

Bulletin 76



Betonok korrózióállósága a fib bulletin 76 és az EN szabványok stb. szerint /avagy a környezeti hatásokon kívüli „genetikai” adottságokról/

Benchmarking of deemed-to-satisfy provisions in standards

Spránitz Ferenc
betontechnológus

Kis-közepes méretű betonelem előregyártó üzem



90 kN/m éltörőerő
primer védelem pH=3-ig



7 N/mm² hajlítószilárdság
fagyhámítás 10-100 g/m²

Feladat: jó terméket gyártani, gazdaságosan, jogszabályoknak megfelelni



1 mm-es méretpontosság
primer védelem pH=3-ig
szekunder védelem pH=1-ig



Jó gyártástechnológiák, képzett, motivált dolgozók



Azt gondoljuk, hogy:

a legtöbb tartóssági problémát az agresszív környezeti hatások okozzák

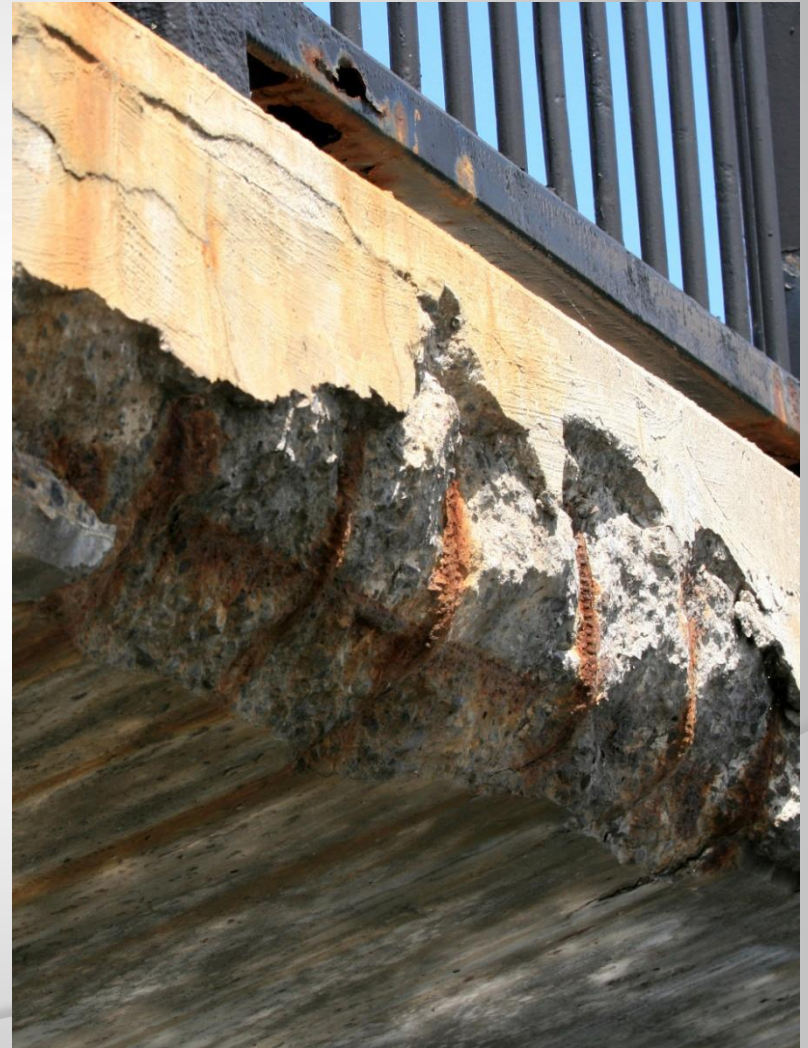
Az igénybevételi /hatás/ oldalról ez igaz is:

- ❖ karbonátosodás okozta korrózió
- ❖ klorid-korrózió
- ❖ fagyás-olvadás okozta leromlás
- ❖ savkorrózió

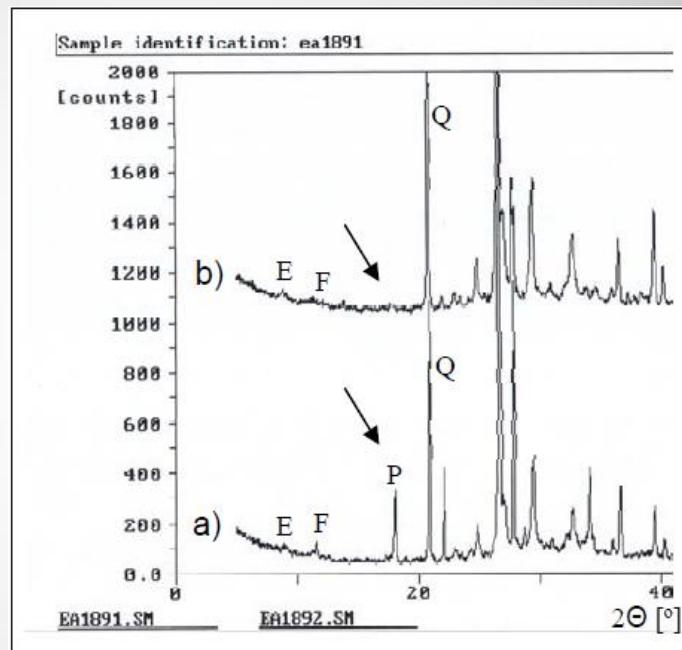
De vajon ismerjük-e az ellenállási oldalt:

azaz a beton anyagának
fizikai és kémiai természetét?

/azaz a beton mezostruktúrájában zajló
transzportfolyamatokat meghatározó „genetikai”
okokat: pl. pórusméret-eloszlás és portlandit
tartalom, ezek átlaga, szórása, időbeni változása/



Tehát az egyik lényeges környezeti károsító hatás: a karbonátosodás okozta betonacél-korrózió



Már nem található portlandit a $\text{pH} \leq 9$ kémhatású karbonátosodott zónában

ellenállási oldal háttere: fizikai + kémiai hajlamok /áteresztőképesség, pórusméret-eloszlás ill. portlandit tartalom/

A másik lényeges környezeti károsító hatás: a kloridok okozta betonacél-korrózió



Jégolvasztó sózás



Hatás oldal

Tengervíz és sós,
nedves levegő

Ellenállási oldal:
fizikai háttérű

áteresztőképesség,
pórusméret-eloszlás



(a)

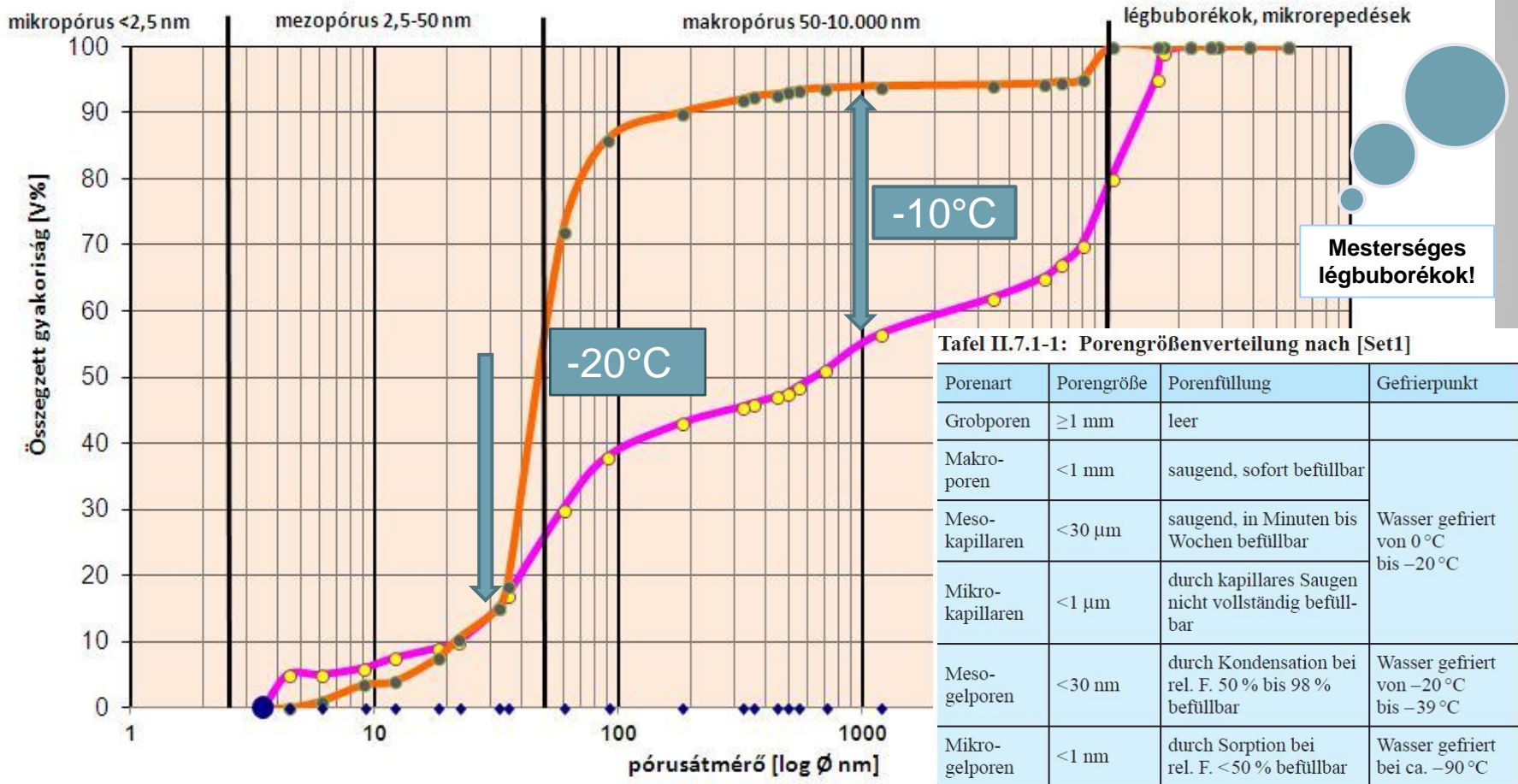
Figure 2.40. Marine pile degradation: (a) jacket failure
Source: Courtesy Atkins North America, Inc.

A harmadik lényeges környezeti károsító hatás a fagyás-olvadás okozta leromlás

hatásoldal: víz megfagyása, jégképződés kristályosodási nyomása

ellenállási oldal: fizikai háttérű; a Ø100-300 µm-es légbuborékok segítenek, de kb. -10°-ig jó lehet az alacsony átteresztőképesség és a kedvező pórusméret-eloszlás

CEMI 42.5 cementtel készített betonon mért jellegzetes pórusméret eloszlások
kiegészítő anyaggal adagolt és kontroll mintán (28 napos kor, v/c=0,4)



A negyedik lényeges környezeti károsító hatás: a savkorrózió

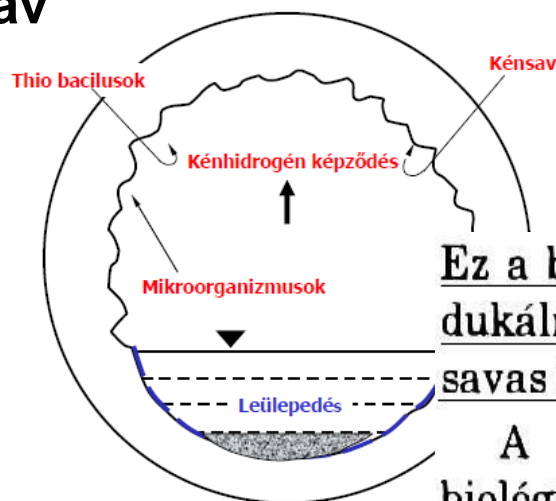
A beton anyagoldali ellenállása :
fizikai + kémiai háttérű
/áteresztőképesség, pórusméret-eloszlás
ill. portlandit és CAH tartalom/

Savas esők



A csapadékvíz pH-ja hazánkban (Horváth, 1986)

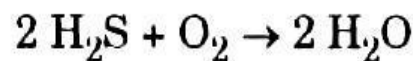
Biogén kénsav



Biogén kénsav-korrózió

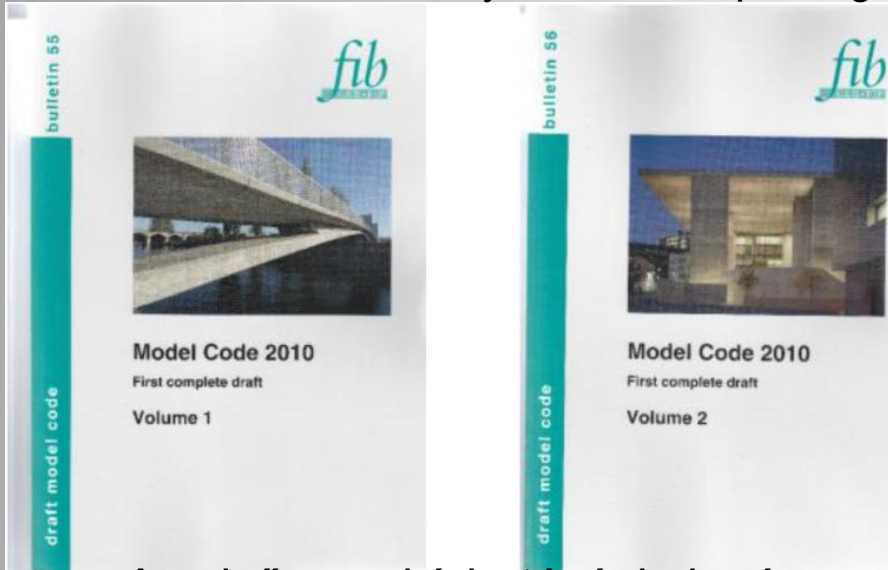
Ez a baktériumtörzs 7 %-os kénsavat képes produkálni. Ez a természetben fellépő legerősebb savas behatás.

A thiobacilusok a kénhidrogénből (mikrobiológiai oxidációval) az alábbiak szerint állítanak elő kénsavat:



A károsodás gyorsaságát betonoldalról meghatározó „genetikai” háttérű okokat először a *fib* MC2010 sejteti

/fontos az alacsony áteresztőképesség és ennek minél kedvezőbb időbeni javulása/



Az első, megbízhatósági alapú tervezési modellt 2010. májusban adta ki Washingtonban a *fib*

$$C(x,t) = C_0 + (C_{S,\Delta x} - C_0) \cdot \left[1 - \operatorname{erf} \frac{x - \Delta x}{2 \cdot \sqrt{D_{app}(t) \cdot t}} \right] \quad (2-3)$$

with:

C_0 : initial chloride content [wt.-%/c]

$C_{S,\Delta x}$: chloride content resulting from the prevailing exposure environment at depth Δx [wt.-%/c]

Δx : depth of the convection zone (near-surface concrete layer up to which the process of chloride penetration differs from Fick's 2nd law of diffusion) [m]

x : depth with a corresponding content of chlorides $C(x, t)$ [m]

t : time [s]

$D_{app}(t)$: apparent chloride diffusion coefficient [m²/s]

erf : (Gaussian) error function

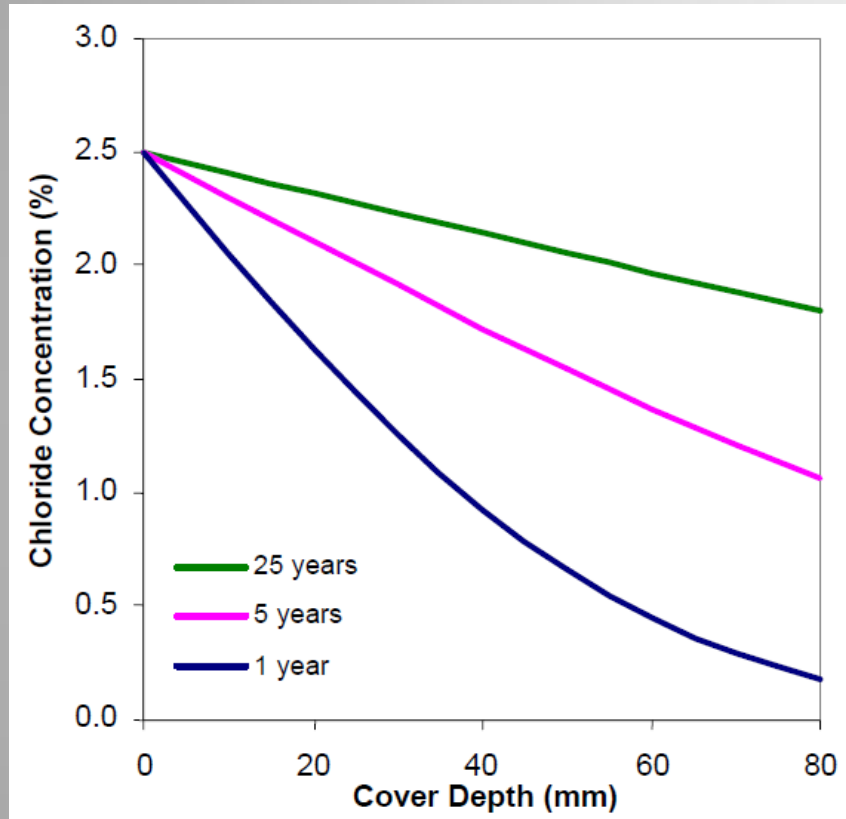
$$D_{app,A}(t) = k_e \cdot D_{app}(t_0) \cdot \left(\frac{t_0}{t}\right)^{\alpha_A}$$

**A károsodások háttérében nagyobbrészt „genetikai” okok állnak:
„the ageing factor depending on the type of binder /likely between 0,2-0,8/”**

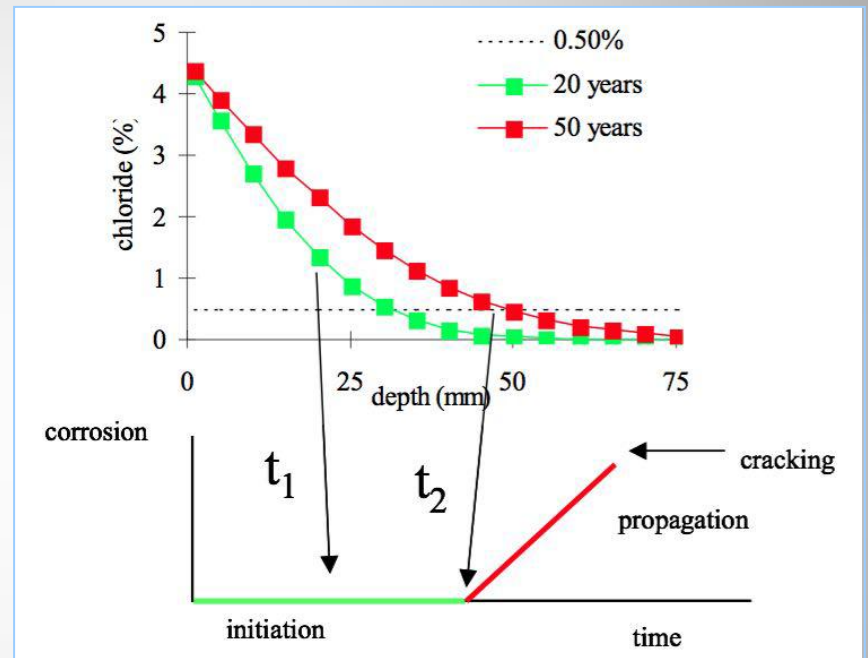
A másik, a kémiai háttérű ok:

a szokásos betonacéloknál a kloridkoncentráció kritikus értéke: kb. 0,6 m%/cement, de RRT-nél kb. 1 m%

Tehát a fizikai természeti törvények ugyan igazak, de egy „élő”, a korral egyre inkább változó anyag esetén ismerni kell a majdan bekövetkező változás mértékét, ha szeretnénk tudni az 50-100 éves korú szerkezet károsodásának kockázatát



Elvi átteresztőképesség
Fick II. törvénye szerint

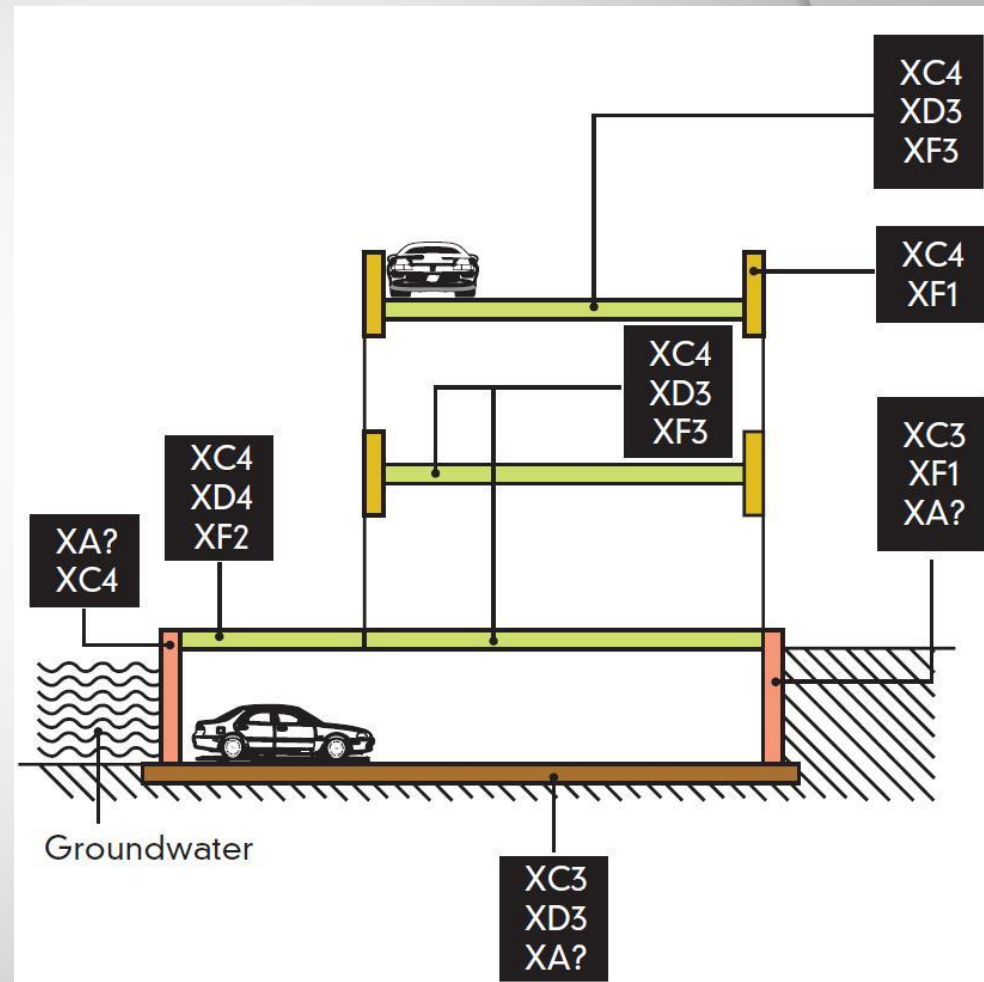
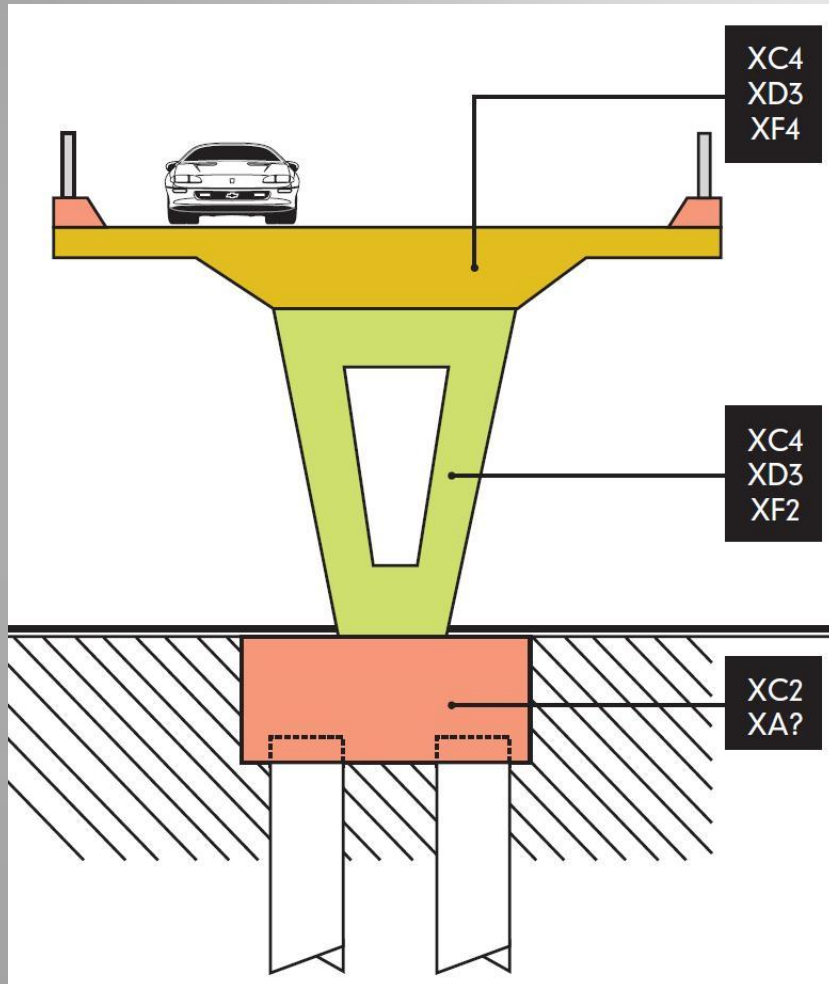


A gyakorlatban mért átteresztőképességeknél a kor előrehaladtával egyre nagyobb eltérést tapasztaltak az elvi értékektől

Probléma megközelítése az EN szabványokban:

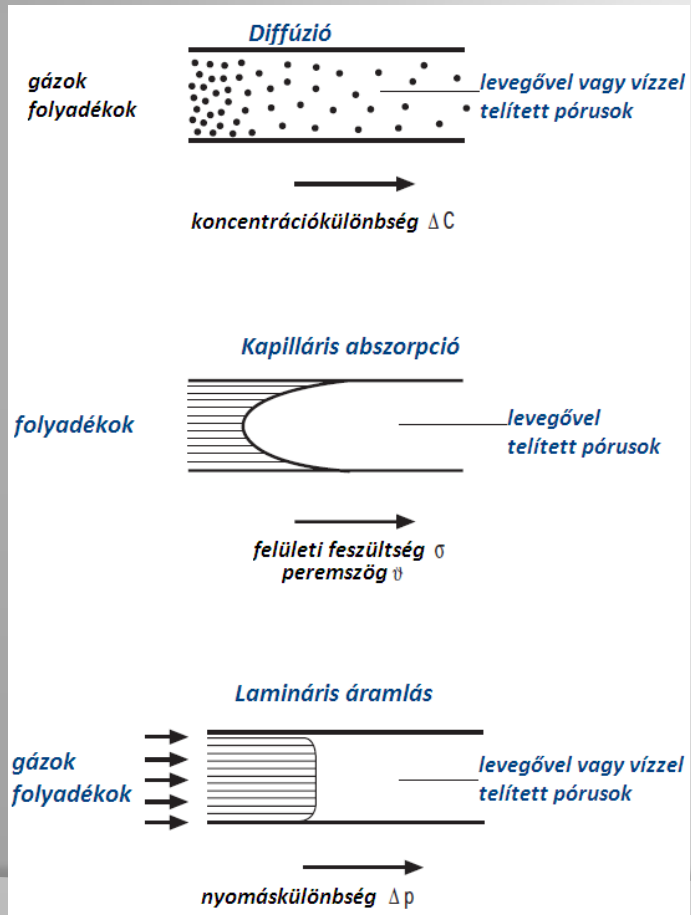
A szilárdsági osztályok mellett megjelennek a környezeti osztályok is

(Fontos az egységes szemlélet, az elv is jó, de a tartalom vajon kiforrott?)

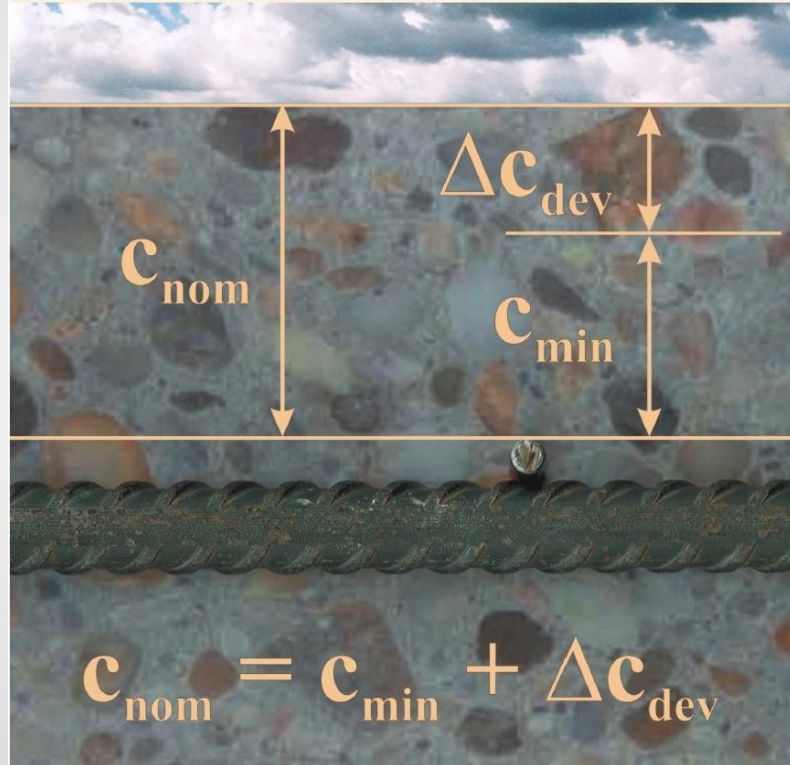


Vajon jó-e az összetételeket előíró-típusú megközelítés /"prescriptive approach"/?

A betontakarásra vonatkozó előírási szemlélet („prescriptiv approach”) az EN szabványokban, valamint a károsító anyagok transzportmechanizmusa a betonban



4. Vasbeton szerkezeti elemek *betonfedése*



Az előírt névleges betonfedés (c_{nom}) az előírt legkisebb betonfedés (c_{min}) és a kötelező ráhagyás (Δc_{dev}) összege:

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$$

(Δc_{dev} → a „dev” index az eltérésre „deviation” utal)

A betontakarásra vonatkozó előírási szemlélet („prescriptiv approach”) az MSZ EN szabványokban

Környezeti hatások miatt előírt legkisebb betonfedések ($c_{min,dur}$) külön védelemmel el nem látott, MSZ EN 10080:2005, MSZ 339:2010 J. szerinti betonacélok esetén az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány alapján

Szerkezeti osztály jele	Környezeti osztály								
	X0	XC1	XC2, XC3	XC4	XD1, XS1	XD2, XS2	XD3, XS3	XF1– XF4 XA1– XA3 XV1(H)– –XV3(H) XF2(H), XF3(H)	XK1(H)– –XK5(H)
	Környezeti hatások miatt előírt legkisebb betonfedés ($c_{min,dur}$), mm								
S1	10	10	10	15	20	25	30	35	40
S2	10	10	15	20	25	30	35	40	45
S3	10	10	20	25	30	35	40	45	50
S4	10	15	25	30	35	40	45	50	55
S5	15	20	30	35	40	45	50	55	60
S6	20	25	35	40	45	50	55	60	65

A beton összetételére vonatkozó előírások az MSZ EN 206 szerinti XD és XS osztályokban

Osztály jelölése	Környezet leírása	Informatív példák a kitéti osztályok hozzárendeléséhez
Tengervízből származó kloridok által kiváltott vasalati korrózió		
Amennyiben a vasalást vagy egyéb beágyazott fémet tartalmazó beton tengervízből vagy sótartalmú tengeri levegőből származó kloridok hatásának van kitéve, akkor a kitéti osztályok hozzárendelését a következők szerint kell végezni:		
XS1	Sótartalmú levegő, de nincs közvetlen kapcsolat a tengervízzel	Építmények a tengerpart közelében vagy a tengerparton
XS2	Folyamatosan víz alatt	Tengeri építmények részei
XS3	Árapályos területek, szóródó víz és ködpermetes területek	Tengeri építmények részei
Kloridok által kiváltott vasalati korrózió a tengervíz kivételével		
Amennyiben a vasalást vagy egyéb beágyazott fémet tartalmazó beton a tengervíz kivételével kloridtartalmú víz hatásának van kitéve, beleértve az olvasztó sót, akkor a kitéti osztályok hozzárendelését a következők szerint kell végezni:		
XD1	Mérsékelt nedvesség	Beton felületek, amelyek kloridtartalmú elosztatott kőnek vannak kitéve
XD2	Nedves, ritkán száraz	Uzodák; Beton, amely kloridtartalmú ipari hulladékvíznek van kitéve
XD3	Változóan nedves és száraz	Hidak részei, amelyek kloridtartalmú szóródó víznek vannak kitéve; Útpálya burkolatok; Parkoló szintek

	Kitéti osztályok					
	Kloridok által okozott korrózió					
	Tengervíz			Kloridok, kivéve a tengervízből származók		
	XS 1	XS 2	XS 3	XD 1	XD 2	XD 3
Maximális v/c tényező ^c	0,50	0,45	0,45	0,55	0,55	0,45
Minimális nyomószilárdsági osztály	C30/37	C35/45	C35/45	C30/37	C30/37	C35/45
Minimális cementtartalom ^c (ka/m ³)	300	320	340	300	300	320

A cement típusára nincs előírás

Frissbeton megengedett kloridtartalma vasbetonban:

$C_0 = \text{max. } 0,4 \text{ m\%/cement}$

/Hollandiában max. 0,1 m%, USA-ban max. 0,05 m%/



A szilárd betonban a kloridkoncentráció

kritikus értéke: $C_{crit} = 0,6 \text{ m\%/cement}$

/Ausztriában és USA-ban max. 0,5 m%/

A betontakarás előírásai a különböző országok nemzeti dokumentumaiban

Table 3-2 Exposure classes in Australia (AS 3600:2009)

Exposure classes according to EN 206-1:2000		Exposure classes according to AS 3600:2009	
XS1	Airborne	B1	1-50 km from coastline
XS2	Fully submerged	B2	0-1 km from coastline
			Permanently submerged
XS3	Tidal / splash / spray	C1	Spray
		C2	Splash / tidal

Table 3-3 Selected countries and respective codes taken into account

Country	Specifications considered
Spain (E)	EHE-08 (2008)
Portugal (P)	LNEC E 464 (2007), NP EN 1992-1-1+NA (2010), NP EN 206-1+NA (2007)
Great Britain (GB)	BS 8500-1 (2006), BS 8500-2 (2006), BS EN 1992-1-1+NA (2005), BS EN 206-1 (2000)
Netherlands (NL)	NEN 8005 (2008), NEN-EN 1992-1-1/NA (2011), NEN-EN 206-1 (2001)
Germany (D)	DIN 1045-2 (2008), DIN EN 1992-1-1+NA (2013), DIN EN 206-1 (2001)
Denmark (DK)	DS 2426 (2011), DS/EN 1992-1-1 DK NA (2011), DS EN 206-1 (2001)
Norway (N)	NS-EN 1992-1-1 :2004+NA (2008), NS-EN 206-1:2000+NA (2007)
United States of America (USA)	ACI-318-14 (2014), AASHTO LRFD Bridge (2012)
Australia (AUS)	AS 3600 (2009)

Table 3-6 Variables used for benchmarking dependent on country and exposure class

Country	$T_{\text{real}} [^{\circ}\text{C}]$ ND (μ)	$\Delta c_{\text{dev}} [\text{mm}]$ Constant	$c_{\text{min}} [\text{mm}]$ ND (μ)					
			XD1	XD2	XD3	XS1	XS2	XS3
E	15	10	25/45	35	35	25/45	30/40	35
P	15	10	35	40	45	35	40	45
GB ¹	10	15	35	40	50	40/45	40	50
NL	10	5	35	40	40	35	40	40
D	10	15	40	40	40	40	40	40
DK	8	5	30	40	40	30	30	40
N	8	10	40	40	40	40	40	50
USA ²	10	9.5	41/54	41/54	41/54	41/54	41/72	41/72
AUS ³	15	5	–	–	–	35/40	40	45/60

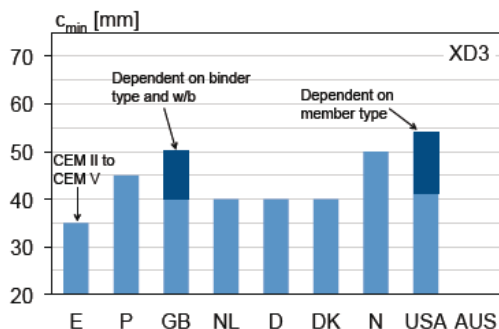
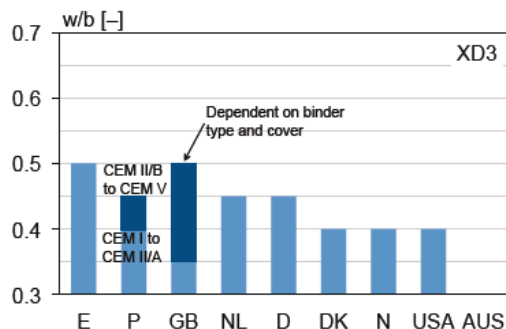
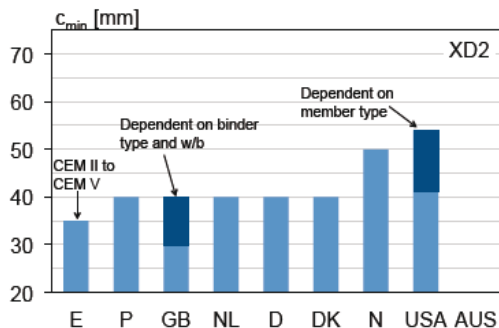
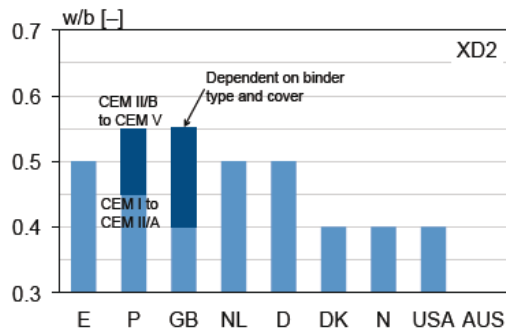
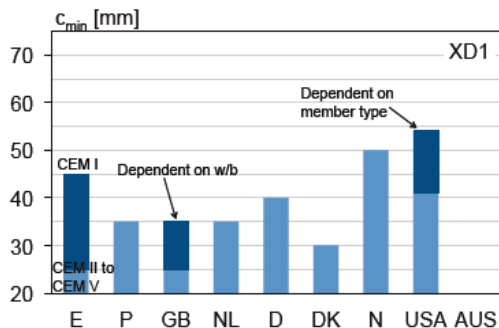
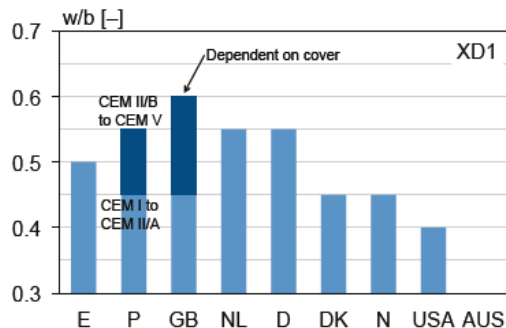
¹ Dependent on cement type and w/c-ratio, different covers are possible

² In USA c_{min} is not specified explicitly; specifications for cover and allowance for deviation exist; i.e. $c_{\text{min}} = 41 \text{ mm}$ derived from $50.8 \text{ mm} - 9.5 \text{ mm}$ (2" - 3/8")

³ For definition of exposure classes in Australia, see Table 3-2

A betontakarás és a v/c tényező előírásai a különböző országok nemzeti dokumentumaiban

XD osztályban v/k és c_{min} előírások



XS osztályban v/k és c_{min} előírások

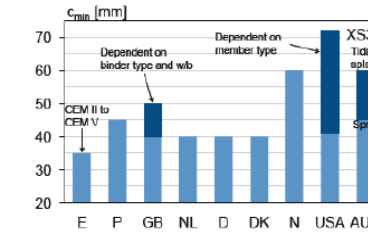
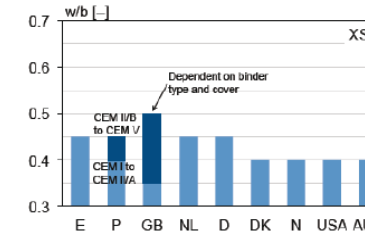
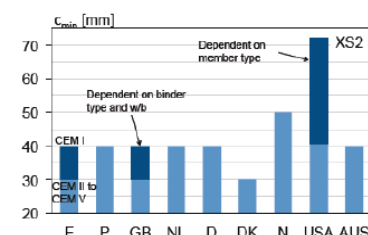
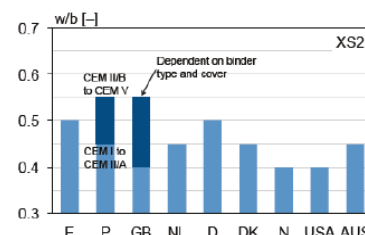
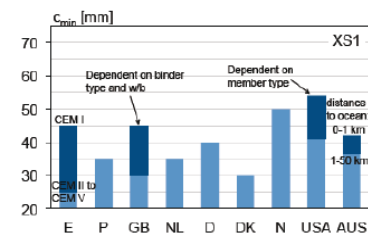
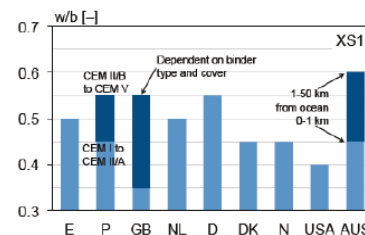


Fig. 3-2 Maximum w/b-ratio (left, previous and this page) and minimum cover (right, previous and this page) for exposure classes XS1 to XS3

Fig. 3-1 Maximum w/b-ratio (left) and minimum cover (right) for exposure classes XD1 to XD3

A betontakarás és betonösszetétel előírásai szerinti megbízhatósági indexek a különböző országok nemzeti dokumentumaiban

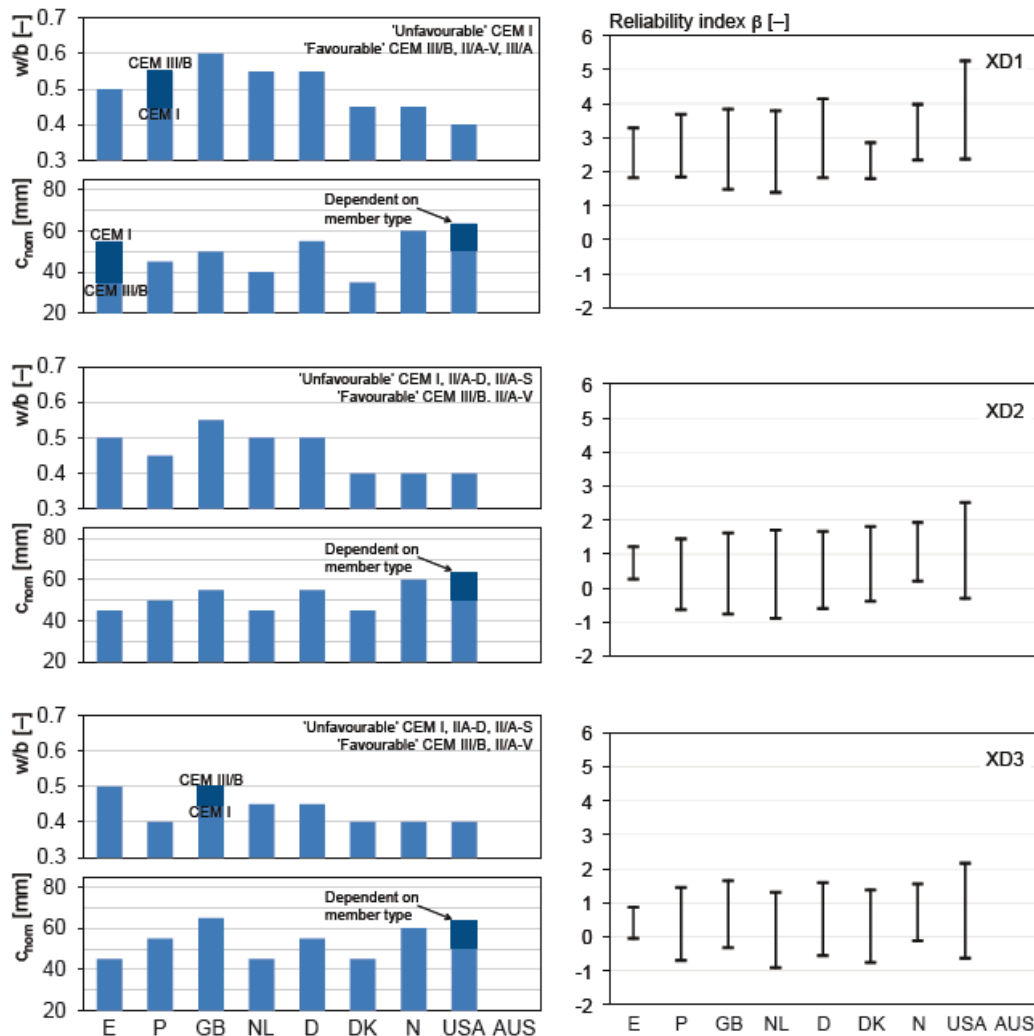


Fig. 3-4 Favourable and unfavourable types of cement, with maximum w/c-ratio and nominal cover (left) and reliability spectra for a design service life of 50 years (right), for exposure classes XD1 to XD3 (calculations according to data sheet in Appendix A)

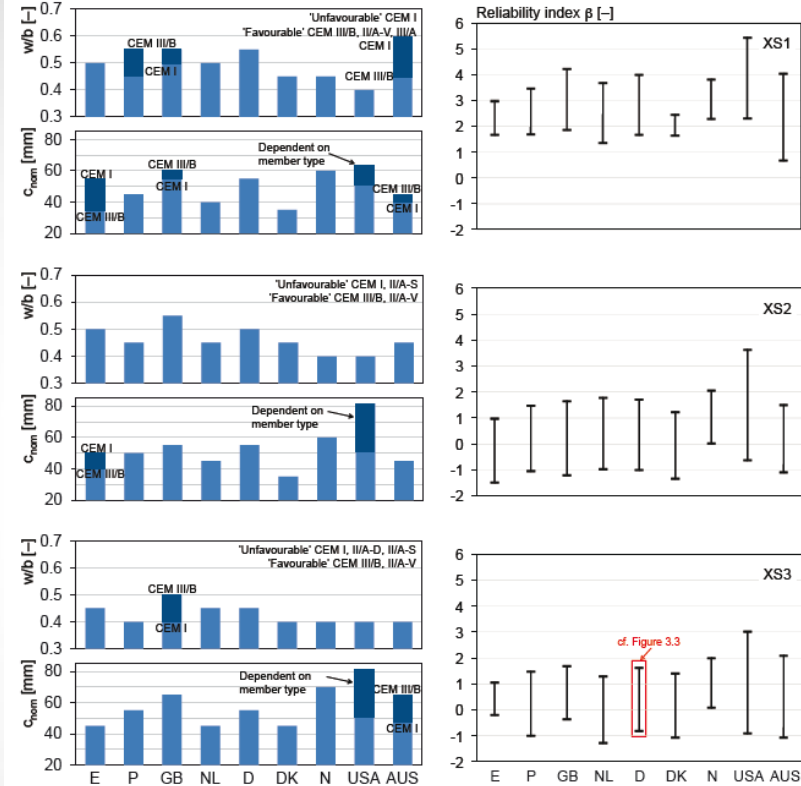


Fig. 3-5 Favourable and unfavourable types of cement, with maximum w/c-ratio and nominal cover (left) and reliability spectra for a design service life of 50 years (right), for exposure classes XS1 to XS3 (calculations according to data sheet in Appendix A)

A szakemberek minden országban tudják, hogy gond van a szabványok előírásaival

Table 3-4 Diversity in deemed-to-satisfy rules of selected countries

Country	Diversity in deemed-to-satisfy rules and permitted types of cement	
Spain (E)	CEM III/A, CEM III/B, CEM IV, CEM II/B-S, B-P, B-V, A-D combined with a lower cover for same w/c-ratio	Others combined with a higher cover for same w/c-ratio (for XS1, XD1, XS2), for other exposure classes a service-life design is required
Portugal (P)	CEM II/A-D, CEM II/B, CEM III/A, CEM III/B, CEM IV/A, CEM IV/B, CEM V Combined with a higher w/c-ratio for same cover	CEM I, CEM II/A Combined with a lower w/c-ratio for same cover
Great Britain (GB)	Groups of types of cement combined with w/c-ratio correlated with cover	
Netherlands (NL)	All types of cement; same cover and w/c-ratio within each exposure class	
Germany (D)	All except: CEM II/B-L, CEM II/B-LL, CEM II/A-W, CEM II/B-W, CEM III/C*, CEM V/A Same cover and w/c-ratio within each exposure class	
Denmark (DK)	XD1, XS1, XS2: CEM I, CEM II/A-L, CEM II/A-LL and CEM II/A-V	XS3, XD2, XD3: CEM I and CEM II/A-V
	Same cover and w/c-ratio within each exposure class	
Norway (N)	XD1, XS1: CEM I, CEM II/A-S, CEM II/B-S, CEM II/A-D, CEM II/A-V, CEM II/B-V, CEM III/A	XD2, XD3, XS2, XS3: CEM I + 4 M.% SF/c., CEM II/A-S, CEM II/B-S, CEM II/A-D, CEM II/A-V, CEM II/B-V, CEM III/A
	Same cover and w/c-ratio within each exposure class	
United States of America (USA)	All cement types have same w/c-ratio but different cover for exposure conditions	
Australia (AUS)	No recommendations on type of cement and w/c-ratio: durability is verified with respect to compressive strength combined with cover	

Hogyan próbálnak felülemelkedni ezen a helyzeten az egyes országok betonos szabványügyi bizottságai?

Többnyire a NAD-ban előírják, hogy milyen cementek használhatók az egyes XD és XS környezeti osztályokban

Vannak akik a károsító ionok sebességének korlátozására írnak elő követelményeket

/a 28 napos korú áteresztőképességet igazolni kell/

Környezeti osztály	Migration coefficient ($\times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$)			
	DIN EN 206-1/DIN 1045-2		SN EN 206-1	
	Betontakarástól függetlenül		Betontakarástól függően	
	átlag	egyedi legnagyobb	40 mm fölött	70 mm fölött
XD1	$\leq 10,0$	$\leq 12,0$	$\leq 20,0$	$\leq 40,0$
XD2			$\leq 10,0$	$\leq 20,0$
XD3	$\leq 5,0$	$\leq 7,0$		

pl. az XD, XS környezeti osztályokra közel 10 éve írnak elő nemzeti kiegészítéseket

Már ez is valami, de nem az igazi. Miért?

Miért nem elég a 28 napos diff. érték?

/mert cementtípustól függetlenül a betonok áteresztése javul az idővel, de a javulás mértéke 2 nagyságrendbeli eltérést is eredményezhet /

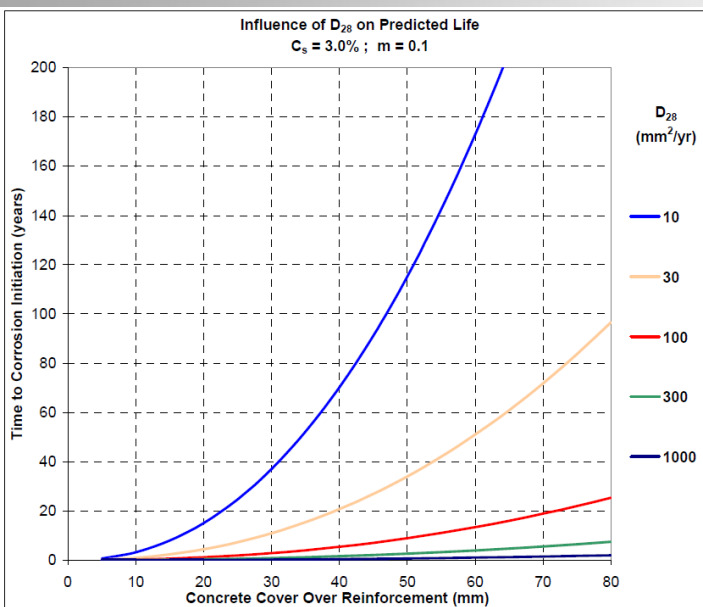


Figure 7: The effect of variable initial effective diffusion coefficients at 28 days, D_{28} , on predicted service life

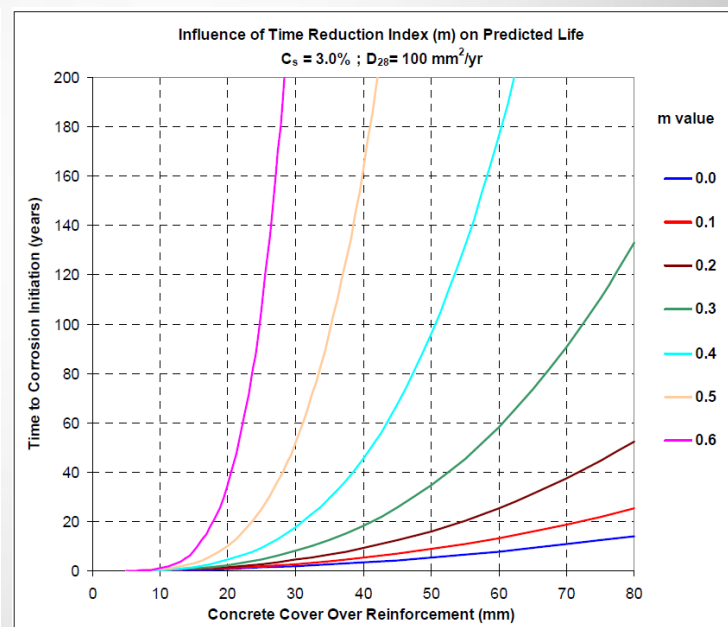


Figure 5: The effect of various values of the 'time-reduction index', m , on predicted service life

Ha a D_{28} érték változik, a többi konstans

Ha az α kor-tényező /"ageing factor"/ változik, a többi konstans

Beton mit erhöhtem Säurewiderstand für ein Schleusenbauwerk in der Lausitz

Raymund Böing, Leimen, Peter Bolzmann, Roland Hüttl und Carsten Rieck, Berlin

Im ehemaligen Lausitzer Braunkohlerevier entsteht im Rahmen nutzbarer Seen. Als Verbindung zwischen zwei Seen war ein Seewassers – pH-Werte zwischen 2,7 und 2,9 – und dem das waren besondere betontechnologische Maßnahmen zu ergreifliche Begleitung führten zu einem Beton mit erhöhtem Säurewiderstand, die durchgeführten Prüfungen und deren Ergebnisse s

Tafel 2: Chemische Beanspruchung des Betons aus See- und Grundwasser [2]

Freies Seewasser			
pH-Wert	–	2,7 bis 2,9	> stark angreifend
NH ₄ ⁺	mg/l	2,7 bis 4,9	kein chemischer Angriff
Mg ²⁺	mg/l	51,21	kein chemischer Angriff
SO ₄ ²⁻	mg/l	940 bis 1450	mäßig angreifend
Grundwasser			
pH-Wert	–	5,41	mäßig angreifend
CO ₂	mg/l	32	schwach angreifend
NH ₄ ⁺	mg/l	3,4	kein chemischer Angriff
Mg ²⁺	mg/l	45,9	kein chemischer Angriff
SO ₄ ²⁻	mg/l	851	mäßig angreifend



Bild 5: Sicht auf Schleusenbauwerk und Brücke im Zulauf Neuwieser See



Bild 6: Sicht in Schleusenammer von der Seite Partwitzer See

Für die Herstellung des Betons wurden der Zement CEM II/B-S 42,5 N, eine Steinkohlenflugasche, Silikastaub und eine Kombination aus zwei Fließmitteln auf PCE-Basis gewählt. Mit den regionalen Gesteinskörnungen standen drei Betonzusammensetzungen zur Prüfung an. Als Referenzbeton wurde der „SRB 85/35“

Lausitz - csatorna

Az egyik legfontosabb
tartóssági jellemző:

a diffúziós együttható

követelmény: $\leq 1,2 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$

mért: $0,52-0,60 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$

Tafel 4: Prüfergebnisse und Anforderungen

Kennwert		Verwendeter Beton	Referenz- beton (R)	Anforde- rung
Frost-Tausalz-Widerstand				
Mikrorissgefüge, Abwitterung	g/m ²	736	500	≤ 1500
Dyn. E-Modul (vom Ausgangswert)	%	100	99	≥ 60
Porosität				
Gesamtporosität	Vol.-%	10,5	10,0	≤ 11
Wasseraufnahme	M.-%	4,9	3,5	–
Kumulatives Porenvolumen (< 0,100 mm)	mm ³ /g	22	33	< 40
Kumulatives Porenvolumen (< 0,100 mm)	Vol.-%	5,0	7,6	–
Durchschnittliches Porenradius (< 0,100 mm)	µm	0,043	0,035	–
Chloriddiffusion				
Chlorid-Diffusionskoeffizient	10 ⁻¹² m ² /s	0,52	0,60	≤ 1,2
Restalkalität				
Rest-Ca(OH) ₂ bez. auf Zement	M.-%	7,0	7,0	≥ 2,6
Säurewiderstand				
Masseabtrag nach 12 Wochen	M.-%	0,78	1,29	= R
Schädigungstiefe	mm	1,25	1,20	= R

Insgesamt kamen in der Bodenplatte, den
Kammerwänden und der Fischtreppe
2300 m³ Beton mit erhöhtem Säurewider-
stand zum Einsatz.

Table 3-7 Deemed-to-satisfy specifications for exposure class XS3 in Germany, according to DIN 1045-2:2008

Environmental action	Material performance			Constructional performance
	Exposure class	Minimum cement content [kg/m ³]	Maximum w/b-ratio [-]	
XS3	320	0.45	All except CEM II/B-L, II/B-LL, II/A-W, II/B-W, III/C, V/A	Nominal concrete cover [mm] $c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$ 55 = 40 + 15

Table 3-8 Diversity in deemed-to-satisfy rules of selected countries

Variable	Symbol	Unit	Distribution	Unfavourable (CEM I)		Favourable (CEM III/B)	
				Mean	Standard deviation	Mean	Standard deviation
$D_{app}(t)$	$D_{RCM}(t_0)$	10 ⁻¹² m ² /s	Normal	10.0	2.0	1.9	0.4
	α	–	Beta a=0, b=1.0	0.30	0.12	0.45	0.20
	t_0	Years	Constant	0.0767	–	0.0767	–
	T_{ref}	K	Constant	293	–	293	–
	T_{real}	K	Normal	283	5	283	5
b_e	K	Normal	4800	700	4800	700	
Chloride concentration at depth Δx	$C_{s,\Delta x}$	wt.%/b	Lognormal	4.0	1.8	2.0	0.9
Depth of convection zone	Δx	mm	Beta a=0, b=50	10	5	10	5
Initial chloride content	C_0	wt.%/b	Constant	0	–	0	–
Critical chloride content	C_{crit}	wt.%/b	Beta a=0.2, b=2.0	0.60	0.15	0.60	0.15
Cover	c_{nom}	mm	Normal	55	9	55	9
Design service life	t_{ik}	Years	Constant	50	–	50	–

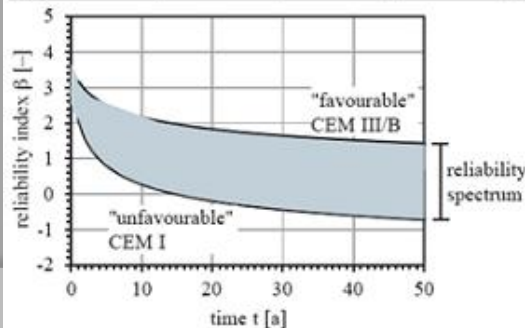


Fig. 3-3 Reliability index versus design service life for the unfavourable and the favourable design situation; Reliability spectrum provided when following the recommendations of deemed-to-satisfy rules of German specifications for XS3 (see Table 3-7)

A bulletin 76-ban végigvitt példa, hogy miért nem megbízhatóak a német szabványok előírásai a kloridkorrózióval szemben

De ettől függetlenül a szakemberek tudják, hogyan lehet megbízható szerkezeteket készíteni /csak meg kell kérdezni őket!/

MSZ 4798 (tervezet) szerinti korróziós környezeti osztályok

/az új környezeti osztályokat kidolgozta és bevezette Dr. Kausay Tibor/



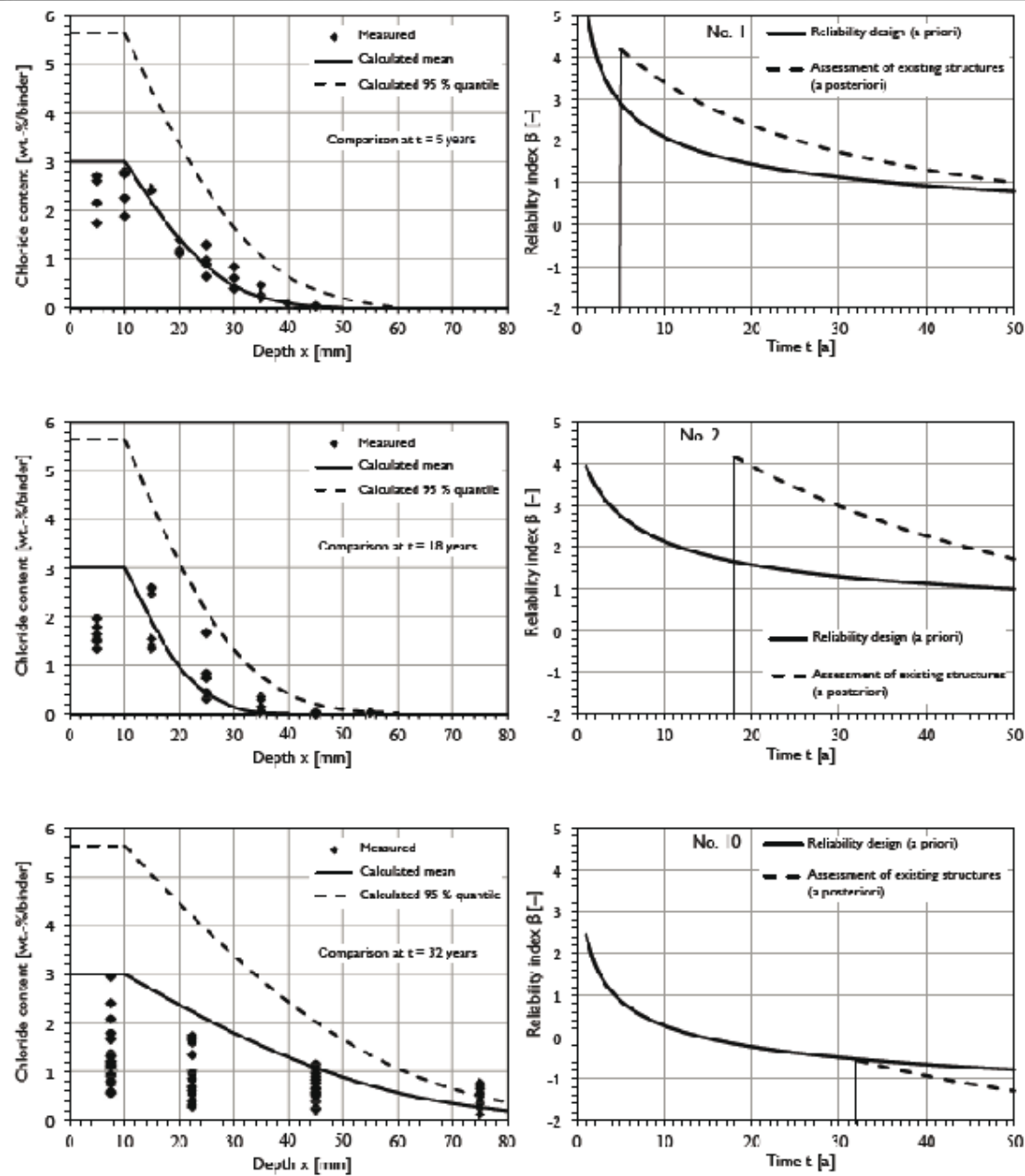
	Kitéti osztályok					
	Agresszív kémiai hatás					
	„Szulfát duzzadási korrózió”			„Oldódási kémiai korrózió”		
	XA1	XA2	XA3	XA4(H)	XA5(H)	XA6(H)
Legnagyobb v/c ^c	0,55	0,50	0,45	0,45 ^f	0,45 ^f	0,45
Legkisebb szilárdsági osztály	C30/37	C30/37	C35/45	C30/37	C30/37	C30/37
Legkisebb cementtartalom (kg/m ³)	300	320	360	330	330	330
Legkisebb levegőtartalom, % ^f	-	-	-	-	-	-
Friss beton előírt átlagos levegőtartalma, % ^f	max. 2,0 %	max. 2,0 %	max. 2,0 %	max. 1,75 %	max. 1,5 %	max. 1,25 %
Egyéb követelmények	CEM II jelű kohósalak portlandcement vagy mérsékelten szulfátálló vagy szulfátálló cement ^b	Mérsékelten szulfátálló vagy szulfátálló cement ^b	Szulfátálló cement ^b	CEM II jelű kohósalak portlandcementek, vagy CEM III jelű kohósalak-cementek +korrózióállóságot fokozó speciális kiegészítő-anyagok (pl.: az MSZ EN 13263-1 szerinti szilikapor, metakaolin) ^e		

MIS TUDUNK ADNI EURÓPÁNAK

Megvalósult szerkezetek utólagos vizsgálatával is igazolták a *fib* bulletin 76 tervezési modellt

Table 3-9 Features of the structures investigated

N°	Age [years]	Country	Exposure Class	Description of location	Type of binder	w/b-ratio [-]	C _{nom} [mm]
1	5	P	XS3	Setenave shipyards, Atlantic Ocean	CEM I + 5 % SF	0.35	55
2	18	NL	XS3	Box girder bridge wall, North Sea	CEM III/B	0.45	45
3	6	D	XS2	Specimens exposed to Eckernförde, Baltic Sea	CEM I	0.47	55
4	6		XS2	(exposed specimen)	CEM III/B	0.47	55
5	6		XS3	Specimen exposed to wall of Eider barrage, North Sea	CEM I	0.47	55
6	6		XS3	(exposed specimen)	CEM III/B	0.47	55
7	30, 40		XS3	Wall of Eider barrage, North Sea (Gehlen 2009)	CEM I + 5 % trass	0.45	55
8	36	DK	XS3	Bridge pile, Baltic Sea	CEM I	0.40	45
9	12		XS3	Bridge pile, North Sea	CEM I + FA	0.38	45
10	32		XS3	Bridge pile, Baltic Sea	CEM I	0.40	45
11	8	N	XS3	Floating structure 'Troll B', North Sea (Helland 2010)	CEM I + 7 % SF	0.35	60



Megvalósult szerkezetek utólagos vizsgálata és értékelése

Fig. 3-6 Left: Measured chloride contents and calculated chloride contents
 Right: Reliability index versus time determined by reliability design and by assessing existing structures

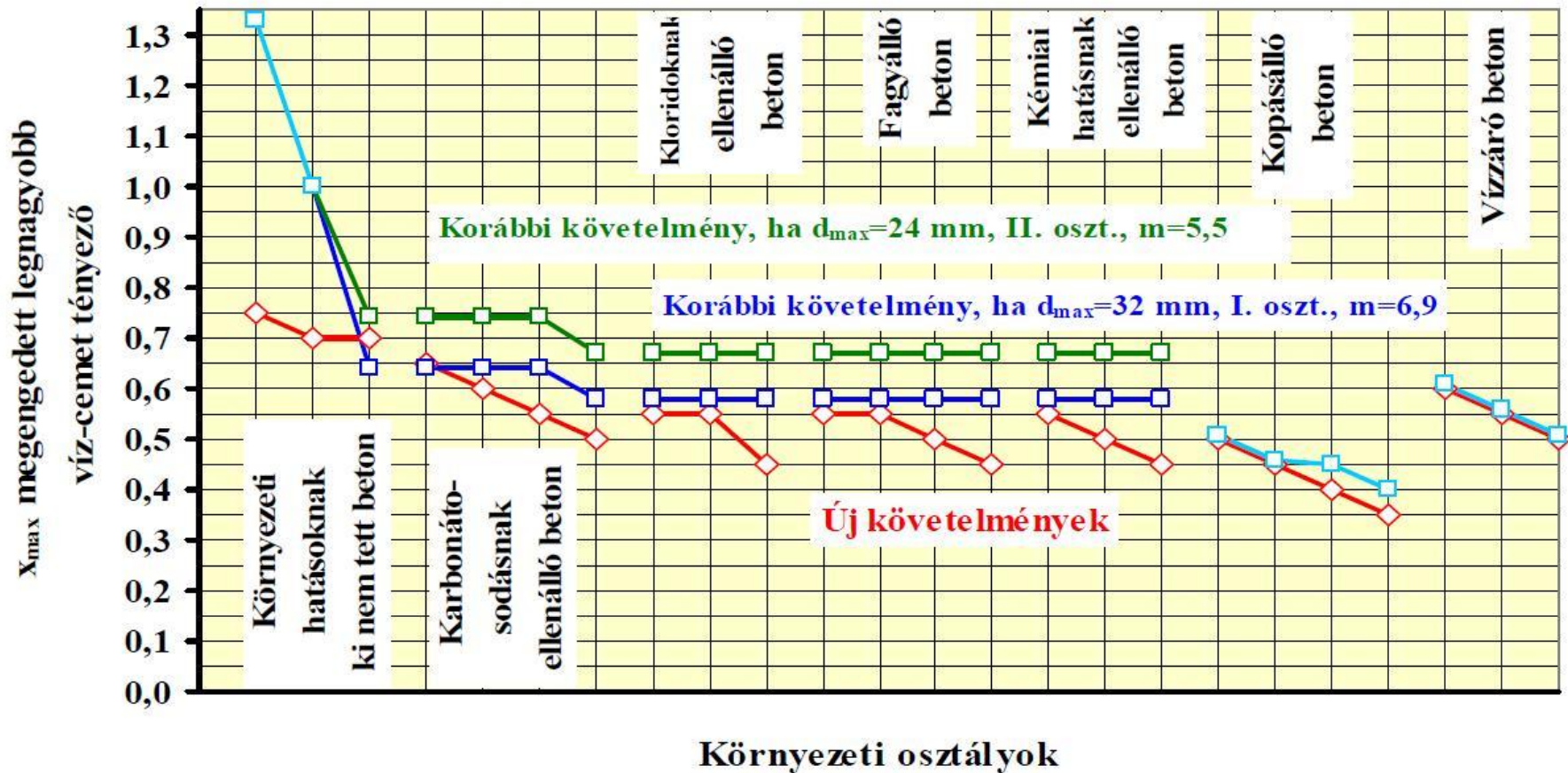
Miben változtak 30 év alatt az XD és XS osztályok elvárásai?

Az új és a korábbi környezeti követelmények összevetése

A megengedett legnagyobb víz-cement tényező

A példa jellemzői: a beton KK konzisztenciájú, az adalékanyag

$d_{max} = 24 \text{ mm}$, II. osztályú, $m = 5,5$ és $d_{max} = 32 \text{ mm}$, I. osztályú, $m = 6,9$



Miben változtak 30 év alatt az XD és XS osztályok elvárásai?

Következtetés

Az új betonszabvány a környezeti feltételek teljesüléséhez **betonköbméterenként mintegy 25-50 kg-mal nagyobb legkisebb cementtartalmat ír elő, mint amennyit a korábbi környezeti követelmény szerint alkalmazni kellett.**

A prEN 206-1:1985 betonszabvány tehát 30 éve nem változott lényegesen

A tönkremenetelt előidéző tényezők a következőképpen csoportosíthatók:

- kedvezőtlen hatású reakciók a cementpép vagy az adalékanyag ásványi alkotói és a környezetből származó anyagok között, mint pl. a klorid-ionok, a széndioxid, a szulfátok, a savas esők, a kipufogó gázok, a tengervíz, a különféle kemikáliák és atmoszferiálisok stb.;
- kedvezőtlen hatású reakciók a cementpép összetevői és az adalékanyag között, mint pl. az alkáli-kovász vagy az alkáli-karbonát reakció, az adalékanyag-cementkőváz határfelületén a porozitás növekedése stb.;
- a betont érő mechanikai hatások (igénybevételek) következtében keletkező károsodások, roncsolódás, repedezés, morzsolódás, fáradás stb.

A felsorolt tényezőkkel szemben általában az ellenállás növekedését várjuk, ha a beton nyomószilárdsága növekszik, de pusztán a nyomószilárdság javulásának hatására az ellenállás javulása nem következik be minden esetben. Bár vitathatatlan, hogy változatlan feltételek mellett általában több bizalmat ébreszt a szilárdabb beton a kevésbé szilárdnál, azonban a szilárd beton legtöbb fizikai és mechanikai tulajdonságát, de mindenekelőtt a tartósságát nem a szilárdsága, hanem a **szövetszerkezete (struktúrája)** határozza meg. Ebből viszont az következik, hogy az azonos szilárdságú, de különböző szövetszerkezetű betonok tartóssága nagy valószínűséggel eltérő lesz, illetve a nagyobb szilárdságú, de kedvezőtlen struktúrájú betonok tartóssága elmarad a kisebb szilárdságú, de kedvező struktúrájú betonokétól.

Dr. Ujhelyi János, Szakmérnöki jegyzetek, 1998-2000

Mivel az EN 206:2013 betonszabvány sem fókuszál a szövetszerkezetre, ezért pl. a kloridkorrózió ellen nem tekinthető szakmailag kiforrottnak.

Súlyos megállapítást tesz a *fib* bulletin 76 is

Except for the exposure classes XD1 and XS1, the reliability level provided by deemed-to-satisfy rules is, at least for unfavourable design situations, lower than all the proposed target reliabilities.

Therefore, it can be concluded that the major consequences of the current prescriptive approach are:

- a lack of safety for specific design situations,
- a lack of economic serviceability of prescriptive designed structures.

This results mainly from the lack of reliable information on the durability properties of the concrete (type of cement), which makes it difficult to evaluate concrete quality and

Az XD1 és XS1-nél szigorúbb környezeti osztályokban a szabványok előírásai nélkülözik a biztonságot és a gazdaságos használhatóságot – saját fordítás

Milyen megoldást javasol a *fib* bulletin 76?

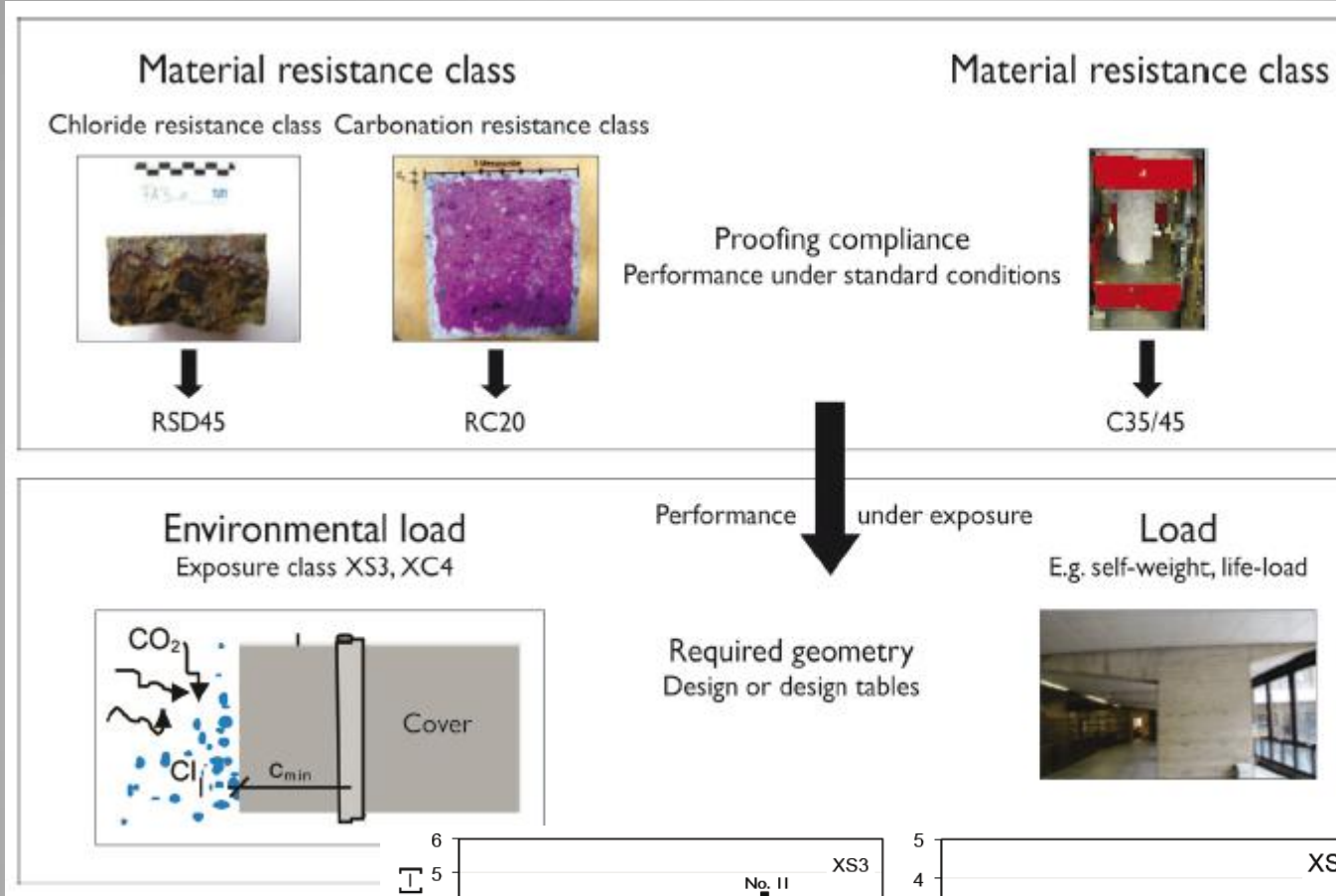


Fig. 4-1

Methodological approach for ensuring durability based on material resistance classes in comparison with the approach for ensuring load-bearing capacity based on strength classes (RSD for Material Resistance Class Sea / De-Icing Salts, RC for Material Resistance Class Carbonation)

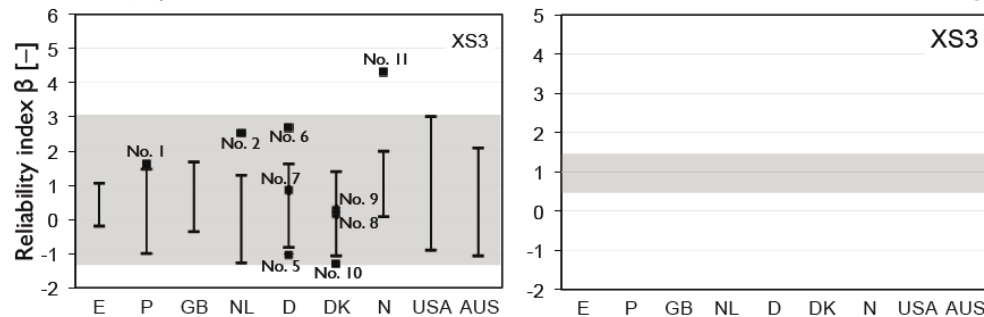
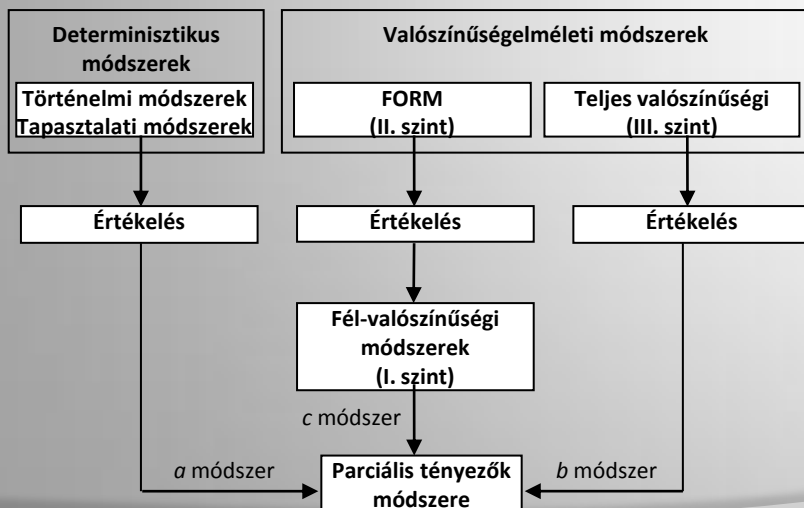
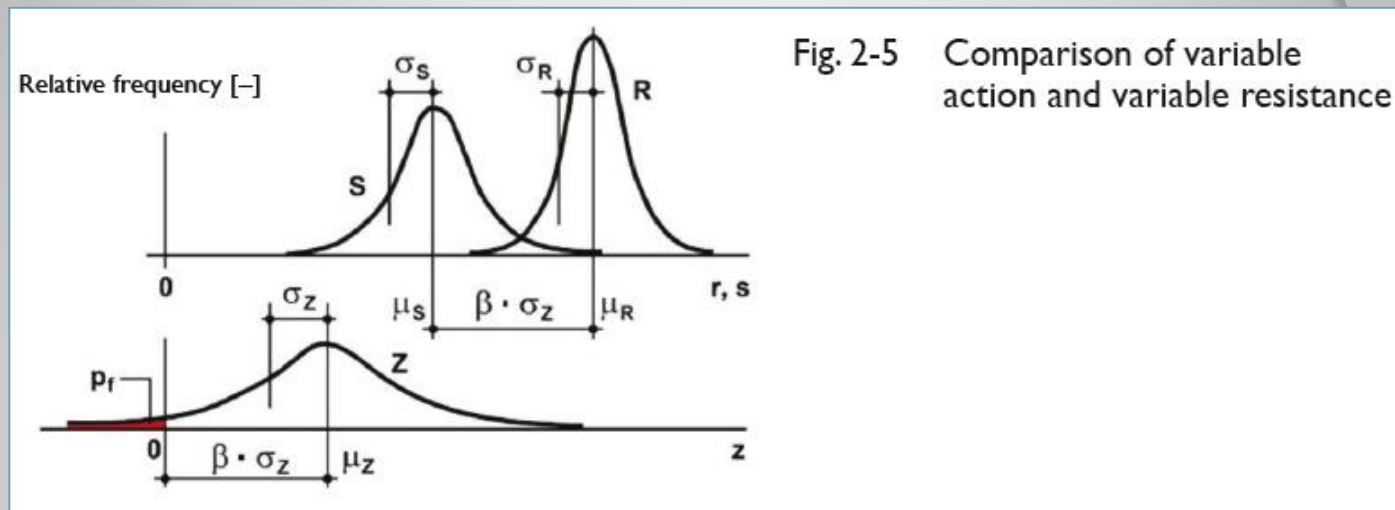


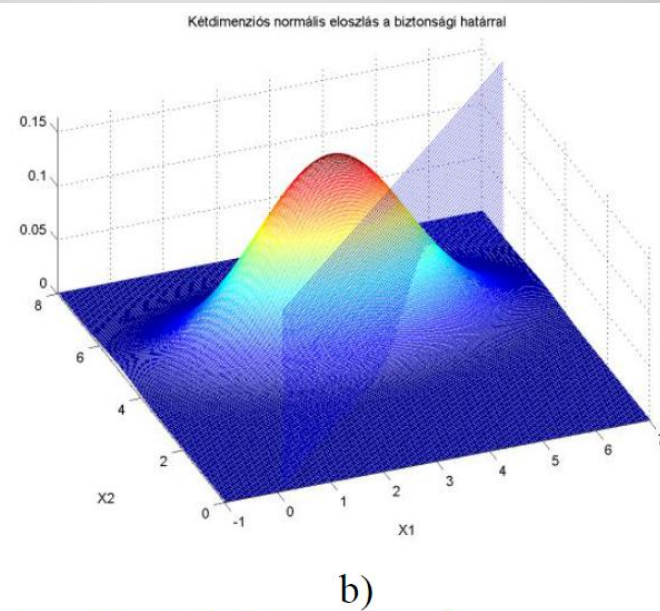
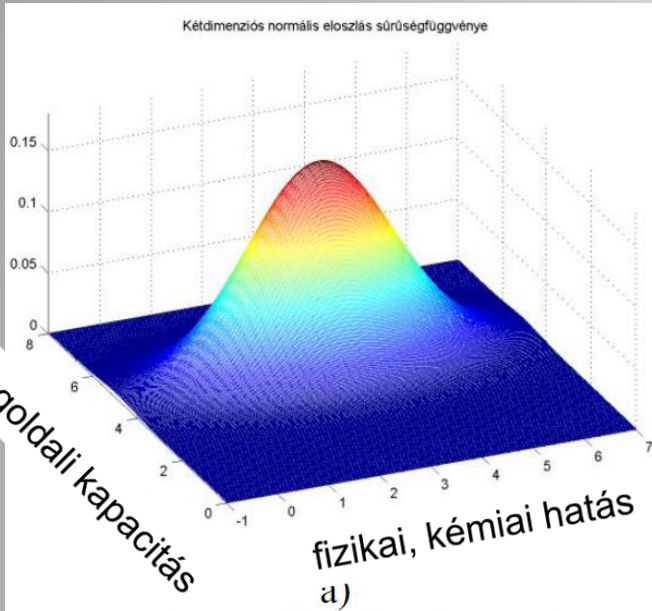
Fig. 4-2 Reliability spectra provided by current deemed-to-satisfy rules (left) and when specifying cover in dependence of material resistance class (right)

A *fib* bulletin 76 javasolja az EC 0-ban (MSZ EN 1990) elfogadott megbízhatósági módszerek alkalmazását

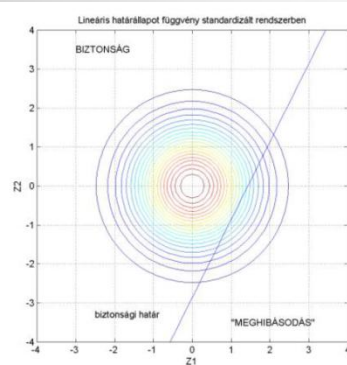
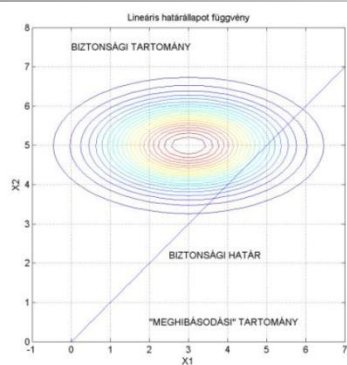


Milyen fizikai tartalma van a megbízhatósági indexnek?

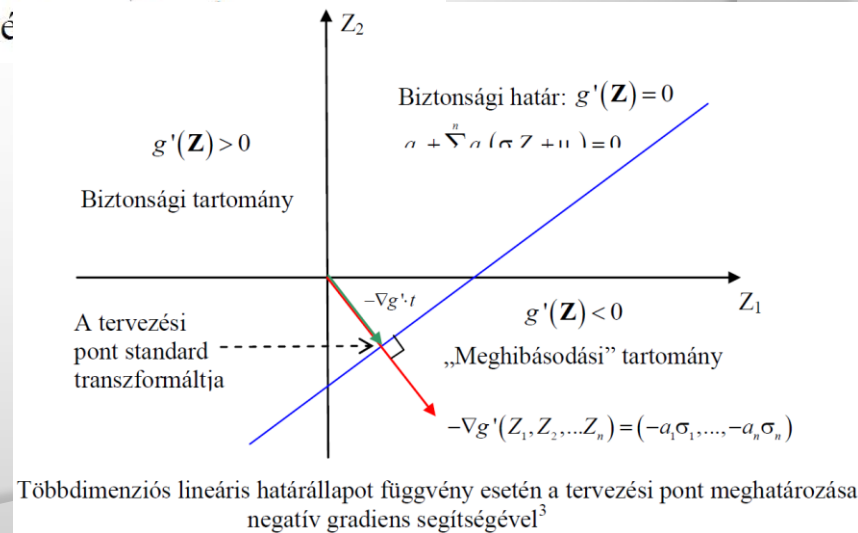
/kulcsszavak: megbízhatósági index, határállapot függvény, biztonsági határ, tervezési pont/



1. ábra. Kétdimenziós normális eloszlás sűrűsége



2. ábra. Lineáris határállapot függvény kétdimenziós normális eloszlás esetén
a) az eredeti; b) a standardizált koordinátarendszerben.²



Hogyan reagálnak Európa vezető jogászai az építmények tartóssági problémáira?



Természetesen egy /már nem is annyira/ új rendelettel

2011.4.4.

HU

Az Európai Unió Hivatalos Lapja

ún. CPR rendelet

L 88/5

AZ EURÓPAI PARLAMENT ÉS A TANÁCS 305/2011/EU RENDELETE

(2011. március 9.)

az építési termékek forgalmazására vonatkozó harmonizált feltételek megállapításáról és a 89/106/EGK tanácsi irányelv hatályon kívül helyezéséről

6. cikk

A teljesítménynyilatkozat tartalma

e) az építési termék azon alapvető jellemzőinek teljesítménye, amelyek a termék rendeltetésével vagy rendeltetéseivel kapcsolatosak, figyelembe véve a termék rendeltetésével

(15) Egy építési termék teljesítményének értékelésekor figyelembe kell venni a termék teljes életciklusa folyamán történő használatához kapcsolódó egészségügyi és biztonsági vonatkozásokat is.

(5) Az építmények alapkövetelményeinek való megfelelést szolgáló, az egyes építési termékek rendeltetését vagy rendeltetéseit szabályozó tagállami rendelkezések adott esetben meghatározzák azokat az alapvető jellemzőket, amelyekre vonatkozóan a teljesítményről nyilatkozni kell. Az üres teljesítménynyilatkozatok elkerülése érdekében nyilatkozni kell az építési termékek azon alapvető jellemzőinek legalább egyikéről, amelyek a tervezett felhasználási mód(ok) szempontjából relevánsak.

Ez a rendelet teljes egészében kötelező és közvetlenül alkalmazandó valamennyi tagállamban.

Kelt Strasbourgban, 2011. március 9-én.

az Európai Parlament részéről

az elnök

J. BUZEK

a Tanács részéről

az elnök

GYÓRI E.

Műszaki emberek, gazdasági elemzők és jogászok összefeszülése

Kinek van problémája a 305/2011/EU rendelettel?

- A felelősség a tervezőt, felhasználót terheli, hogy a tervezett felhasználásra a megfelelő terméket válassza.
- A gyártónak nyilatkozni kell az építési termékek azon alapvető jellemzőinek legalább egyikéről, amelyek a tervezett felhasználási mód(ok) szempontjából relevánsak.
- Nem állapítja meg a termékről a forgalomba hozatal előtt senki, hogy az megfelel-e vagy sem a tervezett célra.



HADD ÖRÜLJÖN A TERVEZŐ, VÉGRE VÉGE A LÉHASÁGNAK,
Ő LEHET A FELELŐS SZINTE MINDENÉRT

MIT TEHET A TERVEZŐ, FELHASZNÁLÓ?

ha tartósan megbízható betonszerkezeteket akar
(pl. vizes világbajnokságra, olimpiai létesítményekre)

VAGY értelmezze jól és írja elő az aktuális betonszabványokban leírt alternatívákat, ezért:

- Ne csak a szabványokat és a szerkezetépítés folyamatát ismerje, hanem értse
- a szabványokban hivatkozott szakirodalmi forrásokat,
- a *BETON* könyvet (kiadó: Magyar Mérnöki Kamara),
- a *fib BULLETIN* kiadványokat (kiadó: *fib* Magyar Tagozat)

VAGY INKÁBB -még a tervek kiadása előtt- forduljon hozzáértő szakintézethez, pl.:

- BME Építőanyagok Tanszék
- ÉMI Nonprofit Kft és ÉMI-TÜV SÜD Kft
- Szikktlabor Kft és Cemkut Kft
- Betonopus Kft



A helyzetet ki is lehet használni



BIZALMAS

„In many countries' standards a single value of cover and a single concrete composition requirement are given for each exposure class -The British Standard for concrete, BS 8500-1 states:

...there is a degree of uncertainty with the recommendations for an intended working life of at least 100 years in the chloride (XD) and sea water (XS) environments. In these situations consideration may be given to using other techniques such as stainless steel or non-ferrous reinforcement, barriers, coatings and corrosion inhibitors...”

„The use of predictive modelling can be a useful tool to support the consideration of the selective use of stainless steel reinforcement ...“ – rozsdamentes betonacélt gyártó-forgalmazó cégek

Ha van még idő, akkor pillantsunk bele az beton anyagoldalának ellenállási rejtelmeibe

/avagy miért lassítják nagyon különböző mértékben a kloridkorróziót a cementek?/

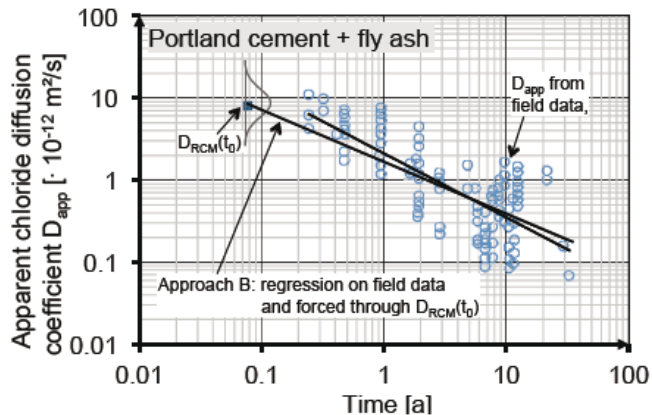
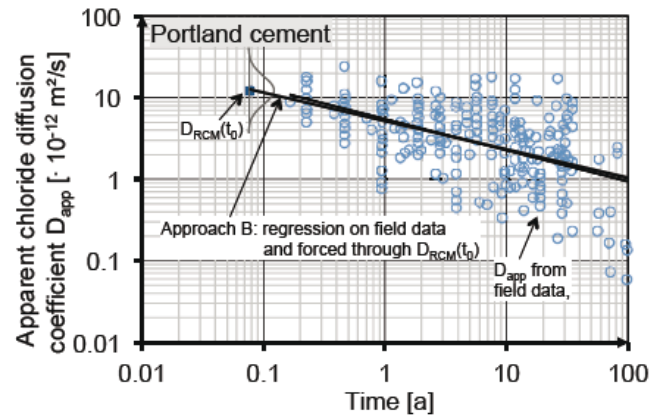
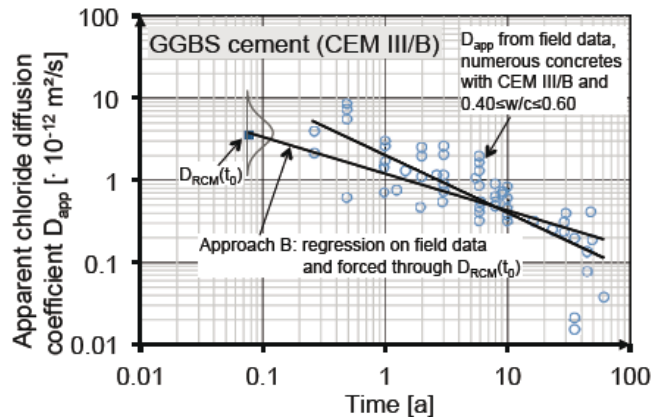


Fig. 2-6 Top left: Development of the chloride diffusion coefficient CEM III/B, CEM I and CEM (Gehlen 2000)

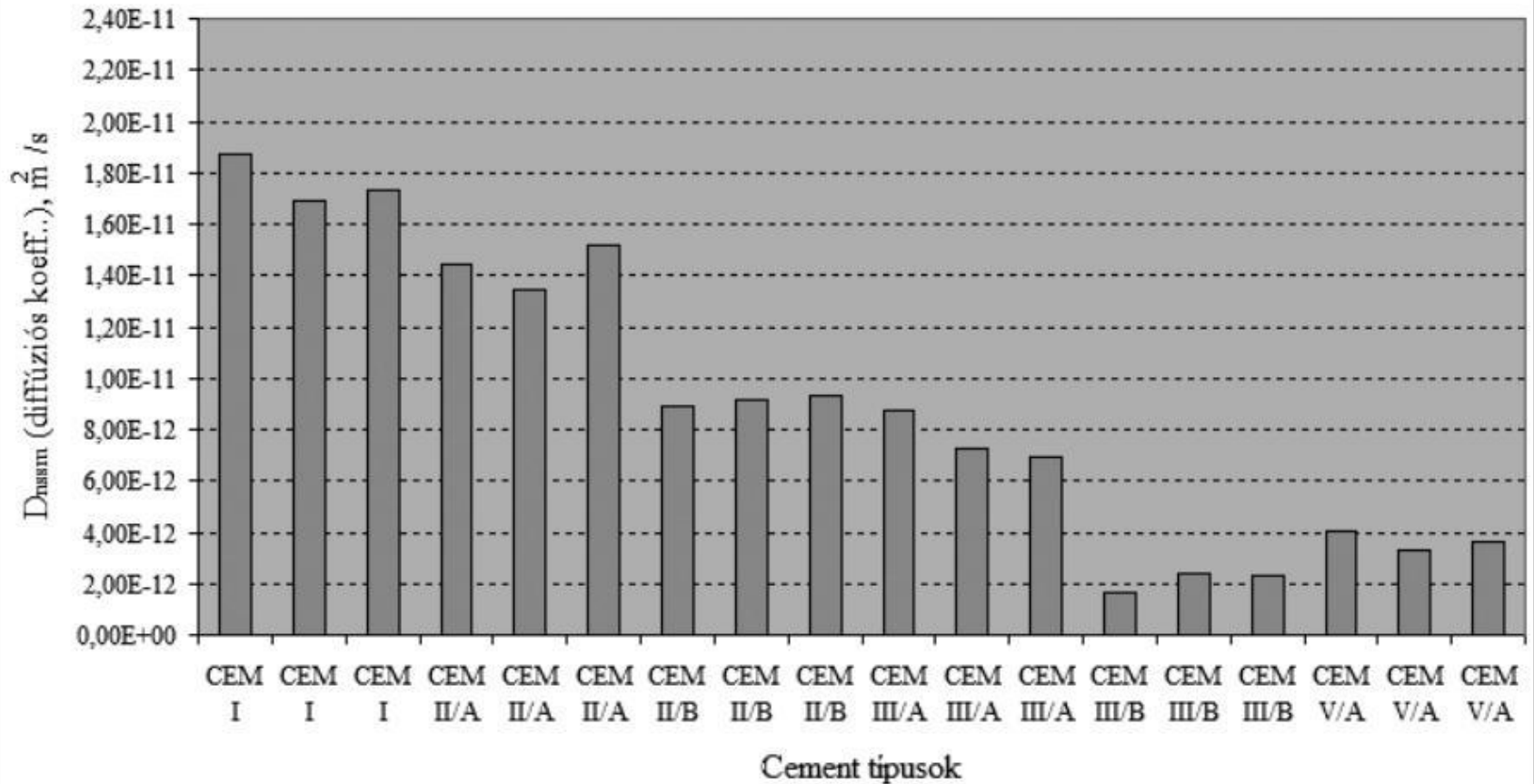
$$D_{app,A}(t) = k_e \cdot D_{app}(t_0) \cdot \left(\frac{t_0}{t}\right)^{\alpha_A}$$

Regression line through the apparent chloride diffusion coefficient from chloride profiling data is forced through the data of $D_{RCM}(t_0)$ as the starting point (Approach B)

The slope in a double-logarithmic diagram is equal to the aging exponent α_B for modelling the time-dependent reduction of $D_{app}(t)$

Mert különböznek az egyes cementtípusokra jellemző kloridáteresztési tényezők (D_{RCM0}) és azok időbeni változását számszerűsítő kor-tényezők (α - „ageing factor”)

Hazai forgalmazású cementek áteresztőképessége



Betonmintákon mért diffúziós koefficiensek a cementtípusok függvényében,
víz/cement tényező: 0,55

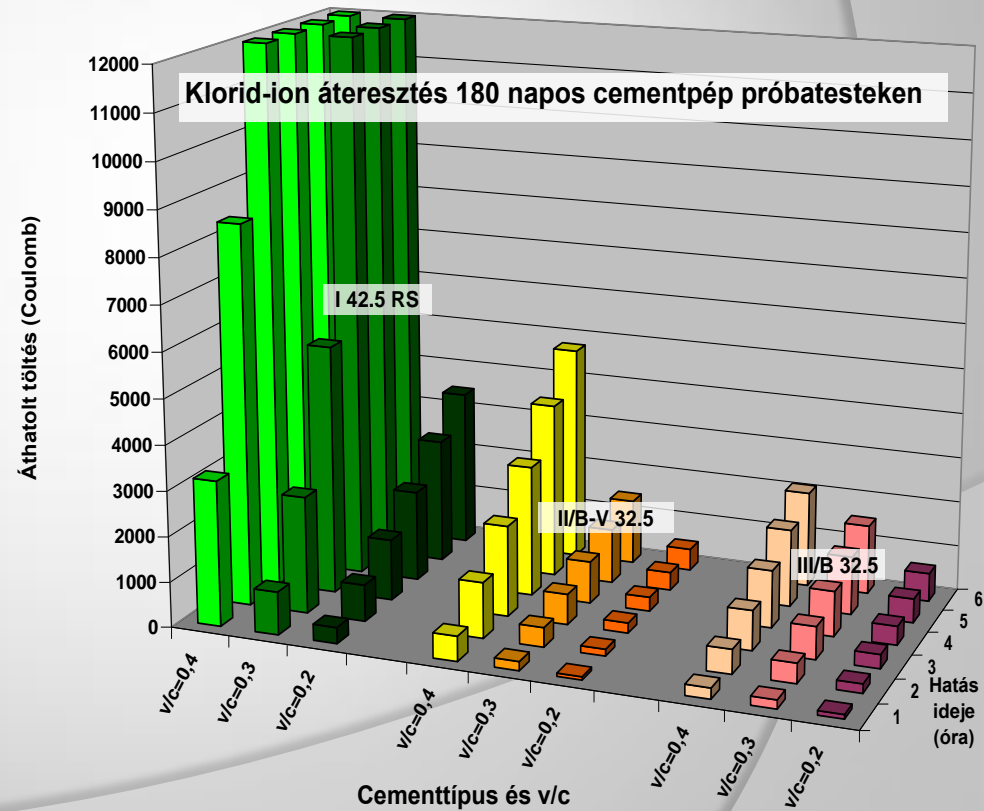
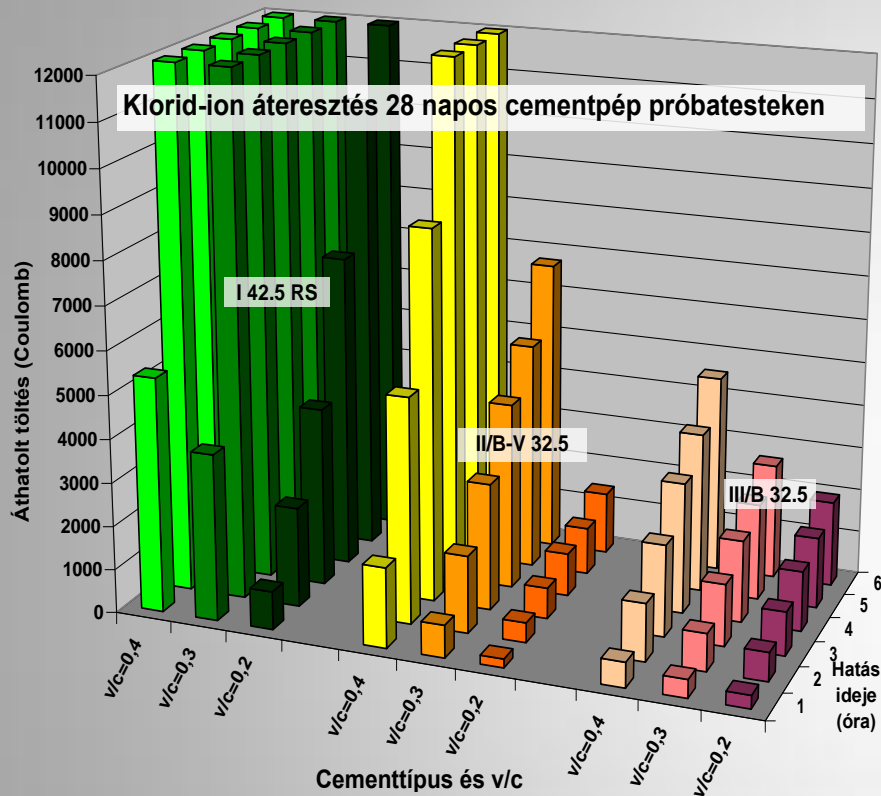
A kloridáteresztőképességi gyorsvizsgálata jól mutatja a várható tartósságot

Jellemzők	Szokásos beton („ordinary concrete”)	NT beton („HPC”)	Igen nagy teljesítőképességű beton („VHPC”)	Ultra nagy teljesítőképességű beton („UHPC”)
Nyomószilárdság (N/mm ²)	30-70	70-110	110-150	150-800-?
Átjárható porozitás (V%) („water porosity”)	14-20	10-13	6-9	1,5-5
Oxigén áteresztőképesség (m ²) („oxygen permeability”)	10 ⁻¹⁶	10 ⁻¹⁷	10 ⁻¹⁸	<10 ⁻¹⁹
Klorid-ion áteresztőképességi tényező (×10 ⁻¹² m ² /s) („chloride-ion diffusion factor”)	10-20	2	0,1	0,02
Portlandit tartalom (kg/m ³) („portlandit content”)	76	86	66	0

A bulletin 76 részletes adatokkal szolgál igen sok cementtípus áteresztőképességére és kor-tényezőjére /átlagértékek és szórások megadásával!!!/

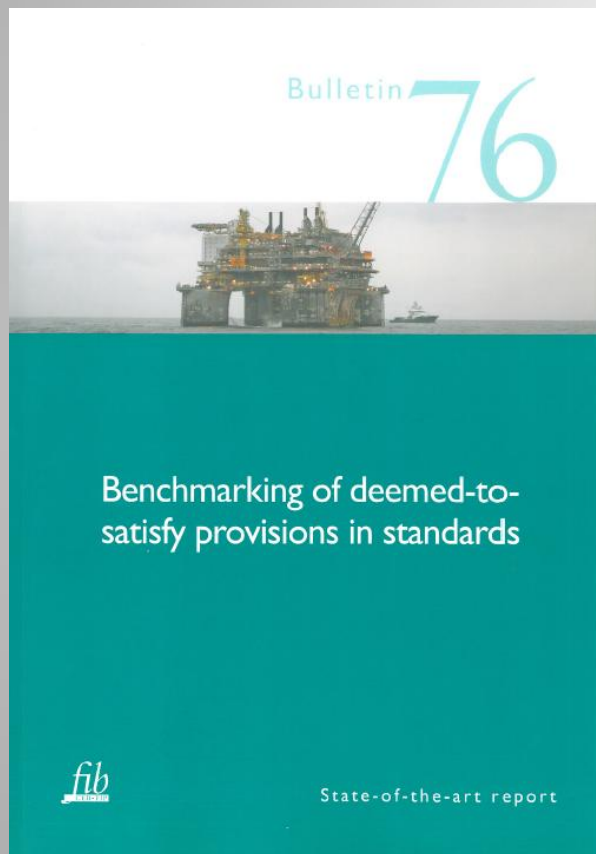
Cement típusa	D_{RCM,t_0} ($\times 10^{-12}$ m ² /s) átlagértéke			
	Víz-cement tényező			
	0,55	0,50	0,45	0,40
CEM III/B	3,0	2,8	1,9	1,4
CEM III/A	-	4,2	3,9	3,9
CEM II/B-S	-	8,3	7,7	5,0
CEM II/A-S	-	-	8,0	7,0
CEM II/A-V	14,9	10,9	9,0	6,9
CEM II/A-D	5,0	4,8	4,5	4,0
CEM II/A-LL	-	15,1	12,8	9,4
CEM I	19,7	15,8	10,0	8,9

A fib bulletin 76 szerinti tendenciákkal pontosan megegyező hazai kutatási eredmények 2008-ból



Milyen környezeti osztályokhoz lehetnek alkalmasak az egyes cementtípusok?

Megbízható a fib Bulletin 76 szerint



Cement	max. víz-cement tényező			
	0,55	0,50	0,45	0,40
CEM III/B	XD2 - XS2	XD3 - XS3		
CEM II/A-V	-	XD2	XD3 - XS3	
CEM II/A-D	-	XD2	XD3	
CEM III/A	-	-	XD1 - XS1	
CEM II/A-S	-	-	-	XD1
CEM I	-	-	-	-

A Konföderációs híd születési anyakönyvi bizonyítványa /Kanada-USA/ /BC = "birthday certificate"/

BC Asset Identification

Identification of Asset

Owner	Public Works and Government Services Canada
Structure Classification	Bridge
Structure Name	Confederation Bridge (or Fixed Link)
Inventory ID #	XXX
Structure Description	11.6 m wide by 12.9 km long precast, post-tensioned segmental concrete structure with West and East Approaches and a Main Bridge Unit. Typical spans are 93 m for the Approaches and 250 m for the Main Bridge Unit.
Geographic Location	Carries NB 16/PEI 1 (Trans-Canada Highway) over Northumberland Straits between Borden-Carleton, PEI and Cape Jourimain, NB
Date Placed in Service	31-May-1997

Szélesség: 11,6 m
Hosszúság: 12,9 km
Fesztávok: 93-250 m
Előregyártott, helyszínen utófesztített elemek



BC Deterioration Models

BIRTH CERTIFICATE DOCUMENT Deterioration Mechanisms & Models

Inventory ID	X10625
Structure Name	Hwy. 5 Overcrossing Hwy. 12
Deterioration Mechanism	Chloride ingress
Deterioration Model	Fick's 2nd Law
Source	fib Bulletin 34 - Model Code for Service Life Design

$$C_{crit} = C(x = cov, t) = C_o + (C_{s, \Delta x} - C_o) \cdot \left(1 - \operatorname{erf} \left(\frac{cov - \Delta x}{2 \cdot \sqrt{D_{app, C} \cdot t}} \right) \right)$$

Tönkremeneteli
mechanizmus
ellenőrzési
módszere:
fib bulletin 34

Function Variables	Description	Units
t	Time	[yr]
x	Depth with corresponding content of chlorides C(x,t)	[mm]
C_{crit}	Critical chloride content	[wt.-%/c]
C_o	Initial chloride content of the concrete	[wt.-%/c]
$C_{s, \Delta x}$	Chloride concentration at surface or a depth Δx	[wt.-%/c]
Δx	Depth of the convection zone (concrete layer, up to which the process of chloride penetration differs from Fick's 2nd law of diffusion)	[mm]
cov	Concrete cover	[mm]
$D_{app, C}$	Apparent coefficient of chloride diffusion through concrete	[mm ² /yr]

BC Structure Component Data

Structure Component Monitoring

Inventory ID XXX
 Structure Name Confederation Bridge (or Fixed Lin
 Component Name Pier
 Location # 20
 Deterioration Model Fick's 2nd Law

Tönkremeneteli modell

Fick II. törvénye szerint

Hatásoldali igénybevétel

pl. a felcsapódási és jégtáblákkal ütköző zónában:

17,7 kg/m³ felületről támadó kloridion

Ellenállási oldal

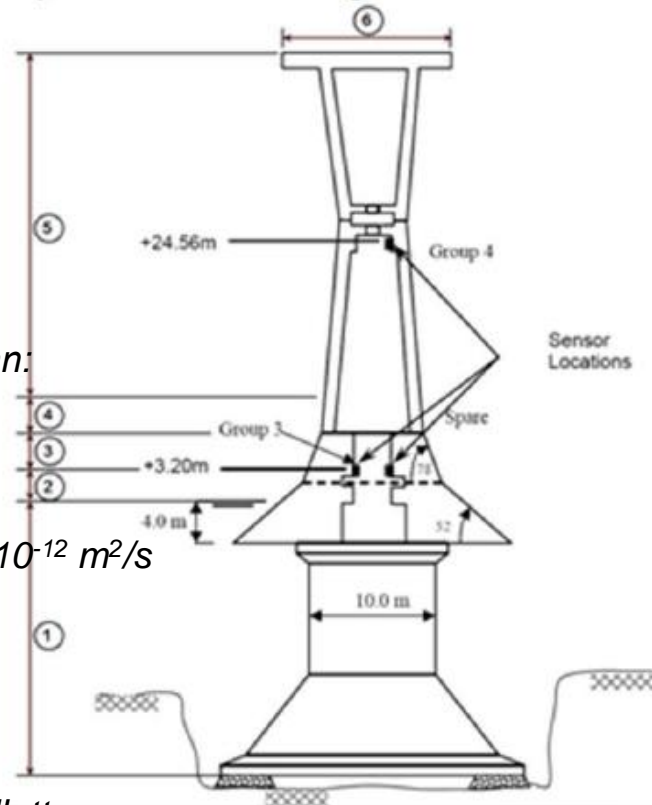
- frissbeton kloridtartalma-0,05 kg/m³

-áteresztési együttható – 15,1 mm²/év, azaz ~0,5×10⁻¹² m²/s

-nyomószil. osztály: C55

-betonacél típusa: plain/400

-betontakarás: 100 mm



Előírt használati élettartam

100 év, a $C_{crit} = 1,59 \text{ kg/m}^3$, azaz $-0,4 \text{ m\%/c}$ mellett

Sub-Component	Figure ID	Status	Exposure		Concrete			Reinforcing Steel		C_{crit} [kg/m ³]	Remaining Service Life [yrs]
			Class	C_{surf} [kg/m ³]	Class/Grade [MPa]	C_c [kg/m ³]	$D_{max,c}$ [mm ² /yr]	Type/Grade [MPa]	cov [mm]		
Ice Shield, splash zone	3	Design	XS3	17.7	HPC/55	0	15.1	Plain/400	100	1.59	115
		As-Built	XS3	17.7	HPC/55	0.085	15.324	Plain/400	95	1.59	100
		In-Service									
		#1 (10 yr)	XS3	17.04	HPC/55	0.05	15.7	Plain/400	95	1.59	99

Miért jó állapotúak a 2000 éves római kori betonok?

Mert a kötőanyag „genetikai adottságai” olyanok, hogy a fizikai és kémiai háttérű anyagkárosodást igen nagy mértékben /néhány ezer évig/ lelassítják

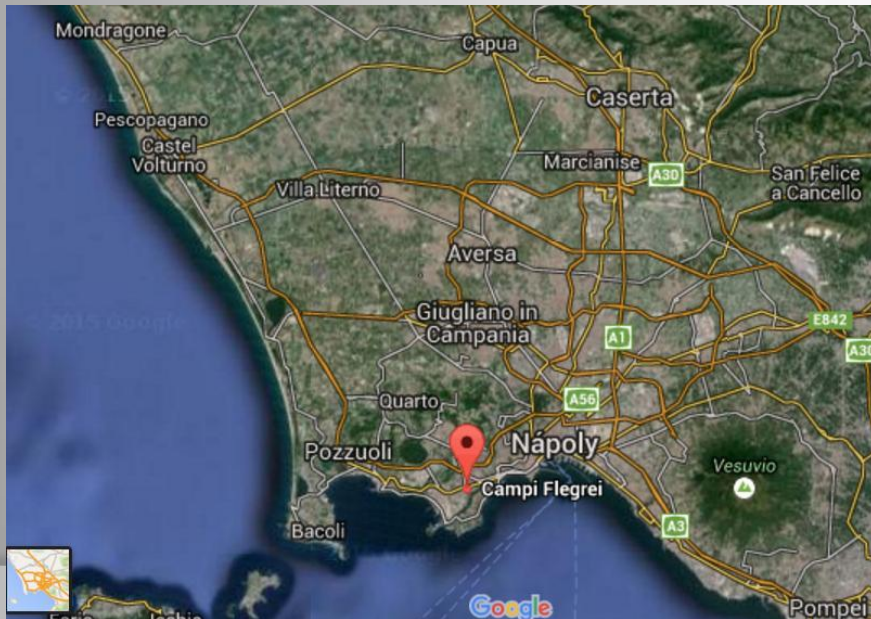


Pantheon, „opus caementitium”



Az Augustus császár idején emelt híres Pantheon építéséhez is felhasználták alapanyagként a pozzolana nevű vulkáni hamut

Forrás: Wikimedia Commons/ Jean-Pol Grandmont

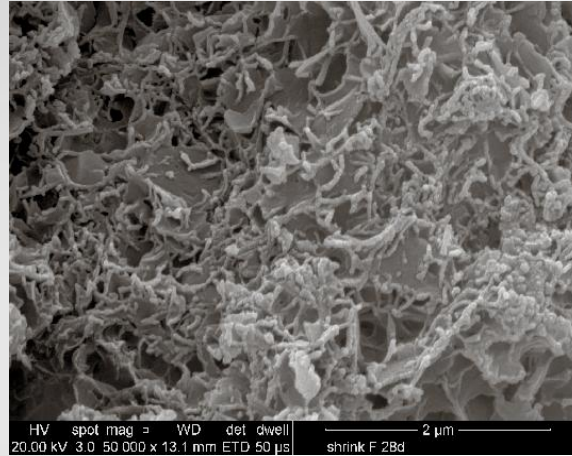


Miért jó állapotúak a 200 éves románcementes betonok?

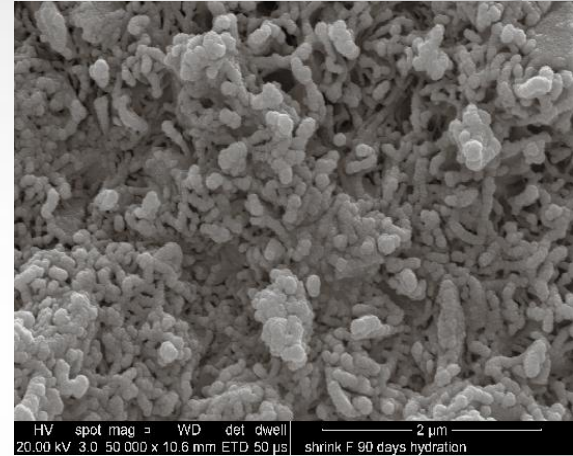
Tierney Clark leírja, hogy az 1840-es években a Lánchíd alapjaihoz beocsini mészkőből periodikus lángtüzelésű aknakemencében égettek és golyósmalomban őröltek románcementet a Magyar Tudományos Akadémia mai épületének telkén, miután kísérletekkel meggyőződtek annak alkalmazhatóságáról.



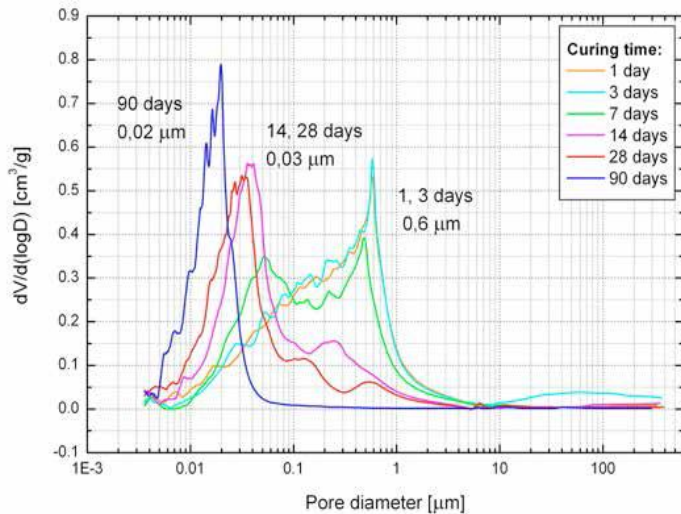
Monoszulfát lemezek románcementben, 14 napos kor



Elindult a belit hidratációja, románcement, 28 napos kor

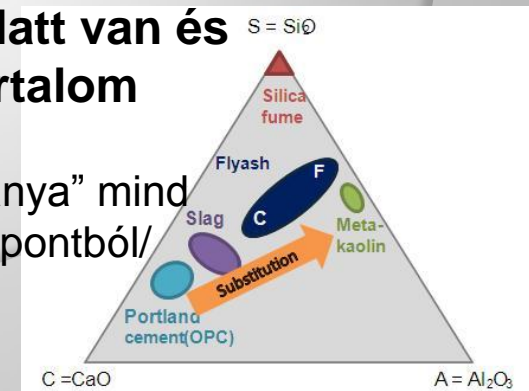


Tömör pórusszerkezet, románcement, 90 napos kor



Mert az átjárható pórusok túlnyomó része 20 nm alatt van és kevés a portlandittartalom

/jó a kötőanyag „génállománya” mind fizikai, mind kémiai szempontból/



Miért dolgozunk akkor portlandcementekkel?

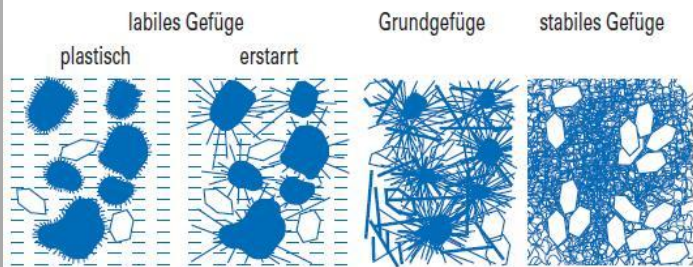
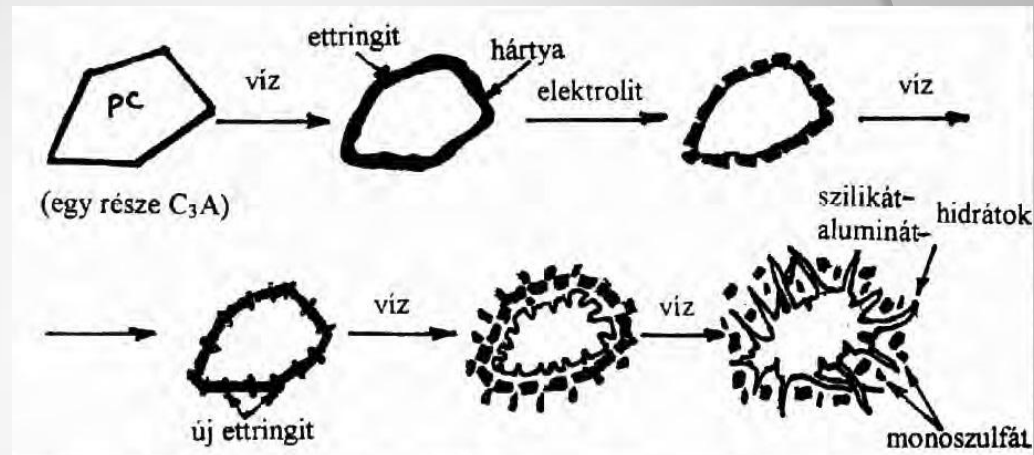
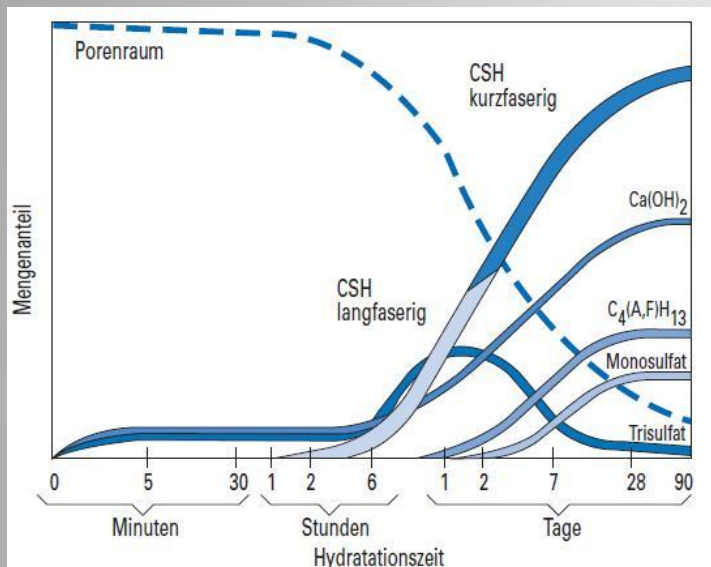


Bild I.4.1-5: Schematische Darstellung der Hydratphasen und der Gefügeentwicklung bei der Hydratation des Zements

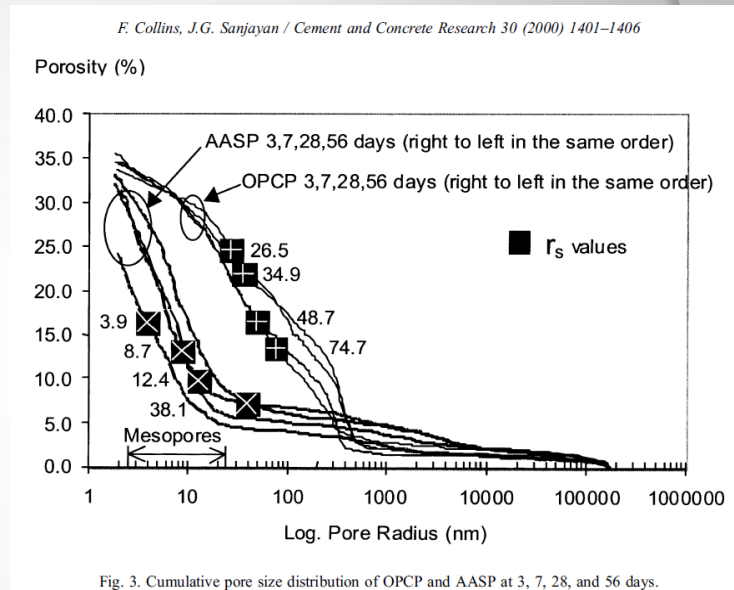
Mert

- kellően hosszú ideig bedolgozható,
- kedvező a szilárdulási üteme,
- az építési tevékenység jól iparosítható,
- a betonacéllal együtt dolgozik,
- nagy teherbírású, fesztávolságú szerkezetek készíthetők,
- nem várhatunk 1-2 hónapig a kizsaluzásra

Na jó, maradjon a portlandcement, de miért engedi át gyorsan a betonacélra korrozív kloridionokat? (A probléma oka fizikai alapú)

The pore size distribution of slag–OPC blended cements becomes finer with increasing slag content [16,17]. In the case of alkali-activated slag, the proportion of pores in the micropore size range tend to be higher than OPC [5,18–22]. The number of pores within the capillary range is lower than OPC [21–23]. Following fog room curing, Shi [24] found OPC to have a continuous pore size distribution within the 5- to 1200-nm pore sizes whereas sodium-silicate-activated slag contained pores either in the sizes less than 10 nm or greater than 200 nm.

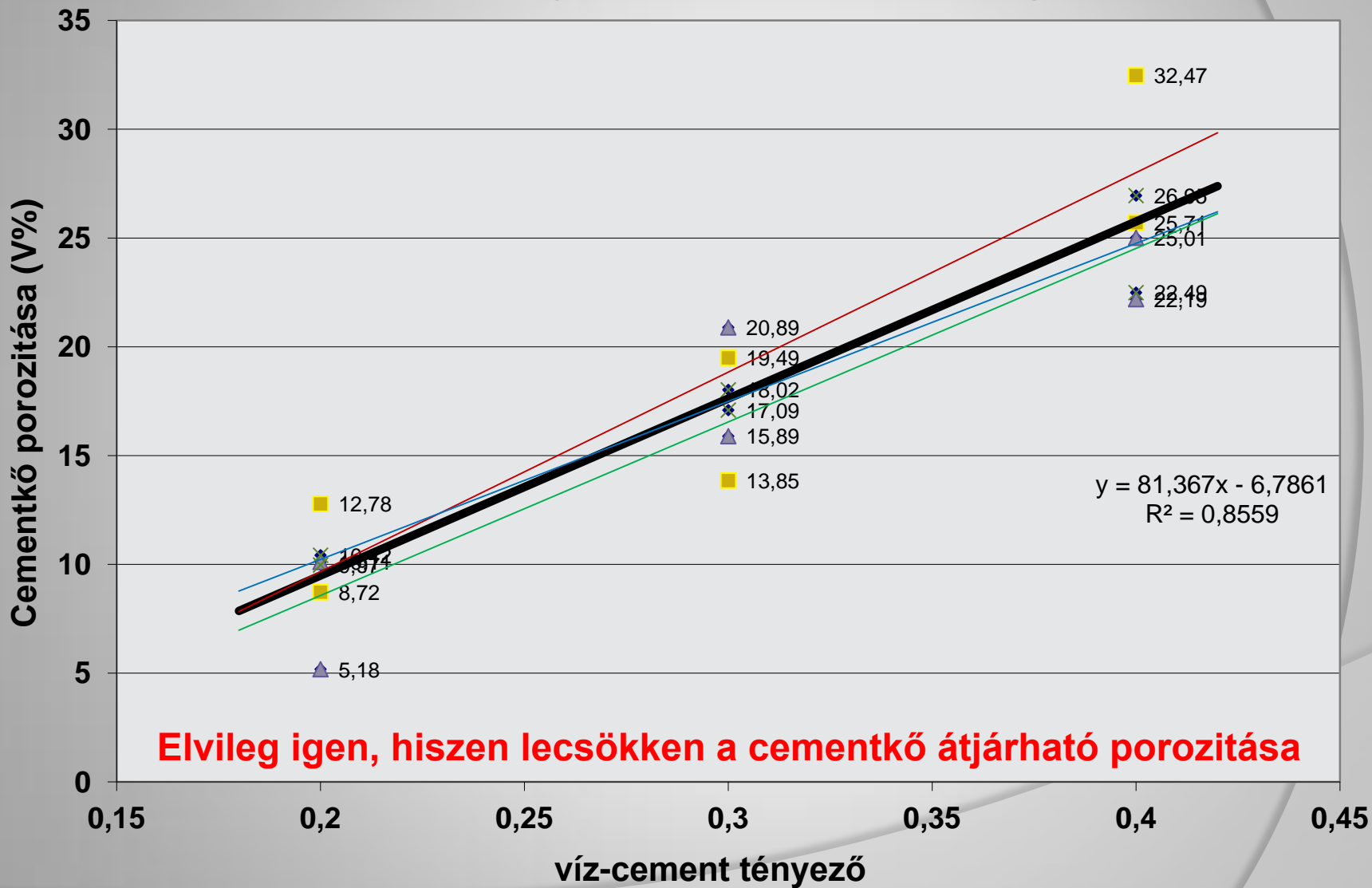
Fig. 3 shows the envelope of cumulative pore size distribution for OPC paste (OPCP) and AAS paste (AASP) which were measured at 3, 7, 28, and 56 days. The envelopes show AASP has a finer pore size distribution than OPCP.



Még a gondosan megtervezett, jól tömörített és utókezelt portlandcement alapú betonban is 4-5 nagyságrendnyi az átjárható pórusok mérettartománya,

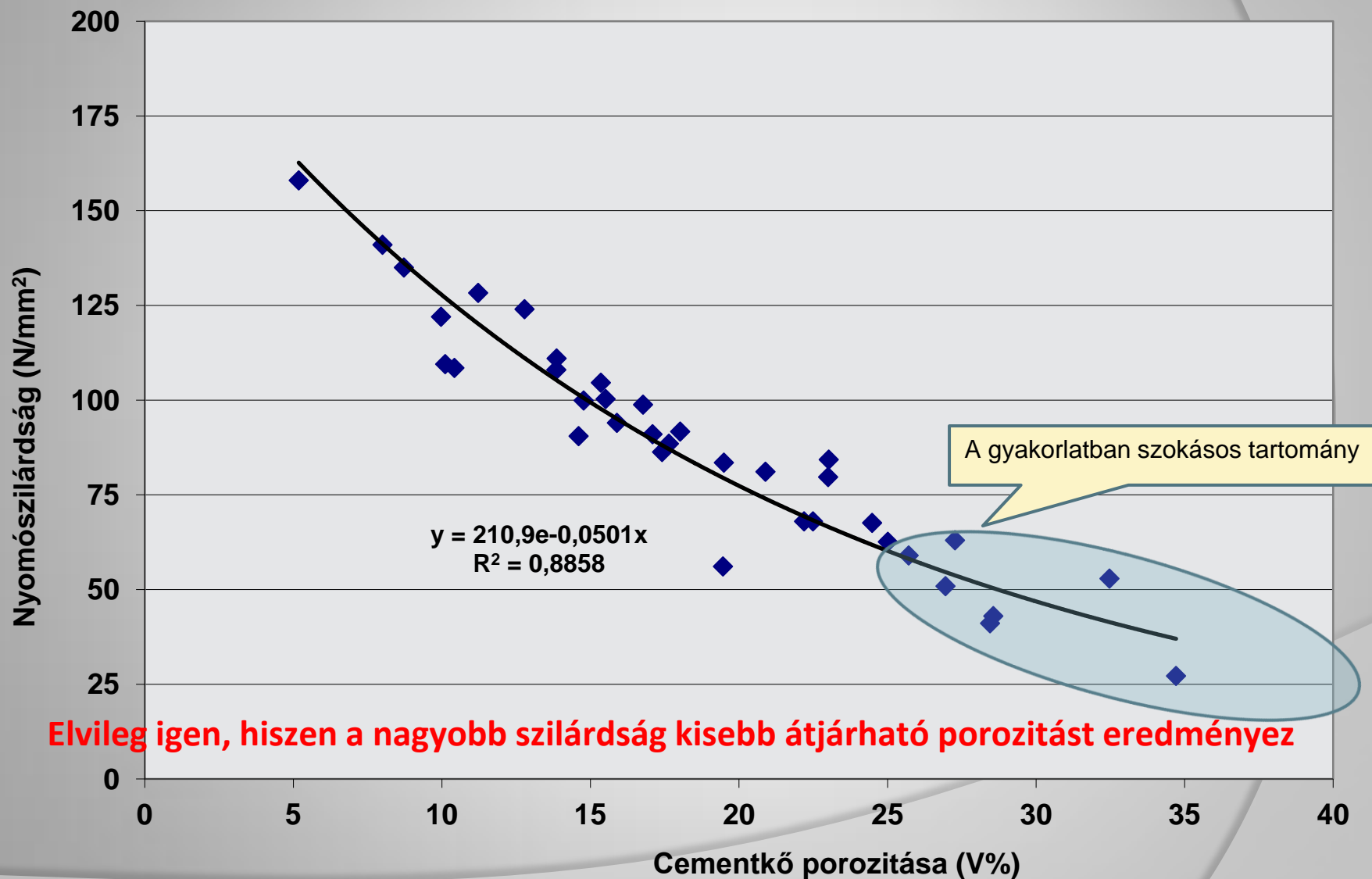
TEHÁT SOK A KÖNNYEN ÁTJÁRHATÓ PÓRUS, ezért gyorsan tudnak közlekedni a betont vagy a betonacélt károsító molekulák

Vajon elegendő a víz-cement tényező csökkentése az alacsony átteresztőképességhez?



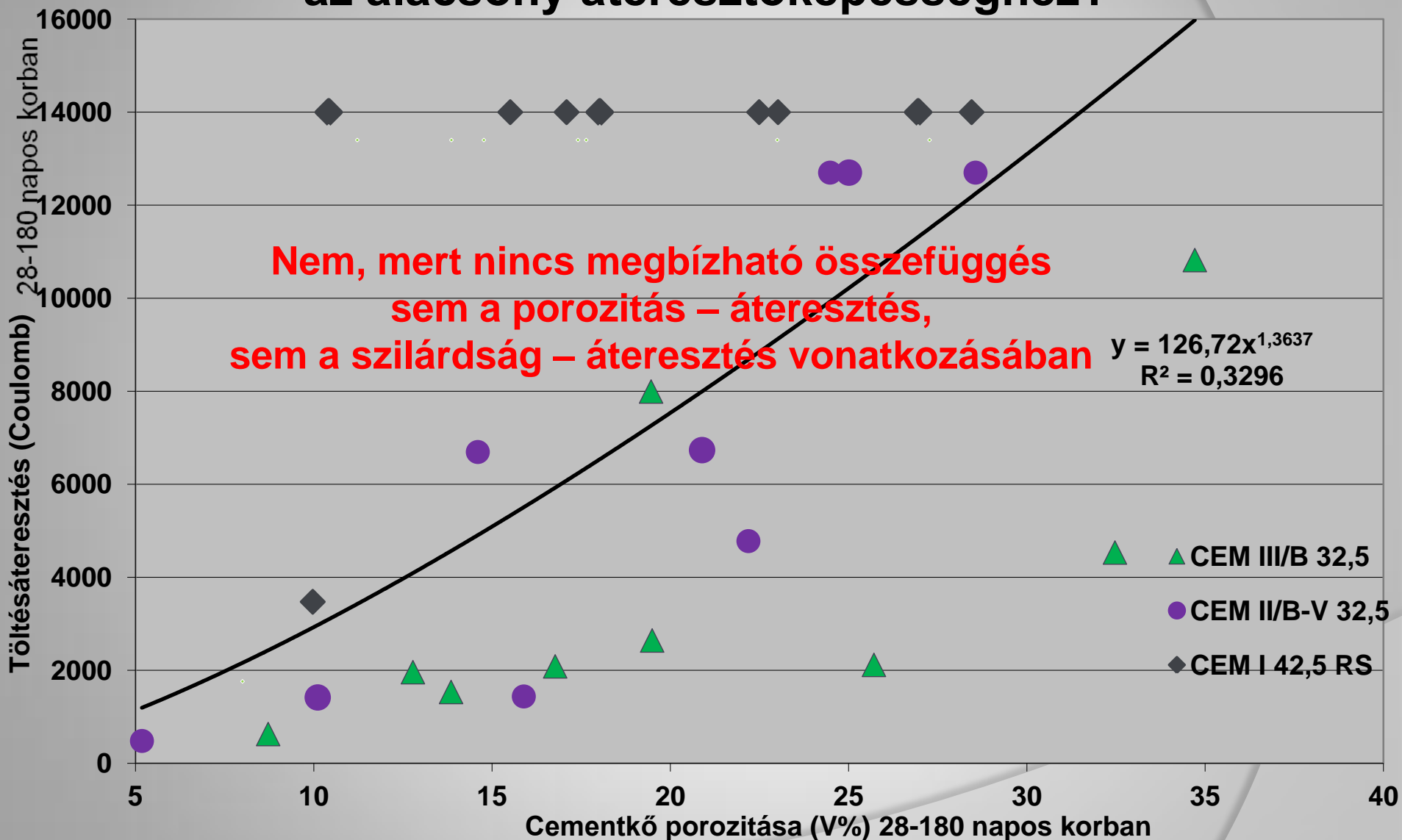
Elvileg igen, hiszen lecsökken a cementő átjárható porozitása

Vajon elegendő a szilárdság növelése az alacsony átteresztőképességhez?



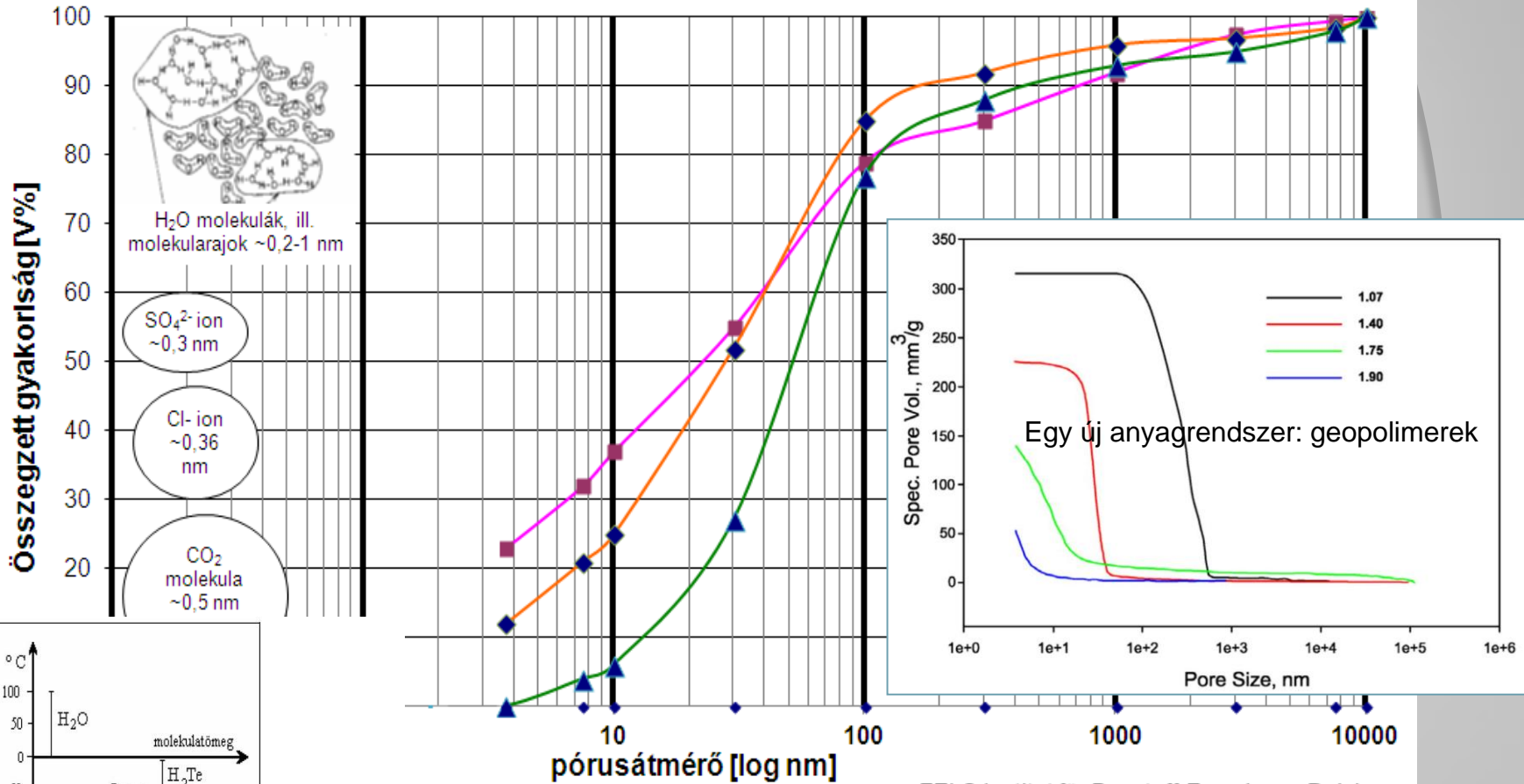
Elvileg igen, hiszen a nagyobb szilárdság kisebb átjárható porozitást eredményez

Vajon elegendő a cementkő porozitásának csökkentése az alacsony áteresztőképességhez?



Tehát a beton anyagoldali gyenge áteresztőképességének fizikai oka: a cementkő pórusméreteinek kedvezőtlen eloszlása

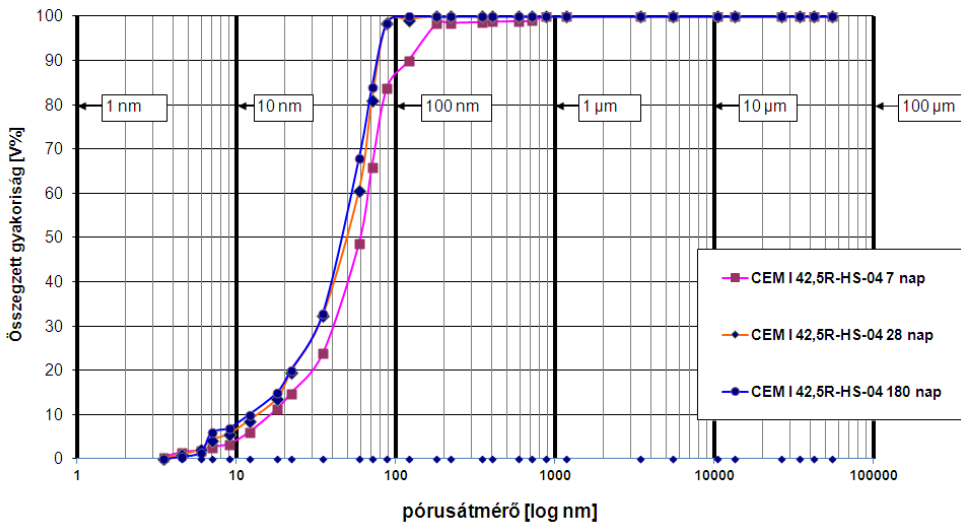
Főbb korrozív ionok, molekulák mérettartománya és különböző osztrák cementeken tapasztalt jellegzetes pórusméret eloszlások (28 napos kor, v/c=0,5)



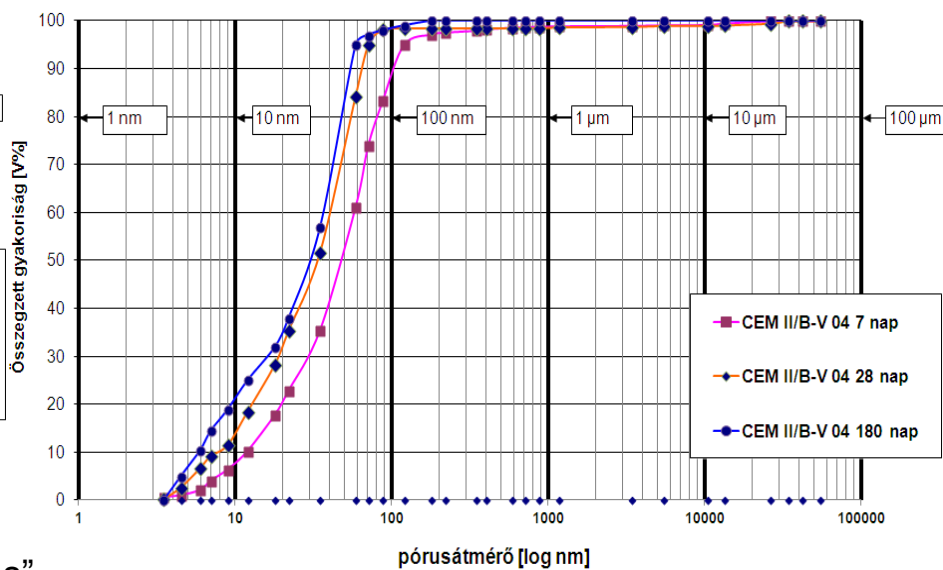
FEhS Institut für Baustoff-Forschung, Duisburg

A cementtípusok „ α ” kor-tényezőjének /„ageing factor”/ szemléletes ábrázolása

CEM I 42,5 R-HS cementtípus jellegzetes pórusméreteloszlása (7, 28 és 180 napos kor, v/c=0,4)

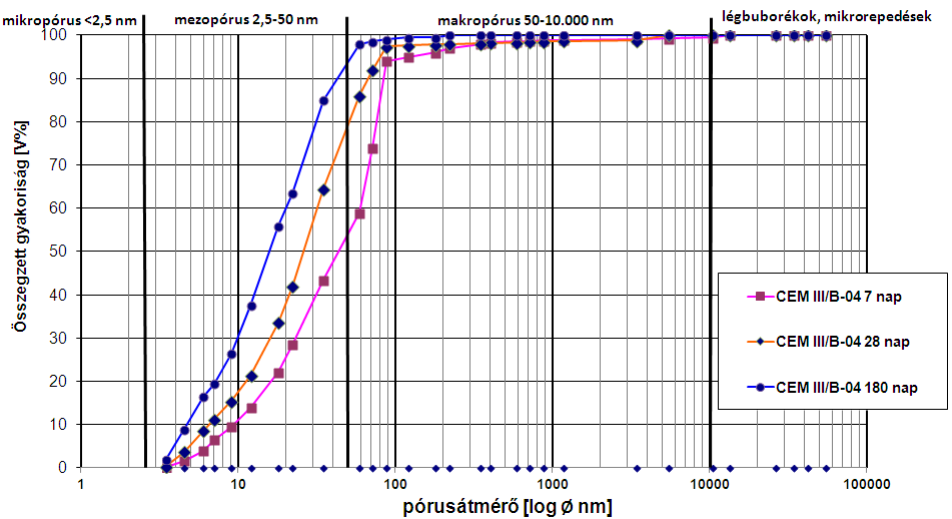


CEM II/B-V 32,5 cementtípus jellegzetes pórusméreteloszlása (7, 28 és 180 napos kor, v/c=0,4)

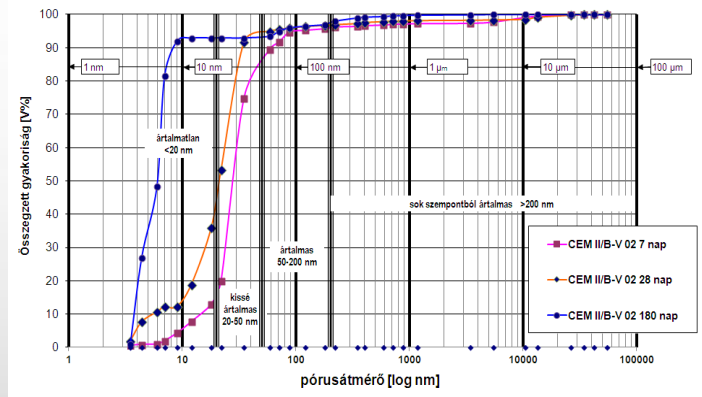


Tiszta pc: Mind a v/c csökkentés, mind a kor hatása „kevés”.

CEM III/B cementtípus jellegzetes pórusméreteloszlása (7, 28 és 180 napos kor, v/c=0,4)



CEM II/B-V 32,5 cementtípus jellegzetes pórusméreteloszlása (7, 28 és 180 napos kor, v/c=0,2)



Pernyés cementek: A v/c csökkentése és a kor nem csak porozitáscsökkenést, hanem a pórusméretek jelentős finomodását is eredményezi.

Kspc: „Eredendően” jók a pórusméretek.

BME és Szikktilabor Kft vizsgálatait

Elérhető-e nagy korai szilárdság mellett is a kedvező pórusméret-eloszlás?

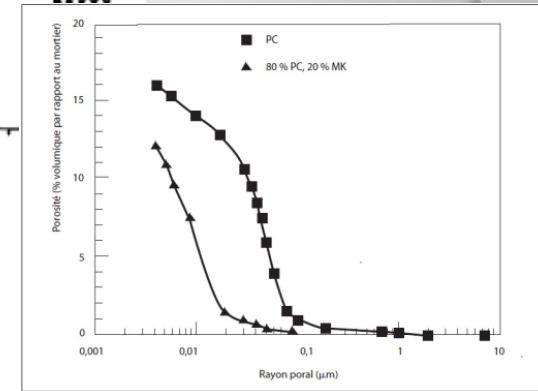
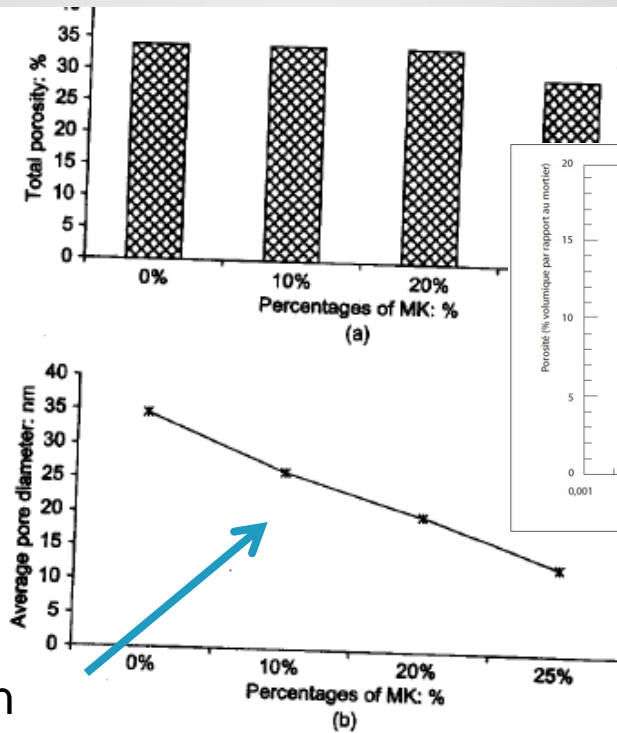
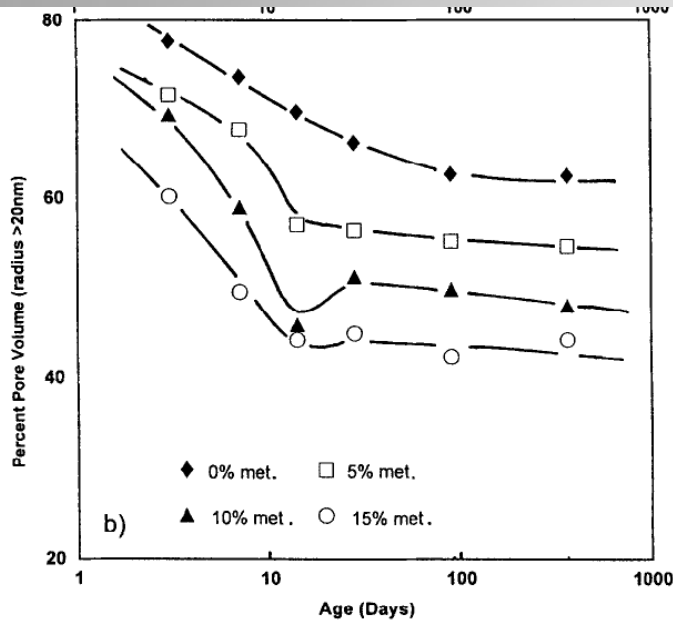


Figure 12 : effet du métaKaolin sur la distribution de la taille des pores d'un mortier à l'âge de 100 jours, d'après [Kotuch et al., 1993] PC : Ciment Portland ; MK : MétaKaolin.

CEM I gyors „feljavítása”: fizikai úton és kémiai úton

IGEN (DE VAN KÖLTSÉGE)



metakaolin+portlandit+víz → kalciumszilikát- és alumináthidrátok



ÖSSZEGEZVE

Miért nem elég a terveken az aktuális EN 206 betonszabvány szerinti jelölés?

- Mert nemcsak az egyes környezeti hatásoknak való tartós megfelelés miatt kell alaposan átgondolni a szabványok adta lehetőségeket,
(pl. a károsító hatásnak milyen átlaga és szórása várható; kell-e számítani a betontakarást csökkentő konvekciós zónára, ha igen akkor milyen átlagos és szórásértékkel; milyen lesz az átlaga és szórása a károsító közeg hőmérsékletének; milyen áteresztőképességű és korrózióképes betontól /átlag, szórás/várható a kívánt tartósság, kell-e nagy korai szilárdság, stb.)
- de még a nyomószilárdság minősítésében is van alternatíva az átvevő kisebb vagy nagyobb kockázatára (pl. C30:EN 206=C25:EC-2 a Tarwe ill. Student értékelés miatt)
- Várható a korróziós környezeti osztályok szabványainak korszerűsítése Európában; (ezért célszerű a hazai betonos szakembereknek is felkészülni a méretezéselmélet anyagtanai szempontú gyakorlati alkalmazására a *fib Model Code 2010* és a *fib Bulletin 76* alapján)

VÉGEZETÜL

„Alacsony víz-cement tényezőt kívánok” és

Rejtő Péter kollégánk elkészítését kiegészítve

mielőbbi kedvező pórusméret-eloszlást!