

Vasbeton szerkezetek 5, 50, 500 vagy 5000 évre?

/avagy a mérnökök fontossága/

Spránitz Ferenc - Laczkó László
Dolomit Kft. – SZIKKTI Labor Kft.

Egy folyamatban lévő kutatás során különböző cement- és kiegészítőanyag-típusokkal készített cementpép- és habarcspróbatesteken végzünk **kloridmigrációs és porozimetriás vizsgálatokat**, hogy jobban megismerjük a kloridtámadásnak kitett vasbeton szerkezetek - második generációs EC-2 és EN 206 szerinti - tartóssági-anyagtani tervezésének alapjait.

A második generációs Eurocodok és a megújuló EN 206 betonszabvány (fő gondolat: a tartóssági tervezés mérnöki számszerűsítése)



CEN/TC 250

Response to Mandate M/515

'Towards a second generation of EN Eurocodes'

Durability

Exposure Resistance Classes, a new system to specify durability in EN 206 and EN 1992

Note;

This is a presentation of the progress of the JWG and the proposal for a concept for durability design for concrete structures in the next generation of European standards.

Appended to this report is also outline drafts for standards for documentation of compliance with the resistance classes for carbonation and chloride ingress.

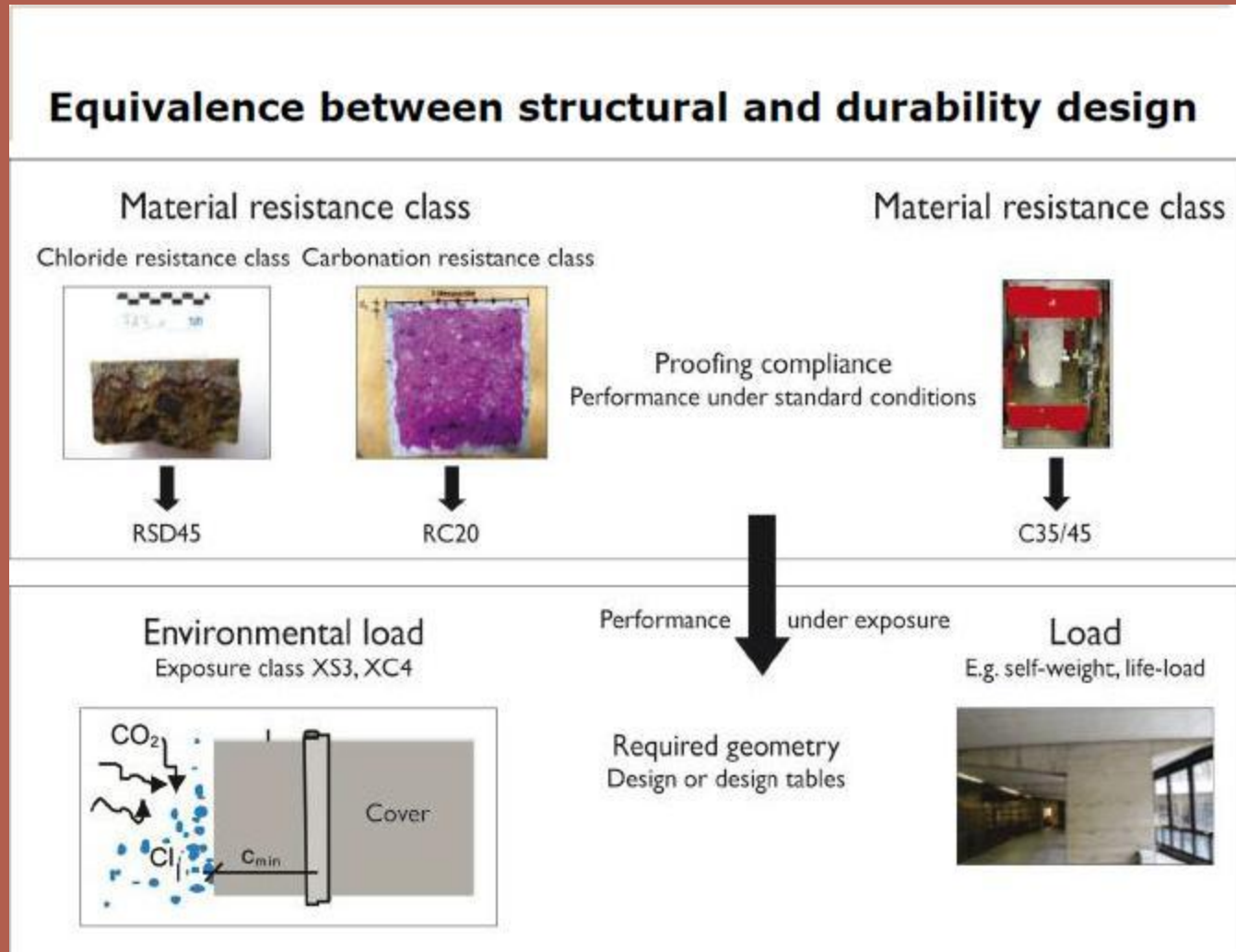
The JWG was established in 2010 with the following representation for the two Sub-Committees including a representative for CEN TC 229, in addition the JWG has established an Ad-hoc Group of experts for help in calibrating and establishing numerical values;

JWG		Ad-hoc Group	
Name	Representing	Name	Country
Breitenbücher, Rolf	TC104/SC1	Andrade, Carmen	Spain
Georgescu, Dan	TC250/SC2	Baroghel-Bouny, Veronique	France
Gijsbers, Jan	TC250/SC2	Gehlen, Christoph	Germany
Harrison, Tom	TC104/SC1	Greve-Dierfeld, Stefanie von	Germany
Helland, Steinar	TC104/SC1	Harrison, Tom	UK
Leivestad, Steinar - Convenor		Helland, Steinar	Norway
Lopez, David I	TC250/SC2	Leivestad, Steinar - Convenor	Norway
Mancini, Giuseppe	TC250/SC2		
Rougeau, Patrick	TC229		

Present situation

The system for specifying and ensuring durability of new built concrete structures in Europe is based on traditional deemed to satisfy rules. Development in the field of research, and pre-normative work in fib Model Code for Service life design and later normative work in ISO 16204 are not reflected in present rules. Therefore CEN TC 250/SC2 and TC104/SC1 have established a Joint Working Group to review and recommend coordinated proposals and actions for implementation in next generation of EN 1992 and EN 206 respectively. The present schedule for the revision of EN 1992 is Enquiry in late 2016 and Formal Vote in early 2019, and final issue in 2020.

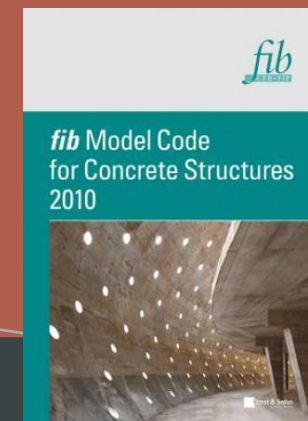
Cél: Az erőtani és a tartóssági tervezés összhangja



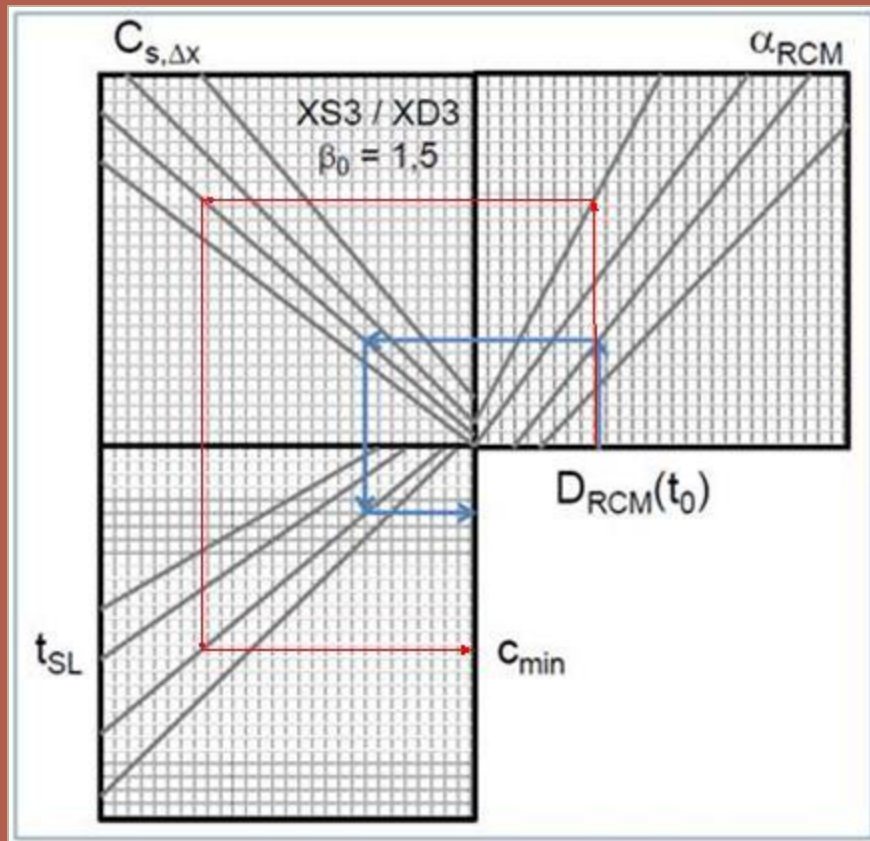
Mi változik?

Az új ellenállási osztályokban (pl. RSD, RC) számszerűsítjük az egyes károsító hatásokkal szembeni ellenállás mértékét.

A határoládon (pl. XD, XS, XC) is számszerűsítjük a környezet agresszivitását.



Várhatóan mind a teljes, mind pedig a félig valószínűségi módszer (pl. nomogramos tervezés), sőt a szokásos cementeknél a táblázatos adatkiválasztás is alkalmazható lesz



Exposure resistance classes, definitions, classification standards and deemed to satisfy values for various binder compositions (example, preliminary values)



Preliminary values	Carbonation resistance class RC				Chloride resistance class RSD			Frost resistance class RF	
	RC20	RC30	RC40	RCX0 ¹	RSD45	RSD60	RSD75	RF2	RF10
Definition of class, depth of front after 50 years (mm)	20	30	40	-	45	60	75		
Classification standard	EN xxx	EN xxx	EN xxx	EN xxx	EN yyy	EN yyy	EN yyy	EN zzz	EN zzz
Deemed to satisfy	Maximum w/b-ratio b is the sum of cement and additions in the concrete, within the limits defining the cements according to EN 197-1								
<u>CEM I</u>	0,55	0,60	0,65	0,90	<u>NA</u>	<u>NA</u>	<u>0,45²</u>		
CEM II-A	0,45	0,55	0,65	0,90	0,40	0,50	0,60		
CEM II-B	0,40	0,50	0,60	0,75	0,40	0,50	0,60		
CEM III-A	NA	0,45	0,55	0,75	?	?	?		
CEM III-B	NA	NA	0,45	0,65	0,38	0,45	0,55		

¹ Class RCX0 shall only be allowed in exposure class X0
² CEM I shall only be used with minimum 4% silica fume
 NA means that no deemed to satisfy values are given for that combination of binder and resistance class

Példa az új szabvány szerinti kloridos laborjegyzőkönyvre

Test report

The test report shall include reporting as required in EN 12390-3 and EN 12390-11 with the following amendments:

- Full descriptions of the mix design and origin of the constituents.
- Chloride class according to EN 206:20xx for the mix
- Measured consistence
- Date of casting the specimens
- Chloride exposure solution used
- Calculated non-steady state chloride diffusion coefficient D_{nss} after the exposure periods used to determine the ageing-factor
- Graphical presentation of the measured D_{nss} versus time of exposure in a log-log diagram
- Calculation of the ageing-factor α
- Calculation of D_{app} (50 years)
- Chloride resistance class
- Any non-conformity with the test conditions
- Any accreditation for the test procedure

JWG – Durability Report 2014

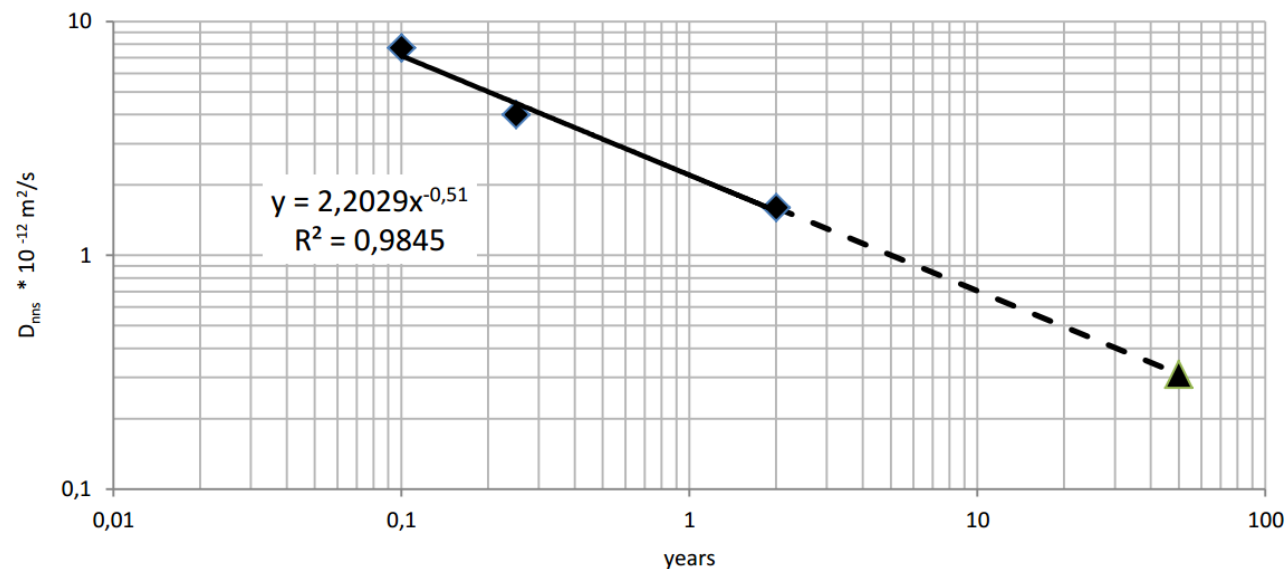
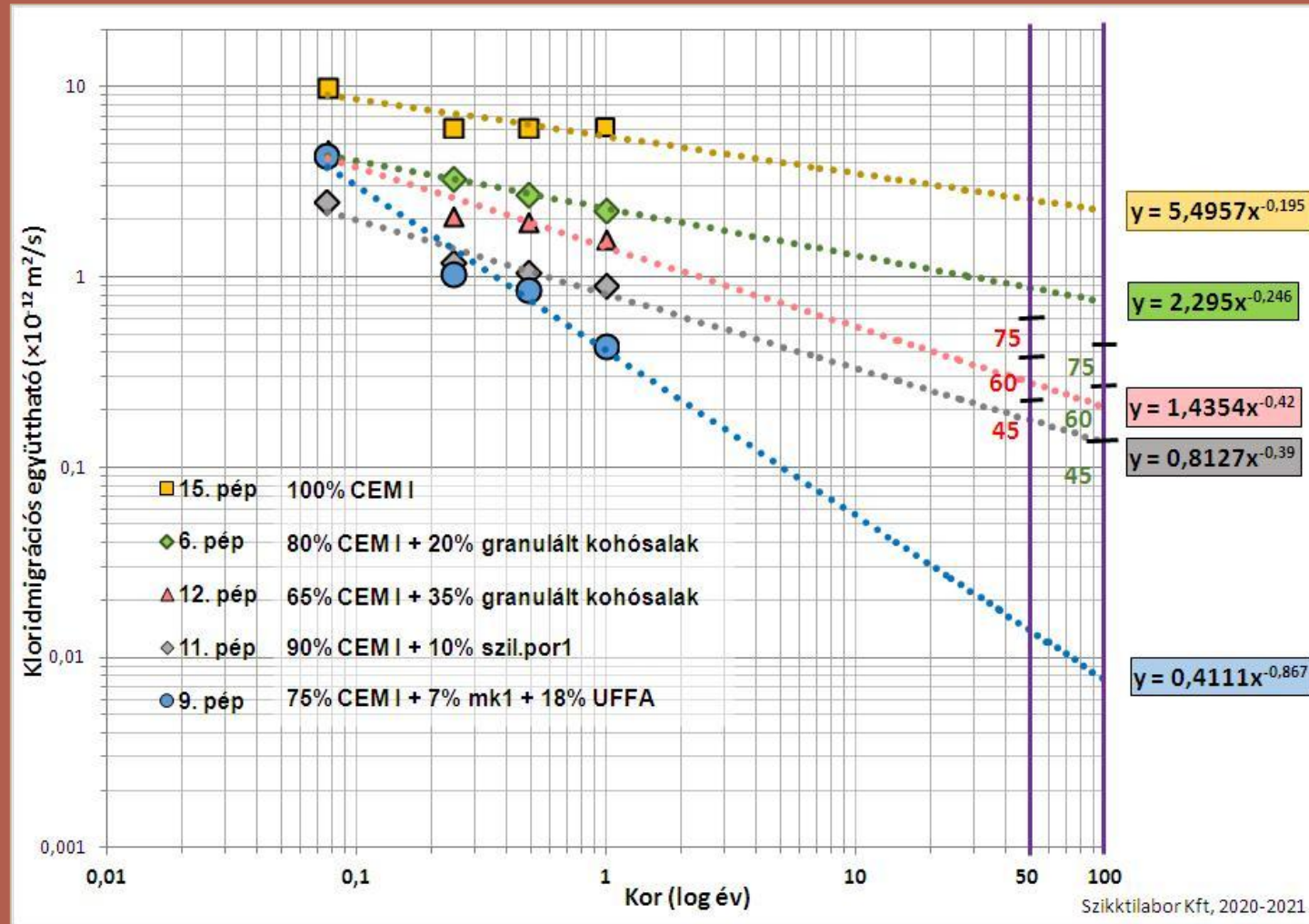


Figure 1 – Example: Based on D_{nss} (35 days) = $7.7 * 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$, D_{nss} (90 days) = $4.0 * 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$ and D_{nss} (700 days) = $1.6 * 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$, the calculated ageing-factor is $\alpha = 0.51$. Extrapolated D_{nss} (700 days) till 50 years gives D_{app} (50 years) = $0.31 * 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$. The concrete mix then satisfies the requirements for RSD60 according to Table 1 provided the initial chloride content complies with Cl 0.10 or Cl 0.20, and RSD75 if the mix complies with Cl 0.40.

Különböző CEM I cementekkel és kiegészítőanyagokkal készített habarcsokon 28-365 napos korban mért és 100 éves korig extrapolált kloridmigrációs együtthatók és kor tényezők /víz:kötőanyag:homok=0,4:1:3 – tömegarány/

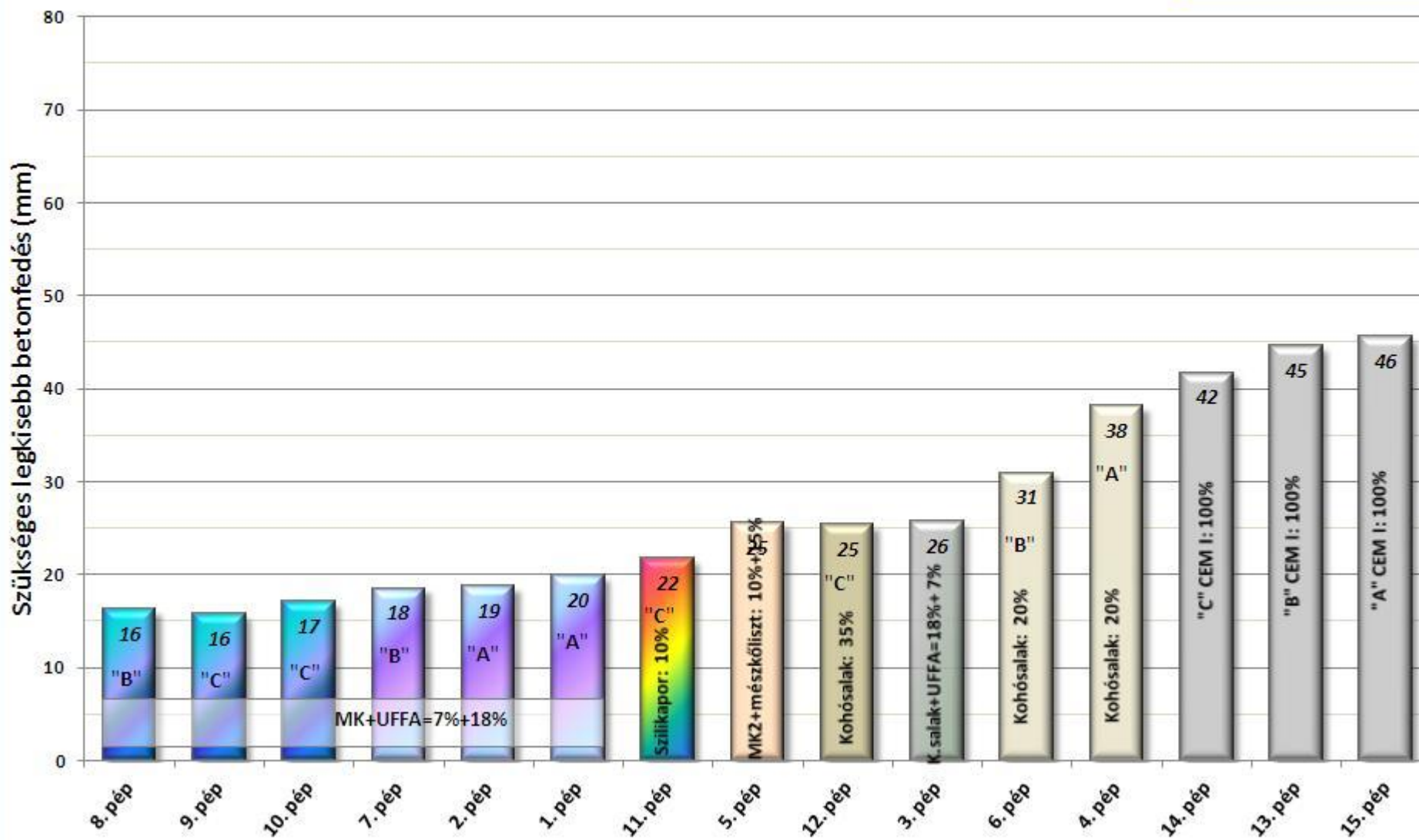


C_{nom} (mm)	$D_{app50\text{ év}}$	$D_{app100\text{ év}}$
	* $10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$	
75	0,39-0,61	0,26-0,43
60	0,22-0,39	0,125-0,26
45	0-0,22	0-0,125

5 év

Kiegészítő anyagok jelentősége erős kloridtámadás esetén ($C_{s\Delta x} = 4\%/m_{\text{kötőanyag}}$) **5 év** használati élettartamhoz szükséges, becsült legkisebb c_{nom} betontakarásban

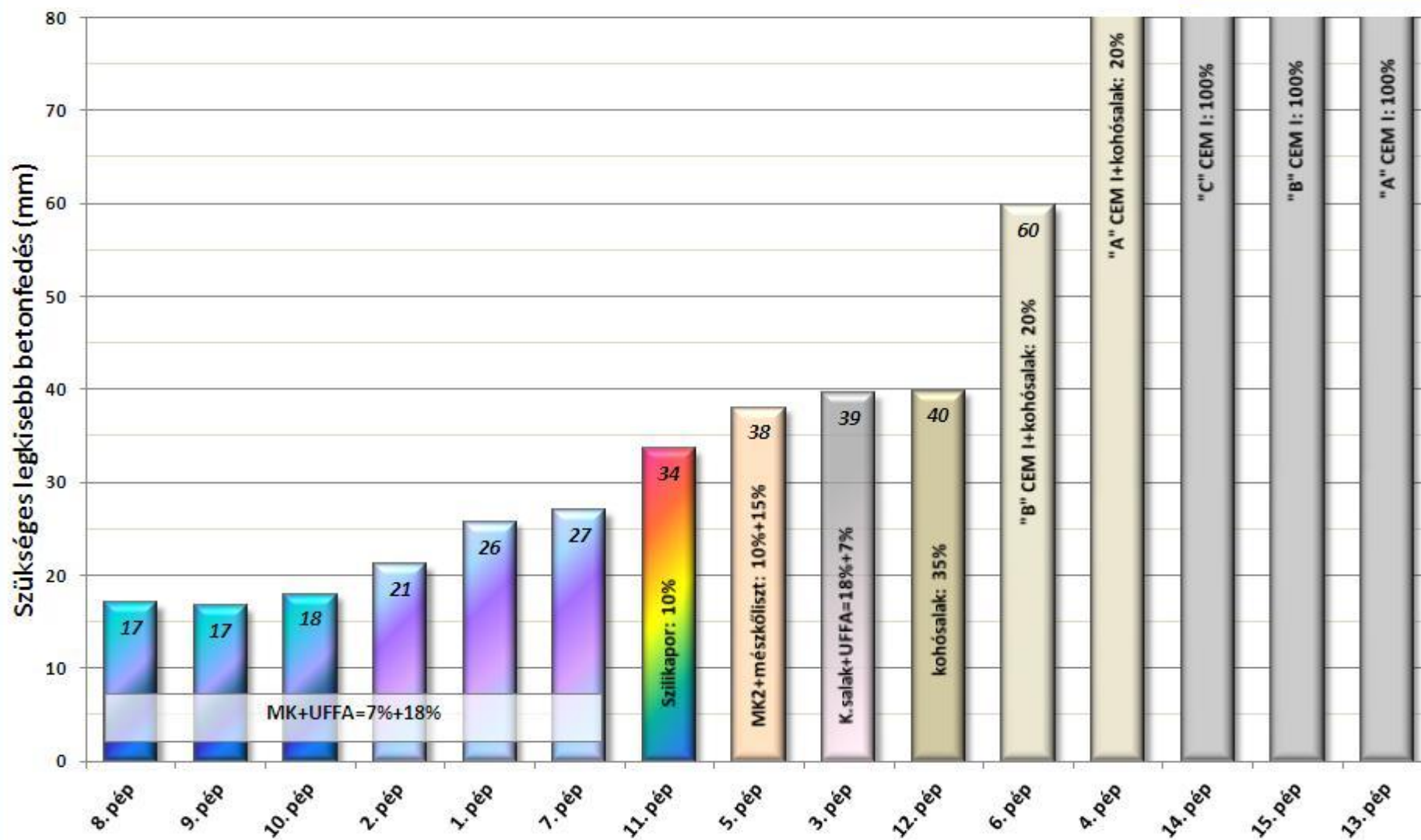
28, 90, 180 és 365 napos habarcsvizsgálatokon alapuló tájékoztató jellegű mérések!



50 év

Kiegészítő anyagok jelentősége erős kloridtámadás esetén ($C_{s\Delta x} = 4\%/m_{\text{kötőanyag}}$) **50 év** használati élettartamhoz szükséges, becsült legkisebb c_{nom} betontakarásban

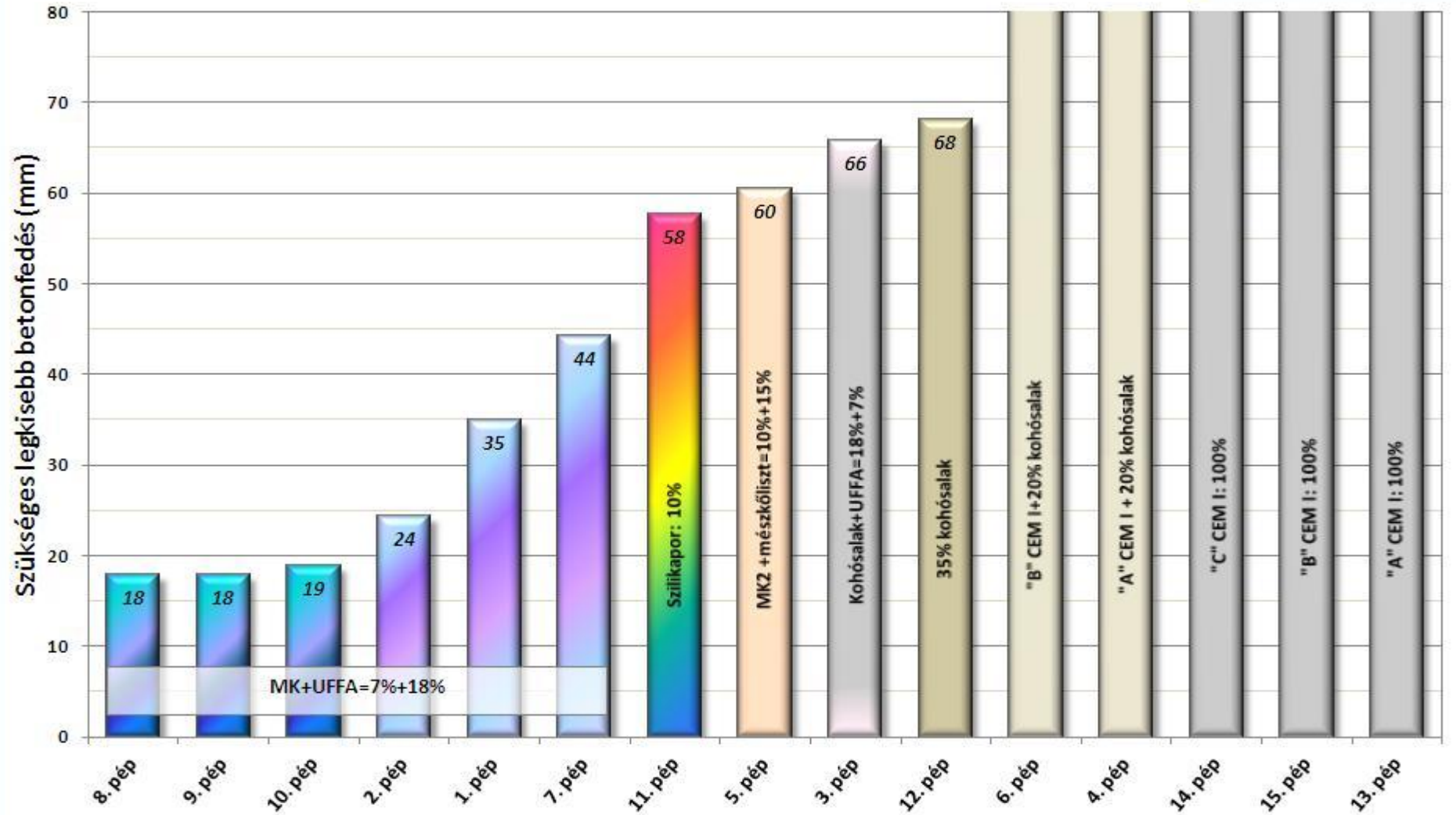
28, 90, 180 és 365 napos habarcsvizsgálatokon alapuló tájékoztató jellegű mérések!



500 év

Kiegészítő anyagok jelentősége erős kloridtámadás esetén ($C_{s\Delta x}=4\%/m_{\text{kötőanyag}}$) **500 év** használati élettartamhoz szükséges, becsült legkisebb c_{nom} betontakarásban

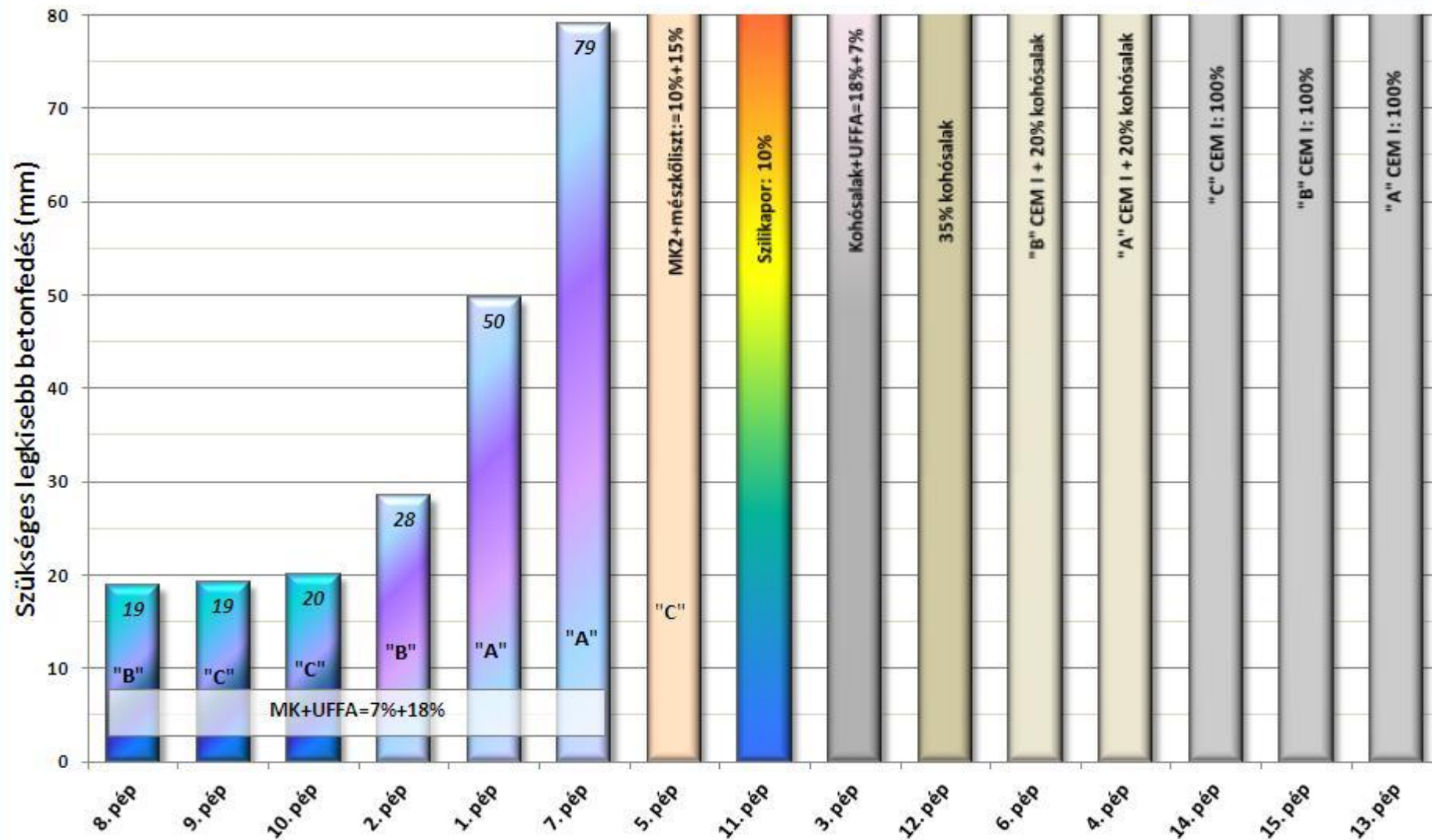
28, 90, 180 és 365 napos habarcsvizsgálatokon alapuló tájékoztató jellegű mérések!



5000 év

Kiegészítő anyagok jelentősége erős klorid-támadás esetén ($C_{s\Delta x} = 4\%/m_{\text{kötőanyag}}$) **5000 év** használati élettartamhoz szükséges, becsült legkisebb c_{nom} betontakarásban

28, 90, 180 és 365 napos habarcsvizsgálatokon alapuló tájékoztató jellegű mérések!



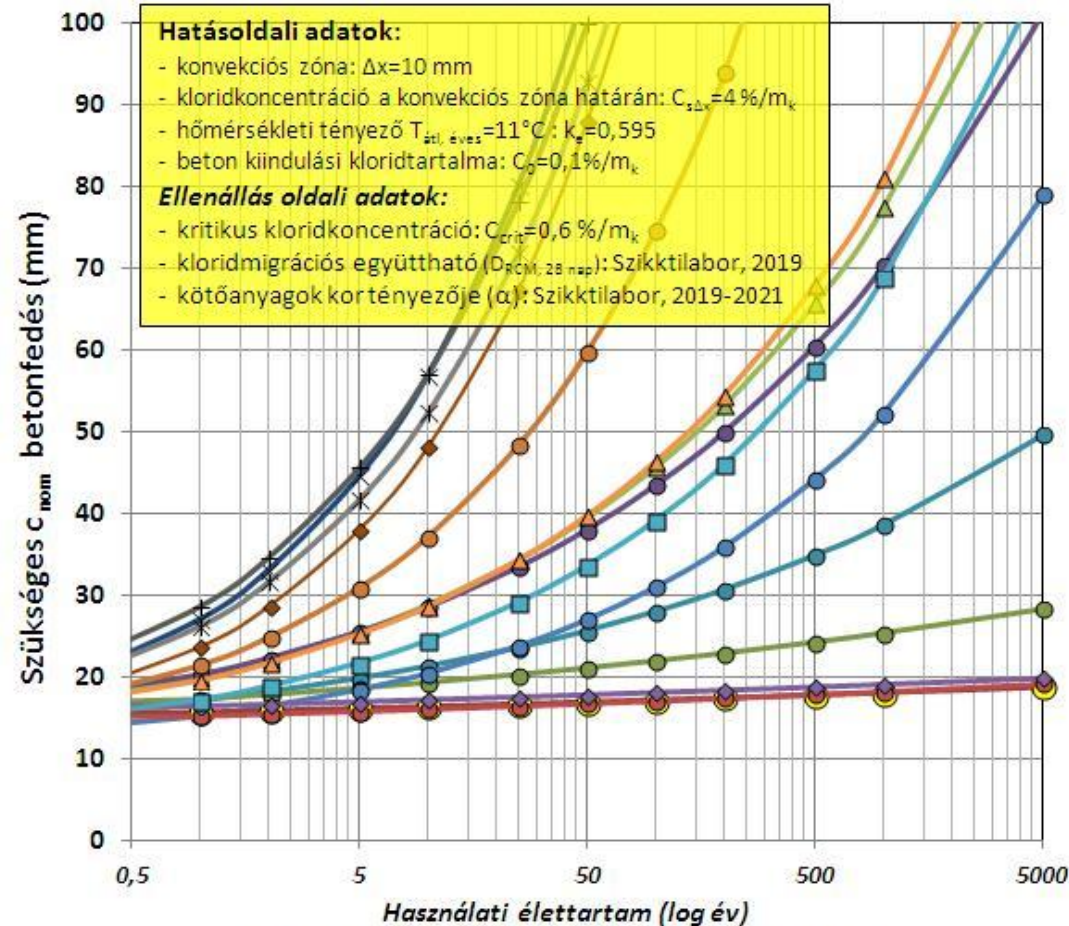
Szükséges betonfedés az elvárt használati élettartamtól és a kötőanyag kor-tényezőjétől függően

Ha kloridionok miatt várható a vb. szerkezet tönkremenetele, akkor a korrózió megindulásának időpontja jól számítható Fick II. diffúziós törvénye felhasználásával

KIZÁRÓLAG TÁJÉKOZTATÓ JELLEGŰ!

Szükséges betonfedés az elvárt használati élettartamtól és a cementtípus kor-tényezőjétől függően

/tervezett használati élettartam=kritikus kloridkoncentráció elérése (0,6%) a betonfedés mélységében/
cementtípus jelentősége a használati élettartam-betonfedés log-lin grafikonján



1 éves korrig tartó hazai mérési adatok
- kor-tényezőre és
- kezdeti áteresztőképességre (28 napos)

- 1. pép
- 2. pép
- 3. pép
- 4. pép
- 5. pép
- 6. pép
- 7. pép
- 8. pép
- 9. pép
- 10. pép
- 11. pép
- 12. pép
- 13. pép
- 14. pép
- 15. pép

Kloridbehatolás a betonba Fick II.,
módosított diffúziós törvénye alapján
(módosítás a beton kötőanyagainak „genetikai adottságai” miatt)

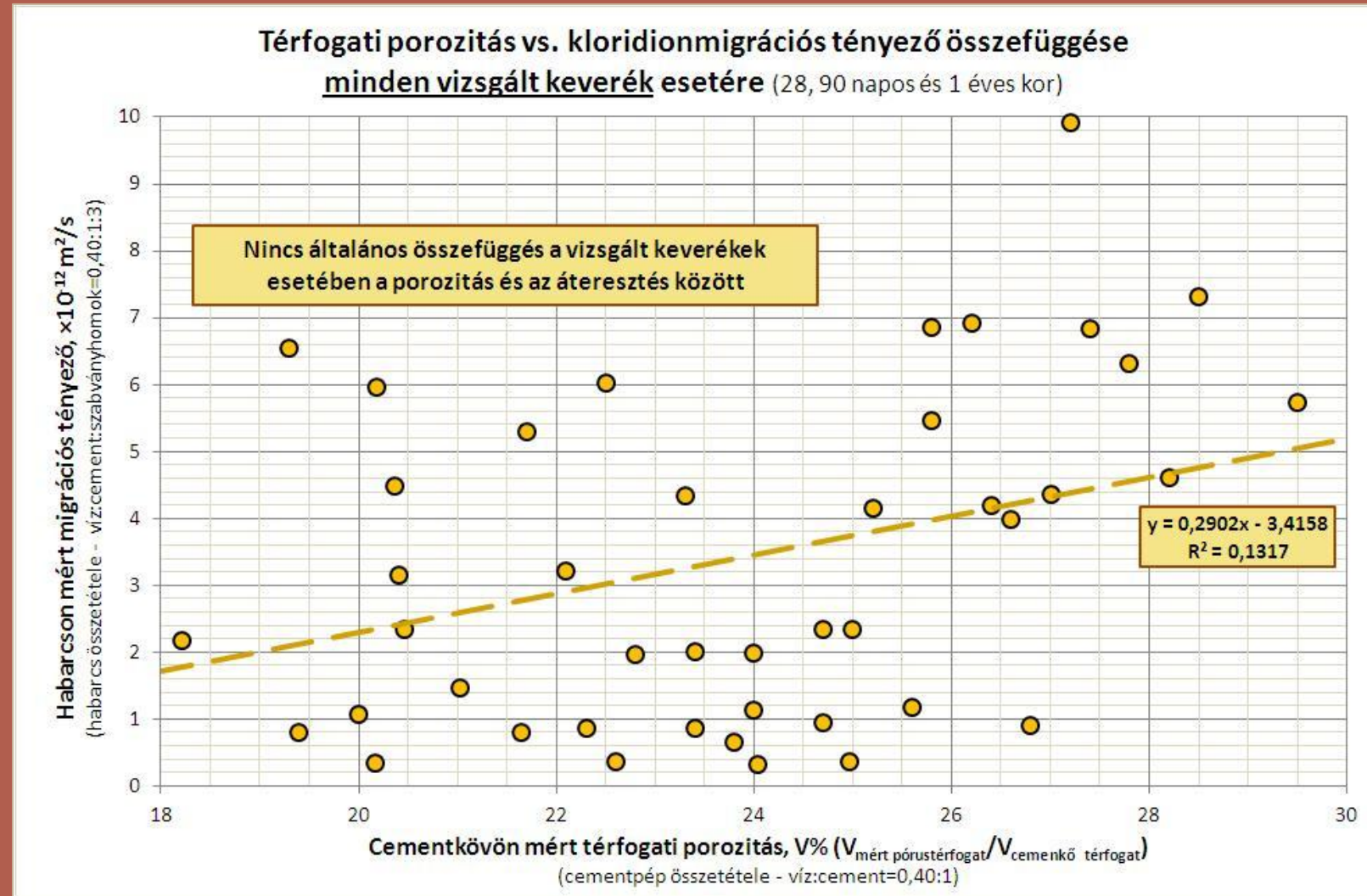
$$C(x,t) = C_0 + (C_{s,\Delta x} - C_0) \cdot \left[1 - \operatorname{erf} \frac{x - \Delta x}{2 \cdot \sqrt{D_{app}(t) \cdot t}} \right]$$

$$D_{app}(t) = D_{app}(t_0) \cdot \left(\frac{t_0}{t} \right)^\alpha$$

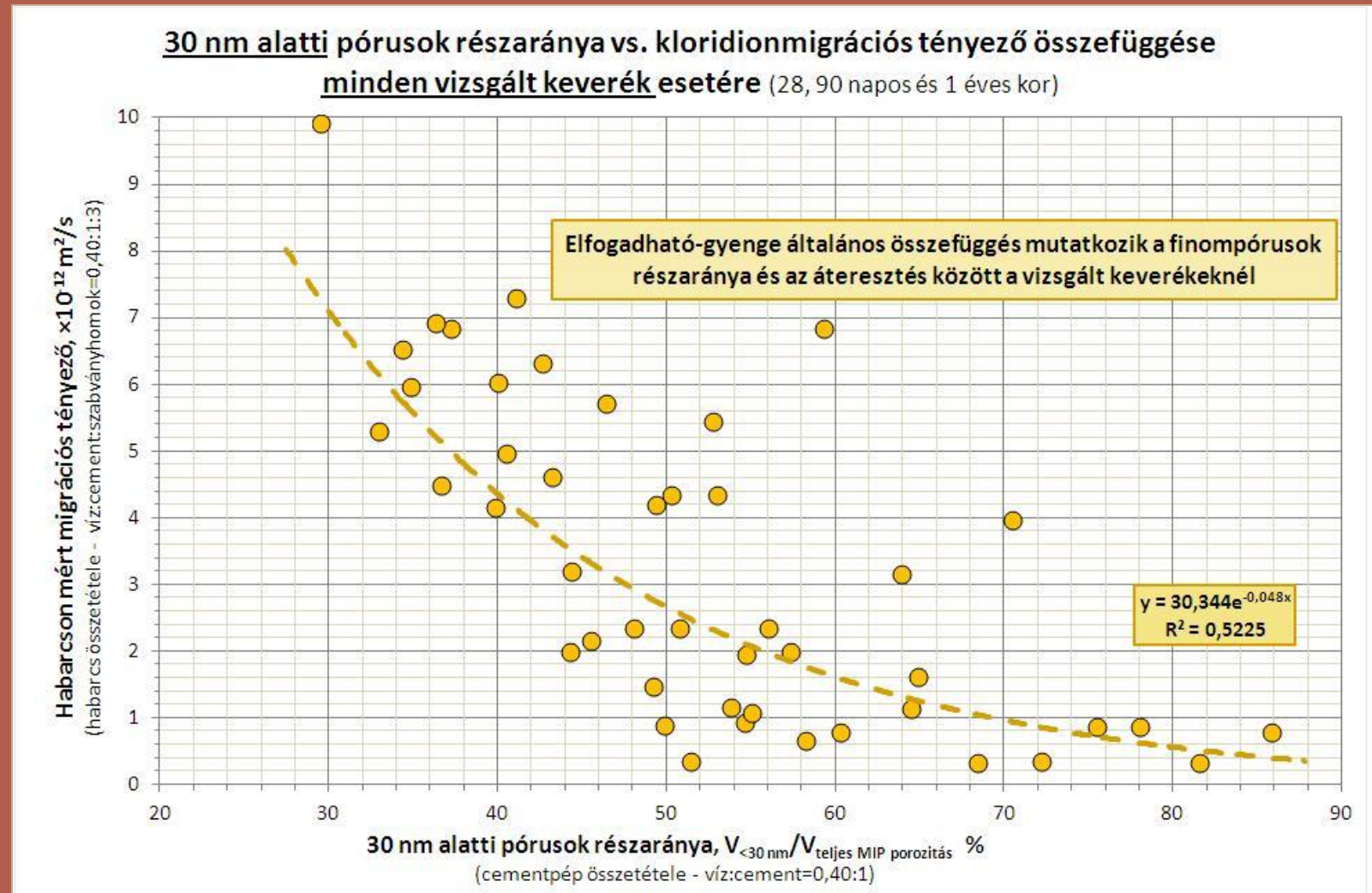
/a depassziválódást elérő kloridtartalom a betonfedésnél/

Spránitz Ferenc - 2021-02-18

Kijelenthető, hogy a porozitás nincs összefüggésben a kloridmigráció sebességével, azaz az 5 vagy 5000(?) évre való alkalmassággal

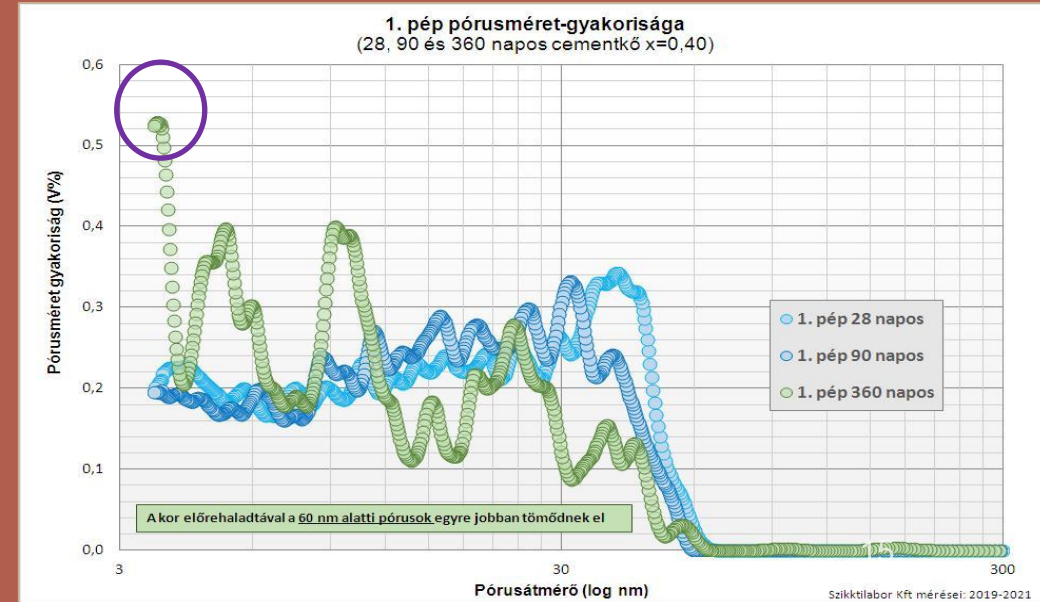
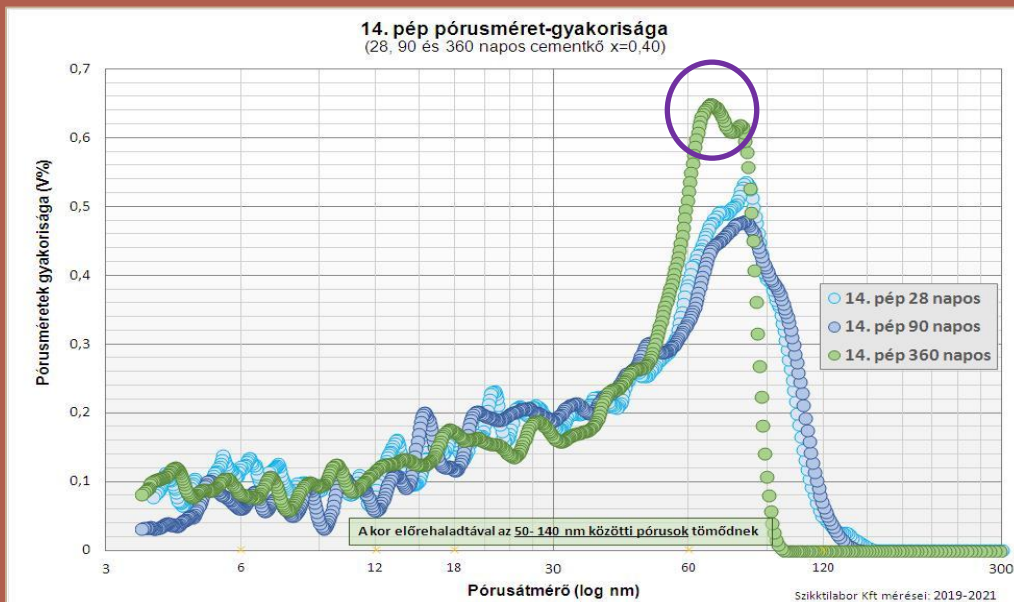
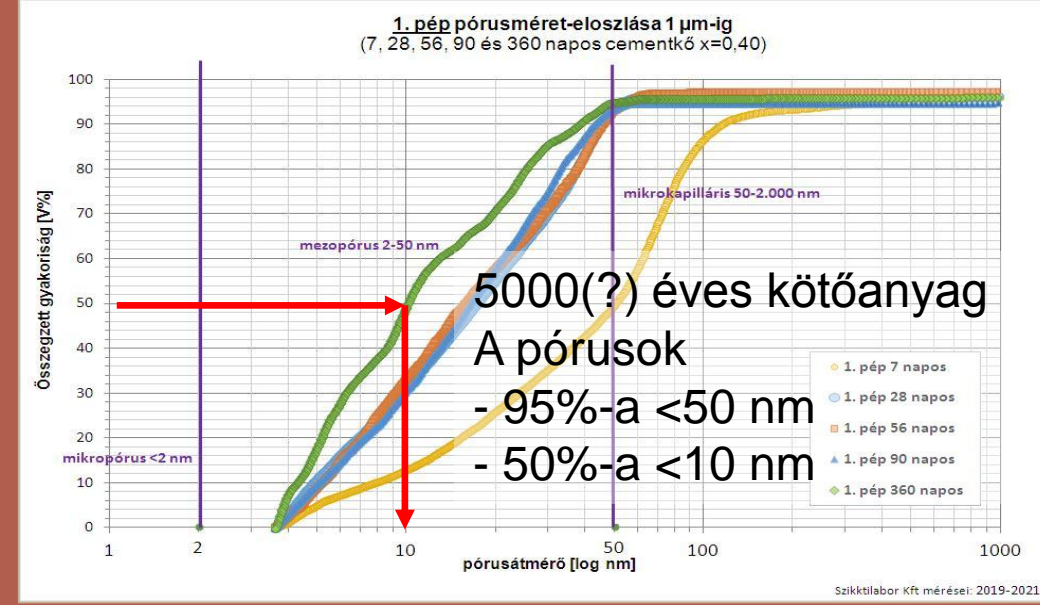
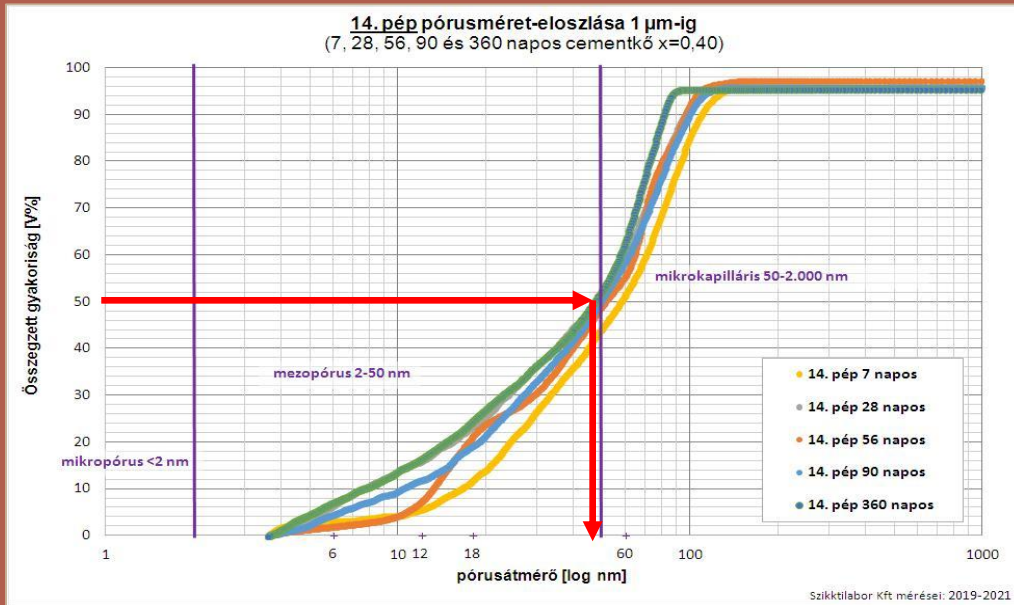


Az 5 vagy 5000(?) évre való alkalmasság és a 30 nm alatti pórusok részaránya között - kloridtámadás esetén – már tűrhető az összefüggés



Az 5 vagy 5000(?) évre való alkalmasságot a pórusméret-eloszlás és gyakoriság különbözősége magyarázhatja

5 éves kötőanyag
A pórusok
- 95%-a <100 nm
- 50%-a <50 nm



A mérnökök fontossága építményeink tartósságában

A kötőanyag gondos (mérnöki) megválasztásával már a szokásosnak mondható $x=0,40$ víz-kötőanyag tényezővel is (és természetesen a gondos bedolgozás, utókezelés mellett) elérhetőnek tűnik a több száz vagy az akár több ezer éves használati élettartam.

Kapcsolódó szakirodalom az érdeklődő mérnököknek

- http://www.expertcentre.dk/media/24474/bilag_1_n25-jwg_report_to_tc104_sc1_tc250_sc2_-_2014_draft.pdf
- http://www.expertcentre.dk/media/24477/bilag_2_n26_-_iwg_presentation_-_tc104_sc1_-_tc250_sc2_-_march_2014.pdf
- <http://docplayer.org/76108727-Bawmerkblatt-dauerhaftigkeitsbemessung-und-bewertung-von-stahlbetonbauwerken-bei-carbonatisierung-und-chlorideinwirkung-mdcc.html>
- https://www.researchgate.net/publication/311442176_PERFORMANCE-BASED_SERVICE_LIFE_DESIGN_IN_THE_2021_VERSION_OF_THE_EUROPEAN_CONCRETE_STANDARDS_-_AMBITIONS_AND_CHALLENGES
- http://www.psc.ro/wp-content/uploads/2013/07/M515_TC-250-answer+Annexes.pdf
- http://www.fib.bme.hu/korabbi_rendezyenyek/2016-01-28-fibMT-BalazsLGy.pdf
- http://www.fib.bme.hu/korabbi_rendezyenyek/2016-02-09-fibMT-Kopecsko_Katalin.pdf
- http://www.fib.bme.hu/korabbi_rendezyenyek/2016-02-09-fibMT-Anket-Bull-76_Spranitz-Ferenc.pdf
- <https://www.fib-international.org/publications/model-codes.html>
- <http://www.fib.bme.hu/>

Köszönöm a figyelmet!

Kérdés?