM, 2008)

Megjegyzések az 1. táblázathoz

m Megjegyzések a környezeti osztályokra és a cementekre

- m0 Az adott esetre nem ajánlott cementek (jele az 1. táblázatban: ○) is felhasználhatók, ha az adott környezeti osztályban való alkalmazásukra vonatkozó építésügyi alkalmassági engedélyük van.
- m1 A cementhez használt V jelű, savanyú pernye izzítási vesztesége legfeljebb 5 tömeg% lehet; reakcióképes CaO tartalma legfeljebb 10 tömeg% lehet és SiO₂ tartalma legalább 30 tömeg% legyen. A friss beton tényleges testsűrűsége és levegőtartalma mindig összehasonlítandó a tervezett értékkel, de ennek elvégzésére V jelű pernyés cement esetén különösen ügyelni kell.
- m2 A mészkőliszt a DIN 1045-2:2008 szabvány szerint LL jelű legyen, azaz összes szerves széntartalma (TOC) ≤ 0,2 tömeg%. Az ÖNORM B 4710-1:2007 szabvány csak L jelű mészkőlisztet ír elő, amelynek az összes szerves széntartalma (TOC) ≤ 0,5 tömeg%.
- m3 Ilyen összetételű CEM V/A (S-V) kompozitcementet a DIN 1045-2:2008 német, az ÖNORM B 4710-1:2007 osztrák, az NF EN 206-1; P 18-325-1:2009 (NAD) francia, és az SS 137003:2002 svéd szabvány nem sorol föl.
- m4 Az XA2 környezeti osztályban MS jelű mérsékelten szulfátálló vagy S jelű szulfátálló cement használandó, ill. ha a betonra ható agresszív víz SO₄²⁻ tartalma ≤ 1500 mg/liter, akkor a CEM I, CEM II/A-S, CEM II/B-S, CEM II/A-V, CEM II/A-LL, CEM II/A-M (S, V, LL) és CEM/III/A jelű cement és pernye megfelelő arányú keveréke is használható.
- m5 Az előírt legkisebbhez képest + 20 kg/m³ kötőanyag adagolandó.
- m6 XC3 környezeti osztályban nem ajánlott.
- m7 A tiszta portlandcementek (CEM I) *kevésbé akadályozzák* a kloridvándorlást (migrációt), mint a heterogén CEM II (nem mészkőlisztes) portlandcementek és a CEM III kohósalakcementek: utóbbiak az XD esetekben jóval kedvezőbbek.
- m8 Ausztriában ez az autópályák előírt, ÖNORM B 3327-1:2005 szabvány szerinti cementje, DZ = Deckenzement változatban.
- m9 Meghosszabbított (vizes/nedves/párazárós) utókezelés szükséges bármelyik cement alkalmazása esetén az ÖNORM B 4710-1:2007 NAD 17. táblázata szerint vagy a beton 14 napos koráig:

Szilárdulás sebessége	Gyors	Közepes	Lassú	Nagyon lassú
A beton 2 és 28 napos átlagos nyomószilárdságának viszonya: $f_{cm,2}/f_{cm,28}$	≥ 0,5	$0,3 \leq < 0,5$	$0,15 \leq < 0,3$	< 0,15
Környezeti osztály	Utókezelés megkövetelt időhossza			
X0	12 óra	12 óra	24 óra	2 nap
XC1, XC2, XC3, XF1, XA1, XM1	2 nap	3 nap	4 nap	7 nap
Összes többi környezeti osztály	3 nap	7 nap	10 nap	14 nap

- m10 A beton repedés-mentessége érdekében meghosszabbított (vizes/nedves/párazárós) utókezelés szükséges bármelyik cement alkalmazása esetén. A meghosszabbított utókezelést az m9 megjegyzés szerint kell végezni.
- m11 Csak ≥ 42,5 szilárdsági osztályú cementek ajánlottak.
- m12 A kopásállósági osztályokhoz előírt legkisebb szilárdságok a Holcim Cement-beton Kisokos (2008) 8.1. táblázata szerinti legyen.
- m13 Ha az m10 szerinti hosszabbított utókezelés bármely okból lehetetlen, akkor *vízzárósági első vizsgálat*al kell kimutatni, hogy az e cementtel készített beton megfelel a követelményeknek.
- m14 Az XV3(H) osztályban a mészkőlisztet tartalmazó CEM II portlandcementekre és a CEM III/A, CEM III/B kohósalakcemente *vízzárósági első vizsgálat*al akkor is ki kell mutatni, hogy az e cementtel készített beton megfelel a követelményeknek, ha az m10 megjegyzés szerinti hosszabbított utókezelés megvalósul.
- m15 Szervesen szennyezett víznek, szennyvíziszapkezelők vegyi támadásának is ellenáll. A szulfátállóság a kohósalaktartalom növekedtével egyértelműen javul.
- m16 Az XA2 és az XA3 környezeti osztályban a korróziót savas környezet vagy lágyvíz okozza (oldódásos korrózió), akkor meghosszabbított beton-utókezelés kell minden, ebben az osztályban alkalmazható cement esetén. A meghosszabbított utókezelést az m9 megjegyzés szerint kell végezni.
- m17 Ha a beton légbuborékképző adalékszer nélkül készül, akkor legalább C35/45 nyomószilárdsági osztályú legyen.
- m18 XD környezeti osztályban megfelel.
- m19 Ez a cement 42,5-ös szilárdsági változatban betonpályáburkolathoz is alkalmas lehet.
- m20 Ha a cement mészkőliszt tartalma < 20 tömeg%, akkor kedvezőbb is lehet.
- m21 V jelű pernyés cementtel készített fagyálló beton esetén a légbuborékképző adalékszer szükséges adagja az ajánlottól fölfelé eltérhet.

m22 Meleg időjárásban, ill. 20 cm-nél vastagabb rétegben nem alkalmazható.

m23 Franciaország az XA1 és XA2 szulfátos környezeti osztályban (az MS jelű mérsékelt szulfátálló és S jelű szulfátálló cementeken kívül) csak a CEM II/A-S és CEM II/A-V cementet engedi használni. CEM II/A-L és CEM II/B-L portlandcement használata az XA környezeti osztályban tilos.

Δ Megjegyzések a feltételekhez kötött esetekre

Δ1 Alkalmazása csak a kérdéses környezeti osztályra értelmezett fagyállóság előzetes igazolásával ajánlott.

Δ2 Csak 42,5 vagy 32,5 R szilárdsági osztályú és 50 tömeg%-nál nem több kohósalakot tartalmazó cement fajtára ajánlott.

Δ3 Csak szennyvízkezelő műtárgyak bizonyos részeihez, külön előírások alapján ajánlott.

Δ4 32,5 szilárdsági osztályú cement csak akkor alkalmazható, ha az előírt nyomószilárdsági osztályú betonon előzetesen végzett (első) vizsgálat Böhme kopási eredményei igazolják, hogy az előírt kopásállósági követelmény teljesült. CEM II/.. 42,5 jelű portlandcement és a CEM III/A kohósalakcement alkalmazása esetén is javasolt a kopásállósági vizsgálat, mert az ezekkel a cementekkel készült betonban a cementkő kevesebb C₃S (trikalcium-szilikát) összetevőt tartalmaz, mintha a beton CEM I 42,5 jelű portlandcementtel készült volna.

Δ5 Az XD2 és XD3 környezeti osztályban klorid migrációs gyors vizsgálat (első vizsgálat) ellenőrzendő, hogy a D_{nssm} migrációs együttható $5 \cdot 10^{-12}$ m²/s alatt van-e. Megjegyezzük, hogy az NF EN 206-1 francia szabvány NA.F.1 táblázata ilyen környezeti esetekre csak 5 tömeg% mészkőliszt tartalmat enged meg.

Δ6 A francia T48 előírás a szulfátálló cementek közt sorolja föl a CEM V/A és CEM V/B kompozitcementet.