



Problemi primjene vodonepropusnih betona

Mario Todorić, dipl.ing.građ.

- Mario Todorić, dipl.ing.građ., Toding d.o.o. Zagreb, Hrvatska,
- Miroslav Duvnjak, mag.ing.aedif., Toding d.o.o. Zagreb, Hrvatska,
- Ivan Dragičević, mag.ing.aedif., Toding d.o.o. Zagreb, Hrvatska,
- Petar Todorić, mag.ing.aedif., Toding d.o.o. Zagreb, Hrvatska,

SADRŽAJ

1. **UVOD**
2. SMJERNICE STRANIH ZEMALJA
 - 2.1. AUSTRIJSKE SMJERNICE
 - 2.2. NJEMAČKE SMJERNICE
3. PRORAČUN
4. ELEMENTI IZVEDBE
 - 4.1. RADNI TAKTOVI BETONIRANJA
 - 4.2. BRTVE
 - 4.3. UGRADNJA I NJEGOVANJE BETONA
5. GRAĐEVINSKA FIZIKA
6. PROBLEMI PRI REALIZACIJI
7. ODRŽAVANJE I KONTROLA
8. REALIZIRANI PRIMJERI
9. ZAKLJUČAK



UVOD

- Pri izgradnji građevina u Hrvatskoj sve češća je primjena vodonepropusnih betona.
- Stoga je pored osnovne uloge nosivosti konstrukcije betonske elemente izložene vlazi potrebno dodatno dokazati kako bi udovoljili zahtjeve za vodonepropusnosti i trajnost koji se postavljaju na građevinu.
- Izrada elemenata konstrukcije od vodonepropusnog betona zahtjeva donošenje odluka i poseban pristup već u idejnoj fazi, od samog početka realizacije projekta, a nastavlja se kroz sve faze projektiranja do same izvedbe i korištenja građevine.
- U procesu projektiranja često puta **nisu dostupne bitne informacije** za izvedbu vodonepropusnog betona (izvođač, dobavljač betona, tehnologija izvođenja, aditivi za vodonepropusnost koji će se koristiti, temperature pri kojima će se ugrađivati beton, dinamika izvođenja betonske konstrukcije, radni taktovi...) pa se **projektna dokumentacija izrađuje uz određene pretpostavke**.
- Za uspješnu realizaciju građevina koje se izvode sa vodonepropusnim betonima potrebno je egzaktnije **definirati uloge i odgovornost sudionika u ukupnom procesu** gradnje (investitor, projektanti, izvođač, tehnolog i projektant betona, nadzor, isporučitelj betona, isporučitelj aditiva za vodonepropusnost...) a kako bi se izbjegli neželjeni efekti.



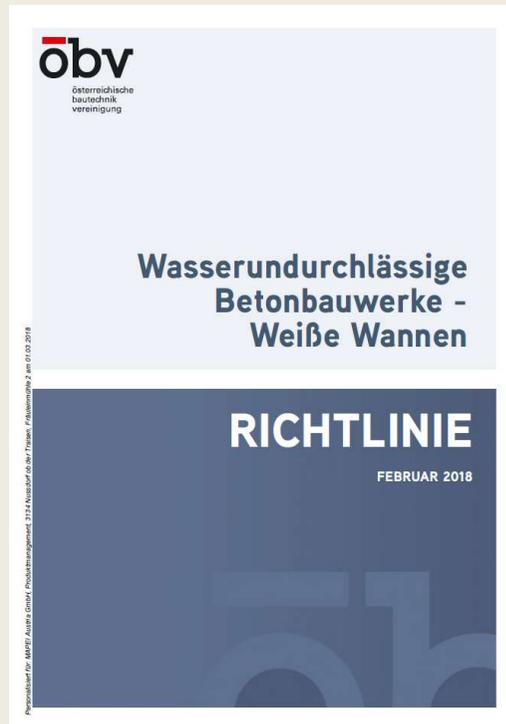
SADRŽAJ

1. UVOD
- 2. SMJERNICE STRANIH ZEMALJA**
 - 2.1. AUSTRIJSKE SMJERNICE
 - 2.2. NJEMAČKE SMJERNICE
3. PRORAČUN
4. ELEMENTI IZVEDBE
 - 4.1. RADNI TAKTOVI BETONIRANJA
 - 4.2. BRTVE
 - 4.3. UGRADNJA I NJEGOVANJE BETONA
5. GRAĐEVINSKA FIZIKA
6. PROBLEMI PRI REALIZACIJI
7. ODRŽAVANJE I KONTROLA
8. REALIZIRANI PRIMJERI
9. ZAKLJUČAK

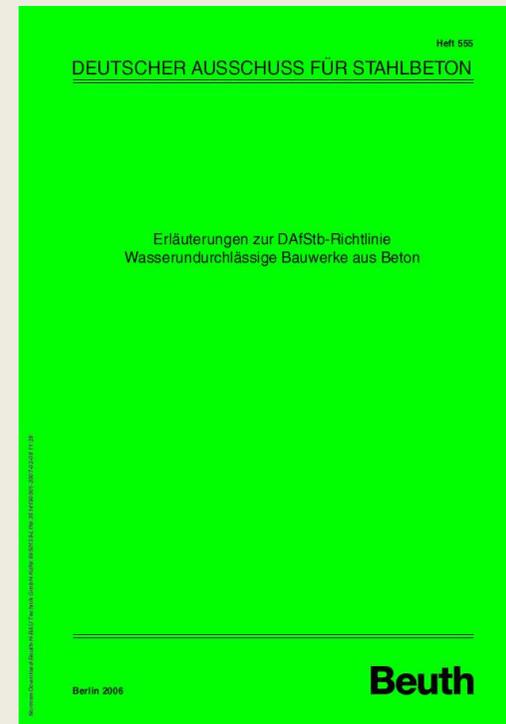


SMJERNICE STRANIH ZEMALJA

- U nedostatku domaće regulative i literature vezano uz problematiku izvedbe vodonepropusnih betona u Hrvatskoj prikazujemo osnove najčešće korištenih stranih smjernica na osnovu kojih se realiziraju projekti.



Austrijske smjernice



Njemačke smjernice



AUSTRIJSKE SMJERNICE

- Klasse zahtjeva prema namjeni objekta As – A4
- Definirane dopuštene količine vlage po klasama

Tabelle 3-1: Anforderungsklassen für die Wasserundurchlässigkeit von Außenwänden, Bodenplatten und Decken

Anford.-Klasse	Kurzbezeichnung	Beschreibung der Betonoberfläche	Beurteilung der Feuchtigkeitsstellen	Zulässige Fehlstellen (Feuchtigkeitsstellen, Risse, usw.) an der Betonoberfläche	Zusatzmaßnahmen	Anwendungsbeispiele	Bauweisen
As Sonderklasse	vollständig trocken	Keine visuell feststellbaren Feuchtstellen (Dunkelfärbungen) erkennbar			Bauphysikalische Untersuchung und Konditionierung/Klimatisierung des Raumes unbedingt erforderlich.	Lager für besonders feuchtigkeitsempfindliche Güter	"Weiße Wanne" im Sinne dieser Richtlinie
A1	weitgehend trocken	Visuell einzelne feststellbare Feuchtigkeitsstellen (max. matte Dunkelfärbung)	Nach Berühren mit der trockenen Hand (flächenhaft) sind an der Hand keine Wasser Spuren zu erkennen.	1 % der Bauteiloberfläche als Feuchtigkeitsstellen zulässig. Wasserfahnen, die nach maximal 20 cm abtrocknen.	Es ist eine bauphysikalische Untersuchung erforderlich, der zufolge eine Konditionierung/Klimatisierung des Raumes erforderlich sein kann (z.B. bei langem Aufenthalt von Menschen).	Verkehrsbauwerke mit hohen Anforderungen. Aufenthaltsräume, Lager, Hauskeller (Einlagerungsräume), Haustechnikräume mit besonderen Anforderungen	Dichte Schlitzwände gemäß öbv-Richtlinie
A2	leicht feucht	Visuell und manuell feststellbare, einzelne glänzende Feuchtigkeitsstellen an der Oberfläche	Keine Mengemessung von ablaufendem Wasser möglich. Nach Berühren mit der Hand sind daran Wasserspuren erkennbar.	1 % der Bauteiloberfläche als Feuchtigkeitsstelle zulässig. Einzelne Wasserfahnen, die an der Betonoberfläche des jeweiligen Bauteils abtrocknen.	In Sonderfällen kann eine Konditionierung/Klimatisierung notwendig sein.	Garagen, Haustechnikräume (z.B. Heizräume, Kollektoren), Verkehrsbauwerke	
A3	feucht	Tropfenweiser Wasseraustritt mit Bildung von Wasserschlieren	Das ablaufende Wasser kann in Auffanggefäßen mengenmäßig gemessen werden.	Die maximale Wassermenge pro Fehlstelle bzw. lfm Schlitzwandarbeitsfüge darf 0,2 l/h nicht überschreiten, wobei der Wasserdurchtritt pro m ² Wand im Mittel 0,01 l/h nicht überschreiten darf. ¹⁾	Entwässerungsmaßnahmen vorsehen.	Garagen (mit Zusatzmaßnahmen, z.B. Entwässerungsrinnen) etc.	
A4	nass	Einzel rinnende Wasseraustrittsstellen für Bodenplatten, Wände und Schlitzwände	Das ablaufende Wasser kann in Auffanggefäßen mengenmäßig gemessen werden.	Die maximale Wassermenge pro Fehlstelle darf 2 l/h nicht überschreiten, wobei der Wasserdurchtritt pro m ² Wand im Mittel 1 l/h nicht überschreiten darf. ¹⁾	Entwässerungsmaßnahmen vorsehen.	Außenschale der zweischaligen Bauweise	

¹⁾ Die Mittelbildung darf sich nur auf die von außen benetzte Wandfläche zwischen Bemessungswasserstand und Unterkante des betrachteten Bauteils beziehen.



AUSTRIJSKE SMJERNICE

- 3 konstrukcijske klase (Kons, Kon1, Kon2) ovisne o: pritisku vode, minimalnim dimenzijama elemenata i drugim parametrima

Tabelle 3-2: Konstruktionsklassen in Abhängigkeit vom Wasserdruck in Verbindung mit Mindest-Bauteildicken und weiteren Parametern

Konstruktionsklasse	Kon _s	Kon ₁	Kon ₂			
Mindest-Bauteildicken (m) ³⁾ abhängig vom Wasserdruck						
Wasserdruckhöhe	0 – 0,25 m	≥ 0,25 m	≥ 0,25 m			
	0,25 – 3 m	≥ 0,45 m	≥ 0,25 m			
	3 – 5 m	≥ 0,50 m	≥ 0,30 m			
	5 – 10 m	≥ 0,60 m	≥ 0,35 m			
	10 – 30 m	-	≥ 0,60 m			
Maximal zulässige Frischbetontemperatur abhängig von Betonstandard und Bemessungsmodell						
	BS 1	BS 1 PLUS	BS 1	BS 1 PLUS	BS 1	BS 1 PLUS
Weißer Wanne klassisch	22 °C	25 °C	22 °C	25 °C	27 °C	27 °C
Weißer Wanne optimiert	-	22 °C	-	22 °C	-	22 °C
Maximal zulässige Bauteiltemperatur						
Allgemein	45 °C		45 °C		55 °C	
Bodenplatte mit Gleitschicht	50 °C		50 °C		55 °C	
Nachweis der Gebrauchstauglichkeit bei überwiegender Lastbeanspruchung						
Rissbreitenbegrenzung auf	≤ 0,15 mm		≤ 0,20 mm		≤ 0,25 mm	
Nachweis der Gebrauchstauglichkeit bei Zwang aus abfließender Hydratationswärme abhängig vom Bemessungsmodell						
Weißer Wanne klassisch	Abbildung 4-5 und Abbildung 4-6	Abbildung 4-7 und Abbildung 4-8	Abbildung 4-9 und Abbildung 4-10			
Weißer Wanne optimiert	Siehe Kapitel 4.5.2.2 sowie ANHANG 3					
Sonstige konstruktive Erfordernisse ⁴⁾	Maximale Abstände der Dehnfügen: ≤ 15 m	Empfohlene Abstände der Dehnfügen: 15 bis 30 m ²⁾	Empfohlene Abstände der Dehnfügen: 30 bis 60 m ²⁾			
	Einbau von Gleitfolien als Trennung von Außen- und Innenschale erforderlich, ev. doppelte Fugenbandführung, Vermeidung von Höhengsprüngen, Vermeidung von Bewegungsbehinderungen durch Kontakt mit der Umgebung.	Bei Ausführung als Verbundsystem (enge Verzahnung mit einer Außenwand) Dehnfügenabstand ≤ 40,0 m ³⁾ Höhengsprünge angerammt, Neigung ca. 30°. Einlage von Trennfolien empfohlen. Anordnung von Temperaturfeldern.	Kontakt mit der Umgebung zugelassen, Blockteilung bei Querschnitts- bzw. Steifigkeitsänderungen, Höhengsprünge sind konstruktiv zu beachten (Anrampung, Neigung ca. 30°, Trennung etc.)			

Dijagram međusobne povezanosti:

- Klase namjene objekta
- Konstrukcijske klase
- Tlak vode

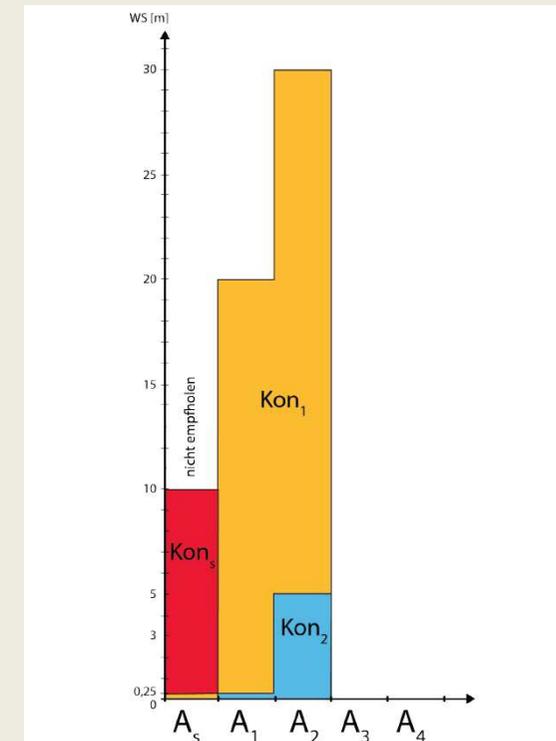


Abbildung 3-1: Zusammenhang zwischen Anforderungsklasse, Wassersäule WS [m] (Bemessungswasserstand) und Konstruktionsklasse sowie Fugenbandklasse



AUSTRIJSKE SMJERNICE

- Klase za brtve 1-3: Ovisno o zahtjevima (tehnika izvođenja, kemijski agresivan okoliš, itd.) propisani su tipovi i materijali brtvi na mjestima radnih i trajnih dilatacija.
- Minimalne debljine i širine traka za brtvljenje određuju se ovisno o dubini pritiska vode.

Tabelle 4-3: Fugenbandklassen für Arbeitsfugenbänder

Wassersäule WS [m]	Fugenbandklasse	Material	Mindestbreite [cm]	Mindestdicke [mm]
0-5	1	PVC; PVC/NBR ¹⁾	24	3,5
		Elastomer	24	8
		Fugenblech ²⁾	30	2
		Quellprofil ³⁾	2	7
5-20	2	PVC; PVC/NBR	32	4,5
		Elastomer	32	8
		Fugenblech ²⁾	35	2
über 20	3	PVC; PVC/NBR	50	6
		Elastomer	50	10
		Fugenblech	50	2

Tabelle 4-2: Fugenbandmaterialien und Abdichtungsprinzipien

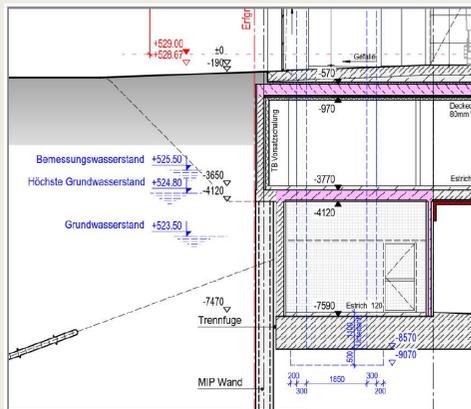
Material	Abdichtungsprinzip	Verbindungsmöglichkeit	Eignung für Fugenart	Anforderungen
PVC-P Thermoplaste	Labyrinthprinzip	thermisch verschweißen	Dehnfuge Arbeitsfuge	Zugfestigkeit gemäß ÖNORMEN ISO 527 Teil 1-3 > 10 N/mm ² (Arbeitsfugenbänder > 6 N/mm ²) Bruchdehnung gemäß ÖNORMEN ISO 527 Teil 1-3 > 300 % (Arbeitsfugenbänder > 200 %) Weiterreißfestigkeit gemäß ÖNORM ISO 34-1 > 8 N/mm ² Bruchdehnung (-20 °C) gemäß ÖNORMEN ISO 527 Teil 1-3 > 200 % Beständigkeit: dauernd gegen Wasser, Kommunalabwasser, Tausalzlösung und Alkalität des Betons, zeitweilig gegen verdünnte Säuren und anorganische Alkalien, Bitumen, Heizöle, Treibstoffe
PVC/NBR Kombinationspolymerisate	Labyrinthprinzip	thermisch verschweißen	Dehnfuge Arbeitsfuge	Zugfestigkeit gemäß ÖNORMEN ISO 527 Teil 1-3 > 10 N/mm ² (Arbeitsfugenbänder > 8 N/mm ²) Bruchdehnung gemäß ÖNORMEN ISO 527 Teil 1-3 > 350 % (Arbeitsfugenbänder > 275 %) Weiterreißfestigkeit gemäß ÖNORM ISO 34-1 > 12 N/mm ² Bruchdehnung (-20 °C) gemäß ÖNORMEN ISO 527 Teil 1-3 > 200 % Beständigkeit: dauernd gegen Wasser, Kommunalabwasser, Tausalzlösung und Alkalität des Betons, zeitweilig (72 h) gegen verdünnte Säuren und anorganische Alkalien, Bitumen, Heizöle, Treibstoffe Bei Notwendigkeit einer dauerhaften Beständigkeit ist der Nachweis über die Erfüllung der objektbezogenen Anforderungen zu erbringen.
Elastomere (Natur/Synthese-Kautschuk)	Labyrinthprinzip	vulkanisieren	Dehnfuge Arbeitsfuge	Form und Materialeigenschaft nach DIN 7865-1 und 2: Zugfestigkeit > 10 N/mm ² Bruchdehnung > 380 % Weiterreißfestigkeit > 8 N/mm ²



NJEMAČKE SMJERNICE

DEFINIRANE SU DVIJE KLASSE IZLOŽENOSTI:

- BKL – 1: elementi pod vodom
- BKL – 2: kapilarna vlaga ili slijevanje vode preko elemenata



Beanspruchungsklasse 1	Beanspruchungsklasse 2
1	2
Kontakt des Bauteils mit anstehendem Wasser gemäß 3.6 und 3.18 <ul style="list-style-type: none">– Grundwasser, Hochwasser, Schichtenwasser (siehe 3.6.2)– zeitweise aufstauendes Sickerwasser (siehe 3.6.1)– nichtdrückendes Wasser, ausschließlich auf horizontale und geneigte Flächen (siehe 3.18)	Kontakt des Bauteils mit Feuchte oder herabsickerndem Wasser <ul style="list-style-type: none">– feuchtes Erdreich– nichtstauendes Sickerwasser (siehe 3.19), nur bei stark durchlässigem Boden oder dauerhaft rückstaufreier Drainage nach DIN 4095

DEFINIRANE SU DVIJE KLASSE ZA KORIŠTENJA ZA PROSTORE:

- NKL - A: nije dopušten prodor vlage (stanovi, uredi, skladištenje osjetljive robe na vlagu...)
- NKL - B: dopušten ograničeni prodor vlage (garaže, instalacijski kanali, skladištenje robe neosjetljive na vlagu...)

NJEMAČKE SMJERNICE

- Preporučene debljine elemenata u ovisnosti klasama izloženosti

Empfohlene Mindestgesamtdicken von WU-Betonbauteilen

Z	Bauteil	Beanspruchungs-klasse	Ausführungsart		
			Ortbeton	Elementwände oder Elementdecken mit Ortbetonergänzung	Fertigteile
1	Wände	1	240	240 (120 ^b)	200
2		2	200	240 ^a (120 ^b)	100
3	Bodenplatte	1	250		200
4		2	150		100
5	Dächer ohne Wärmedämmung	1	200	240 (180 ^b)	180
6	Dächer mit Wärmedämmung	1	180	220 (160 ^b)	160

^a Unter Beachtung besonderer betontechnischer und ausführungstechnischer Maßnahmen ist eine Abminderung auf 200 mm möglich.

^b Mindestwerte für die Ortbetonergänzung. Für den WU-Beton gilt Abschnitt 7.1 (2). Bei Zulagebewehrung und innenliegenden Fugenabdichtungen sind ggf. auch zusätzliche Anforderungen an die lichten Innenmaße gemäß Abschnitt 7.2 (3) zu beachten.

Rechenwerte der Trennrissbreiten bei Nutzungsklasse B und Entwurfsgrundsatz b, wenn der Wasserdurchtritt durch Selbstheilung der Risse begrenzt werden soll

S	1	2	3
Z	Druckgefälle h_w/h_b^a	Maximale Druckhöhe h_w^a	Zulässige Rissbreite w_k^b
1	≤ 10	3,0 m	0,20 mm
2	> 10 bis ≤ 15	6,0 m	0,15 mm
3	> 15 bis ≤ 25	10,0 m	0,10 mm

^a h_w = Druckhöhe des Wassers in m; h_b = Bauteildicke in m

^b Für angreifende Wässer mit > 40 mg/l CO₂ (kalklösende Kohlensäure) oder mit pH-Wert $< 5,5$ darf die Selbstheilung der Risse nicht in Ansatz gebracht werden.

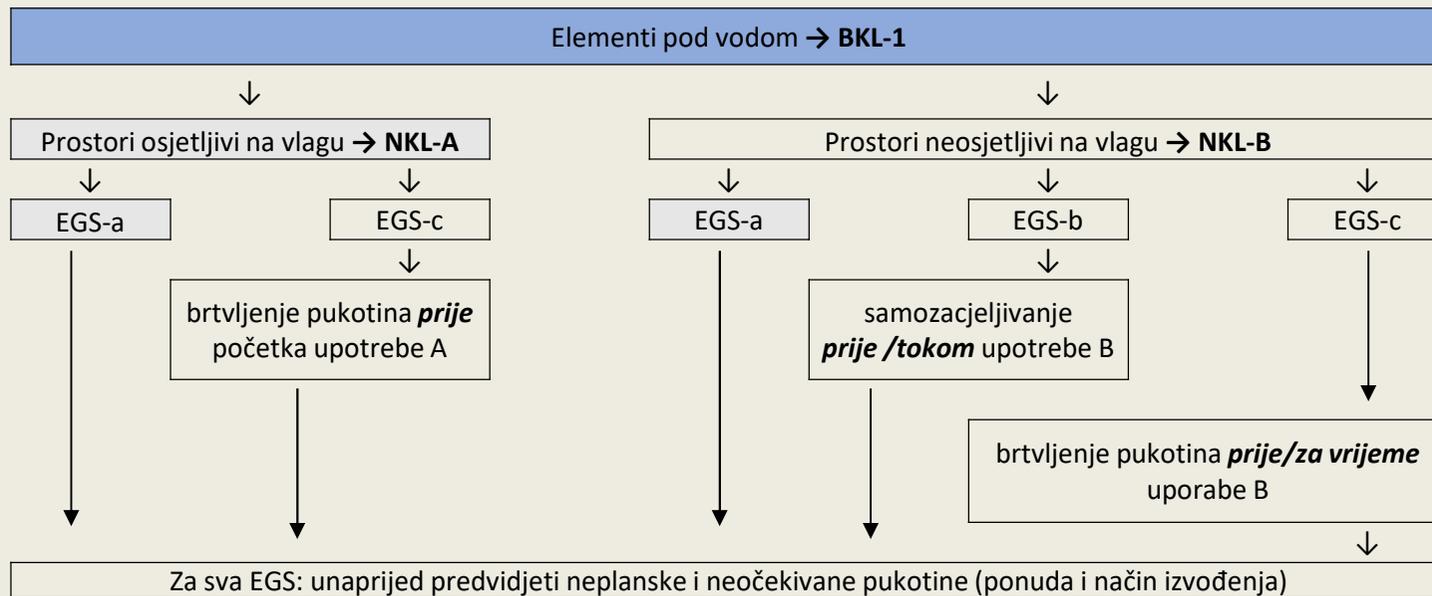
- Definirana su ograničenja pukotina za klasu korištenja B – NKL-B (dopušten ograničeni prodor vlage)



NJEMAČKE SMJERNICE

Dijagram toka za **BKL-1** – „elementi pod vodom”

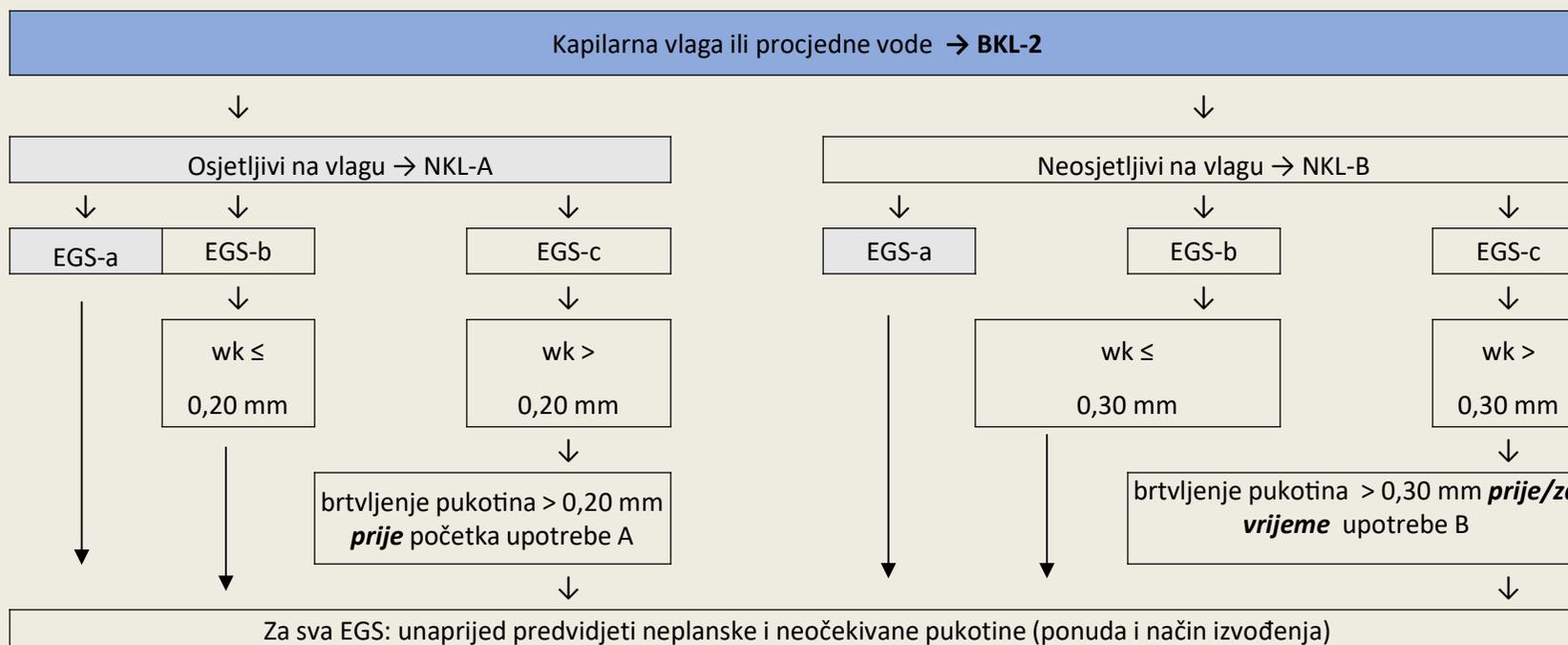
- Za klasu korištenja NKL-A brtvljenje pukotina i prodor vlage mora se riješiti **prije upotrebe**
- Za klasu korištenja NKL-B brtvljenje pukotina i prodor vlage može se riješiti **prije ili za vrijeme upotrebe**



NJEMAČKE SMJERNICE

Dijagram toka za **BKL-1** – elementi povremeno izloženi vlazi

- Za klasu korištenja NKL-A brtvljenje pukotina i prodor vlage mora se riješiti **prije upotrebe**
- Za klasu korištenja NKL-B brtvljenje pukotina i prodor vlage može se riješiti **prije ili za vrijeme upotrebe**



SADRŽAJ

1. UVOD
2. SMJERNICE STRANIH ZEMALJA
 - 2.1. AUSTRIJSKE SMJERNICE
 - 2.2. NJEMAČKE SMJERNICE
- 3. PRORAČUN**
4. ELEMENTI IZVEDBE
 - 4.1. RADNI TAKTOVI BETONIRANJA
 - 4.2. BRTVE
 - 4.3. UGRADNJA I NJEGOVANJE BETONA
5. GRAĐEVINSKA FIZIKA
6. PROBLEMI PRI REALIZACIJI
7. ODRŽAVANJE I KONTROLA
8. REALIZIRANI PRIMJERI
9. ZAKLJUČAK



PRORAČUN

PRORAČUN POTREBNE ARMATURE U POJEDINIM AB-ELEMENTIMA DOSTA JE SLOŽEN JER OVISI O:

- Vrsti pojedinih elemenata (temeljna ploča, podrumski zid, stropna ploča, itd...)
- Dimenzijama elementa (dimenzija poprečnog presjeka, duljina elementa)
- Uvjetima spriječenosti pojedinih elemenata (takt betoniranja, podloga temelja, upetost zida u temelj, poprečni zidovi ili jezgre, itd...)
- Kvaliteti betona
- Zaštitnom sloju betona (klasa izloženosti)
- Pukotine uslijed topline hidratacije ili naprezanja nastalih tokom eksploatacije
- Vlačnoj čvrstoći betona u vrijeme prve pukotine (vrijeme pojave prve pukotine)
- Vrsti i količina cementa
- Vrsti naprezanja koja djeluju na element uslijed kontole ograničavanja (savijanje, centrični vlak, vlak+savijanje)
- Vanjskim uvjetima betoniranja (ΔT vanjaki)



PRORAČUN

- Prema tlocrtu građevine, a zbog skupljanja betona potrebno definirati radne taktove

Skupljanje betona:

$$\varepsilon_T = \alpha_T \times \Delta T$$

Generalno $\alpha_T = 10 \times 10^{-6} \text{ 1/K}$

α_T – u svježem betonu ovisi o vremenu očvršćavanja

Primjer proračuna duljine skupljanja za element:

$L = 25 \text{ m}$

$\Delta T = 20 \text{ K}$

$\alpha_T = 12 \times 10^{-6} \text{ 1/K}$

$\varepsilon_T = 12 \times 10^{-6} \times 20 \times 2500 = 0,6 \text{ cm} = 6 \text{ mm}$

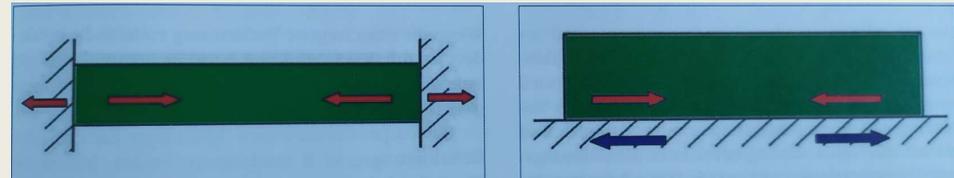
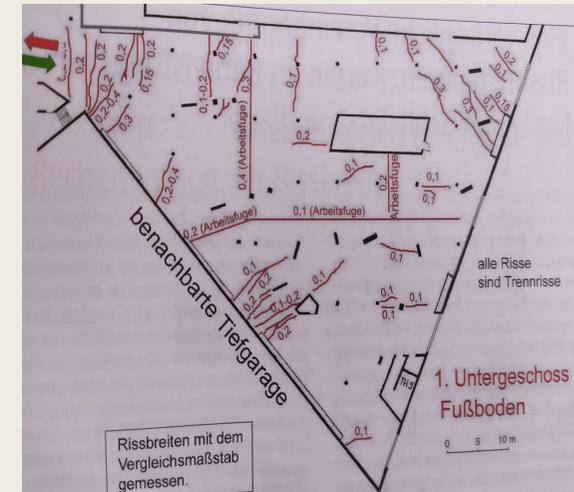
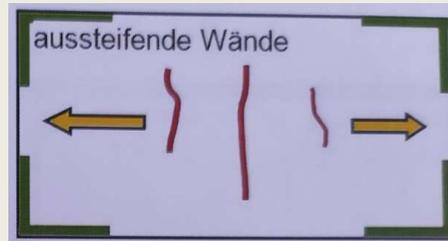
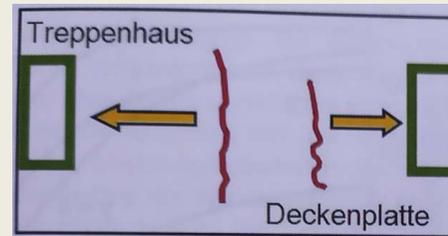


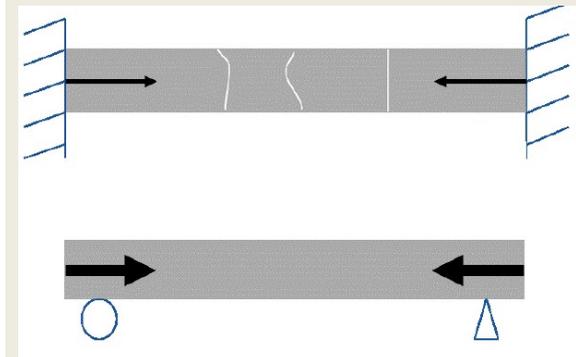
Tabelle 4.5: Altersabhängigkeit der Temperaturdehnzahl von Beton

Zeitpunkt	Temperaturdehnzahl α_T in $10^{-6} \cdot 1/K$
Frischbeton	20–25
Erstarren sowie innerhalb der ersten 24 Stunden	15
1.–2. Tag	13–14
2.–6. Tag	12
Ansätze für die Berechnung aus der Literatur:	
für die Erhärtung bis zum Temperaturmaximum	12
nach dem Temperaturmaximum	11
für den länger andauernden Temperatenausgleich	10



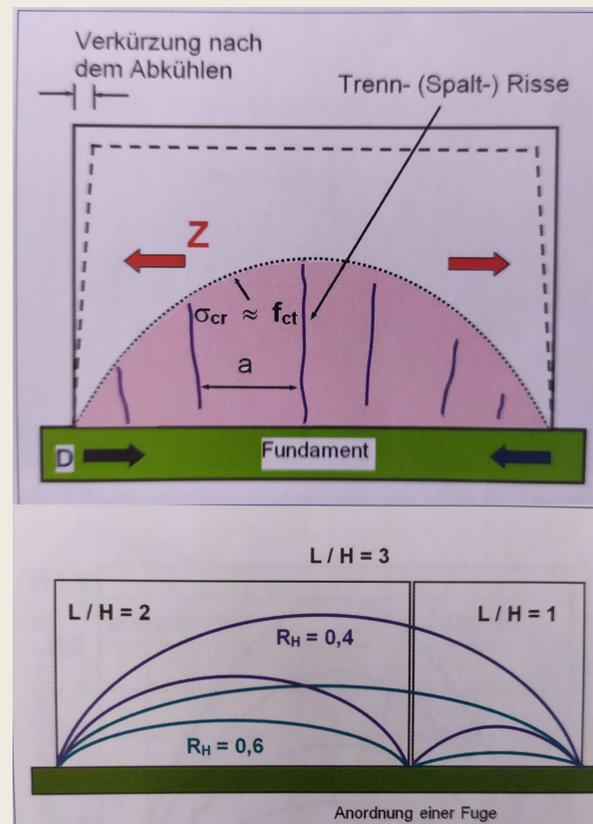
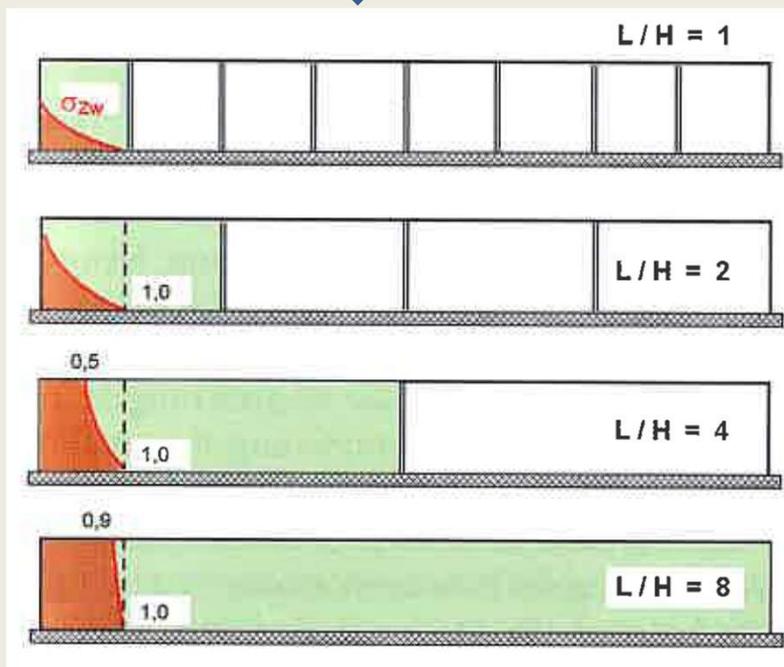
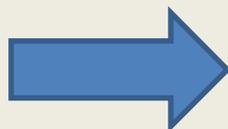
PRORAČUN

Temeljna ploča: Reduciranje pukotina povoljnim graničnim uvjetima - npr. ugrađivanje folije između temelja i tla kako bi se smanjilo trenje



PRORAČUN

Podrumski zidovi upeti u temeljnu konstrukciju => vrlo važni uvjeti betoniranja dužine pojedinih segmenata L/H



PRORAČUN

Proračun temeljne ploče na temelju minimalne armature u vrijeme pojave prve pukotine

Proračun temeljne ploče na temelju uvjeta razvoja topline hidratacije, dimenzija elementa i uvjeta spriječenosti

Crack width limitation acc. to EN 1992-1-1: 2004/A1: 2014

Requirements PRORAČUN PUKORINA NA TEMELJNOJ PLOCI

Permissible crack width $w_{max} = 0,30$ mm.

Materials, geometry

Rectangular cross section with height = 80,0 cm; width = 100,0 cm
 Concrete quality: C30/37
 Concrete cover c : 4,0 cm
 Bar diameter: $d_{s, given} = 16,0$ mm (Reinforcing steel)

Check of the minimum reinforcement

Action: Bend
 Effective concrete tensile strength: $f_{ct, eff} = 1,00 \cdot f_{ctm} = 2,90$ N/mm²

$A_{s, min} \cdot \sigma_s = k_c \cdot k \cdot f_{ct, eff} \cdot A_{ct}$ (7.1)
 with $k_c = 0,40$ $k = 0,65$ $f_{ct, eff} = 2,90$ N/mm²
 $A_{ct} = 4000,0$ cm² $\sigma_s =$ see following calculation

The limiting of crack width can be proved by limiting of the bar diameter.

Bending (at least part of section in compression)

$\psi_s = \psi_s^* \cdot \frac{f_{ct, eff}}{2,9} \cdot \frac{k_c \cdot h_{cr}}{2 \cdot (h-d)}$ (7.6N)

with $k_c = 0,40$ $h_{cr} = 40,0$ cm $f_{ct, eff} = 2,90$ N/mm²
 $h = 80,0$ cm $d = 75,2$ cm $\psi_s = d_{s, given} = 16$ mm

$\Rightarrow \psi_s = \psi_s^* \cdot 1,67 \Rightarrow \psi_s^* = 16,0$ mm / 1,67 = 9,60 mm
 $\Rightarrow \sigma_s = 328,00$ N/mm² acc. to Table 7.2N

$A_s = 9,20$ cm²

Check of crack width limitation by direct calculation 0,4x0,65x2,9x4000/13,41 = 225 MPa

Effective concrete tensile strength: $f_{ct, eff} = 0,45 \cdot f_{ctm} = 1,30$ N/mm²
 Reinforcement in the layer to be provided: $A_{s, given} = 13,41$ cm²
 Steel stress $\sigma_s = 225,00$ N/mm²
 Effective height: $d = 75,20$ cm
 Height of the compression zone: $x = 0,00$ cm
 Effective layer area depth: $h_{c, eff} = \min(2,5 \cdot (h-d); h/2) = 12,00$ cm
 Coefficient for the strain distribution: $k_2 = 0,50$
 Duration of the load: short term loading, $k_1 = 0,6$

Difference of the average strain of concrete and reinforcement:

$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = \frac{\sigma_s \cdot k_1 \cdot \frac{f_{ct, eff}}{p_{p, eff}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p, eff})}{E_s} \geq 0,6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$ (7.9)

with $E_s = 200000$ N/mm² $E_{cm} = 32837$ N/mm² $A_{c, eff} = 1200,0$ cm²
 $f_{ct, eff} = 1,30$ N/mm² $\alpha_e = E_s / E_{cm} = 6,1$ $\rho_{p, eff} = A_{s, given} / A_{c, eff} = 0,0112$

$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = 0,00075 \geq 0,00067 \Rightarrow \epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = 0,00075$

Maximum crack distance according to expression 7.11:

$s_{r, max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \phi / \rho_{p, eff}$ (7.11)

with $k_1 = 0,8$ $k_3 = 3,40$ $k_4 = 0,425$

$s_{r, max} = 379,4$ mm

Crack width:

$w_k = s_{r, max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$ (7.8)

$w_k = 0,28$ mm $\leq w_{k, zul} = 0,30$ mm The check is OK!

Scale 1 : 125

PROOF OF CRACK WIDTH acc. EN 1992-1-1:2004

reinforcing steel B 500B
 concrete C 30/37 $t = 1d$ (normal hard.)
 tensile strength for concrete acc. Eq. 3.4 $f_{ct, eff} = 0,99$ N/mm²
 E-Modul Conc. $\alpha_E = 1,00$ (aggregates)
 $k_{EC}(t) = 0,72$ (acc. MC90) $E_{cm} = 23918$ N/mm²

MODULUS OF CREEP

concrete age $t = 1$ days
 young concrete $\phi_t = 0,12$ (acc. Lohmeyer)

REQUIREMENTS OF DURABILITY

attack on reinf.: XC2
 min. concrete class: C 25/30
 stirrup: $\phi_{s, l} = 8$ mm
 long. reinforcement: $\phi_{s, m} = 10$ mm
 Reapproaching measure: $\Delta c_{dev} = 10$ mm
 stirrup: $c_{min, l} = 25$ mm
 concrete coverage: $c_{nom, l} = 35$ mm
 longitudinal bars: $c_{min, m} = 25$ mm
 concrete coverage: $c_{nom, m} = 43$ mm*
 laying dist. link: $c, l > = 35$ mm
 all. crack width: $w_k = 0,30$ mm
 *:with $c_{min, l}$

FLOOR SLAB

Dimensions $B = 41,00$ m $H = 0,80$ m
 $L = 25,00$ m

reinforcem. $d_{top} = 10$ mm $d_{bot} = 5,0$ mm

RESTRAINT FROM HYDRATION (DAfStb H.466)

Foundation slab:
 $\Delta T = -25,00$ K $\alpha_T = 10,00 \cdot 10^{-6}$ 1/K
 $\Delta T = -0,250$ K $C_b = 1,9139 \cdot 10^5$ kN/cm

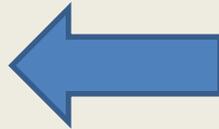
subsoil:
 $E_s = 50,00$ MN/m² $C_e = 1,0360 \cdot 10^7$ kN
 bottom concrete: C 16/20
 $\alpha_E = 1,00$ $k_{EC}(t) = 0,72$ $E_{cm} = 21019$ N/mm²
 $H_u = 0,10$ m $C_u = 2,1019 \cdot 10^4$ kN/cm $s_s = 0,000$ o/oo
 $N_{zw} = 524,15$ kN/m
 restraint from soil friction (top limit)
 $\gamma = 25,00$ kN/m³ $q = 0,00$ kN/m²
 $\phi_{al} = 32,5$ Grd $\mu = 0,56$
 $N_{zw} = 139,36$ kN/m
 decisive: $N_{zw} = 139,36$ kN/m

PROOF CRACK WIDTH

restraint from hydration (briefly action $k_t=0,6$)
 bending restr. $N_x = 139,36$ kN/m $M_y = 87,09$ kNm/m
 state I $\sigma_{sig2} = 0,99$ N/mm²
 selected: $A_{s, bot} = 7,85$ cm²/m $A_{s, top} = 7,85$ cm²/m
 Elongat. w. $\phi = 0,12$ $\epsilon_1 = -0,09$ o/oo $\epsilon_2 = 1,31$ o/oo
 compr. zone height $X = 53,7$ mm
 tension bottom: $w_{max} = 0,30$ mm $d_s = 10,0$ mm
 $\epsilon_{s2} = 1,22$ o/oo $\sigma_s = 241,05$ N/mm²
 action zone A_s $b_{bot} = 100,0$ cm $h_{eff} = 12,5$ cm
 $A_{c, eff} = 1250,0$ cm² $\rho_{eff} = 0,6$ %
 $A_s = 0,719$ o/oo (completed picture of cracks)
 $\epsilon_{r, max} = 423,7$ mm
 $w_k = 0,305$ mm $> w_{max}$!!!



PRORAČUN



Proračun **podrumskog zida** na temelju minimalne armature u vrijeme pojave prve pukotine

Proračun **podrumskog zida** na temelju uvjeta razvoja topline hidratacije, dimenzija elementa i uvjeta spriječenosti



Crack width limitation acc. to EN 1992-1-1: 2004/A1: 2014

Requirements **PRORAČUN PUKORINA NA PODRUMSKIM ZIDOVIMA**

Permissible crack width $w_{lim} = 0,30$ mm.

Materials, geometry

Rectangular cross section with height = 30,0 cm; width = 100,0 cm
Concrete quality: C30/37
Concrete cover c: 4,0 cm
Bar diameter: $d_{s, given} = 12,0$ mm (Reinforcing steel)

Check of the minimum reinforcement

Action: General

Effective concrete tensile strength: $f_{ct, eff} = 0,45 \cdot f_{cm} = 1,30$ N/mm²

$$A_{s, min} \cdot \sigma_s = k_c \cdot k \cdot f_{ct, eff} \cdot A_{ct} \quad (7.1)$$

with $k_c = 0,80$ $k = 1,00$ $f_{ct, eff} = 1,30$ N/mm²
 $A_{ct} = 1500,0$ cm² σ_s = see following calculation

The limiting of crack width can be proved by limiting of the bar diameter.

Bending (at least part of section in compression)

$$\phi_s = \phi_s^* \cdot \frac{f_{ct, eff}}{2 \cdot \sigma_s} \cdot \frac{k_c \cdot h_{ct}}{2 \cdot (h - d)} \quad (7.6N)$$

with $k_c = 0,80$ $h_{ct} = 15,0$ cm $f_{ct, eff} = 1,30$ N/mm²
 $h = 30,0$ cm $d = 25,4$ cm $\phi_s = d_{s, given} = 12$ mm

$\Rightarrow \phi_s = \phi_s^* \cdot 0,59 \Rightarrow \phi_s^* = 12,0$ mm / 0,59 = 20,44 mm
 $\Rightarrow \sigma_s = 220,25$ N/mm² acc. to Table 7.2N

$0,8 \times 1,0 \times 1,3 \times 1500 / 11,31 = 137,9$ MPa

$A_s = 7,11$ cm²

Check of crack width limitation by direct calculation

Effective concrete tensile strength: $f_{ct, eff} = 0,45 \cdot f_{cm} = 1,30$ N/mm²

Reinforcement in the layer to be proved: $A_{s, given} = 11,31$ cm²

Steel stress $\sigma_s = 199,90$ N/mm²

Effective height: $d = 25,40$ cm

Height of the compression zone: $x = 0,00$ cm

Effective tension area depth: $h_{ct, eff} = \min(2,5 \cdot (h - d); h/2) = 11,50$ cm

Coefficient for the strain distribution: $k_2 = 1,00$

Duration of the load: short term loading, $k_1 = 0,6$

$D 12/10$ cm

Difference of the average strain of concrete and reinforcement:

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_1 \cdot \frac{f_{ct, eff}}{E_s} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p, eff})}{E_s} \geq 0,6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s} \quad (7.9)$$

with $E_s = 200000$ N/mm² $E_{cm} = 32837$ N/mm² $A_{ct, eff} = 1150,0$ cm²
 $f_{ct, eff} = 1,30$ N/mm² $\alpha_e = E_s / E_{cm} = 6,1$ $\rho_{p, eff} = A_{s, given} / A_{ct, eff} = 0,0098$

$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = 0,00027 < 0,00041 \Rightarrow \epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = 0,00041$

Maximum crack distance according to expression 7.11:

$$s_{r, max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \phi / \rho_{p, eff} \quad (7.11)$$

with $k_1 = 0,8$ $k_2 = 3,40$ $k_4 = 0,425$

$s_{r, max} = 550,9$ mm

Crack width:

$$w_k = s_{r, max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) \quad (7.8)$$

$w_k = 0,23$ mm $\leq w_{k, lim} = 0,30$ mm The check is OK!

PROOF OF CRACK WIDTH acc. EN 1992-1-1:2004

reinforcing steel BSt 500 SA
concrete C 30/37 $t_{p, max} = 28d$
tensile strength for concrete acc. table 3.1: $f_{ct, eff} = 2,90$ N/mm²
E-Modul Conc. $\alpha_E = 1,00$ (aggregates) $E_{cm} = 33000$ N/mm²
 $k_{Ec}(t) = 1,00$

MODULUS OF CREEP

air moisture $t_0 = 50$ % cement
load age $t_0 = 8$ days $c =$ infinitely
modulus of creep $\phi(t_0, t) = 2,84$

REQUIREMENTS OF DURABILITY

attack on reinf.: WC2
attack on reinf.: X0
min. concrete class: C 25/30
stirrup: $\phi_{s, l} = 8$ mm
long. reinforcement: $\phi_{s, m} = 9$ mm
Reproaching measure: $\Delta c_{dev} = 10$ mm
correction value: $\Delta c_{cc} = 5$ mm
stirrup: $c_{min, l} = 25$ mm
concrete coverage: $c_{nom, l} = 40$ mm
longitudinal bars: $c_{min, m} = 25$ mm
concrete coverage: $c_{nom, m} = 48$ mm*
laying dist. link: $c_{l} > 40$ mm
all. crack width: $w_k = 0,30$ mm
*: with $c_{min, l}$

WALL ON FOUNDATION

Dimensions $B = 0,30$ m $H = 3,50$ m
 $L = 57,00$ m
reinforcem. $d_{li} = 4,8$ cm $d_{ri} = 4,8$ cm

RESTRAINT FROM HYDRATION

wall: $\Delta T = -30,00$ K due run off hydration
 $\Delta T = 10,00 \cdot 10$ 1/K
air: $t_{air} = 15,00$ Grd middle wall temperat. $T_m = 35,00$ Grd
found.: $t_{f} = 15,00$ Grd factor bondage wall $KV = 0,80$
concrete properties restraint: $\sigma_{sw} = 1,37$ N/mm² < $f_{ct, eff}$

areas of reinforcement acc. DAfStb book 466
contr. devel. cracks $h_{l1} = 0,90$ m reduced MinAs (steel flow)
elongation > crack along $h_2 = 0,00$ m req. As proof of crack width
elongation < crack along $h_3 = 2,60$ m reduced MinAs (steel flow)
reduced MinAs = 5,16 cm² / m (per side)

wall above h_1 not cracked -> proof crack width is void



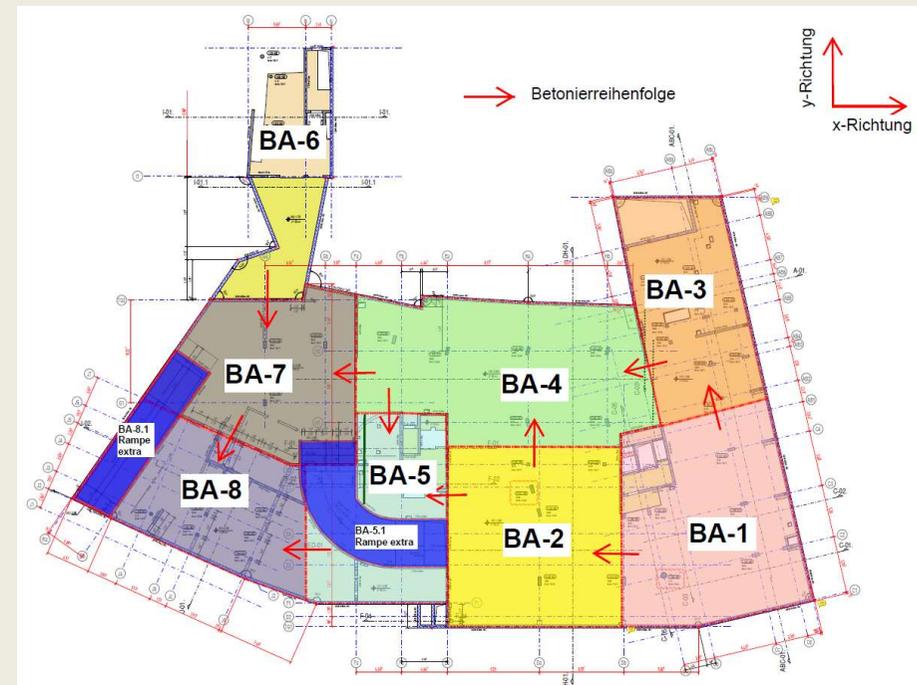
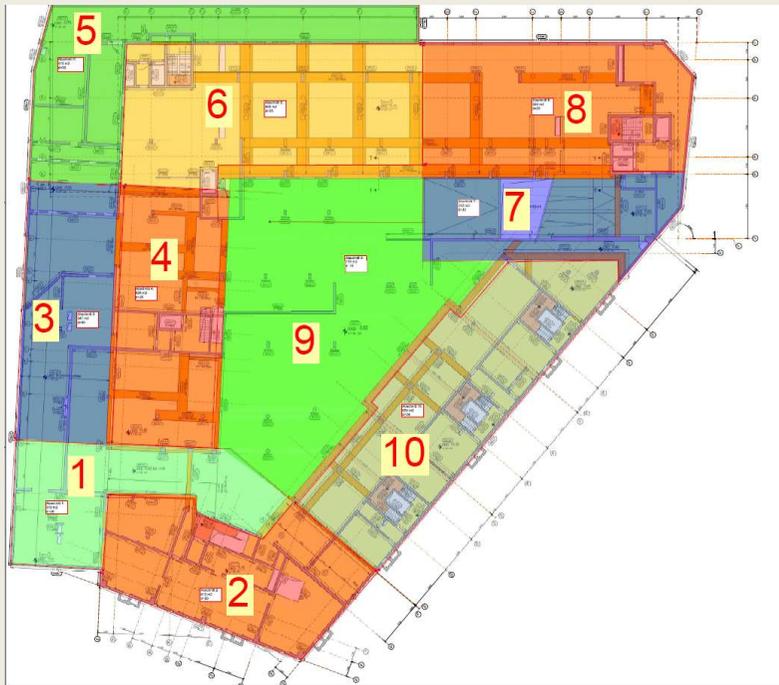
SADRŽAJ

1. UVOD
2. SMJERNICE STRANIH ZEMALJA
 - 2.1. AUSTRIJSKE SMJERNICE
 - 2.2. NJEMAČKE SMJERNICE
3. PRORAČUN
- 4. ELEMENTI IZVEDBE**
 - 4.1. RADNI TAKTOVI BETONIRANJA
 - 4.2. BRTVE
 - 4.3. UGRADNJA I NJEGOVANJE BETONA
5. GRAĐEVINSKA FIZIKA
6. PROBLEMI PRI REALIZACIJI
7. ODRŽAVANJE I KONTROLA
8. REALIZIRANI PRIMJERI
9. ZAKLJUČAK



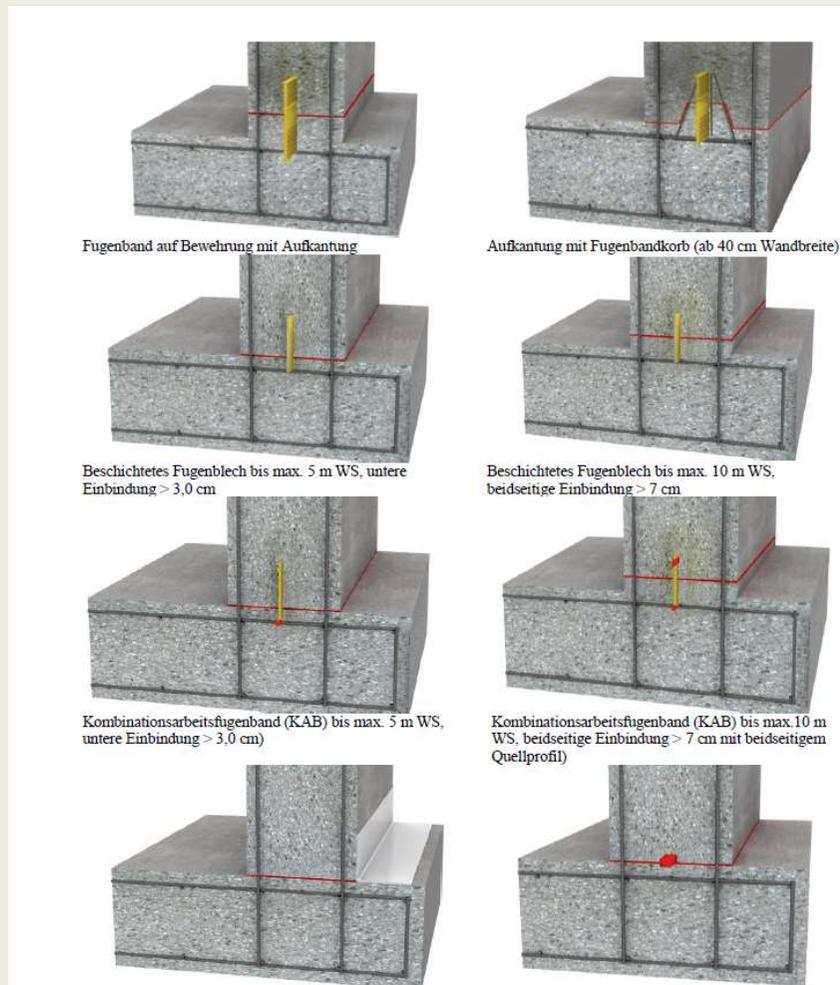
RADNI TAKTOVI BETONIRANJA

- Bitno uskladiti dužinu taktova pri izvedbi sa uvjetima iz proračuna
- Primjeri taktova sa stvarno izvedenih građevina



BRTVE

Kod vodonepropusnih betona neophodno je predvidjeti prekide betoniranja (radne reške) i adekvatno ih obraditi



Bubreće
trake



PVC trake



Limovi

UGRADNJA I NJEGOVANJE BETONA

- Posebnu pažnju potrebno posvetiti provođenju mjera pri ugradnji i njegovanju betona
- Navedeno potrebno definirati kroz „Plan kvalitete izvedbe betonske konstrukcije” izrađenog od strane tehnologa betona
- Dobre temperature za betoniranje i očvršćavanje betona 10 °C - 25 °C
- Nepovoljni vremenski uvjeti ugradnje:
 - temperature manje od 5 °C i više od 30 °C;
 - velike temperaturne razlike, značajne razlike vlage u zraku, kiša, vjetar i snijeg.

- svojstva i kvaliteta betona
- receptura za klasu betona
- plan betoniranja
- transport i ugradnja
- njega betona



PROJEKT BETONA



UGRADNJA I NJEGOVANJE BETONA

MJERE SPRAVLJANJA I UGRADNJE BETONA PRI NISKIM TEMPERATURAMA

- Zagrijavanje vode ili agregata
- Grijanje betona
- Korištenje aditiva u betonu

MJERE NJEGOVANJA BETONA PRI NISKIM TEMPERATURAMA

- Oblaganje betona prekrivačima za zaštitu od mraza
- Izolacija oplata

temperatura [°C]	relativna vlažnost [%]			
	0 - 25	25 - 50	50 - 75	75 - 100
40-45	6	5	4	3
35-40	7	6	5	4
30-35	6	5	4	3
25-30	5	4	3	
20-25	4	3		
15-20	3			
10-15	3		brez posebnega negovanja	
5-10	3	3		

Vrijeme negovanja (u danima)



UGRADNJA I NJEGOVANJE BETONA

MJERE SPRAVLJANJA I UGRADNJE BETONA PRI VISOKIM TEMPERATURAMA

- betonirati predvečer ili po noći (kada je niža temperatura zraka),
- korištenje aditiva ili cementa niske topline hidratacije
- hlađenje vode ili agregata (stavljanje usitnjenog leda u mješalicu, hlađenje tekućim dušikom)

MJERE NJEGOVANJA BETONA PRI VISOKIM TEMPERATURAMA

- intenzivno polijevanje ugrađenog betona hladnom vodom,
- pokrivanje betona mokrim jutanim vrećama ili drugim prekrivačima (najlon, geotekstil) koji zadržavaju vlagu
- korištenje tekuće ili kemijske membrane
- duže zadržavati beton u oplati.



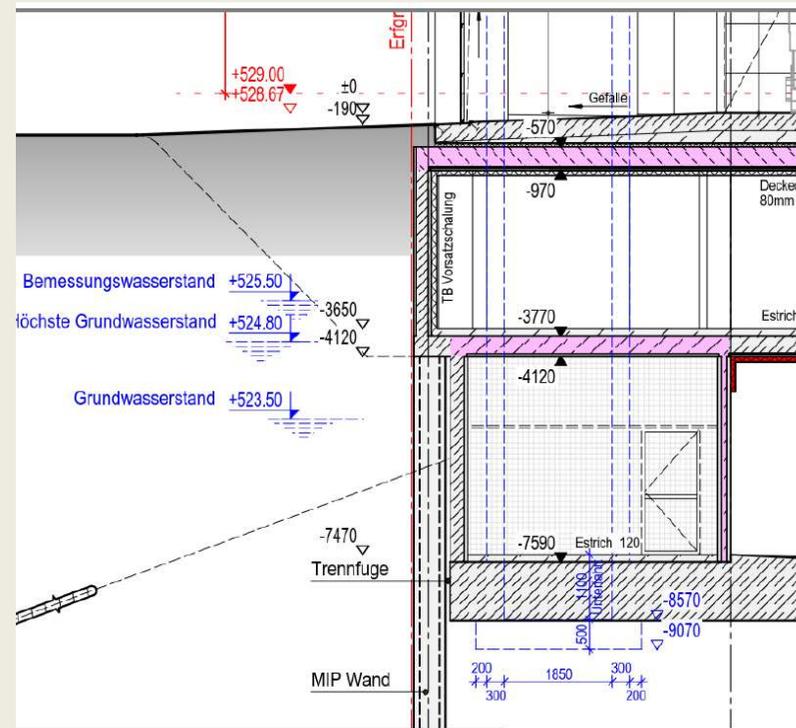
SADRŽAJ

1. UVOD
2. SMJERNICE STRANIH ZEMALJA
 - 2.1. AUSTRIJSKE SMJERNICE
 - 2.2. NJEMAČKE SMJERNICE
3. PRORAČUN
4. ELEMENTI IZVEDBE
 - 4.1. RADNI TAKTOVI BETONIRANJA
 - 4.2. BRTVE
 - 4.3. UGRADNJA I NJEGOVANJE BETONA
- 5. GRAĐEVINSKA FIZIKA**
6. PROBLEMI PRI REALIZACIJI
7. ODRŽAVANJE I KONTROLA
8. REALIZIRANI PRIMJERI
9. ZAKLJUČAK



GRAĐEVINSKA FIZIKA

- Prilikom projektiranja vodonepropusnih betona, pogotovo kod podzemnih etaža pod vodom, posebnu pažnju voditi i o fizici zgrade
- Dijelovi konstrukciji mogu biti trajno ili povremeno izloženi podzemnoj vodi što zbog velikih temperaturnih razlika može rezultirati **pojavom kondenzata unutar građevine**
- Navedeno je posebno naglašeno ako se radi o grijanim prostorima
- Na nekim primjerima analize šteta uslijed vlage u građevini utvrđeno je da pojava vlage nije posljedica nepravilno izvedenog vodonepropusnog betona već zbog kondenzata uslijed neadekvatno izvedene toplinske izolacije – fizike građevine



SADRŽAJ

1. UVOD
2. SMJERNICE STRANIH ZEMALJA
 - 2.1. AUSTRIJSKE SMJERNICE
 - 2.2. NJEMAČKE SMJERNICE
3. PRORAČUN
4. ELEMENTI IZVEDBE
 - 4.1. RADNI TAKTOVI BETONIRANJA
 - 4.2. BRTVE
 - 4.3. UGRADNJA I NJEGOVANJE BETONA
5. GRAĐEVINSKA FIZIKA
- 6. PROBLEMI PRI REALIZACIJI**
7. ODRŽAVANJE I KONTROLA
8. REALIZIRANI PRIMJERI
9. ZAKLJUČAK



PROBLEMI PRI REALIZACIJI

- Na već izvedenim građevinama dolazi do neželjenih pojava u smislu prodora vlage i dodatne izloženosti armirano-betonske konstrukcije što smanjuje predviđenu trajnost konstrukcije
 - Prekid betoniranja - radni taktovi loše izvedeni



PROBLEMI PRI REALIZACIJI

- Pukotina uslijed skupljanja u vrijeme očvršćavanja betona (rana faza nakon betoniranja uslijed male vlažne čvrstoće a velike topline hidratacije)



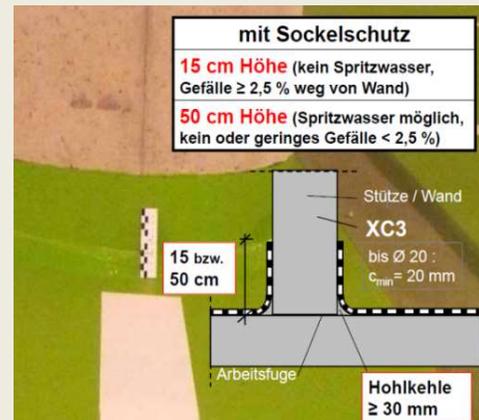
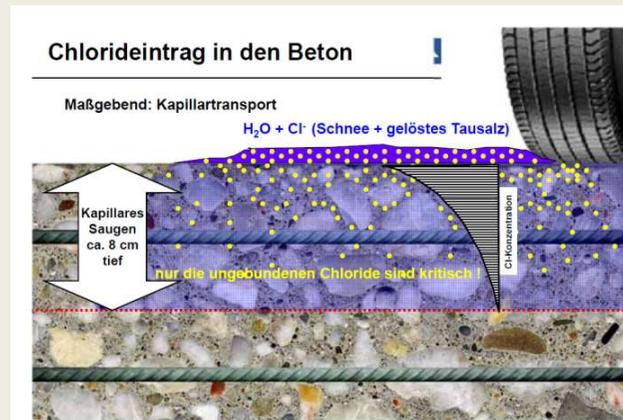
PROBLEMI PRI REALIZACIJI

- Spoj temeljna ploča – podrumski zid, radni takt loše izveden
- Segregacija betona



PROBLEMI PRI REALIZACIJI

- U garažama posvetiti pažnju i unosu klorida automobilima sa gornje strane konstrukcije
- Osigurati kvalitetnu odvodnju i zaštitu konstrukcije

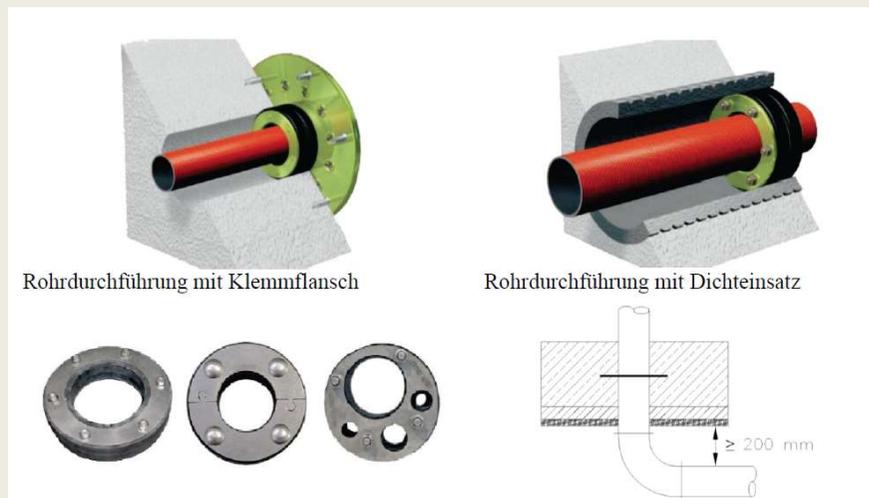


- Problem oštećenja i sanacije elemenata



PROBLEMI PRI REALIZACIJI

- Za privremene prodore (oplata) i trajne prodore instalacija kroz elemente vodonepropusnog betona predvidjeti adekvatne obujmice i osiguranja



SADRŽAJ

1. UVOD
2. SMJERNICE STRANIH ZEMALJA
 - 2.1. AUSTRIJSKE SMJERNICE
 - 2.2. NJEMAČKE SMJERNICE
3. PRORAČUN
4. ELEMENTI IZVEDBE
 - 4.1. RADNI TAKTOVI BETONIRANJA
 - 4.2. BRTVE
 - 4.3. UGRADNJA I NJEGOVANJE BETONA
5. GRAĐEVINSKA FIZIKA
6. PROBLEMI PRI REALIZACIJI
- 7. ODRŽAVANJE I KONTROLA**
8. REALIZIRANI PRIMJERI
9. ZAKLJUČAK



ODRŽAVANJE I KONTROLA

- **Sukladno „Pravilniku o održavanju građevina”, NN 122/2014 potrebno vršiti periodične preglede o čemu je potrebno vršiti evidenciju.**
- Projektnom dokumentacijom potrebno predvidjeti mjere kontrole i održavanja kako uslijed neadekvatne izvedbe vodonepropusnih betona, kao i naknadnog pojavljivanja pukotina (uslijed temperaturnog rada, slijeganja konstrukcije i ostalih utjecaja) zbog prodora vlage ne bi nastale štete na konstrukciji
- Za dijelove građevine koji nisu dostupni za naknadne vizualne preglede posvetiti posebnu pažnju na pravilnu izvedbu
- Za eventualno uočene štete potrebno propisati način otklanjanja i sanacije
- Nažalost, prema našoj praksi pregledi građevina se uglavnom ne vrše za što su odgovorni vlasnici građevina i upravitelji održavanja.
- Prema Njemačkim smjernicama o pregledu građevina ovisno o kategoriji građevine propisani su intervali pregleda

Schadenstfolgekategorie	Begehung gemäß Abschnitt 10.1.1	Inspektion gemäß Abschnitt 10.1.2	Eingehende Überprüfung gemäß Abschnitt 10.1.3
CC 3	1 bis 2 Jahre	2 bis 3 Jahre	6 bis 9 Jahre
CC 2	2 bis 3 Jahre	4 bis 5 Jahre	12 bis 15 Jahre
CC 1	3 bis 5 Jahre	nach Erfordernis	



SADRŽAJ

1. UVOD
2. SMJERNICE STRANIH ZEMALJA
 - 2.1. AUSTRIJSKE SMJERNICE
 - 2.2. NJEMAČKE SMJERNICE
3. PRORAČUN
4. ELEMENTI IZVEDBE
 - 4.1. RADNI TAKTOVI BETONIRANJA
 - 4.2. BRTVE
 - 4.3. UGRADNJA I NJEGOVANJE BETONA
5. GRAĐEVINSKA FIZIKA
6. PROBLEMI PRI REALIZACIJI
7. ODRŽAVANJE I KONTROLA
- 8. REALIZIRANI PRIMJERI**
9. ZAKLJUČAK



REALIZIRANI PRIMJERI

- Spremnik promjera 36 m
- Visina zidova 10 m



REALIZIRANI PRIMJERI

- Izvedba pri ekstremno visokim temperaturama
- Neadekvatna ugradnja i njega
- Pojava pukotina
- Izvršena sanacija



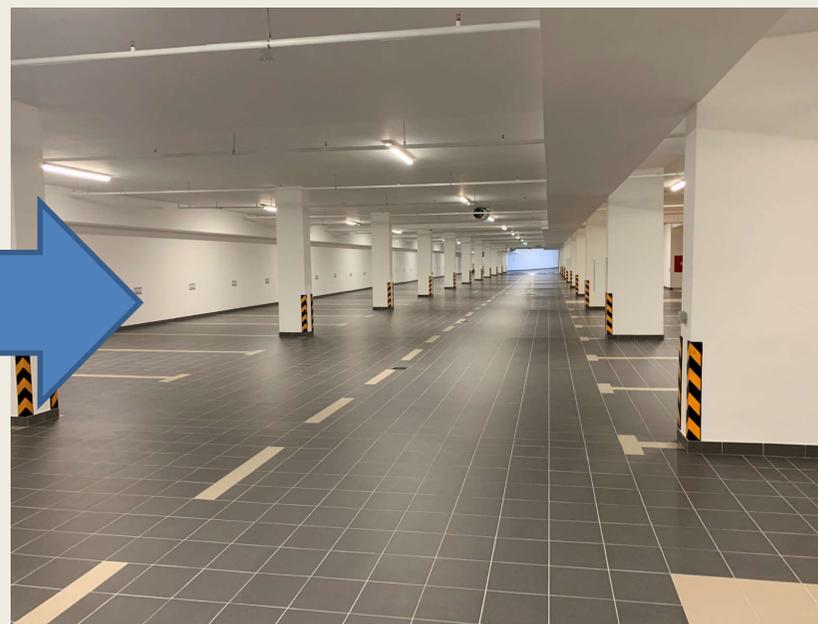
REALIZIRANI PRIMJERI

- Poslovno - stambena građevina
- Loše izvedeni prodori, sanirano



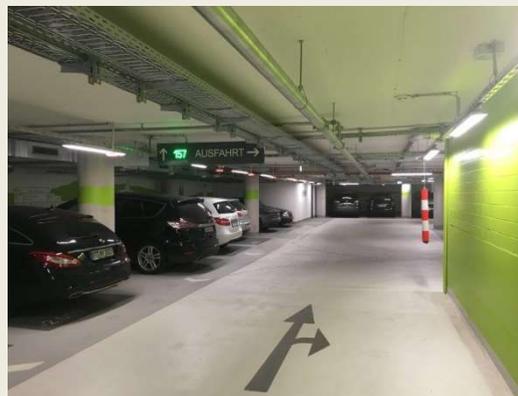
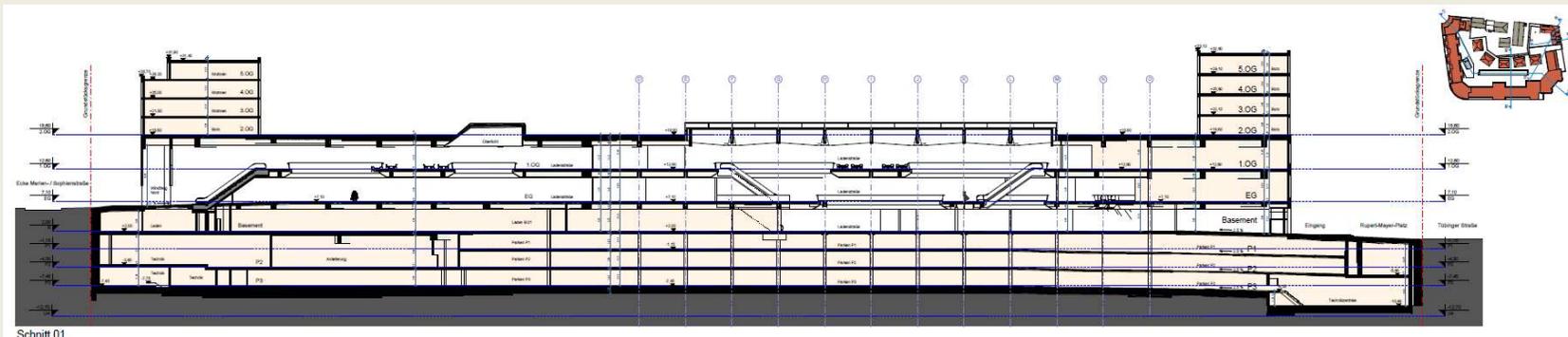
REALIZIRANI PRIMJERI

Primjer naknadno sanirane „bijeke kade“
u zonama temelj-podrumski zid, pukotine
podrumski zid, prodori instalacija



REALIZIRANI PRIMJERI

- Uspješno izvedena WU građevina – dim. 152,5x106 m, bez dilatacije
- Moguće izvoditi i ekstremno velike građevine uz pravilnu primjenu



SADRŽAJ

1. UVOD
2. SMJERNICE STRANIH ZEMALJA
 - 2.1. AUSTRIJSKE SMJERNICE
 - 2.2. NJEMAČKE SMJERNICE
3. PRORAČUN
4. ELEMENTI IZVEDBE
 - 4.1. RADNI TAKTOVI BETONIRANJA
 - 4.2. BRTVE
 - 4.3. UGRADNJA I NJEGOVANJE BETONA
5. GRAĐEVINSKA FIZIKA
6. PROBLEMI PRI REALIZACIJI
7. ODRŽAVANJE I KONTROLA
8. REALIZIRANI PRIMJERI
- 9. ZAKLJUČAK**



ZAKLJUČAK

- Potrebno definirati proceduru, sa ulogama i odgovornosti sudionika već kod donošenja odluke o primjeni vodonepropusnog betona, kroz projektiranje do realizacije i korištenja, npr. kao:

Zadatak	Geomehaničar	Inženjer građevinske fizike	Investitor	Glavni projektant	Statičar	Strojarski inženjer	Stručni projektant	Izvođač
1 Planiranje			V	M				
2 Koordinacija				V				
3 Odrediti uvjete korištenja, definiranje prostorija uključivo granice unutarnje temperature prostorija			V	M				
4 Odrediti razred prema načinu korištenja			M	V				
5 Odrediti način izolacije (npr. bijela kada ili crna kada)			V	M	M			
6 Zahtjevi za fleksibilnim korištenjem prostorija			V	M				
7 EnEV dokaz, dimenzioniranje toplinske izolacije, dokaz kondenzacije i toplinskih mostova		V		M	M			
8 Informacije o razredima izloženosti i razini vodostaja	V							
9 Podaci o kemijskom sastavu vode	V							
10 Odrediti dimenzije građevinskog elementa i uvjete skladištenja				M	V			



ZAKLJUČAK

11	Princip proračuna prema WU-smjernicama (moguće razlikovanje prema građevinskim dijelovima) i svim nužnim mjerama za izvedbu				M	V			
12	Obavjestiti investitora o posljedicama principa proračuna				V	M			
13	Raspored rizika prema proračunu			V	M	M			M
14	Planiranje prema principu proračuna i nužnim radovima za sanaciju pukotina				M	V		M	M
15	Planiranje odstupanja hidroizlacijskih radova tijekom korištenja				V		M		
16	Planiranje kompatibilnih površinskih obloga/premaza		M	M	V				
17	Planiranje i izgradnja dilatacija/ radnih reške/ kontroliranje pukotina				M	V			M
18	Detaljno planiranje dilatacija/ radnih reški/ kontroliranje pukotina				V	M			M
19	Planiranje sustava grijanja, klima i ventilacije				M		V		
20	Odrediti razrede betona					V			M
21	Aritmetička vrijednost vlačne čvrstoće betona mladog betona					V			M
22	Odrediti sastav betona					M			V
23	Planiranje i izvršenje naknadnog njegovanja betona (pokriti površinu folijom, njegovanje vodom)								V
24	Odrediti metodu i materijal za postupak zapunjavanja pukotina ili nesavršenosti				M	M		V	
25	Vremensko planiranje ispitivanje propuštanja vode	M			M	V			M

V: odgovoran - uključuje obavezu za uvođenje sudionika i nabavu informacija

M: sudionik



ZAKLJUČAK

- Sudjelujući u realizaciji građevina sa vodonepropusnim betonima od idejne faze do primopredaje građevina **uočavamo probleme u postupanju**
- Zbog nedostatka adekvatnih propisa i regulative neophodno je **izraditi Hrvatske smjernice** za izradu vodonepropusnih građevina
- **Definirati ulogu i odgovornost sudionika** u procesu izrade vodonepropusnih građevina od idejne faze i donošenja odluke o primjeni vodonepropusnih betona do realizacije i korištenja građevine
- Projektiranje u fazi glavnog projekta provoditi sukladno „smjernicama”
- Pri izvođenju uskladiti projektirane pretpostavke i tehnologiju izvođenja
- Izvođač treba izraditi Projekt betona i Plan izvođenja konstrukcije, a usklađen prema projektu i zahtjevima prema adekvatnim smjernicama



Izraditi Hrvatske smjernice



ZAKLJUČAK

- Donošenje smjernica nije jednostavan zadatak, zahtjeva sudjelovanje kompetentih stručnjaka iz više područja:
 - Projektiranja
 - Izvedbe
 - Proizvodnje betona, cementa, aditiva
 - Znanstvenih ustanova, laboratorija, instituta
- Npr. kao što je tim stručnjaka u izradi austrijskih smjernica:

Mitarbeiter:

Dipl.-Ing. Florian BERGMAIER
Ingenieurbüro Dr. Wolfgang Lindlbauer
Dipl.-Ing. Martin BILLES
Rohrdorfer Baustoffe Austria GmbH
Dipl.-Ing. Christian BINDER
PCD ZT-GmbH
Dipl.-Ing. Dr. techn. Sebastian-Zoran
BRUSCHE TINI-AMBRO
ÖBB-Infrastruktur AG
Dipl.-Ing. Mladen DELIC
JORDAHL H-Bau Österreich GmbH
Dipl.-Ing. Wolf-Dietrich DENK
FCP Fritsch, Chiari & Partner ZT GmbH
Dipl.-Ing. Wolfgang DITTRICH
STRABAG AG
Ing. Rainer DRAXL
Pöyry Infra GmbH
Dipl.-Ing. Dr. Rupert FRIEDLE
Forschungsinstitut der VOZ
Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. Johann GLATZL
Technische Universität Graz
Dipl.-Ing. Dr. Günter GRASS
Sika Österreich GmbH
Ing. Stefan HANSER

Dipl.-Ing. Dr. Wolfgang LINDLBAUER
Ingenieurbüro Dr. Wolfgang Lindlbauer
Dipl.-Ing. Dr. Jürgen MACHT
Kirchdorfer Zementwerk Hofmann GmbH
Dipl. Ing. Raoul MAJDALANI
Potyka & Partner ZT GmbH
Dipl.-Ing. Kurt MAROSI
Sachverständigenbüro DI Marosi
Dipl.-Ing. Alfred MOSER
Ingenieurbüro ste.p ZT-GmbH
Dipl.-Ing. Roland MURR
Pöyry Infra GmbH
Dipl.-Ing. Erwin PANI
FCP Fritsch, Chiari & Partner ZT GmbH
Sascha PAVIC
HOCHTIEF Infrastructure GmbH
Niederlassung Austria
Dipl.-Ing. Dr. Martin PEYERL
Smart Minerals GmbH
DI Dipl.-Wirtsch.-Ing. Adrian PFLIEGER
BPA-GmbH
Dipl.-Ing. Christian RAUCH
PORR Bau GmbH
Heimo RECHBERGER

STRABAG AG
Dipl.-Ing. Hermann HINTRINGER
KMP ZT-GmbH
Dipl.-Ing. Dr. Johannes HORVATH
Lafarge Zementwerke GmbH
Bawrat h.c. Dipl.-Ing. Dr. Helmut HUBER
Zentrum Betontechnik
Dipl.-Ing. Alfred HÜNGSBERG
ÖBB-Infrastruktur AG
Ing. Harald KISS
Ernst Derfesser GmbH
Dipl.-Ing. Michael KLEISER
ASFINAG Bau Management GmbH
Dipl.-Ing. Johannes KÖBERL
Amt der Steiermärk. Landesregierung
Dipl.-Ing. Dr. Peter KREMNIETZER
PORR Bau GmbH
Mag. (FH) Dipl.-Ing. Dr. Stefan KRISPEL
Smart Minerals GmbH
Ing. Markus KRONEDER
BASF Performance Products GmbH
Dipl.-Ing. Christian LERCHNER
Schimetta Consult ZT GmbH

Asamer Kies- u. Betonwerke GmbH
Dipl.-Ing. Dr. Alexander REINISCH
Doka GmbH
Dipl.-Ing. Christoph RESSLER
Güteverband Transportbeton
Bmstr. Hubert SCHAUFLENER
JORDAHL H-Bau Österreich GmbH
Ass. Prof. Dipl.-Ing. Dr. Dirk SCHLICKE
Technische Universität Graz
Ing. Jürgen Johann SILBERKNOLL
Österreichische Bautechnik Vereinigung
Dipl.-Ing. Dr. Johannes STEIGENBERGER
ASFINAG Bau Management GmbH
Dipl.-Ing. Martin TOLLMANN
IBBS ZT-GmbH Ingenieurbüro
Dipl.-Ing. Albin TONNER
PORR Bau GmbH Infrastruktur
Dipl.-Ing. Sonja WIESHOLZER
Bundesministerium für Verkehr, Innovation
und Technologie



LITERATURA

- Richtlinie "Wasserundurchlässige Betonbauwerke - Weiße Wannen,, Februar 2018, Austrijske smjernice;
- DEUTSCHER AUSSCHUSS FÜR STAHLBETON, Erläuterungen zur DAfStb-Richtlinie Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton, 1. Auflage 2006;
- Aktuelle Hinweise aus EC2 und DBV-Merkblatt „Planung von Parkbauten“ unter Berücksichtigung des Wartungsaufwands, T. Freimann, 2017;
- Die neue WU-Richtlinie des DAfStb, Dr.-Ing. Christoph Alfes, Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e.V., Berlin, 2018.
- Rissbildungen im Stahlbetonbau; Ursachen - Auswirkungen – Maßnahmen, Stefan Röhling, Heinz Meichsner, 2018
- Rissbreitenbeschränkung nach DIN 1045, Günter Meyer



SURADNICI

- Mario Todorić, dipl.ing.građ.,
- Miroslav Duvnjak, mag.ing.aedif.,
- Ivan Dragičević, mag.ing.aedif.,
- Petar Todorić, mag.ing.aedif.



Todring

HVALA NA PAŽNJI!

