

# Nové silniční betony ze směsných cementů v ČR

Prof. Ing. Vít Šmilauer, Ph.D, DSc.  
Fakulta stavební, ČVUT v Praze  
[vit.smilauer@cvut.cz](mailto:vit.smilauer@cvut.cz)



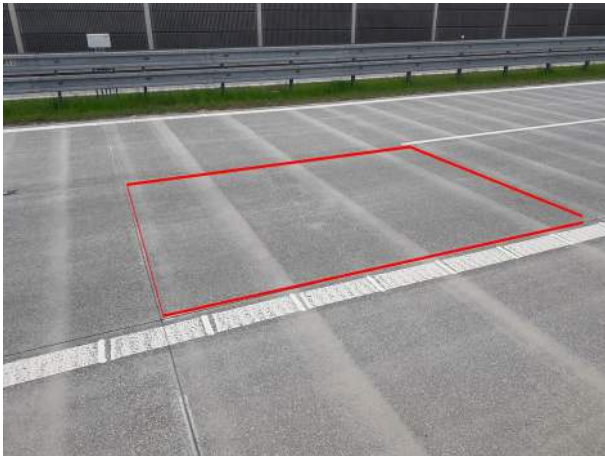
Konference Vápno, cement, ekologie 2025

Hotel Jezerka, Seč, 20.5.2025

# Cementobetonový kryt (CBK)

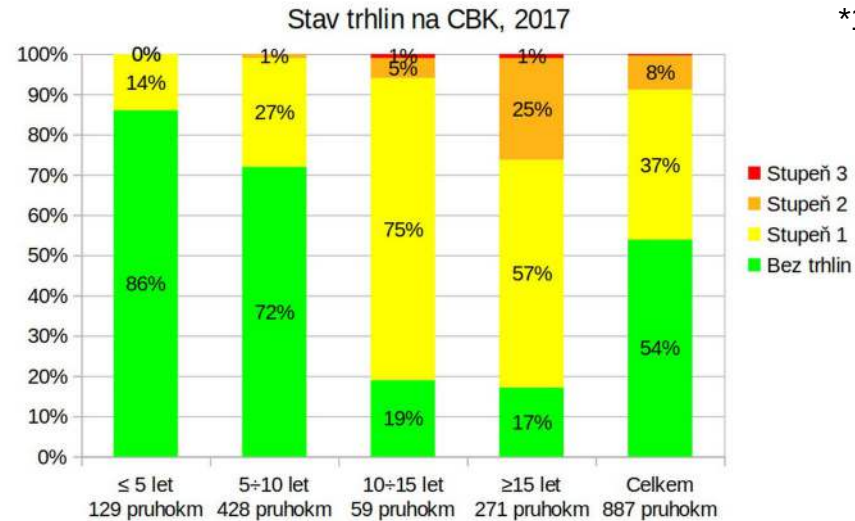
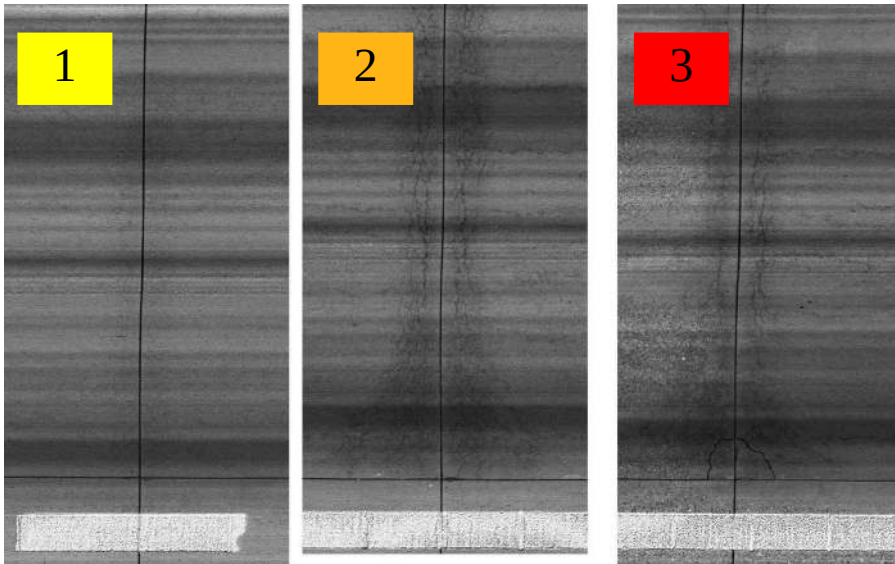


+



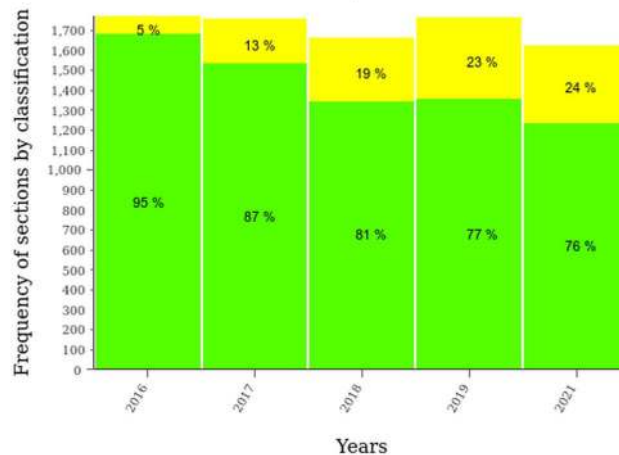
# Proč nové cementy pro cementobetonové kryty (CBK)

- Tlak na snižování energií, ceny, CO<sub>2</sub> → podíl CEM I v EU27 klesl pod 20%
- Životnost CBK ~30 let je krátká (cement CEM I 42,5 R sc)
  - 81% monitorovaných povrchů CBK vykazuje síťové trhliny do 15 let stáří



# Rozvoj povrchových trhlin CBK

- D0 km 75,240 - 78,600, \*2009

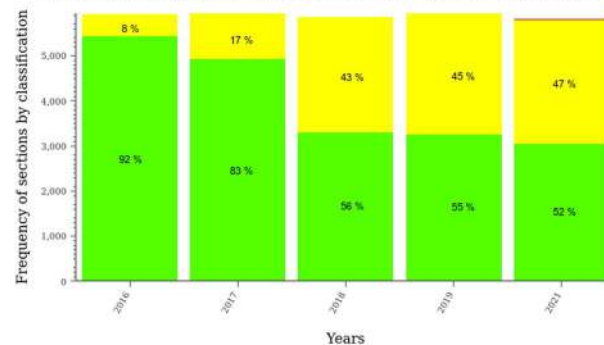


## STATISTICS

Classification	2016			2017		
	Sections	Length	%	Sections	Length	%
0	1 684 x	3.350 km	95 %	1 538 x	3.071 km	87 %
1	92 x	0.183 km	5 %	221 x	0.441 km	13 %
2	0 x	0.000 km	0 %	0 x	0.000 km	0 %
3	0 x	0.000 km	0 %	0 x	0.000 km	0 %
Total	1 776 x	3.533 km		1 759 x	3.512 km	



Mikrotrhliny according to the classification within the range selected in the map



## STATISTICS

Classification	2016			2017			2018		
	Sections	Length	%	Sections	Length	%	Sections	Length	%
0	5 433 x	10.811 km	92 %	4 927 x	9.837 km	83 %	3 305 x	6.574 km	56 %
1	500 x	0.995 km	8 %	1 028 x	2.052 km	17 %	2 547 x	5.067 km	43 %
2	0 x	0.000 km	0 %	2 x	0.004 km	0 %	17 x	0.034 km	0 %
3	0 x	0.000 km	0 %	0 x	0.000 km	0 %	1 x	0.002 km	0 %
Total	5 933 x	11.806 km		5 957 x	11.893 km		5 870 x	11.677 km	

# Jaké speciální cementy pro CBK

- Hlavním kritériem je trvanlivost – omezení povrchových trhlin
- Dobré zkušenosti se struskou (CEM II/B-S používán v Rakousku)
- Mikromleté vápence obecně snižují mrazuvzdornost
- Vliv rychlosti hydratace

## j) Silniční cement

Na cement určený pro stavbu betonových silnic, letišť a vůbec k upevnění velkých ploch se kladou některé odchylné požadavky, než jaké vytyčují normy pro cement na železobetonové konstrukce. Předpisuje se<sup>1435 ač 9143</sup>

1. *vysoká konečná pevnost*, především v *tlaku*, neboť silniční betonová deska je vystavena značným místním zatěžkáním. Důležitá je zvláště *pevnost v tahu za ohybu*, neboť znamená zvýšenou odolnost k namáháním a) rychlou jízdou („vytrhávání“ hmoty), b) oteplováním a ochlazováním i c) nabotnáváním při provlhčení a smršťováním při vysychání. Také *pevnost k opotřebení* se uplatňuje. Velké počáteční pevnosti však nejsou výhodné, neboť znamenají náchyl-

nost k vzniku trhlinek. Pomalejší tuhnutí umožňuje i snadnější úpravu dilatačních spár;

2. právě k zmírnění vnitřního pnutí se volí u silničních cementů *pozdější počáteční tuhnutí*, min. 2 hodiny, a také pozvolnější průběh tuhnutí, vyjma chladnějších ročních období;

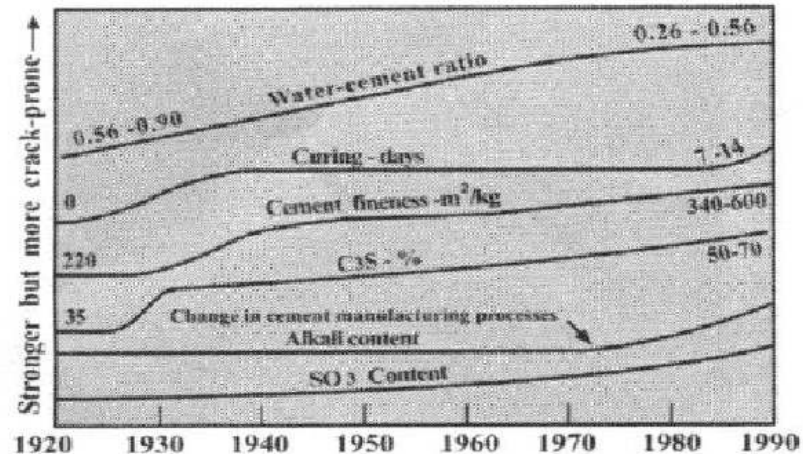
3. *objemové změny* mají být co nejmenší, aby povrch betonové desky byl *prostý trhlinek*. Ty totiž jsou hlavní příčinou rozrušování. Objemové změny nastávají: a) střídavým oteplováním a především prudkým ochlazováním, neboť povrch silnice je vystaven jak působení slunečních paprsků, tak i větru a mrazu; b) střídavému nabotnávání a vysychání, neboť působí spodní i atmosférická vlhkost a sluneční teplo i vítr; c) chemicky, např. vysoký obsah alkálií v cementu může reagovat s kameny určitého druhu nebo někdy s vnášenou jílovou přísadou, za vzniku objemově větších gelů, a tím rozpínat (str. 287), d) stárnutím betonu, při němž je sklon k nevídanému *dosmršťování*. Zejména vše co zvyšuje smršťování je třeba odmítat, tedy i příliš jemné mletí, ale i mnohé přísady;

[R. Bárta: Chemie a technologie cementu, 1961]

Zement. — Nach dem Merkblatt der STUFA und den Richtlinien der Reichsautobahnen darf nur Zement verarbeitet werden, der den gültigen deutschen Normen entspricht. Im allgemeinen werden für den Straßenbau nur die gewöhnlichen Portlandzemente verwandt, während die hochwertigen Zementarten nur in Ausnahmefällen zur Anwendung kommen. **Langsam** bindende Zemente werden rascher bindenden Zementen vorgezogen. Für die Verwendung auf den Reichsautobahnen sind aus der Fülle der deutschen Zementmarken besonders günstige Zemente her-

36

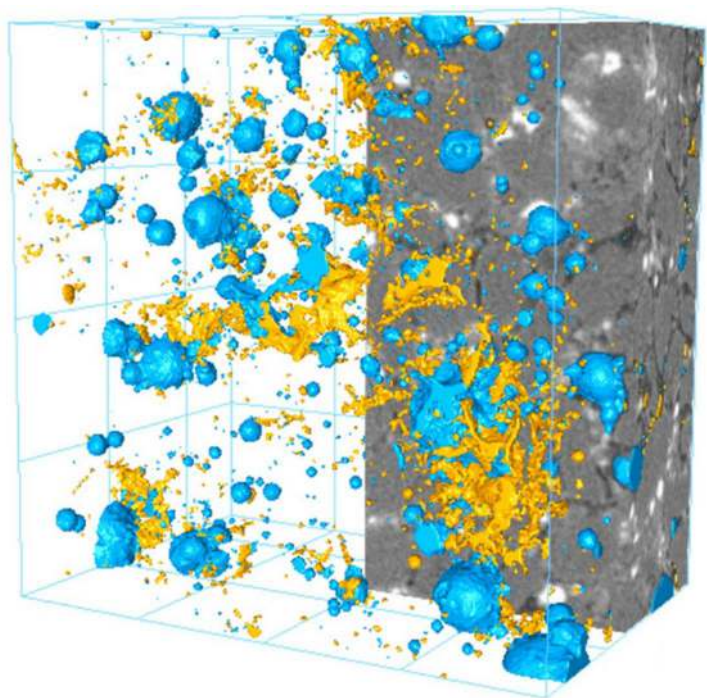
[Beton-Strassenbau in Deutschland, 1936]



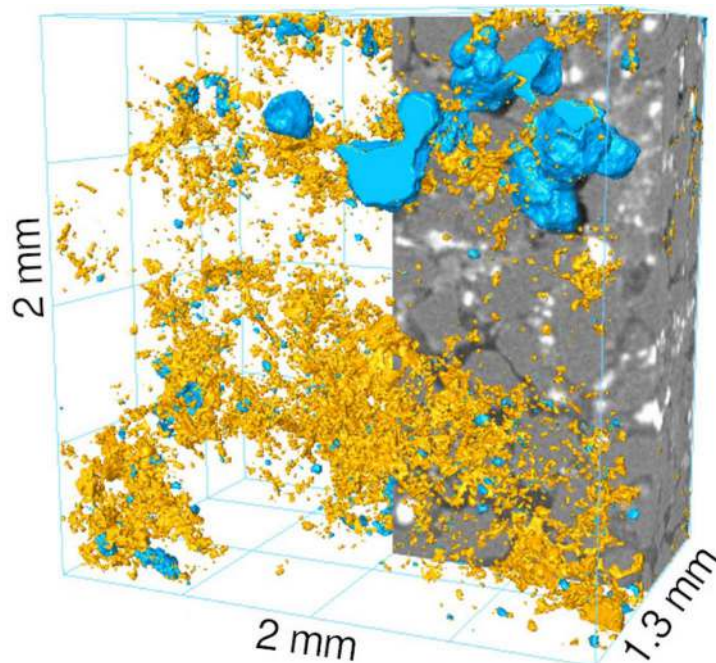
[R.W. Burrows: Visible and invisible cracking of concrete, ACI, 1998]

# Mikrotomografie - mikrotrhliny

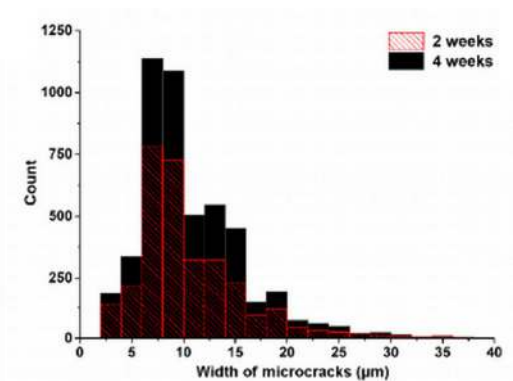
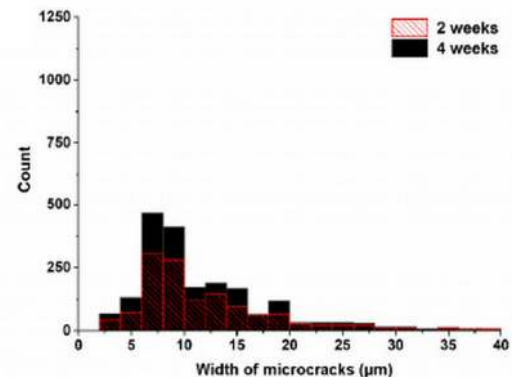
- Zapečetěné prostředí, rozlišení 2,2  $\mu\text{m}$ , 4 týdny hydratace



**CEM I 32,5 R**  
273  $\text{m}^2/\text{kg}$



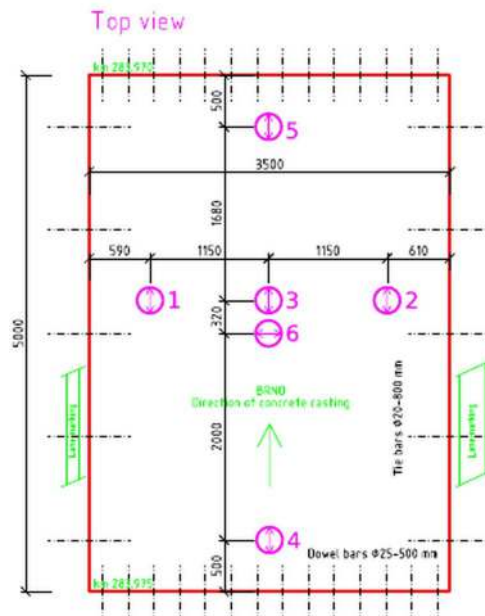
**CEM I 42,5 R**  
391  $\text{m}^2/\text{kg}$



# Pilotní úsek D1 0137 Přerov - Lipník n. Bečvou, 2018-2019

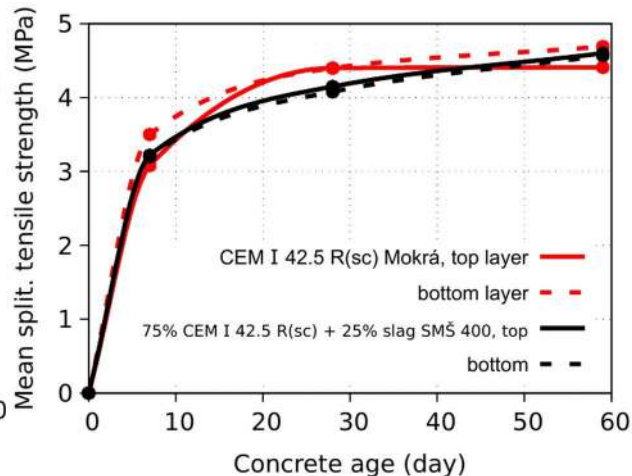
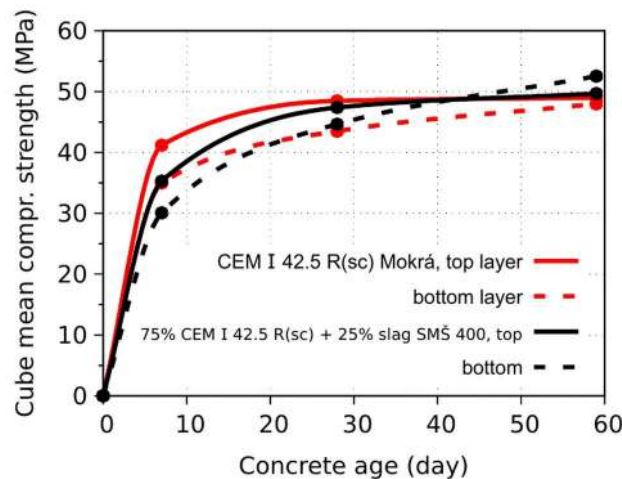
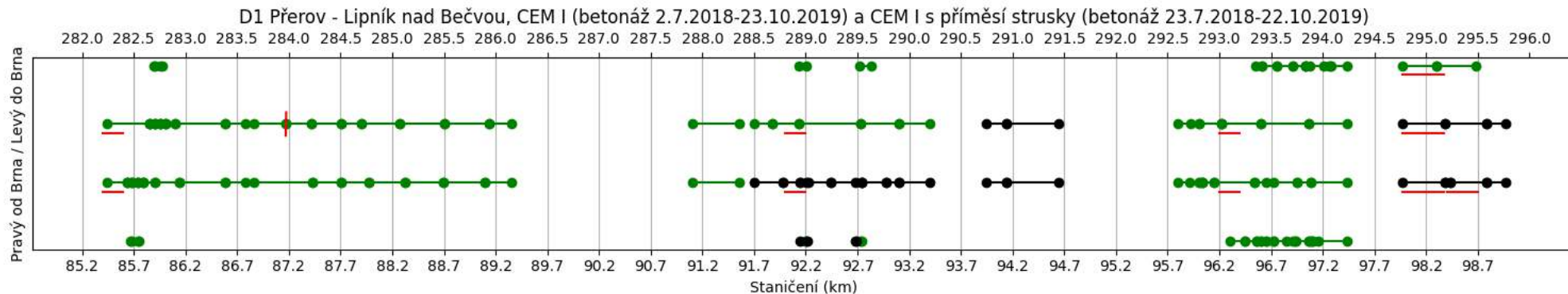
- První větší využití CEM II/B-S v ČR
- Osazení 6×3 čidel do 1 desky CBK

Beton z pojiva	Délka	Beton spodní + horní = celkem	CEM I 42,5 R (sc)	SMŠ
CEM I 42,5 R (sc) = ref.	2 713 m	14 962 + 3999 = 18 361 m <sup>3</sup>	6 940 t	-
CEM II/B-S 42,5 N = 75% ref.+ 25% SMŠ	8 978 m	43 982 + 10 753 = 54 735 m <sup>3</sup>	15 566 t	5 158 t



# Pilotní úsek D1 0137 Přerov - Lipník n. Bečvou, 2018-2019

- První masivní využití CEM II/B-S na CBK v ČR, zhotovitel Skanska a.s.
- Osazení 6×3 čidel do 1 desky CBK

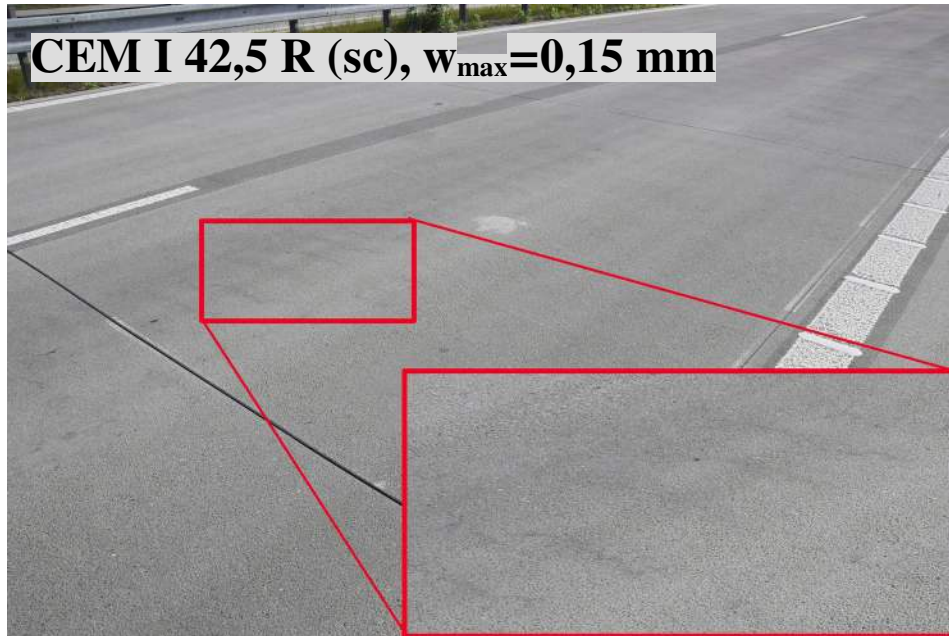


ČSN 73 1326 (CHRL), 59 dní, metoda A, 100 cyklů

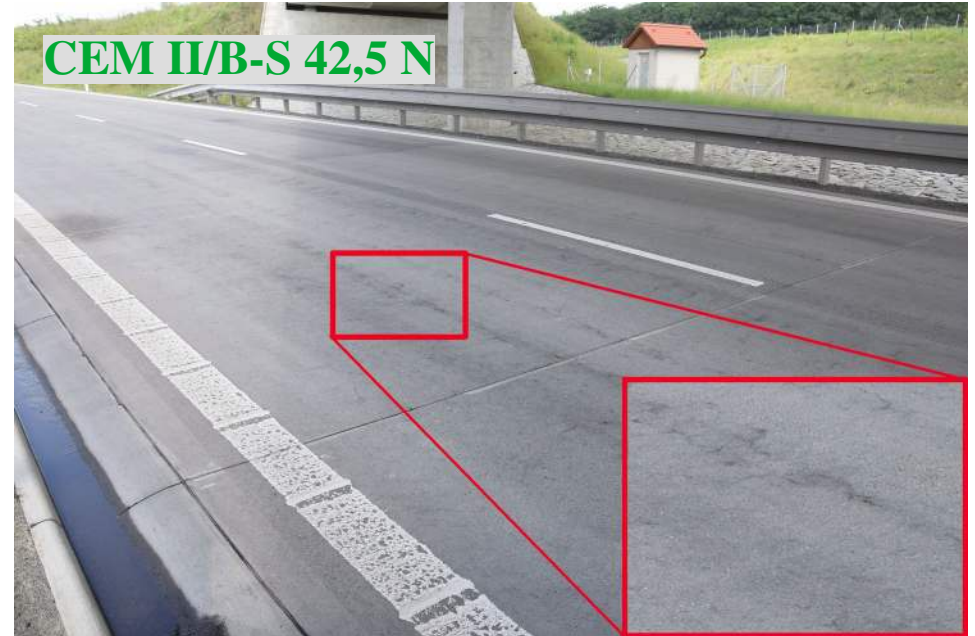
Beton z pojiva	Laboratorní krychle 150 mm	Vývrty Ø100 mm
CEM I 42,5 R (sc) = ref	210 ± 130 g/m <sup>2</sup>	232 ± 125 g/m <sup>2</sup>
CEM II/B-S 42,5 N = 75% ref.+ 25% SMŠ	360 ± 190 g/m <sup>2</sup>	156 ± 84 g/m <sup>2</sup>

## Prohlídka po 3-4 letech od betonáže (provoz 2,5 let)

- 2.6.2022
- Nejhorší povrchy CBK s viditelnými trhlinami



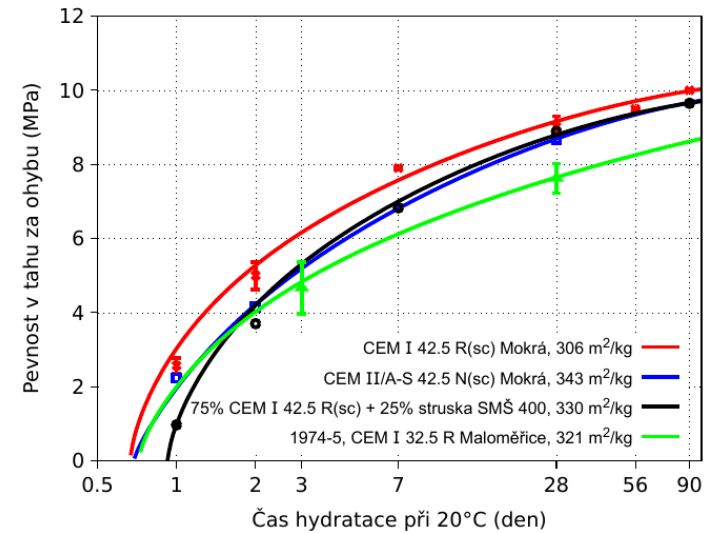
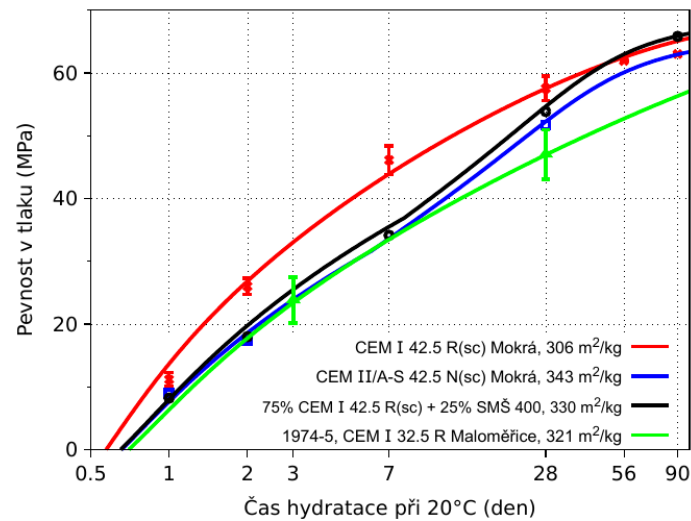
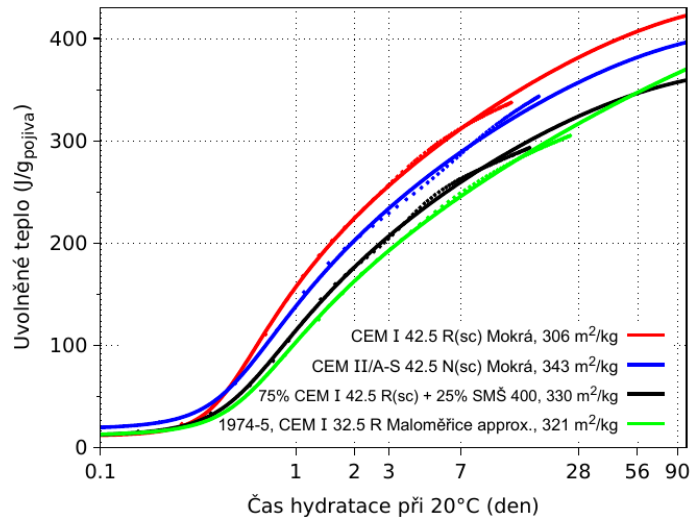
Na 7% povrchu CBK



Na 2% povrchu CBK

# Charakteristiky silničních cementů

- Porovnání čtyř cementů
  - CEM I 42,5 R sc
  - CEM II/A-S 42,5 N
  - CEM II/B-S 42,5 N
  - CEM I 32,5 R Maloměřice (do 1998)



# Testy nových cementů

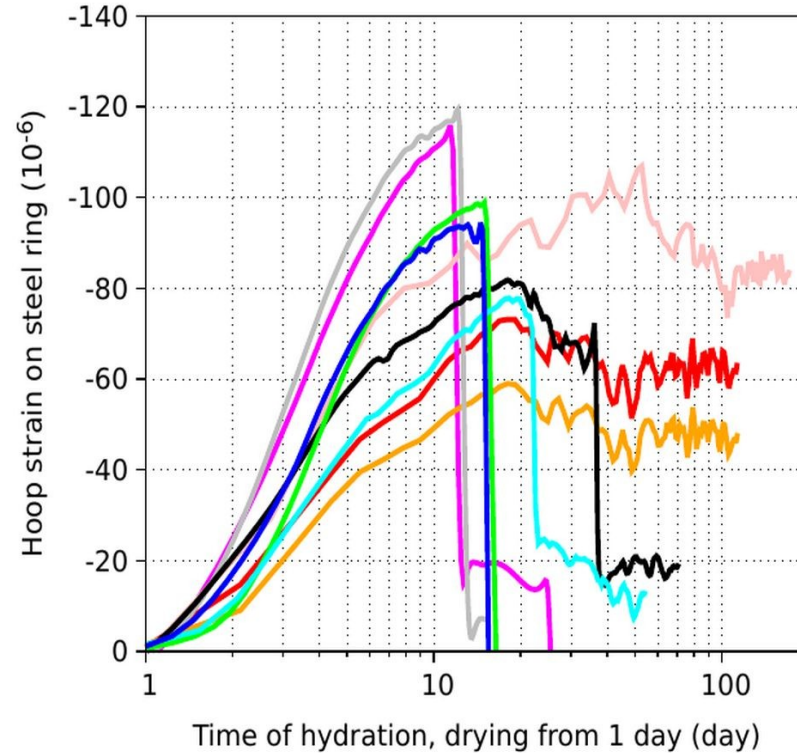
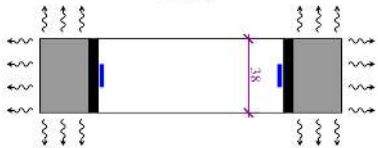
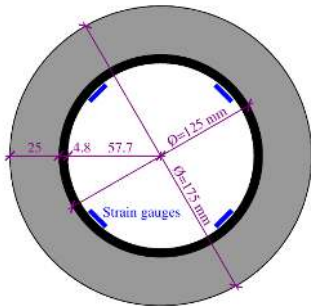
- Projekt ISPROFIN 500 116 0007, zahájení 07/2022 (ŘSD)
- Testy 9 cementů
  - Standardní testy – pevnosti v tlaku, příčném tahu, tah za ohybu, CHRL
  - Nestandardní testy

Cement	Blaine (m <sup>2</sup> /kg)	Koláčková zkouška	Čas prasknutí prstenců (>40 dní)
CEM I 42,5 R (sc), Mokrá	263	Vyhovující	>115
CEM II/A-S 42,5 N, Mokrá	343	Podm. vyhovující	>118
CEM II/B-S 32,5 R, Mokrá	331	Vyhovující	>170
CEM II/B-M (S-LL) 42,5 N, Radotín	391	Téměř vyhovující	35
CEM II/A-S 42,5 R, Mokrá	457	Podm. vyhovující	8
CEM II/A-LL 42,5 R, Radotín	460	Objemově nestálý	8
CEM II/B-M (S-LL) 42,5 N, Hranice	403	Téměř vyhovující	14
CEM II/C-M (S-LL) 42,5 N, Hranice	516	Podm. vyhovující	23
CEM III/A 42,5 N, Hranice	408	Objemově nestálý	10



# Odolnost ve vázaném smrštění při vysychání

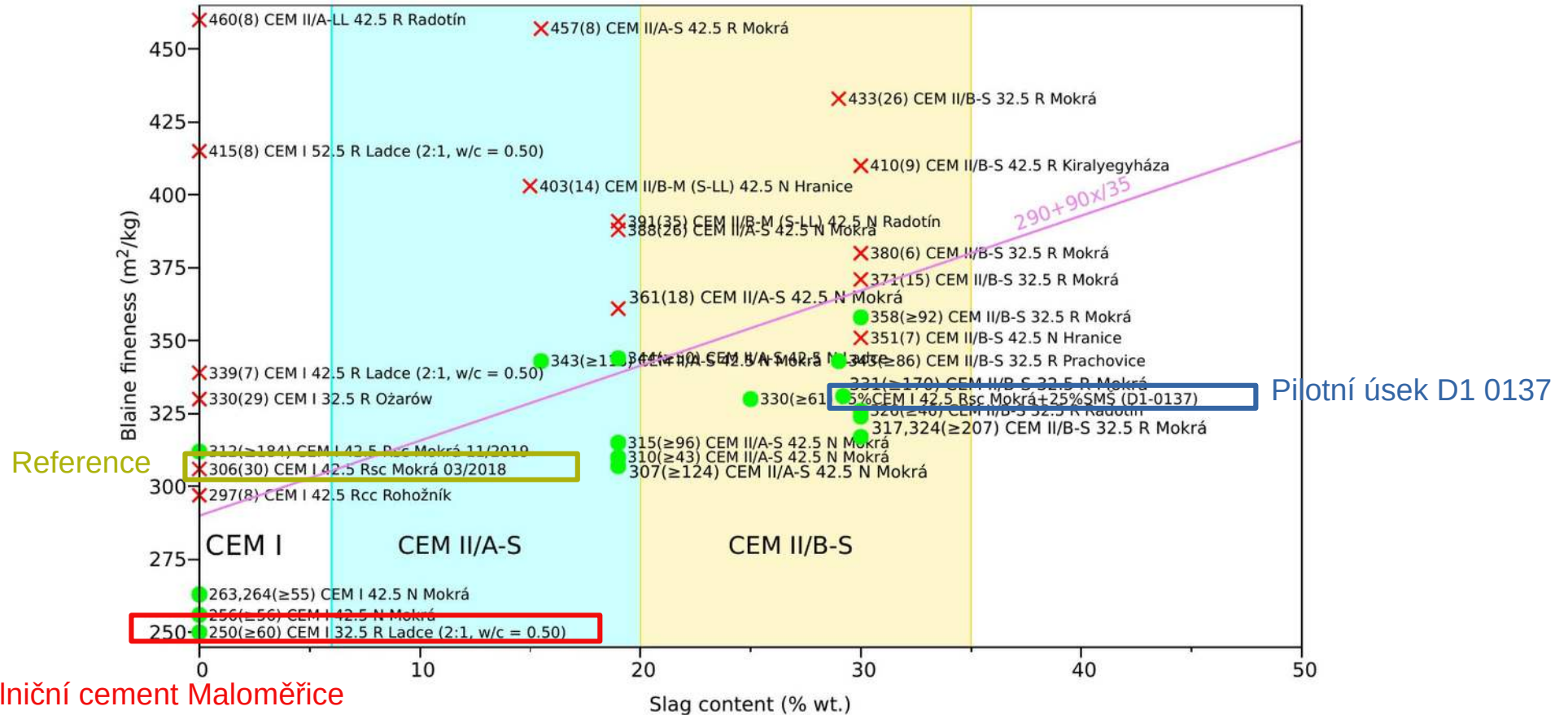
- Po 24 h malta vystavena vysychání ve vázaném smrštění
- Delší doba porušení prstence znamená vyšší odolnost



- \*CEM I 42.5 R(sc) Mokrý, 263  $m^2/kg$
- CEM II/A-S 42.5 R Mokrý, 457  $m^2/kg$
- \*CEM II/A-S 42.5 N Mokrý, 343  $m^2/kg$
- \*CEM II/B-S 32.5 R Mokrý, 331  $m^2/kg$
- CEM II/A-LL 42.5 R Radotín, 460  $m^2/kg$
- \*CEM II/B-M (S-LL) 42.5 N Radotín, 391  $m^2/kg$
- CEM II/B-M (S-LL) 42.5 N Hranice, 403  $m^2/kg$
- CEM II/C-M (S-LL) 42.5 N Hranice, 516  $m^2/kg$
- CEM III/A 42.5 N Hranice, 408  $m^2/kg$

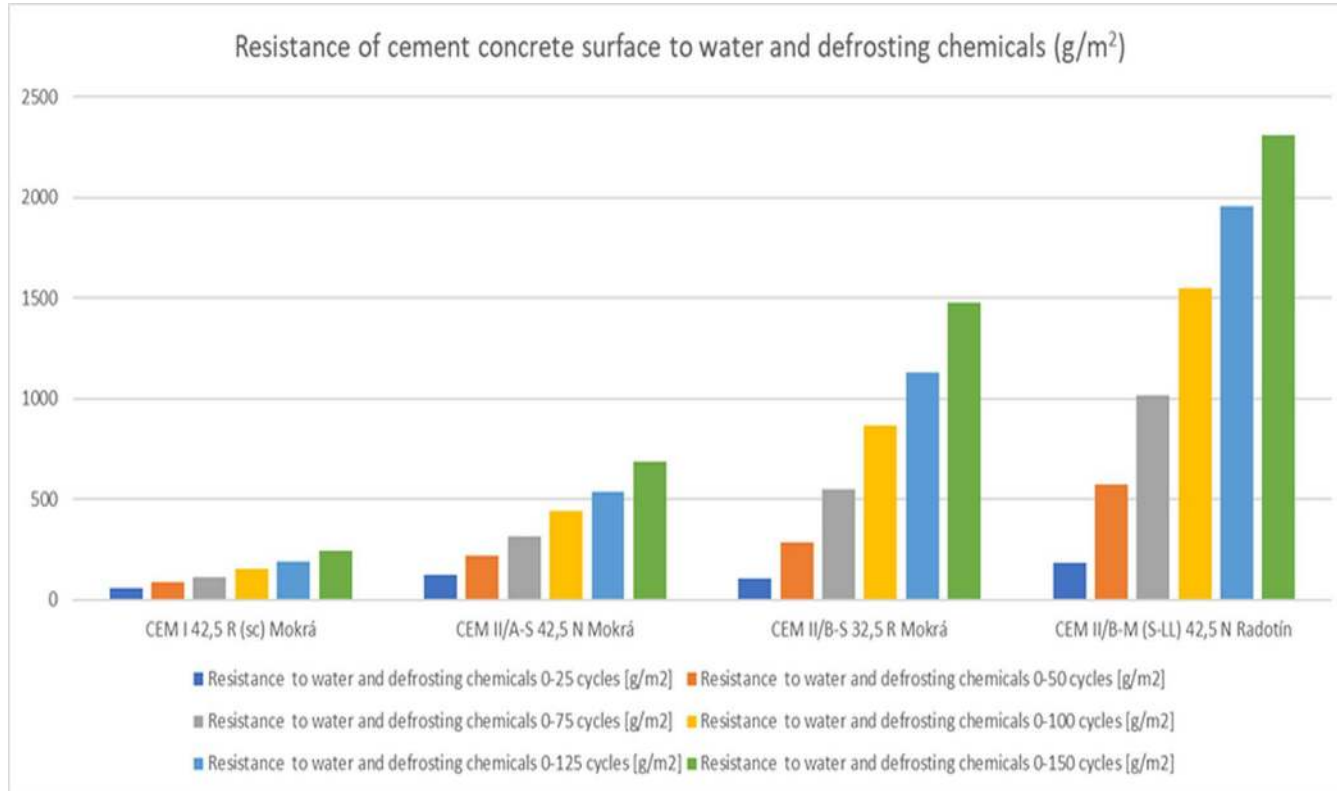
# Odolnost ve vázaném smrštění při vysychání

- Kritérium porušení  $\geq 40$  dní



# Odolnost betonů proti CHRL

- Cement 420 kg/m<sup>3</sup>, v/c=0,48 (Horní vrstva), ČSN 73 1326, metoda A (100 cyklů ≤1000 g/m<sup>2</sup>)
- Testy zahájeny ve 28 dnech, pro směsné cementy lze až v 59 dnech (ČSN 73 6123-1)



[B. Slánský et al.: Ověření nových cementů pro betony CBK, závěrečná zpráva, 2024]

# Revize ČSN 73 6123-1

- Stavba vozovek – Cementobetonové kryty – Část 1: Provádění a kontrola shody
- Snížení rychlosti hydratace → CEM II/A-S 42,5 N sc

Tabulka 3 – Doplnující vlastnosti cementů do vozovkových betonů

Druh zkoušky	Parametr pro skupinu cementobetonových krytů	
	CB I	CB II, CB III
Ztráta žiháním (platí jen pro CEM I)	max. 3,5% hmotnosti cementu	Bez požadavku
Obsah trikalcialuminátu $C_3A$ ve slínku ( $C_3A = [2,65 Al_2O_3 - 1,69 Fe_2O_3]$ )		
CEM I	max. 8%	Bez požadavku
CEM II/A-S	max. 10 %	
CEM II/B-S	max. 12 %	
Počátek tuhnutí	min. 2 h	
Jemnost mletí (Blajne)		
– pro CEM I	max. 300 m <sup>2</sup> ·kg <sup>-1</sup>	max. 450 m <sup>2</sup> ·kg <sup>-1</sup>
– pro CEM II/A-S	max. 350 m <sup>2</sup> ·kg <sup>-1</sup>	
– pro CEM II/B-S	max. 400 m <sup>2</sup> ·kg <sup>-1</sup>	
– pro CEM I pro kombinaci s příměsí MGVS	max. 340 m <sup>2</sup> ·kg <sup>-1</sup>	
$Na_2O_{ekv.}^{a)}$		
– pro CEM I	max. 0,80 %	Bez požadavku
– pro CEM II/A-S	max. 0,85 %	
– pro CEM II/B-S	max. 1,00 %	
<p><sup>a)</sup> Pro výpočet alkálií v cementu se započítává 100 % alkálií ve slínku a sádrovci a 50 % alkálií ve strusce a dalších složkách cementu. Pokud nejsou známy obsahy alkálií ve složkách cementu, bere se vždy 100 % alkálií ve výrobku – expedovaném cementu.</p>		

## Výpočet uhlíkové stopy

- Dva scénáře životnosti CBK – 50 a 30 let
- 380 kg cementu / m<sup>3</sup> betonu
- Pro ekvivalentní chování by cement pro 50 letou životnost mohl emitovat 1320 kg CO<sub>2</sub>/t
- Výpočet CO<sub>2</sub> dává smysl až pro životního cyklus

<b>Životnost 50 let</b>	<b>50 let</b>	<b>30 let</b>
Výroba cementu (707 kg CO <sub>2</sub> /t) (77%)	269	269*5/3=448,3
Kamenivo a výroba betonu (2,4%)	8,4	8,4*5/3=14,0
Transport cementu, kameniva, betonu (11,3%)	39,5	39,5*5/3=65,8
Pokládka (8,1%)	28,3	28,3*5/3=47,2
Demolice (1,2%)	4,2	4,2*5/3=7,0
<b>Celkem (100%) (kg CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> betonu / 50 let)</b>	<b>349,4</b>	<b>582,3</b>

# Závěr

- Nový silniční cement CEM II/A-S 42,5 N (sc), Mokrý
- Cement vykazuje pomalejší a dlouhodobější hydrataci, citlivější na vliv teploty
- Mírné zpomalení výstavby → zvýšení životnosti

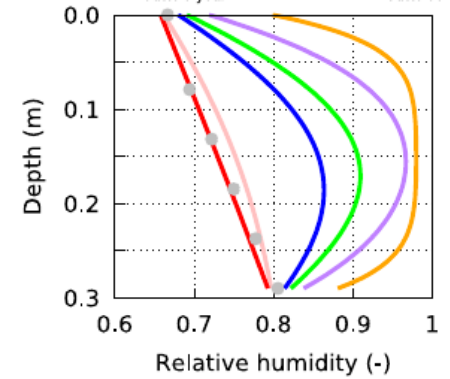
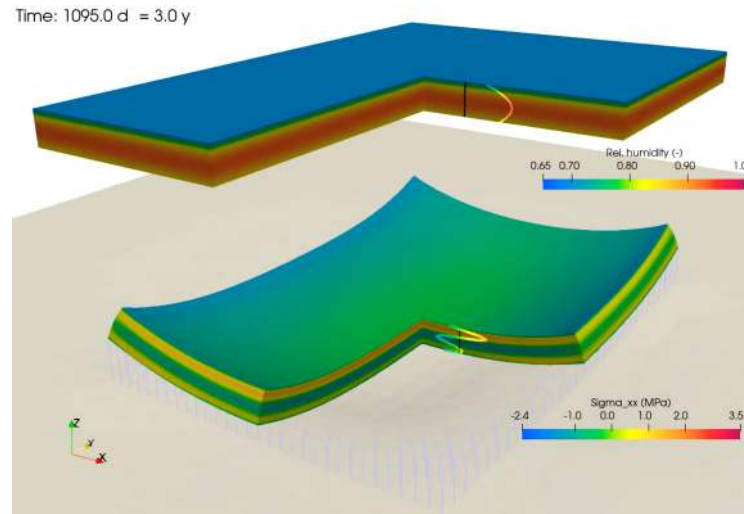
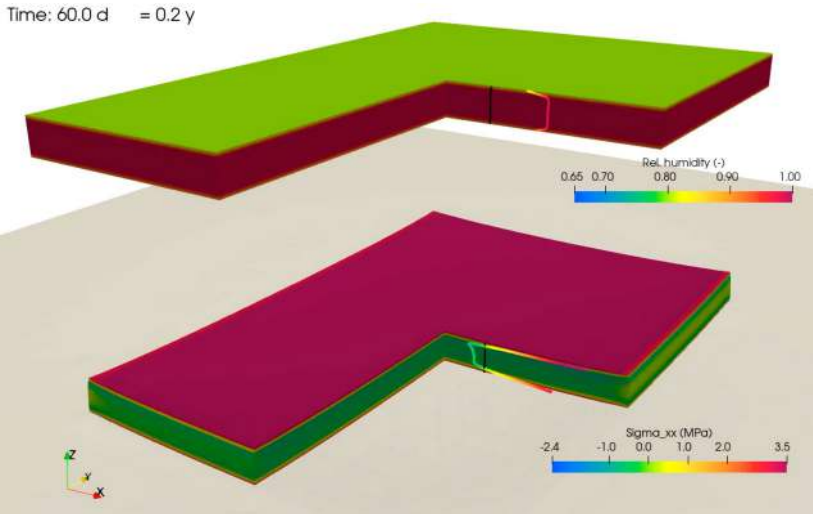


“I terminated the ridiculous green new scam, I withdrew from the unfair Paris Climate Accord, which was costing us trillions of dollars that other countries were not paying.” 03/2025

*Príspevek vznikl s príspehím grantu GAČR 25-15501S.*

# Zatížení desky CBK vysycháním

- Počátek vysychání zjednodušeně ve 14 dnech, tahové napětí až 3,5 MPa



- After 60 days
- After 1 year
- After 3 year
- After 5 years
- After 15 years
- After 30 years

