

TRAJNOST KONSTRUKCIJA 2

Neki dokazi trajnosti pri projektiranju nove konstrukcije:

1. PRIMJER MOSTA
2. PRIMJER KROVNOG NOSAČA
3. PRORAČUN PUKOTINA PREMA EN 1992

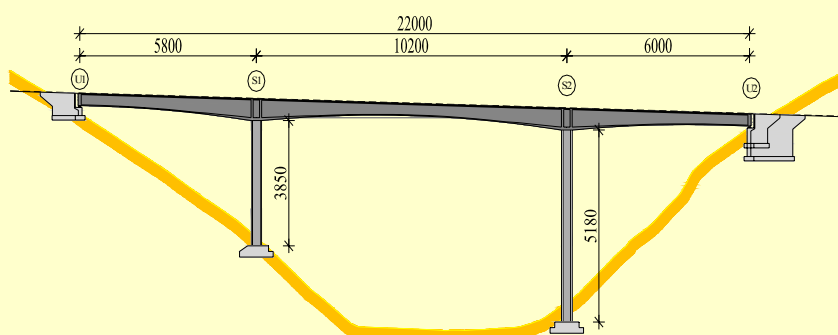
2. AUDITORNE VJEŽBE

1. PRORAČUNSKI PRIMJER MOSTA

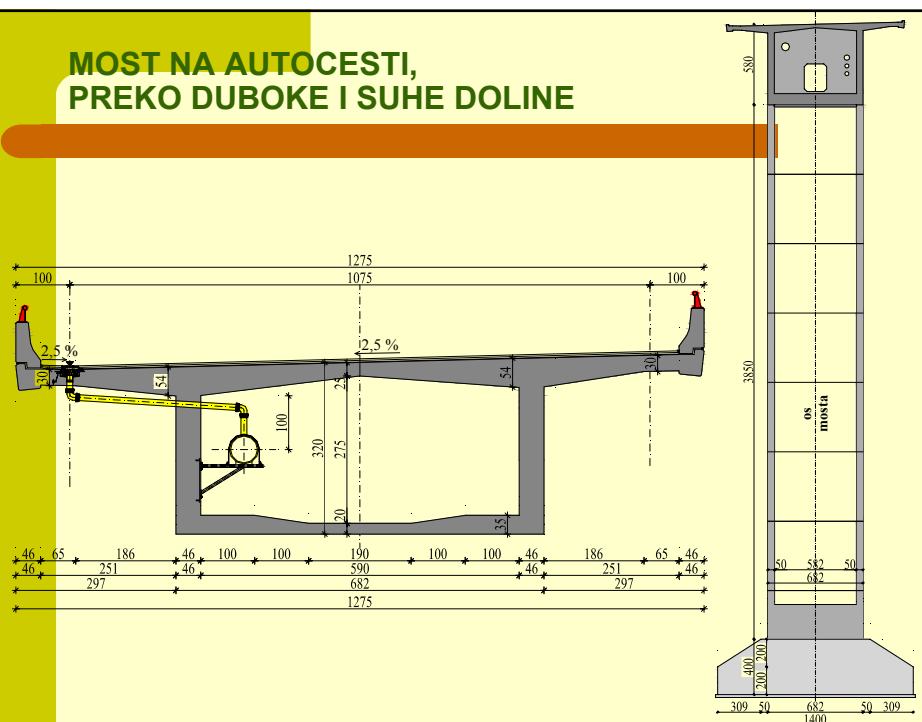
Primjer mosta na autocesti, preko duboke i suhe doline

- A. Razredi izloženosti konstrukcije
- B. Razred i sastav betona i zaštitni sloj
- C. Provjera pukotina (primjer za poprečni smjer)

MOST NA AUTOCESTI, PREKO DUBOKE I SUHE DOLINE



MOST NA AUTOCESTI, PREKO DUBOKE I SUHE DOLINE



ODREĐIVANJE RAZREDA IZLOŽENOSTI KONSTRUKCIJE

● TEMELJI: XC2, XD1

- Za betonske površine izložene dugotrajnom dodiru s vodom kao što su temelji bira se razred XC2.
- Dijelovi temelja vire izvan tla pa su izloženi djelovanju klorida iz zraka, koji je umjereno vlažan, pa valja razmotriti i razred XD1.
- S obzirom da se temeljenje obavlja na stijeni te nema prisustva kemijski agresivnog djelovanja iz tla razredi izloženosti XA se ni ne razmatraju.

ODREĐIVANJE RAZREDA IZLOŽENOSTI KONSTRUKCIJE

Oznaka razreda	Opis okoliša	Primjer	Max v/c	Min cement [kg/m ³]	Razred čvrstoće
1 Nema rizika korozije. Većina praktične primjene betona u zatvorenim prostorima.					
X0	Nearmirani beton ili beton u koji nije ugrađen metal: svi uvjeti izloženosti izuzev ciklusa smrzavanje /odmrzavanje, abrazije ili kemijskog djelovanja Armirani beton ili beton u koji je ugrađen metal: vrlo suh okoliš	Beton u tlu bez izloženosti smrzavanju. Beton unutar građevine s vrlo niskom vlažnosti zraka.	-	-	C12/15
2 Korozija uzrokovana karbonatizacijom (H₂O, CO₂). Većina praktične primjene betona u vanjskim uvjetima, uz ograničenje u slučaju izloženosti konstrukcije ili njenog dijela djelovanju soli. Utjecaji koji potiču koroziju armature.					
XC1	Suh ili stalno vlažan	Beton unutar građevina s niskom vlagom zraka. Beton stalno u vodi.	0,65	260	C20/25
XC2	Vlažan, rjeđe suh	Betonske površine izložene dugotrajnom dodiru s vodom. Mnogi temelji.	0,60	280	C25/30
XC3	Umjereno vlažan	Beton unutar građevina s umjerenom ili visokom vlažnosti zraka. Vanjski beton zaštićen od kiše.	0,55	280	C30/37
XC4	Naizmjenično vlažan i suh	Betonske površine u dodiru s vodom, koje nisu u XC2. Vanjski elementi izloženi kiši.	0,50	300	C30/37
3 Korozija uzrokovana kloridima koji nisu iz mora (H₂O, Cl). Beton konstrukcija u kontinentalnim krajevima koje su izložene djelovanju soli.					
XD1	Umjereno vlažan	Betonske površine izložene kloridima iz zraka.	0,55	300	C30/37
XD2	Vlažan, rjeđe suh	Bazeni, beton izložen industrijskim vodama koje sadrže kloride.	0,55	300	C30/37
XD3	Naizmjenično vlažan i suh	Dijelovi mostova izloženi prskanju s kloridima, kolnici, parkirališta, međukatne konstrukcije javnih garaža.	0,45	320	C35/45

ODREĐIVANJE RAZREDA IZLOŽENOSTI KONSTRUKCIJE

- **STUPOVI** - unutrašnje plohe stupova: XC3, XD1
- vanjske plohe stupova: XC4, XD1, XF2
 - Beton u unutrašnjosti šupljeg stupa svrstavamo u umjereno vlažan okoliš razreda XC3.
 - Iako je unutrašnjost stupa zaštićena od djelovanja klorida iz zraka ipak postoji mogućnost da male količine klorida dospiju do betona u unutrašnjosti (pukotine, revizijski otvori), kao i na vanjskoj plohi stupa gdje je djelovanje klorida mnogo snažnije jer je vanjska ploha izravno izložena pa se bira razred XD1.

ODREĐIVANJE RAZREDA IZLOŽENOSTI KONSTRUKCIJE

Oznaka razreda	Opis okoliša	Primjer	Max v/c	Min cement [kg/m ³]	Razred čvrstoće
1 Nema rizika korozije. Većina praktične primjene betona u zatvorenim prostorima.					
X0	Nearmirani beton ili beton u koji nije ugrađen metal: svi uvjeti izloženosti izuzev ciklusa smrzavanje /odmrzavanje, abrazije ili kemijskog djelovanja Armirani beton ili beton u koji je ugrađen metal: vrlo suh okoliš	Beton u tlu bez izloženosti smrzavanju. Beton unutar građevine s vrlo niskom vlažnosti zraka.	-	-	C12/15
2 Korozija uzrokovana karbonatizacijom (H₂O, CO₂). Većina praktične primjene betona u vanjskim uvjetima, uz ograničenje u slučaju izloženosti konstrukcije ili njenog dijela djelovanju soli. Utjecaji koji potiču koroziju armature.					
XC1	Suh ili stalno vlažan	Beton unutar građevina s niskom vlagom zraka. Beton stalno u vodi.	0,65	260	C20/25
XC2	Vlažan, rjeđe suh	Betonske površine izložene dugotrajnom dodiru s vodom. Mnogi temelji.	0,60	280	C25/30
XC3	Umjereno vlažan	Beton unutar građevina s umjerenom ili visokom vlažnosti zraka. Vanjski beton zaštićen od kiše.	0,55	280	C30/37
XC4	Naizmjenično vlažan i suh	Betonske površine u dodiru s vodom, koje nisu u XC2. Vanjski elementi izloženi kiši.	0,50	300	C30/37
3 Korozija uzrokovana kloridima koji nisu iz mora (H₂O, Cl). Beton konstrukcija u kontinentalnim krajevima koje su izložene djelovanju soli.					
XD1	Umjereno vlažan	Betonske površine izložene kloridima iz zraka.	0,55	300	C30/37
XD2	Vlažan, rjeđe suh	Bazeni, beton izložen industrijskim vodama koje sadrže kloride.	0,55	300	C30/37
XD3	Naizmjenično vlažan i suh	Dijelovi mostova izloženi prskanju s kloridima, kolnici, parkirališta, međukatne konstrukcije javnih garaža.	0,45	320	C35/45

ODREĐIVANJE RAZREDA IZLOŽENOSTI KONSTRUKCIJE

- **STUPOVI** - unutrašnje plohe stupova: XC3, XD1
- vanjske plohe stupova: XC4, XD1, XF2
 - Iako je unutrašnjost stupa zaštićena od djelovanja klorida iz zraka ipak postoji mogućnost da male količine klorida dospiju do betona u unutrašnjosti (pukotine, revizijski otvori), kao i na vanjskoj plohi stupa gdje je djelovanje klorida mnogo snažnije jer je vanjska ploha izravno izložena pa se bira razred XD1.
 - Stupovi imaju dijelove u tlu za koje bi se kao i kod razmatranja temelja mogao odabrati razred XC2, no kako su vanjske plohe stupova izložene kiši kao mjerodavan razred odabiremo XC4.
 - Vanjske vertikalne plohe stupova izložene su smrzavanju i solima za odmrzavanje iz zraka pa zahtijevaju razmatranje razreda XF2.

ODREĐIVANJE RAZREDA IZLOŽENOSTI KONSTRUKCIJE

Oznaka razreda	Opis okoliša	Primjer	Max v/c	Min cement [kg/m ³]	Razred čvrstoće
1 Nema rizika korozije. Većina praktične primjene betona u zatvorenim prostorima.					
X0	Nearmirani beton ili beton u koji nije ugrađen metal: svi uvjeti izloženosti izuzev ciklusa smrzavanje /odmrzavanje, abrazije ili kemijskog djelovanja Armirani beton ili beton u koji je ugrađen metal: vrlo suh okoliš	Beton u tlu bez izloženosti smrzavanju. Beton unutar građevine s vrlo niskom vlažnosti zraka.	-	-	C12/15
2 Korozija uzrokovana karbonatizacijom (H₂O, CO₂). Većina praktične primjene betona u vanjskim uvjetima, uz ograničenje u slučaju izloženosti konstrukcije ili njenog dijela djelovanju soli. Utjecaji koji potiču koroziju armature.					
XC1	Suh ili stalno vlažan	Beton unutar građevina s niskom vlagom zraka. Beton stalno u vodi.	0,65	260	C20/25
XC2	Vlažan, rjeđe suh	Betonske površine izložene dugotrajnom dodiru s vodom. Mnogi temelji.	0,60	280	C25/30
XC3	Umjereno vlažan	Beton unutar građevina s umjerenom ili visokom vlažnosti zraka. Vanjski beton zaštićen od kiše.	0,55	280	C30/37
XC4	Naizmjenično vlažan i suh	Betonske površine u dodiru s vodom, koje nisu u XC2. Vanjski elementi izloženi kiši.	0,50	300	C30/37
3 Korozija uzrokovana kloridima koji nisu iz mora (H₂O, Cl). Beton konstrukcija u kontinentalnim krajevima koje su izložene djelovanju soli.					
XD1	Umjereno vlažan	Betonske površine izložena kloridima iz zraka.	0,55	300	C30/37
XD2	Vlažan, rjeđe suh	Bazeni, beton izložen industrijskim vodama koje sadrže kloride.	0,55	300	C30/37
XD3	Naizmjenično vlažan i suh	Dijelovi mostova izloženi prskanju s kloridima, kolnici, parkirališta, međukatne konstrukcije javnih garaža.	0,45	320	C35/45

ODREĐIVANJE RAZREDA IZLOŽENOSTI KONSTRUKCIJE

Oznaka razreda	Opis okoliša	Primjer	Max v/c	Min cement [kg/m³]	Razred čvrstoće
4 Korozijska uzrokovana kloridima iz morske vode (H₂O, Cl).					
Betonske konstrukcije u morskom okolišu.					
XS1	Izloženost solima iz zraka, ali ne u izravnom dodiru s morskom vodom	Konstrukcije blizu mora ili na obali.	0,50	300	C30/37
XS2	Stalna uronjenost	Dijelovi konstrukcije u moru.	0,45	320	C35/45
XS3	Područje plime i oseke i područje valova i zapljuskivanja	Dijelovi konstrukcije u moru.	0,45	340	C35/45
5 Djelovanje smrzavanja i odmrzavanja sa soli za odmrzavanje ili bez nje. Oštećenja betona.					
XF1	Umjerena zasićenost vodom bez soli za odmrzavanje	Vertikalne površine betona izložene kiši i smrzavanju.	0,55	300	C30/37
XF2	Umjerena zasićenost vodom sa solima za odmrzavanje	Vertikalne površine betona cestovnih konstrukcija izložene smrzavanju i solima za odmrzavanje iz zraka.	0,55	300	C25/30
XF3	Visoka zasićenost vodom bez soli za odmrzavanje	Horizontalne površine betona izložene kiši i smrzavanju.	0,50	320	C30/37
XF4	Visoka zasićenost vodom sa solima za odmrzavanje	Kolnici i mostovske kolničke ploče izložene solima za odmrzavanje. Površine betona izložene prskanju vodom koja sadrži soli za odmrzavanje i smrzavanju. Područja vlaženja morem izložena smrzavanju.	0,45	340	C30/37
6 Kemijsko djelovanje iz prirodnog tla i podzemne vode.					
Dana je razredba kemijski agresivnog okoliša ovisno o vrijednosti pojedinih kemijskih karakteristika (sadržaj SO ₄ ²⁻ , CO ₂ , NH ₄ ⁺ , Mg ²⁺ , pH, kiselost). Ako se radi o djelovanjima izvan te razredbe, drugim agresivnim kemikalijama, velikoj brzini vode u kombinaciji sa određenim kemikalijama, može biti potrebna posebna studija za utvrđivanje odgovarajuće izloženosti.					
XA1	Lagano kemijski agresivan okoliš	Prirodno tlo ili podzemna voda	0,55	300	C30/37
XA2	Umjereno kemijski agresivan okoliš	Prirodno tlo ili podzemna voda	0,50	320	C30/37
XA3	Vrlo kemijski agresivan okoliš	Prirodno tlo ili podzemna voda	0,45	360	C35/45

ODREĐIVANJE RAZREDA IZLOŽENOSTI KONSTRUKCIJE

● UPORNJACI: XC4, XD1, XF2

- Upornjaci imaju dijelove u tlu za koje bi se kao i kod razmatranja temelja mogao odabrati razred XC2. Međutim, kako upornjaci imaju i vanjske plohe izložene kiši, a cijelo tijelo upornjaka se izvodi od istog betona, ovdje odmah odabiremo razred XC4 kao mjerodavan među XC razredima.
- Veći dio upornjaka je izvan tla izložen djelovanju klorida iz zraka, umjereno vlažnog, stoga treba razmotriti razred XD1.
- Vertikalne plohe upornjaka u pogledu djelovanja smrzavanja i odmrzavanja sa soli za odmrzavanje iz umjereno zasićenog zraka zahtijevaju razmatranje razreda XF2.

ODREĐIVANJE RAZREDA IZLOŽENOSTI KONSTRUKCIJE

Oznaka razreda	Opis okoliša	Primjer	Max v/c	Min cement [kg/m³]	Razred čvrstoće
1 Nema rizika korozije. Većina praktične primjene betona u zatvorenim prostorima.					
X0	Nearmirani beton ili beton u koji nije ugrađen metal: svi uvjeti izloženosti izuzev ciklusa smrzavanje /odmrzavanje, abrazije ili kemijskog djelovanja Armirani beton ili beton u koji je ugrađen metal: vrlo suh okoliš	Beton u tlu bez izloženosti smrzavanju. Beton unutar građevine s vrlo niskom vlažnosti zraka.	-	-	C12/15
2 Korozija uzrokovana karbonatizacijom (H₂O, CO₂). Većina praktične primjene betona u vanjskim uvjetima, uz ograničenje u slučaju izloženosti konstrukcije ili njenog dijela djelovanju soli. Utjecaji koji potiču koroziju armature.					
XC1	Suh ili stalno vlažan	Beton unutar građevina s niskom vlagom zraka. Beton stalno u vodi.	0,65	260	C20/25
XC2	Vlažan, rjeđe suh	Betonske površine izložene dugotrajnom dodiru s vodom. Mnogi temelji.	0,60	280	C25/30
XC3	Umjereno vlažan	Beton unutar građevina s umjerenom ili visokom vlažnosti zraka. Vanjski beton zaštićen od kiše.	0,55	280	C30/37
XC4	Naizmjenično vlažan i suh	Betonske površine u dodiru s vodom, koje nisu u XC2. Vanjski elementi izloženi kiši.	0,50	300	C30/37
3 Korozija uzrokovana kloridima koji nisu iz mora (H₂O, Cl). Beton konstrukcija u kontinentalnim krajevima koje su izložene djelovanju soli.					
XD1	Umjereno vlažan	Betonske površine izložene kloridima iz zraka.	0,55	300	C30/37
XD2	Vlažan, rjeđe suh	Bazeni, beton izložen industrijskim vodama koje sadrže kloride.	0,55	300	C30/37
XD3	Naizmjenično vlažan i suh	Dijelovi mostova izloženi prskanju s kloridima, kolnici, parkirališta, međukatne konstrukcije javnih garaža.	0,45	320	C35/45

ODREĐIVANJE RAZREDA IZLOŽENOSTI KONSTRUKCIJE

Oznaka razreda	Opis okoliša	Primjer	Max v/c	Min cement [kg/m³]	Razred čvrstoće
4 Korozija uzrokovana kloridima iz morske vode (H₂O, Cl). Betonske konstrukcije u morskom okolišu.					
XS1	Izloženost solima iz zraka, ali ne u izravnom dodiru s morskom vodom	Konstrukcije blizu mora ili na obali.	0,50	300	C30/37
XS2	Stalna uronjenost	Dijelovi konstrukcije u moru.	0,45	320	C35/45
XS3	Područje plime i oseke i područje valova i zapljuskivanja	Dijelovi konstrukcije u moru.	0,45	340	C35/45
5 Djelovanje smrzavanja i odmrzavanja sa soli za odmrzavanje ili bez nje. Oštećenja betona.					
XF1	Umjerena zasićenost vodom bez soli za odmrzavanje	Vertikalne površine betona izložene kiši i smrzavanju.	0,55	300	C30/37
XF2	Umjerena zasićenost vodom sa solima za odmrzavanje	Vertikalne površine betona cestovnih konstrukcija izložene smrzavanju i solima za odmrzavanje iz zraka.	0,55	300	C25/30
XF3	Visoka zasićenost vodom bez soli za odmrzavanje	Horizontalne površine betona izložene kiši i smrzavanju.	0,50	320	C30/37
XF4	Visoka zasićenost vodom sa solima za odmrzavanje	Kolnici i mostovske kolničke ploče izložene solima za odmrzavanje. Površine betona izložene prskanju vodom koja sadrži soli za odmrzavanje i smrzavanju. Područja vlaženja morem izložena smrzavanju.	0,45	340	C30/37
6 Kemijsko djelovanje iz prirodnog tla i podzemne vode. Dana je razredba kemijski agresivnog okoliša ovisno o vrijednosti pojedinih kemijskih karakteristika (sadržaj SO ₄ ²⁻ , CO ₃ , NH ₄ ⁺ , Mg ²⁺ , pH, kiselost). Ako se radi o djelovanjima izvan te razredbe, drugim agresivnim kemikalijama, velikoj brzini vode u kombinaciji sa određenim kemikalijama, može biti potrebna posebna studija za utvrđivanje odgovarajuće izloženosti.					
XA1	Lagano kemijski agresivan okoliš	Prirodno tlo ili podzemna voda	0,55	300	C30/37
XA2	Umjereno kemijski agresivan okoliš	Prirodno tlo ili podzemna voda	0,50	320	C30/37
XA3	Vrlo kemijski agresivan okoliš	Prirodno tlo ili podzemna voda	0,45	360	C35/45

ODREĐIVANJE RAZREDA IZLOŽENOSTI KONSTRUKCIJE

● Rasponski sklop

- kolnička ploča sandučastog nosača: XC4, XD3, XF4
- bočne strane sanduka i donja ploha konzola: XC4, XD3, XF2
- donja ploča sandučastog nosača: XC3, XD1, XF2
- unutrašnje plohe sandučastog nosača: XC3, XD1
- Kolnička ploča sandučastog nosača, bočne strane sanduka kao i donje plohe konzola izloženi su kiši pa se svrstavaju u razred XC4.
- Donja ploha sandučastog nosača je donekle zaštićena od kiše pa se zajedno s unutrašnjim ploham sanduka svrstava u razred XC3.

ODREĐIVANJE RAZREDA IZLOŽENOSTI KONSTRUKCIJE

Oznaka razreda	Opis okoliša	Primjer	Max v/c	Min cement [kg/m ³]	Razred čvrstoće
1 Nema rizika korozije. Većina praktične primjene betona u zatvorenim prostorima.					
X0	Nearmirani beton ili beton u koji nije ugrađen metal: svi uvjeti izloženosti izuzev ciklusa smrzavanje /odmrzavanje, abrazije ili kemijskog djelovanja Armirani beton ili beton u koji je ugrađen metal: vrlo suh okoliš	Beton u tlu bez izloženosti smrzavanju. Beton unutar građevine s vrlo niskom vlažnosti zraka.	-	-	C12/15
2 Korozija uzrokovana karbonizacijom (H₂O, CO₂). Većina praktične primjene betona u vanjskim uvjetima, uz ograničenje u slučaju izloženosti konstrukcije ili njenog dijela djelovanju soli. Utjecaji koji potiču koroziju armature.					
XC1	Suh ili stalno vlažan	Beton unutar građevina s niskom vlagom zraka. Beton stalno u vodi.	0,65	260	C20/25
XC2	Vlažan, rjeđe suh	Betonske površine izložene dugotrajnom dodiru s vodom. Mnogi temelji.	0,60	280	C25/30
XC3	Umjereno vlažan	Beton unutar građevina s umjerenom ili visokom vlažnosti zraka. Vanjski beton zaštićen od kiše.	0,55	280	C30/37
XC4	Naizmjenično vlažan i suh	Betonske površine u dodiru s vodom, koje nisu u XC2. Vanjski elementi izloženi kiši.	0,50	300	C30/37
3 Korozija uzrokovana kloridima koji nisu iz mora (H₂O, Cl). Beton konstrukcija u kontinentalnim krajevima koje su izložene djelovanju soli.					
XD1	Umjereno vlažan	Betonske površine izložena kloridima iz zraka.	0,55	300	C30/37
XD2	Vlažan, rjeđe suh	Bazeni, beton izložen industrijskim vodama koje sadrže kloride.	0,55	300	C30/37
XD3	Naizmjenično vlažan i suh	Dijelovi mostova izloženi prskanju s kloridima, kolnici, parkirališta, međukatne konstrukcije javnih garaža.	0,45	320	C35/45

ODREĐIVANJE RAZREDA IZLOŽENOSTI KONSTRUKCIJE

● Rasponski sklop

- kolnička ploča sandučastog nosača: XC4, XD3, XF4
- bočne strane sanduka i donja ploha konzola: XC4, XD3, XF2
- donja ploča sandučastog nosača: XC3, XD1, XF2
- unutrašnje plohe sandučastog nosača: XC3, XD1
- Kolnička ploča je izložena izravnom prskanju kloridima prilikom kojeg se stvara oblak do 6 m iznad kolnika koji djeluje na bočne strane sanduka i donje plohe konzola pa se svrstavaju u razred XD3.
- Na donju ploču kao i na unutrašnjost sanduka djeluju kloridi iz umjereno zasićenog zraka pa se svrstavaju u razred XD1

ODREĐIVANJE RAZREDA IZLOŽENOSTI KONSTRUKCIJE

Oznaka razreda	Opis okoliša	Primjer	Max v/c	Min cement [kg/m ³]	Razred čvrstoće
1 Nema rizika korozije. Većina praktične primjene betona u zatvorenim prostorima.					
X0	Nearmirani beton ili beton u koji nije ugrađen metal: svi uvjeti izloženosti izuzev ciklusa smrzavanje /odmrzavanje, abrazije ili kemijskog djelovanja Armirani beton ili beton u koji je ugrađen metal: vrlo suh okoliš	Beton u tlu bez izloženosti smrzavanju. Beton unutar građevine s vrlo niskom vlažnosti zraka.	-	-	C12/15
2 Korozija uzrokovana karbonatizacijom (H₂O, CO₂). Većina praktične primjene betona u vanjskim uvjetima, uz ograničenje u slučaju izloženosti konstrukcije ili njenog dijela djelovanju soli. Utjecaji koji potiču koroziju armature.					
XC1	Suh ili stalno vlažan	Beton unutar građevina s niskom vlagom zraka. Beton stalno u vodi.	0,65	260	C20/25
XC2	Vlažan, rjeđe suh	Betonske površine izložene dugotrajnom dodiru s vodom. Mnogi temelji.	0,60	280	C25/30
XC3	Umjereno vlažan	Beton unutar građevina s umjerenom ili visokom vlažnosti zraka. Vanjski beton zaštićen od kiše.	0,55	280	C30/37
XC4	Naizmjenično vlažan i suh	Betonske površine u dodiru s vodom, koje nisu u XC2. Vanjski elementi izloženi kiši.	0,50	300	C30/37
3 Korozija uzrokovana kloridima koji nisu iz mora (H₂O, Cl). Beton konstrukcija u kontinentalnim krajevima koje su izložene djelovanju soli.					
XD1	Umjereno vlažan	Betonske površine izložene kloridima iz zraka.	0,55	300	C30/37
XD2	Vlažan, rjeđe suh	Bazeni, beton izložen industrijskim vodama koje sadrže kloride.	0,55	300	C30/37
XD3	Naizmjenično vlažan i suh	Dijelovi mostova izloženi prskanju s kloridima, kolnici, parkirališta, međukatne konstrukcije javnih garaža.	0,45	320	C35/45

ODREĐIVANJE RAZREDA IZLOŽENOSTI KONSTRUKCIJE

● Rasponski sklop

- kolnička ploča sandučastog nosača: XC4, XD3, XF4
- bočne strane sanduka i donja ploha konzola: XC4, XD3, XF2
- donja ploča sandučastog nosača: XC3, XD1,
- unutrašnje plohe sandučastog nosača: XC3, XD1
- Gotovo sve plohe sanduka su izložene smrzavanju i solima za odmrzavanje osim unutrašnjosti.
- Mjerodavna je kolnička ploča koja je izložena smrzavanju i prskanju vodom visoke zasićenosti sa solima za odmrzavanje pa se svrstava u razred XF4.

ODREĐIVANJE RAZREDA IZLOŽENOSTI KONSTRUKCIJE

Oznaka razreda	Opis okoliša	Primjer	Max v/c	Min cement [kg/m ³]	Razred čvrstoće
4 Korozija uzrokovana kloridima iz morske vode (H₂O, Cl).					
Betonske konstrukcije u morskom okolišu.					
XS1	Izloženost solima iz zraka, ali ne u izravnom dodiru s morskom vodom	Konstrukcije blizu mora ili na obali.	0,50	300	C30/37
XS2	Stalna uronjenost	Dijelovi konstrukcije u moru.	0,45	320	C35/45
XS3	Područje plime i oseke i područje valova i zapljuskivanja	Dijelovi konstrukcije u moru.	0,45	340	C35/45
5 Djelovanje smrzavanja i odmrzavanja sa soli za odmrzavanje ili bez nje. Oštećenja betona.					
XF1	Umjerena zasićenost vodom bez soli za odmrzavanje	Vertikalne površine betona izložene kiši i smrzavanju.	0,55	300	C30/37
XF2	Umjerena zasićenost vodom sa solima za odmrzavanje	Vertikalne površine betona cestovnih konstrukcija izložene smrzavanju i solima za odmrzavanje iz zraka.	0,55	300	C25/30
XF3	Visoka zasićenost vodom bez soli za odmrzavanje	Horizontalne površine betona izložene kiši i smrzavanju.	0,50	320	C30/37
XF4	Visoka zasićenost vodom sa solima za odmrzavanje	Kolnici i mostovske kolničke ploče izložene solima za odmrzavanje. Površine betona izložene prskanju vodom koja sadrži soli za odmrzavanje i smrzavanju. Područja vlaženja morem izložena smrzavanju.	0,45	340	C30/37
6 Kemijsko djelovanje iz prirodnog tla i podzemne vode.					
Dana je razredba kemijski agresivnog okoliša ovisno o vrijednosti pojedinih kemijskih karakteristika (sadržaj SO ₄ ²⁻ , CO ₃ , NH ₄ ⁺ , Mg ²⁺ , pH, kiselost). Ako se radi o djelovanjima izvan te razredbe, drugim agresivnim kemikalijama, velikoj brzini vode u kombinaciji sa određenim kemikalijama, može biti potrebna posebna studija za utvrđivanje odgovarajuće izloženosti.					
XA1	Lagano kemijski agresivan okoliš	Prirodno tlo ili podzemna voda	0,55	300	C30/37
XA2	Umjereno kemijski agresivan okoliš	Prirodno tlo ili podzemna voda	0,50	320	C30/37
XA3	Vrlo kemijski agresivan okoliš	Prirodno tlo ili podzemna voda	0,45	360	C35/45

ODREĐIVANJE RAZREDA IZLOŽENOSTI KONSTRUKCIJE

● LEŽAJNI KVADERI: XC3, XD1, XF2

- Ležajni kvaderi su kao i donja ploča sanduka zaštićeni od kiše pa se svrstavaju u razred izloženosti XC3.
- Izloženi su umjerenom djelovanju klorida iz zraka pa treba razmotriti razred XD1,
- a također su izloženi umjerenom djelovanju soli za odmrzavanje iz zraka stoga treba razmotriti razred XF2.

ODREĐIVANJE RAZREDA IZLOŽENOSTI KONSTRUKCIJE

Oznaka razreda	Opis okoliša	Primjer	Max v/c	Min cement [kg/m ³]	Razred čvrstoće
1 Nema rizika korozije. Većina praktične primjene betona u zatvorenim prostorima.					
X0	Nearmirani beton ili beton u koji nije ugrađen metal: svi uvjeti izloženosti izuzev ciklusa smrzavanje /odmrzavanje, abrazije ili kemijskog djelovanja Armirani beton ili beton u koji je ugrađen metal: vrlo suh okoliš	Beton u tlu bez izloženosti smrzavanju. Beton unutar građevine s vrlo niskom vlažnosti zraka.	-	-	C12/15
2 Korozija uzrokovana karbonatizacijom (H₂O, CO₂). Većina praktične primjene betona u vanjskim uvjetima, uz ograničenje u slučaju izloženosti konstrukcije ili njenog dijela djelovanju soli. Utjecaji koji potiču koroziju armature.					
XC1	Suh ili stalno vlažan	Beton unutar građevina s niskom vlagom zraka. Beton stalno u vodi.	0,65	260	C20/25
XC2	Vlažan, rjeđe suh	Betonske površine izložene dugotrajnom dodiru s vodom. Mnogi temelji.	0,60	280	C25/30
XC3	Umjerenom vlažan	Beton unutar građevina s umjerenom ili visokom vlažnosti zraka. Vanjski beton zaštićen od kiše.	0,55	280	C30/37
XC4	Naizmjenično vlažan i suh	Betonske površine u dodiru s vodom, koje nisu u XC2. Vanjski elementi izloženi kiši.	0,50	300	C30/37
3 Korozija uzrokovana kloridima koji nisu iz mora (H₂O, Cl). Beton konstrukcija u kontinentalnim krajevima koje su izložene djelovanju soli.					
XD1	Umjerenom vlažan	Betonske površine izložene kloridima iz zraka.	0,55	300	C30/37
XD2	Vlažan, rjeđe suh	Bazeni, beton izložen industrijskim vodama koje sadrže kloride.	0,55	300	C30/37
XD3	Naizmjenično vlažan i suh	Dijelovi mostova izloženi prskanju s kloridima, kolnici, parkirališta, međukatne konstrukcije javnih garaža.	0,45	320	C35/45

ODREĐIVANJE RAZREDA IZLOŽENOSTI KONSTRUKCIJE

Oznaka razreda	Opis okoliša	Primjer	Max v/c	Min cement [kg/m ³]	Razred čvrstoće
4 Korozija uzrokovana kloridima iz morske vode (H₂O, Cl).					
Betonske konstrukcije u morskom okolišu.					
XS1	Izloženost solima iz zraka, ali ne u izravnom dodiru s morskom vodom	Konstrukcije blizu mora ili na obali.	0,50	300	C30/37
XS2	Stalna uronjenost	Dijelovi konstrukcije u moru.	0,45	320	C35/45
XS3	Područje plime i oseke i područje valova i zapljuskivanja	Dijelovi konstrukcije u moru.	0,45	340	C35/45
5 Djelovanje smrzavanja i odmrzavanja sa soli za odmrzavanje ili bez nje. Oštećenja betona.					
XF1	Umjerena zasićenost vodom bez soli za odmrzavanje	Vertikalne površine betona izložene kiši i smrzavanju.	0,55	300	C30/37
XF2	Umjerena zasićenost vodom sa solima za odmrzavanje	Vertikalne površine betona cestovnih konstrukcija izložene smrzavanju i solima za odmrzavanje iz zraka.	0,55	300	C25/30
XF3	Visoka zasićenost vodom bez soli za odmrzavanje	Horizontalne površine betona izložene kiši i smrzavanju.	0,50	320	C30/37
XF4	Visoka zasićenost vodom sa solima za odmrzavanje	Kolnici i mostovske kolničke ploče izložene solima za odmrzavanje. Površine betona izložene prskanju vodom koja sadrži soli za odmrzavanje i smrzavanju. Područja vlaženja morem izložena smrzavanju.	0,45	340	C30/37
6 Kemijsko djelovanje iz prirodnog tla i podzemne vode.					
Dana je razredba kemijski agresivnog okoliša ovisno o vrijednosti pojedinih kemijskih karakteristika (sadržaj SO ₄ ²⁻ , CO ₃ , NH ₄ ⁺ , Mg ²⁺ , pH, kiselost). Ako se radi o djelovanjima izvan te razredbe, drugim agresivnim kemikalijama, velikoj brzini vode u kombinaciji sa određenim kemikalijama, može biti potrebna posebna studija za utvrđivanje odgovarajuće izloženosti.					
XA1	Lagano kemijski agresivan okoliš	Prirodno tlo ili podzemna voda	0,55	300	C30/37
XA2	Umjereno kemijski agresivan okoliš	Prirodno tlo ili podzemna voda	0,50	320	C30/37
XA3	Vrlo kemijski agresivan okoliš	Prirodno tlo ili podzemna voda	0,45	360	C35/45

ODREĐIVANJE RAZREDA IZLOŽENOSTI KONSTRUKCIJE

● OGRADA TIPa NEW JERSEY: XC4, XD3, XF4

- Ograda tipa New Jersey je izložena svim najnepovoljnijim utjecajima kao i kolnička ploča, tj.
 - kiši,
 - prskanju kloridima,
 - odmrzavanju
 - te solima za odmrzavanje iz zraka.

ODREĐIVANJE RAZREDA IZLOŽENOSTI KONSTRUKCIJE

Oznaka razreda	Opis okoliša	Primjer	Max v/c	Min cement [kg/m ³]	Razred čvrstoće
1 Nema rizika korozije. Većina praktične primjene betona u zatvorenim prostorima.					
X0	Nearmirani beton ili beton u koji nije ugrađen metal: svi uvjeti izloženosti izuzev ciklusa smrzavanje /odmrzavanje, abrazije ili kemijskog djelovanja Armirani beton ili beton u koji je ugrađen metal: vrlo suh okoliš	Beton u tlu bez izloženosti smrzavanju. Beton unutar građevine s vrlo niskom vlažnosti zraka.	-	-	C12/15
2 Korozija uzrokovana karbonatizacijom (H₂O, CO₂). Većina praktične primjene betona u vanjskim uvjetima, uz ograničenje u slučaju izloženosti konstrukcije ili njenog dijela djelovanju soli. Utjecaji koji potiču koroziju armature.					
XC1	Suh ili stalno vlažan	Beton unutar građevina s niskom vlagom zraka. Beton stalno u vodi.	0,65	260	C20/25
XC2	Vlažan, rjeđe suh	Betonske površine izložene dugotrajnom dodiru s vodom. Mnogi temelji.	0,60	280	C25/30
XC3	Umjereno vlažan	Beton unutar građevina s umjerenom ili visokom vlažnosti zraka. Vanjski beton zaštićen od kiše.	0,55	280	C30/37
XC4	Naizmjenično vlažan i suh	Betonske površine u dodiru s vodom, koje nisu u XC2. Vanjski elementi izloženi kiši.	0,50	300	C30/37
3 Korozija uzrokovana kloridima koji nisu iz mora (H₂O, Cl). Beton konstrukcija u kontinentalnim krajevima koje su izložene djelovanju soli.					
XD1	Umjereno vlažan	Betonske površine izložene kloridima iz zraka.	0,55	300	C30/37
XD2	Vlažan, rjeđe suh	Bazeni, beton izložen industrijskim vodama koje sadrže kloride.	0,55	300	C30/37
XD3	Naizmjenično vlažan i suh	Dijelovi mostova izloženi prskanju s kloridima, kolnici, parkirališta, međukatne konstrukcije javnih garaža.	0,45	320	C35/45

ODREĐIVANJE RAZREDA IZLOŽENOSTI KONSTRUKCIJE

Oznaka razreda	Opis okoliša	Primjer	Max v/c	Min cement [kg/m ³]	Razred čvrstoće
4 Korozija uzrokovana kloridima iz morske vode (H₂O, Cl). Betonske konstrukcije u morskom okolišu.					
XS1	Izloženost solima iz zraka, ali ne u izravnom dodiru s morskom vodom	Konstrukcije blizu mora ili na obali.	0,50	300	C30/37
XS2	Stalna uronjenost	Dijelovi konstrukcije u moru.	0,45	320	C35/45
XS3	Područje plime i oseke i područje valova i zapljuskivanja	Dijelovi konstrukcije u moru.	0,45	340	C35/45
5 Djelovanje smrzavanja i odmrzavanja sa soli za odmrzavanje ili bez nje. Oštećenja betona.					
XF1	Umjerena zasićenost vodom bez soli za odmrzavanje	Vertikalne površine betona izložene kiši i smrzavanju.	0,55	300	C30/37
XF2	Umjerena zasićenost vodom sa solima za odmrzavanje	Vertikalne površine betona cestovnih konstrukcija izložene smrzavanju i solima za odmrzavanje iz zraka.	0,55	300	C25/30
XF3	Visoka zasićenost vodom bez soli za odmrzavanje	Horizontalne površine betona izložene kiši i smrzavanju.	0,50	320	C30/37
XF4	Visoka zasićenost vodom sa solima za odmrzavanje	Kolnici i mostovske kolničke ploče izložene solima za odmrzavanje. Površine betona izložene prskanju vodom koja sadrži soli za odmrzavanje i smrzavanju. Područja vlaženja morem izložena smrzavanju.	0,45	340	C30/37
6 Kemijsko djelovanje iz prirodnog tla i podzemne vode. Dana je razredba kemijski agresivnog okoliša ovisno o vrijednosti pojedinih kemijskih karakteristika (sadržaj SO ₄ ²⁻ , CO ₃ , NH ₄ ⁺ , Mg ²⁺ , pH, kiselost). Ako se radi o djelovanjima izvan te razredbe, drugim agresivnim kemikalijama, velikoj brzini vode u kombinaciji sa određenim kemikalijama, može biti potrebna posebna studija za utvrđivanje odgovarajuće izloženosti.					
XA1	Lagano kemijski agresivan okoliš	Prirodno tlo ili podzemna voda	0,55	300	C30/37
XA2	Umjereno kemijski agresivan okoliš	Prirodno tlo ili podzemna voda	0,50	320	C30/37
XA3	Vrlo kemijski agresivan okoliš	Prirodno tlo ili podzemna voda	0,45	360	C35/45

ODREĐIVANJE RAZREDA IZLOŽENOSTI KONSTRUKCIJE

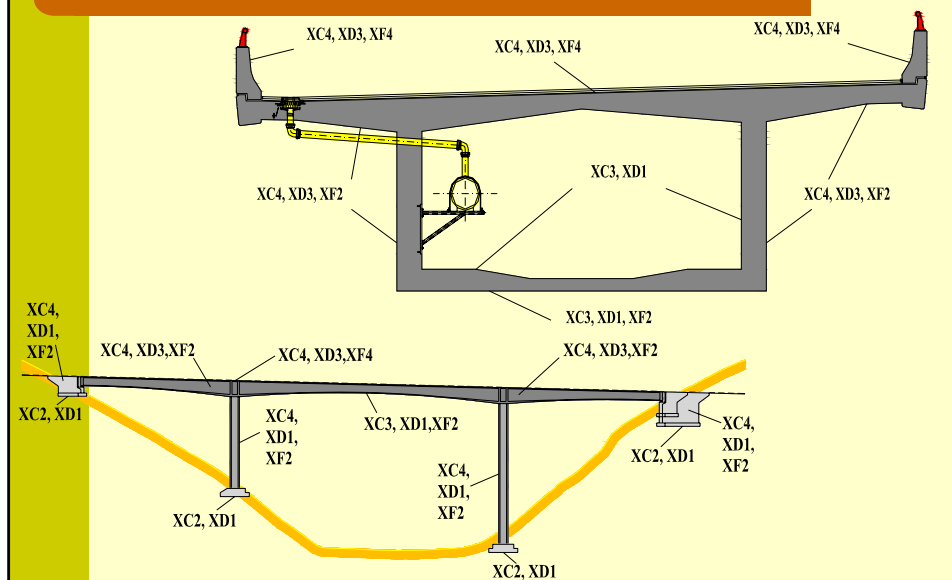
● PRIJELAZNA PLOČA: XC2, XD1

- Prijelazna ploča je kao i temelji izložena dugotrajnom dodiru s vodom pa se svrstava u razred XC2.
- Također je izložena i umjerenom djelovanju klorida iz zraka stoga treba razmotriti razred XD1.

ODREĐIVANJE RAZREDA IZLOŽENOSTI KONSTRUKCIJE

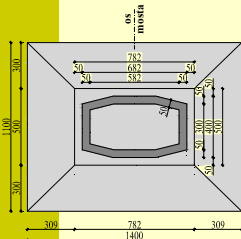
Oznaka razreda	Opis okoliša	Primjer	Max v/c	Min cement [kg/m ³]	Razred čvrstoće
1 Nema rizika korozije. Većina praktične primjene betona u zatvorenim prostorima.					
X0	Nearmirani beton ili beton u koji nije ugrađen metal: svi uvjeti izloženosti izuzev ciklusa smrzavanje /odmrzavanje, abrazije ili kemijskog djelovanja Armirani beton ili beton u koji je ugrađen metal: vrlo suh okoliš	Beton u tlu bez izloženosti smrzavanju. Beton unutar građevine s vrlo niskom vlažnosti zraka.	-	-	C12/15
2 Korozija uzrokovana karbonatizacijom (H₂O, CO₂). Većina praktične primjene betona u vanjskim uvjetima, uz ograničenje u slučaju izloženosti konstrukcije ili njenog dijela djelovanju soli. Utjecaji koji potiču koroziju armature.					
XC1	Suh ili stalno vlažan	Beton unutar građevina s niskom vlagom zraka. Beton stalno u vodi.	0,65	260	C20/25
XC2	Vlažan, rjeđe suh	Betonske površine izložene dugotrajnom dodiru s vodom. Mnogi temelji.	0,60	280	C25/30
XC3	Umjerenom vlažan	Beton unutar građevina s umjerenom ili visokom vlažnosti zraka. Vanjski beton zaštićen od kiše.	0,55	280	C30/37
XC4	Naizmjenično vlažan i suh	Betonske površine u dodiru s vodom, koje nisu u XC2. Vanjski elementi izloženi kiši.	0,50	300	C30/37
3 Korozija uzrokovana kloridima koji nisu iz mora (H₂O, Cl). Beton konstrukcija u kontinentalnim krajevima koje su izložene djelovanju soli.					
XD1	Umjerenom vlažan	Betonske površine izložene kloridima iz zraka.	0,55	300	C30/37
XD2	Vlažan, rjeđe suh	Bazeni, beton izložen industrijskim vodama koje sadrže kloride.	0,55	300	C30/37
XD3	Naizmjenično vlažan i suh	Dijelovi mostova izloženi prskanju s kloridima, kolnici, parkirališta, međukatne konstrukcije javnih garaža.	0,45	320	C35/45

ODREĐIVANJE RAZREDA IZLOŽENOSTI KONSTRUKCIJE



ODREĐIVANJE RAZREDA I SASTAVA BETONA I ZAŠITNOG SLOJA

● TEMELJI



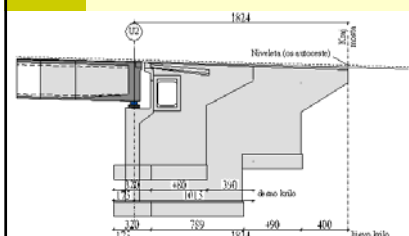
OZNAKA RAZREDA	XC2	XD1	
OPIS OKOLIŠA I VRSTE DJELOVANJA NA KONSTRUKCIJSKI ELEMENT	- vlažan okoliš, površina temelja u dugotrajnom dotiru s vodom	- umjereno vlažan okoliš, površina temelja izložena klonovima iz zraka	Usvojeno
RAZRED TLAČNE ČVRSTOĆE BETONA			
Najmanji:	C25/30	C30/37	-
Odabran:	C30/37	C30/37	C30/37
Najveći v/c omjer:	0,60	0,55	0,55
Najmanja količina cementa [kg/m³]:	280	300	300
RAZRED KONSTRUKCIJE			
Početni:	S4	S4	S4
Uporabni vijek 100 god.:	+2	+2	+2
Razred čvrstoće $\geq C35/45^{(1)}$; $\geq C40/50^{(2)}$:	.(1)	.(2)	-
Geometrija elementa:	-	-	-
Posebna kontrola kvalitete:	-	-	-
Konačno:	S6	S6	S6
NAJMANJA DEBLJINA ZAŠITNOG SLOJA ZA OSIGURANJE TRAJNOSTI ($c_{min,dur}$)			
	35	45	45
Povećanje za dodatnu sigurnost ($\Delta c_{dur,\gamma}$):	-	-	-
Umanjenje zbog uporabe nehrđajućeg čelika ($\Delta c_{dur,st}$):	-	-	-
Umanjenje zbog uporabe dodatne zaštite; premazi i sl. ($\Delta c_{dur,sdd}$):	-	-	-
DOPUŠTENO ODPUSTANJE U IZVEDBI (Δc_{dev}):	-	-	10
NOMINALNA DEBLJINA ZAŠITNOG SLOJA ARMATURNOG ČELIKA ($c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$) [mm]			55

ODREĐIVANJE RAZREDA I SASTAVA BETONA I ZAŠTITNOG SLOJA STUPOVI □ Vanjske plohe	OZNAKA RAZREDA XC4 XD1 XF2			
	OPIS OKOLIŠA I VRSTE DJELOVANJA NA KONSTRUKCIJSKI ELEMENT			
ODREĐIVANJE RAZREDA I SASTAVA BETONA I ZAŠTITNOG SLOJA	RAZRED TLAČNE ČVRSTOĆE BETONA			
	RAZRED KONSTRUKCIJE			
ODREĐIVANJE RAZREDA I SASTAVA BETONA I ZAŠTITNOG SLOJA	NAJMANJA DEBLJINA ZAŠTITNOG SLOJA ZA OSIGURANJE TRAJNOSTI ($c_{min,dev}$)			
	POVEĆANJE ZA DODATNU SIGURNOST ($\Delta c_{dur,y}$):			
ODREĐIVANJE RAZREDA I SASTAVA BETONA I ZAŠTITNOG SLOJA	UMANJENJE ZBOG UPORABE NEHRĐAJUĆEG ČELIKA ($\Delta c_{dur,st}$):			
	UMANJENJE ZBOG UPORABE DODATNE ZAŠTITE; PREMAZI I SL. ($\Delta c_{dur,add}$):			
ODREĐIVANJE RAZREDA I SASTAVA BETONA I ZAŠTITNOG SLOJA	DOPUŠTENO ODSTUPANJE U IZVEDBI (Δc_{dev}):			
	NOMINALNA DEBLJINA ZAŠTITNOG SLOJA ARMATURNOG ČELIKA ($c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$) [mm]			

ODREĐIVANJE RAZREDA I SASTAVA BETONA I ZAŠTITNOG SLOJA STUPOVI □ Unutrašnje plohe	OZNAKA RAZREDA XC3 XD1			
	OPIS OKOLIŠA I VRSTE DJELOVANJA NA KONSTRUKCIJSKI ELEMENT			
ODREĐIVANJE RAZREDA I SASTAVA BETONA I ZAŠTITNOG SLOJA	RAZRED TLAČNE ČVRSTOĆE BETONA			
	RAZRED KONSTRUKCIJE			
ODREĐIVANJE RAZREDA I SASTAVA BETONA I ZAŠTITNOG SLOJA	NAJMANJA DEBLJINA ZAŠTITNOG SLOJA ZA OSIGURANJE TRAJNOSTI ($c_{min,dev}$)			
	POVEĆANJE ZA DODATNU SIGURNOST ($\Delta c_{dur,y}$):			
ODREĐIVANJE RAZREDA I SASTAVA BETONA I ZAŠTITNOG SLOJA	UMANJENJE ZBOG UPORABE NEHRĐAJUĆEG ČELIKA ($\Delta c_{dur,st}$):			
	UMANJENJE ZBOG UPORABE DODATNE ZAŠTITE; PREMAZI I SL. ($\Delta c_{dur,add}$):			
ODREĐIVANJE RAZREDA I SASTAVA BETONA I ZAŠTITNOG SLOJA	DOPUŠTENO ODSTUPANJE U IZVEDBI (Δc_{dev}):			
	NOMINALNA DEBLJINA ZAŠTITNOG SLOJA ARMATURNOG ČELIKA ($c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$) [mm]			

ODREĐIVANJE RAZREDA I SASTAVA BETONA I ZAŠTITNOG SLOJA

● UPORNJACI

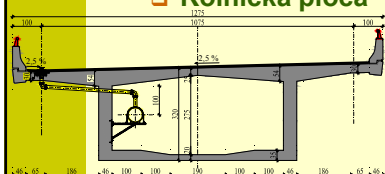


OZNAKA RAZREDA	XC4	XD1	XF2	
OPIS OKOLIŠA I VRSTE DJELOVANJA NA KONSTRUKCIJSKI ELEMENT	- nizmjereno vlažan suh okoliš, površina upornjaka izložena kili	- umjereno vlažan okoliš, površina upornjaka izložena klonovima iz zraka	- umjerena izloženost površine upornjaka smrzavanju i solima razodmrzavanje iz zraka	Usvojeno
RAZRED TLAČNE ČVRSTOĆE BETONA				
Najmanji:	C30/37	C30/37	C25/30	-
Odabran:	C30/37	C30/37	-	C30/37
Najveći v/c omjer:	0,50	0,55	0,55	0,50
Najmanja količina cementa [kg/m³]:	300	300	300	300
RAZRED KONSTRUKCIJE				
Početni:	S4	S4	-	S4
Uporabni vijek 100 god.:	+2	+2	-	+2
Razred čvrstoće ≥C40/50:	-	-	-	-
Geometrija elementa:	-	-	-	-
Posebna kontrola kvalitete:	-	-	-	-
Konačno:	S6	S6	-	S6
NAJMANJA DEBLJINA ZAŠTITNOG SLOJA ZA OSIGURANJE TRAJNOSTI ($c_{min,dir}$)	40	45	-	45
Povećanje za dodatnu sigurnost ($\Delta c_{dir,y}$):	-	-	-	-
Umanjenje zbog uporabe nehrđajućeg čelika ($\Delta c_{dir,a}$):	-	-	-	-
Umanjenje zbog uporabe dodatne zaštite; premazi i sl. ($\Delta c_{dir,add}$):	-	-	-	-
DOPUŠTEN Odstupanje u izvedbi (Δc_{dev}):	-	-	-	10
NOMINALNA DEBLJINA ZAŠTITNOG SLOJA ARMATURNOG ČELIKA ($c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$) [mm]	-	-	-	55

ODREĐIVANJE RAZREDA I SASTAVA BETONA I ZAŠTITNOG SLOJA

● RASPONSKI SKLOP

□ Kolnička ploča

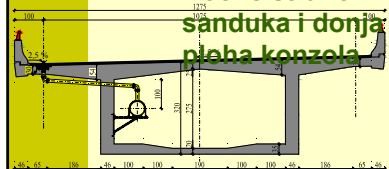


OZNAKA RAZREDA	XC4	XD3	XF4	
OPIS OKOLIŠA I VRSTE DJELOVANJA NA KONSTRUKCIJSKI ELEMENT	- nizmjereno vlažan suh okoliš, dijelovi rasponskog sklopa izloženi kili	- nizmjereno vlažan suh okoliš, dijelovi rasponskog sklopa izloženi priključu klonovima	- površine izložene smrzavanju i pukotinu vodom razodmrzavanje solima razodmrzavanje vrućica razodmrzavanje	Usvojeno
RAZRED TLAČNE ČVRSTOĆE BETONA				
Najmanji:	C30/37	C35/45	C30/37	-
Odabran:	C40/50	C40/50	-	C40/50
Najveći v/c omjer:	0,50	0,45	0,45	0,45
Najmanja količina cementa [kg/m³]:	300	320	340	340
RAZRED KONSTRUKCIJE				
Početni:	S4	S4	-	S4
Uporabni vijek 100 god.:	+2	+2	-	+2
Razred čvrstoće ≥C40/50(1): ≥C45/55(2):	-1(1)	(2)	-	-
Geometrija elementa:	-	-	-	-
Posebna kontrola kvalitete:	-	-	-	-
Konačno:	S5	S6	-	S6
NAJMANJA DEBLJINA ZAŠTITNOG SLOJA ZA OSIGURANJE TRAJNOSTI ($c_{min,dir}$)	35	55	-	55
Povećanje za dodatnu sigurnost ($\Delta c_{dir,y}$):	-	-	-	-
Umanjenje zbog uporabe nehrđajućeg čelika ($\Delta c_{dir,a}$):	-	-	-	-
Umanjenje zbog uporabe dodatne zaštite; premazi i sl. ($\Delta c_{dir,add}$):	-	-	-	-
DOPUŠTEN Odstupanje u izvedbi (Δc_{dev}):	-	-	-	10
NOMINALNA DEBLJINA ZAŠTITNOG SLOJA ARMATURNOG ČELIKA ($c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$) [mm]	-	-	-	65
NAJMANJA DEBLJINA ZAŠTITNOG SLOJA NATEGA	45	65	-	65
DOPUŠTEN Odstupanje u izvedbi (Δc_{dev}):	-	-	-	10
NOMINALNA DEBLJINA ZAŠTITNOG SLOJA NATEGA ($c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$) [mm]	-	-	-	75

ODREĐIVANJE RAZREDA I SASTAVA BETONA I ZAŠITNOG SLOJA

● RASPONSKI SKLOP

□ Bočne strane
sanduka i donja
ploča konzola

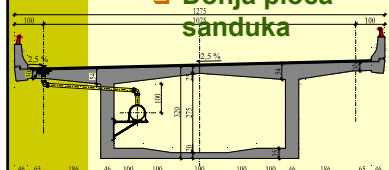


OZNAKA RAZREDA	XC4	XD3	XF2	
OPIS OKOLIŠA I VRSTE DJELOVANJA NA KONSTRUKCIJSKI ELEMENT	- namjerno vlažani okoliši, djelovi rasponnog sklopa izloženi kili	- namjerno vlažani okoliši, djelovi rasponnog sklopa izloženi puknuju kloridima	- površine izložene smrzavanju solima za održavanje iz zraka - umjerena zračnost	Usvojeno
RAZRED TLAČNE ČVRSTOĆE BETONA				
Najmanji:	C30/37	C35/45	C30/37	-
Odabran:	C40/50	C40/50	-	C40/50
Najveći v/c omjer:	0,50	0,45	0,55	0,45
Najmanja količina cementa [kg/m³]:	300	320	300	320
RAZRED KONSTRUKCIJE				
Početni:	S4	S4	-	S4
Uporabni vijek 100 god.:	+2	+2	-	+2
Razred čvrstoće $\geq C40/50^{(1)}$, $\geq C45/55^{(2)}$:	-1 ⁽¹⁾	-2 ⁽²⁾	-	-
Geometrija elementa:	-	-	-	-
Posebna kontrola kvalitete:	-	-	-	-
Konačno:	S5	S6	-	S6
NAJMANJA DEBLJINA ZAŠITNOG SLOJA ZA OSIGURANJE TRAJNOSTI ($c_{min,dev}$)	35	55	-	55
Povećanje za dodatnu sigurnost ($\Delta c_{dev,2}$):	-	-	-	-
Umanjenje zbog uporabe nehrđajućeg čelika ($\Delta c_{dev,3}$):	-	-	-	-
Umanjenje zbog uporabe dodatne zaštite; premazi i sl. ($\Delta c_{dev,4,5}$):	-	-	-	-
DOPUŠTENO ODSTUPANJE U IZVEDBI (Δc_{dev}):	-	-	-	10
NOMINALNA DEBLJINA ZAŠITNOG SLOJA ARMATURNOG ČELIKA ($c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$) [mm]	-	-	-	65
NAJMANJA DEBLJINA ZAŠITNOG SLOJA NATEGA	45	65	-	65
DOPUŠTENO ODSTUPANJE U IZVEDBI (Δc_{dev}):	-	-	-	10
NOMINALNA DEBLJINA ZAŠITNOG SLOJA NATEGA ($c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$) [mm]	-	-	-	75

ODREĐIVANJE RAZREDA I SASTAVA BETONA I ZAŠITNOG SLOJA

● RASPONSKI SKLOP

□ Donja ploča
sanduka

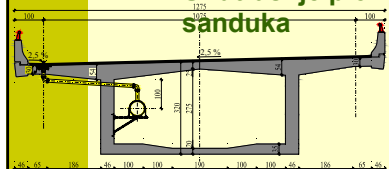


OZNAKA RAZREDA	XC3	XD1	XF2	
OPIS OKOLIŠA I VRSTE DJELOVANJA NA KONSTRUKCIJSKI ELEMENT	- umjereno vlažan okoliš, djelovi rasponnog sklopa izloženi od kile	- umjereno vlažan okoliš, djelovi rasponnog sklopa izloženi kloridima iz zraka	- površine izložene smrzavanju solima za održavanje iz zraka - umjerena zračnost	Usvojeno
RAZRED TLAČNE ČVRSTOĆE BETONA				
Najmanji:	C30/37	C30/37	C30/37	-
Odabran:	C40/50	C40/50	-	C40/50
Najveći v/c omjer:	0,55	0,55	0,55	0,55
Najmanja količina cementa [kg/m³]:	280	300	300	300
RAZRED KONSTRUKCIJE				
Početni:	S4	S4	-	S4
Uporabni vijek 100 god.:	+2	+2	-	+2
Razred čvrstoće $\geq C35/45^{(1)}$, $\geq C40/50^{(2)}$:	-1 ⁽¹⁾	-1 ⁽²⁾	-	-1
Geometrija elementa:	-	-	-	-
Posebna kontrola kvalitete:	-	-	-	-
Konačno:	S5	S5	-	S5
NAJMANJA DEBLJINA ZAŠITNOG SLOJA ZA OSIGURANJE TRAJNOSTI ($c_{min,dev}$)	30	40	-	40
Povećanje za dodatnu sigurnost ($\Delta c_{dev,2}$):	-	-	-	-
Umanjenje zbog uporabe nehrđajućeg čelika ($\Delta c_{dev,3}$):	-	-	-	-
Umanjenje zbog uporabe dodatne zaštite; premazi i sl. ($\Delta c_{dev,4,5}$):	-	-	-	-
DOPUŠTENO ODSTUPANJE U IZVEDBI (Δc_{dev}):	-	-	-	10
NOMINALNA DEBLJINA ZAŠITNOG SLOJA ARMATURNOG ČELIKA ($c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$) [mm]	-	-	-	50
NAJMANJA DEBLJINA ZAŠITNOG SLOJA NATEGA	40	50	-	50
DOPUŠTENO ODSTUPANJE U IZVEDBI (Δc_{dev}):	-	-	-	10
NOMINALNA DEBLJINA ZAŠITNOG SLOJA NATEGA ($c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$) [mm]	-	-	-	60

ODREĐIVANJE RAZREDA I SASTAVA BETONA I ZAŠITNOG SLOJA

● RASPONSKI SKLOP

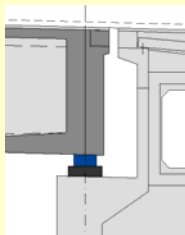
□ Unutrašnje plohe
Sanduka



OZNAKA RAZREDA	XC3	XD1	
OPIS OKOLIŠA I VRSTE DJELOVANJA NA KONSTRUKCIJSKI ELEMENT	- umjereno vlažan okoliš, dijelovi rasponskog sklopa zaštićeni od kile	- umjereno vlažan okoliš, dijelovi rasponskog sklopa izloženi klondima iz zraka	Usvojeno
RAZRED TLAČNE ČVRSTOĆE BETONA			
Najmanji:	C30/37	C30/37	-
Odabran:	C40/50	C40/50	C40/50
Najveći v/c omjer:	0,55	0,55	0,55
Najmanja količina cementa [kg/m³]:	280	300	300
RAZRED KONSTRUKCIJE			
Početni:	S4	S4	S4
Uporabni vijek 100 god.:	+2	+2	+2
Razred čvrstoće $\geq C35/45^{(1)}$; $\geq C40/50^{(2)}$:	-1 ⁽¹⁾	-1 ⁽²⁾	-1
Geometrija elementa:	-	-	-
Posebna kontrola kvalitete:	-	-	-
Konačno:	S5	S5	S5
NAJMANJA DEBLJINA ZAŠITNOG SLOJA ZA OSIGURANJE TRAJNOSTI ($c_{min,dur}$)	30	40	40
Povećanje za dodatnu sigurnost ($\Delta c_{dur,y}$):	-	-	-
Umanjenje zbog uporabe nehrđajućeg čelika ($\Delta c_{dur,st}$):	-	-	-
Umanjenje zbog uporabe dodatne zaštite; premazi i sl. ($\Delta c_{dur,ada}$):	-	-	-
DOPUŠTEN ODSUPANJE U IZVEDBI (Δc_{dur}):	-	-	10
NOMINALNA DEBLJINA ZAŠITNOG SLOJA ARMATURNOG ČELIKA ($c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dur}$) [mm]	-	-	50
NAJMANJA DEBLJINA ZAŠITNOG SLOJA NATEGA	40	50	50
DOPUŠTEN ODSUPANJE U IZVEDBI (Δc_{dur}):	-	-	10
NOMINALNA DEBLJINA ZAŠITNOG SLOJA NATEGA ($c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dur}$) [mm]	-	-	60

ODREĐIVANJE RAZREDA I SASTAVA BETONA I ZAŠITNOG SLOJA

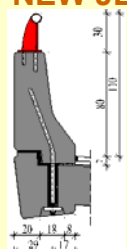
● LEŽAJNI KVADRI



OZNAKA RAZREDA	XC3	XD1	XF2	
OPIS OKOLIŠA I VRSTE DJELOVANJA NA KONSTRUKCIJSKI ELEMENT	- umjereno vlažan okoliš, dijelovi konstrukcije zaštićeni od kile	- umjereno vlažan okoliš, dijelovi konstrukcije izloženi klondima iz zraka	- površine izložene smrzavanju i solima za odmrzavanje iz zraka - umjerena zaštitenost	Usvojeno
RAZRED TLAČNE ČVRSTOĆE BETONA				
Najmanji:	C30/37	C30/37	C30/37	-
Odabran:	C45/55	C45/55	-	C45/55
Najveći v/c omjer:	0,55	0,55	0,55	0,55
Najmanja količina cementa [kg/m³]:	280	300	300	300
RAZRED KONSTRUKCIJE				
Početni:	S4	S4	-	S4
Uporabni vijek 100 god.:	+2	+2	-	+2
Razred čvrstoće $\geq C35/45^{(1)}$; $\geq C40/50^{(2)}$:	-1 ⁽¹⁾	-1 ⁽²⁾	-	-1
Geometrija elementa:	-	-	-	-
Posebna kontrola kvalitete:	-	-	-	-
Konačno:	S5	S5	-	S5
NAJMANJA DEBLJINA ZAŠITNOG SLOJA ZA OSIGURANJE TRAJNOSTI ($c_{min,dur}$)	30	40	-	40
Povećanje za dodatnu sigurnost ($\Delta c_{dur,y}$):	-	-	-	-
Umanjenje zbog uporabe nehrđajućeg čelika ($\Delta c_{dur,st}$):	-	-	-	-
Umanjenje zbog uporabe dodatne zaštite; premazi i sl. ($\Delta c_{dur,ada}$):	-	-	-	-
DOPUŠTEN ODSUPANJE U IZVEDBI (Δc_{dur}):	-	-	-	10
NOMINALNA DEBLJINA ZAŠITNOG SLOJA ARMATURNOG ČELIKA ($c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dur}$) [mm]	-	-	-	50

ODREĐIVANJE RAZREDA I SASTAVA BETONA I ZAŠTITNOG SLOJA

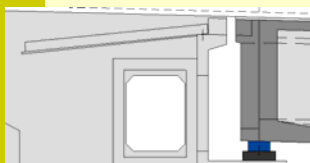
● NEW JERSEY



OZNAKA RAZREDA	XC4	XD3	XF4	
OPIS OKOLIŠA I VRSTE DJELOVANJA NA KONSTRUKCIJSKI ELEMENT	- nizmjenično vlažanih okoliš, dijelovi ograde izloženi kiši	- nizmjenično vlažanih okoliš, dijelovi ograde izloženi prskanju klonovima	- površine izložene smrzavanju i prskanju vodom sa silnom solima za održavanje - visoka rasjetenost	Usvojeno
RAZRED TLAČNE ČVRSTOĆE BETONA				
Najmanji:	C30/37	C35/45	C30/37	-
Odabran:	C40/50	C40/50	-	C40/50
Najveći v/c omjer:	0,50	0,45	0,45	0,45
Najmanja količina cementa [kg/m³]:	300	320	340	340
RAZRED KONSTRUKCIJE				
Početni:	S4	S4	-	S4
Uporabni vijek 100 god.:	+2	+2	-	+2
Razred čvrstoće C40/50 ⁽¹⁾ ; C45/55 ⁽²⁾ :	-1 ⁽¹⁾	-2 ⁽²⁾	-	-
Geometrija elementa:	-	-	-	-
Posebna kontrola kvalitete:	-	-	-	-
Konačno:	S5	S6	-	S6
NAJMANJA DEBLJINA ZAŠTITNOG SLOJA ZA OSIGURANJE TRAJNOSTI ($c_{min,dur}$)	35	55	-	55
Povećanje za dodatnu sigurnost ($\Delta c_{dur,y}$):				-
Umanjenje zbog uporabe nehrđajućeg čelika ($\Delta c_{dur,a}$):				-
Umanjenje zbog uporabe dodatne zaštite; premazi i sl. ($\Delta c_{dur,sdd}$):				-
DOPUŠTENO ODSTUPANJE U IZVEDBI (Δc_{dev}):				10
NOMINALNA DEBLJINA ZAŠTITNOG SLOJA ARMATURNOG ČELIKA ($c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$) [mm]				65

ODREĐIVANJE RAZREDA I SASTAVA BETONA I ZAŠTITNOG SLOJA

● PRIJELAZNA PLOČA



OZNAKA RAZREDA	XC2	XD1	
OPIS OKOLIŠA I VRSTE DJELOVANJA NA KONSTRUKCIJSKI ELEMENT	- vlažan okoliš, površina prijelazne ploče u dugotrajnom dotiru s vodom	- umjereno vlažan okoliš, površina prijelazne ploče izložena klonovima iz zraka	Usvojeno
RAZRED TLAČNE ČVRSTOĆE BETONA			
Najmanji:	C25/30	C30/37	-
Odabran:	C30/37	C30/37	C30/37
Najveći v/c omjer:	0,60	0,55	0,55
Najmanja količina cementa [kg/m³]:	280	300	300
RAZRED KONSTRUKCIJE			
Početni:	S4	S4	S4
Uporabni vijek 100 god.:	+2	+2	+2
Razred čvrstoće C35/45 ⁽¹⁾ ; C40/50 ⁽²⁾ :	-1 ⁽¹⁾	-2 ⁽²⁾	-
Geometrija elementa (pločasti element):	-1	-1	-1
Posebna kontrola kvalitete:	-	-	-
Konačno:	S5	S5	S5
NAJMANJA DEBLJINA ZAŠTITNOG SLOJA ZA OSIGURANJE TRAJNOSTI ($c_{min,dur}$)	30	40	40
Povećanje za dodatnu sigurnost ($\Delta c_{dur,y}$):			-
Umanjenje zbog uporabe nehrđajućeg čelika ($\Delta c_{dur,a}$):			-
Umanjenje zbog uporabe dodatne zaštite; premazi i sl. ($\Delta c_{dur,sdd}$):			-
DOPUŠTENO ODSTUPANJE U IZVEDBI (Δc_{dev}):			10
NOMINALNA DEBLJINA ZAŠTITNOG SLOJA ARMATURNOG ČELIKA ($c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$) [mm]			50

1. ODABIR

Konstrukcijski element	Razredi djelovanja okoliša	Minimalna količina cementa [kg/m³]	Maksimalni v/c faktor	Razred tlačne čvrstoće betona	Debljina zaštitnog sloja armaturnog čelika [mm]	Debljina zaštitnog sloja natega [mm]
Podložni beton	XC2, XD1	-	-	C12/15	-	-
Temelji	XC2, XD1	300	0,55	C30/37	55	-
Stupovi	XC4, XD1, XF2	300	0,50	C35/45	55	-
Upornjaci	XC4, XD1, XF2	300	0,50	C30/37	55	-
Rasponski sklop	XC4, XD3, XF4	340	0,45	C40/50	65	75
Ležajni kvaderi	XC3, XD1, XF2	300	0,55	C45/55	50	-
Ograda tipa New Jersey	XC4, XD3, XF4	340	0,45	C40/50	65	-
Prijelazna ploča	XC2, XD1	300	0,55	C30/37	50	-

- ❑ Dobivene veličine zaštitnih slojeva nekih dijelova konstrukcije su iznimno velike i bilo bi teško ili gotovo nemoguće, konstrukciju izvesti s takvim c.
- ❑ Stoga projektant može predvidjeti npr. veći razred tlačne čvrstoće betona i/ili posvećivanje posebne pozornosti kontroli kvalitete pri izvedbi određenog dijela konstrukcije.

KONAČNI ODABIR

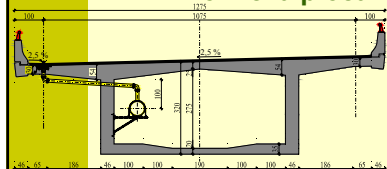
Konstrukcijski element	Razredi djelovanja okoliša	Minimalna količina cementa [kg/m³]	Maksimalni v/c faktor	Razred tlačne čvrstoće betona	Debljina zaštitnog sloja armaturnog čelika [mm]	Debljina zaštitnog sloja natega [mm]
Podložni beton	XC2, XD1	-	-	C12/15	-	-
Temelji	XC2, XD1	300	0,55	C30/37	55	-
Stupovi	XC4, XD1, XF2	300	0,50	C35/45	55	-
Upornjaci	XC4, XD1, XF2	300	0,50	C30/37	55	-
Rasponski sklop	XC4, XD3, XF4	340	0,45	C45/55	55	65
Ležajni kvaderi	XC3, XD1, XF2	300	0,55	C45/55	50	-
Ograda tipa New Jersey	XC4, XD3, XF4	340	0,45	C45/55	55	-
Prijelazna ploča	XC2, XD1	300	0,55	C30/37	50	-

- ❑ Dobivene veličine zaštitnih slojeva nekih dijelova konstrukcije su iznimno velike i bilo bi teško ili gotovo nemoguće, konstrukciju izvesti s takvim c.
- ❑ Stoga projektant može predvidjeti npr. veći razred tlačne čvrstoće betona i/ili posvećivanje posebne pozornosti kontroli kvalitete pri izvedbi određenog dijela konstrukcije.

1. ODABIR

ODREĐIVANJE
RAZREDA I
SASTAVA
BETONA
I ZAŠTITNOG
SLOJA● RASPONSKI
SKLOP

□ Kolnička ploča

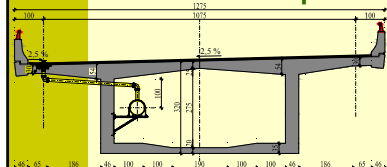


OZNAKA RAZREDA	XC4	XD3	XF4	
OPIS OKOLIŠA I VRSTE DJELOVANJA NA KONSTRUKCIJSKI ELEMENT	- nizmjenično vlažani i suhi okoliš, djelovi rasponskog sklopa izloženi kiši	- nizmjenično vlažani i suhi okoliš, djelovi rasponskog sklopa izloženi prikanju klondima	- povremeno izložene smrzavanju i prikanju vodom različenom soliima za odmrzavanje – visoka različenost	Usvojeno
RAZRED TLAČNE ČVRSTOĆE BETONA				
Najmanji:	C30/37	C35/45	C30/37	-
Odabran:	C40/50	C40/50	-	C40/50
Najveći v/c omjer:	0,50	0,45	0,45	0,45
Najmanja količina cementa [kg/m³]:	300	320	340	340
RAZRED KONSTRUKCIJE				
Početni:	S4	S4	-	S4
Uporabni vijek 100 god.:	+2	+2	-	+2
Razred čvrstoće $\geq C40/50^{(1)}$; $\geq C45/55^{(2)}$:	-1 ⁽¹⁾	-2 ⁽²⁾	-	-
Geometrija elementa:	-	-	-	-
Posebna kontrola kvalitete:	-	-	-	-
Konačno:	S5	S6	-	S6
NAJMANJA DEBLJINA ZAŠTITNOG SLOJA ZA OSIGURANJE TRAJNOSTI ($c_{min,der}$)	35	55	-	55
Povećanje za dodatnu sigurnost ($\Delta c_{der,y}$):	-	-	-	-
Umanjenje zbog uporabe nehrđajućeg čelika ($\Delta c_{der,st}$):	-	-	-	-
Umanjenje zbog uporabe dodatne zaštite; premazi i sl. ($\Delta c_{der,add}$):	-	-	-	-
DOPUSTENO ODSUPANJE U IZVEDBI (Δc_{dev}):	-	-	-	10
NOMINALNA DEBLJINA ZAŠTITNOG SLOJA ARMATURNOG ČELIKA ($c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$) [mm]	-	-	-	65
NAJMANJA DEBLJINA ZAŠTITNOG SLOJA NATEGA	45	65	-	65
DOPUSTENO ODSUPANJE U IZVEDBI (Δc_{dev}):	-	-	-	10
NOMINALNA DEBLJINA ZAŠTITNOG SLOJA NATEGA ($c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$) [mm]	-	-	-	75

KONAČNI ODABIR

ODREĐIVANJE
RAZREDA I
SASTAVA
BETONA
I ZAŠTITNOG
SLOJA● RASPONSKI
SKLOP

□ Kolnička ploča

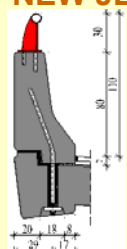


OZNAKA RAZREDA	XC4	XD3	XF4	
OPIS OKOLIŠA I VRSTE DJELOVANJA NA KONSTRUKCIJSKI ELEMENT	- nizmjenično vlažani i suhi okoliš, djelovi rasponskog sklopa izloženi kiši	- nizmjenično vlažani i suhi okoliš, djelovi rasponskog sklopa izloženi prikanju klondima	- povremeno izložene smrzavanju i prikanju vodom različenom soliima za odmrzavanje – visoka različenost	Usvojeno
RAZRED TLAČNE ČVRSTOĆE BETONA				
Najmanji:	C30/37	C35/45	C30/37	-
Odabran:	C45/55	C45/55	-	C45/55
Najveći v/c omjer:	0,50	0,45	0,45	0,45
Najmanja količina cementa [kg/m³]:	300	320	340	340
RAZRED KONSTRUKCIJE				
Početni:	S4	S4	-	S4
Uporabni vijek 100 god.:	+2	+2	-	+2
Razred čvrstoće $\geq C40/50^{(1)}$; $\geq C45/55^{(2)}$:	-1 ⁽¹⁾	-1 ⁽²⁾	-	-1
Geometrija elementa:	-	-	-	-
Posebna kontrola kvalitete:	-1	-1	-	-1
Konačno:	S4	S4	-	S4
NAJMANJA DEBLJINA ZAŠTITNOG SLOJA ZA OSIGURANJE TRAJNOSTI ($c_{min,der}$)	30	45	-	45
Povećanje za dodatnu sigurnost ($\Delta c_{der,y}$):	-	-	-	-
Umanjenje zbog uporabe nehrđajućeg čelika ($\Delta c_{der,st}$):	-	-	-	-
Umanjenje zbog uporabe dodatne zaštite; premazi i sl. ($\Delta c_{der,add}$):	-	-	-	-
DOPUSTENO ODSUPANJE U IZVEDBI (Δc_{dev}):	-	-	-	10
NOMINALNA DEBLJINA ZAŠTITNOG SLOJA ARMATURNOG ČELIKA ($c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$) [mm]	-	-	-	55
NAJMANJA DEBLJINA ZAŠTITNOG SLOJA NATEGA	40	55	-	55
DOPUSTENO ODSUPANJE U IZVEDBI (Δc_{dev}):	-	-	-	10
NOMINALNA DEBLJINA ZAŠTITNOG SLOJA NATEGA ($c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$) [mm]	-	-	-	65

1. ODABIR

ODREĐIVANJE
RAZREDA I
SASTAVA
BETONA
I ZAŠTITNOG
SLOJA

● NEW JERSEY

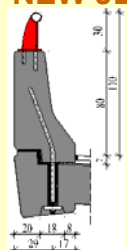


OZNAKA RAZREDA	XC4	XD3	XF4	
OPIS OKOLIŠA I VRSTE DJELOVANJA NA KONSTRUKCIJSKI ELEMENT	- nizmjenično vlažani i suhi okoliš, dijelovi ograde izloženi kloridima	- nizmjenično vlažani i suhi okoliš, dijelovi ograde izloženi prskanju kloridima	- površine izložene smrzavanju i prskanju vodom zasićenom soliima za odmrzavanje – visoka zasićenost	Usvojeno
RAZRED TLAČNE ČVRSTOĆE BETONA				
Najmanji:	C30/37	C35/45	C30/37	-
Odabran:	C40/50	C40/50	-	C40/50
Najveći v/c omjer:	0,50	0,45	0,45	0,45
Najmanja količina cementa [kg/m³]:	300	320	340	340
RAZRED KONSTRUKCIJE				
Početni:	S4	S4	-	S4
Uporabni vijek 100 god:	+2	+2	-	+2
Razred čvrstoće C40/50 ⁽¹⁾ ; C45/55 ⁽²⁾ :	-1 ⁽¹⁾	-1 ⁽²⁾	-	-
Geometrija elementa:	-	-	-	-
Posebna kontrola kvalitete:	-	-	-	-
Konačno:	S5	S6	-	S6
NAJMANJA DEBLJINA ZAŠTITNOG SLOJA ZA OSIGURANJE TRAJNOSTI ($c_{min,dev}$)	35	55	-	55
Povećanje za dodatnu sigurnost ($\Delta c_{dev,y}$):	-	-	-	-
Umanjenje zbog uporabe nehrđajućeg čelika ($\Delta c_{dev,a}$):	-	-	-	-
Umanjenje zbog uporabe dodatne zaštite; premazi i sl. ($\Delta c_{dev,add}$):	-	-	-	-
DOPUŠTENO ODSTUPANJE U IZVEDBI (Δc_{dev}):	-	-	-	10
NOMINALNA DEBLJINA ZAŠTITNOG SLOJA ARMATURNOG ČELIKA ($c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$) [mm]	-	-	-	65

KONAČNI ODABIR

ODREĐIVANJE
RAZREDA I
SASTAVA
BETONA
I ZAŠTITNOG
SLOJA

● NEW JERSEY



OZNAKA RAZREDA	XC4	XD3	XF4	
OPIS OKOLIŠA I VRSTE DJELOVANJA NA KONSTRUKCIJSKI ELEMENT	- nizmjenično vlažani i suhi okoliš, dijelovi ograde izloženi kloridima	- nizmjenično vlažani i suhi okoliš, dijelovi ograde izloženi prskanju kloridima	- površine izložene smrzavanju i prskanju vodom zasićenom soliima za odmrzavanje – visoka zasićenost	Usvojeno
RAZRED TLAČNE ČVRSTOĆE BETONA				
Najmanji:	C30/37	C35/45	C30/37	-
Odabran:	C45/55	C45/55	-	C45/55
Najveći v/c omjer:	0,50	0,45	0,45	0,45
Najmanja količina cementa [kg/m³]:	300	320	340	340
RAZRED KONSTRUKCIJE				
Početni:	S4	S4	-	S4
Uporabni vijek 100 god:	+2	+2	-	+2
Razred čvrstoće C40/50 ⁽¹⁾ ; C45/55 ⁽²⁾ :	-1 ⁽¹⁾	-1 ⁽²⁾	-	-1
Geometrija elementa:	-	-	-	-
Posebna kontrola kvalitete:	-1	-1	-	-1
Konačno:	S4	S4	-	S4
NAJMANJA DEBLJINA ZAŠTITNOG SLOJA ZA OSIGURANJE TRAJNOSTI ($c_{min,dev}$)	30	45	-	45
Povećanje za dodatnu sigurnost ($\Delta c_{dev,y}$):	-	-	-	-
Umanjenje zbog uporabe nehrđajućeg čelika ($\Delta c_{dev,a}$):	-	-	-	-
Umanjenje zbog uporabe dodatne zaštite; premazi i sl. ($\Delta c_{dev,add}$):	-	-	-	-
DOPUŠTENO ODSTUPANJE U IZVEDBI (Δc_{dev}):	-	-	-	10
NOMINALNA DEBLJINA ZAŠTITNOG SLOJA ARMATURNOG ČELIKA ($c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$) [mm]	-	-	-	55

DIMENZIONIRANJE SANDUKA U POPREČNOM SMJERU UZ ZADOVOLJAVANJE UVJETA OGRANIČENJA ŠIRINE PUKOTINA

- Proračun u poprečnom smjeru proveden je na štapnom modelu sanduka širine jedan metar, posebno za presjek u polju, a posebno za presjek nad ležajem.

- Nenapeta armatura određena je uzimajući u obzir GSN

→ za stalnu ili prolaznu proračunsku situaciju

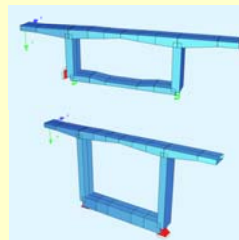
$$S_d = S_d \left[\sum_j (\gamma_{G,j} \cdot G_{k,j}) + \gamma_Q \cdot Q_{k,1} + \sum_{i>1} (\gamma_Q \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}) \right]$$

- te za GSU preko širine pukotina

→ za učestalu (frequent) kombinaciju djelovanja

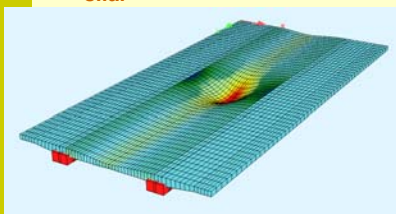
$$S_d = S_d \left[\sum_j (G_{k,j}) + \psi_{11} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i>1} (\psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}) \right]$$

- Ovim proračunom je kroz uzimanje u obzir graničnog stanja pukotina određena potencijalna potreba za dodatnom količinom armature za ograničavanje širine pukotina.

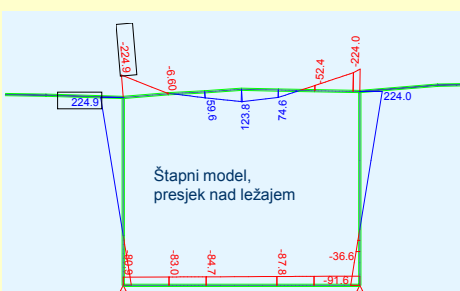
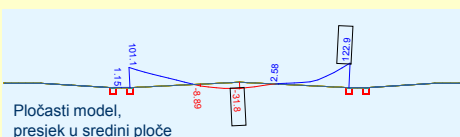


DIMENZIONIRANJE SANDUKA U POPREČNOM SMJERU UZ ZADOVOLJAVANJE UVJETA OGRANIČENJA ŠIRINE PUKOTINA

- Proračunom na pločastom modelu gornje ploče sanduka uzima se u obzir rasprostiranje koncentriranih sila.

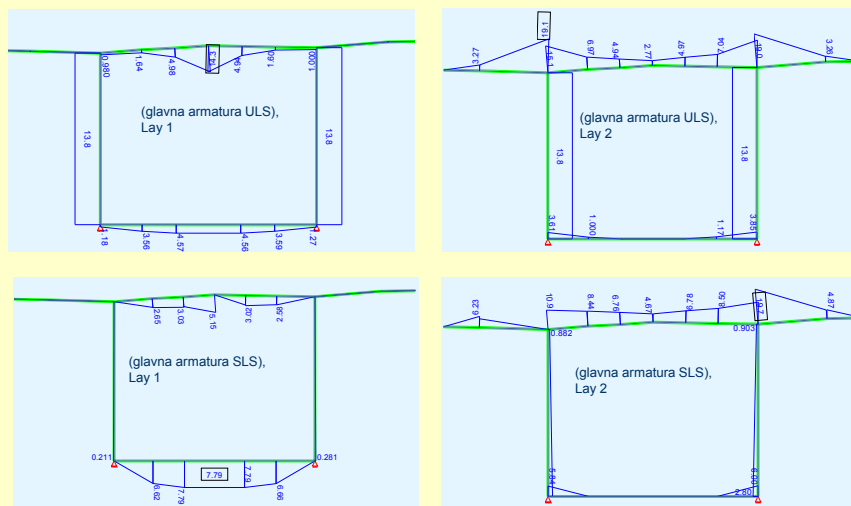


- Na temelju odnosa reznih sila iz proračuna na pločastom i proračuna na štapnom modelu dobivamo koeficijent radukcije za koncentrirane sile od prometnog opterećenja kojim se na štapnom modelu uzima u obzir njihovo rasprostiranje (0,55).



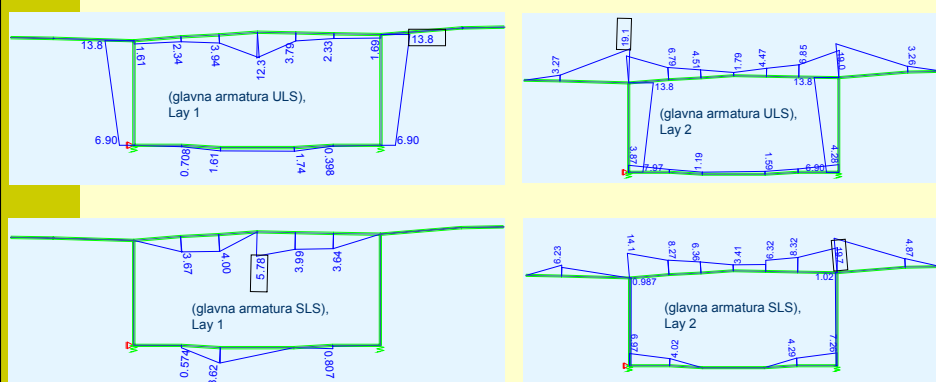
DIMENZIONIRANJE SANDUKA U POPREČNOM SMJERU UZ ZADOVOLJAVANJE UVJETA OGRANIČENJA ŠIRINE PUKOTINA

- **Proračunata armatura:** poprečni presjek nad ležajem



DIMENZIONIRANJE SANDUKA U POPREČNOM SMJERU UZ ZADOVOLJAVANJE UVJETA OGRANIČENJA ŠIRINE PUKOTINA

- **Proračunata armatura:** poprečni presjek u sredini polja



DIMENZIONIRANJE SANDUKA U POPREČNOM SMJERU UZ ZADOVOLJAVANJE UVJETA OGRANIČENJA ŠIRINE PUKOTINA

- Odabrana armatura na temelju proračuna računalom

Kolnička ploča gore	φ 20 / 15 cm	20,9 cm ²
Kolnička ploča dolje	φ 20 / 15 cm	20,9 cm ²
Donja ploča gore	φ 14 / 15 cm	10,3 cm ²
Donja ploča dolje	φ 14 / 15 cm	10,3 cm ²
Hrbat vanjska strana	φ 20 / 15 cm	20,9 cm ²
Hrbat unutarnja strana	φ 20 / 15 cm	20,9 cm ²

RUČNE PROVJERE MINIMALNE ARMATURE POTREBNE ZA OGRANIČENJA ŠIRINE PUKOTINA

$$A_{s,min} = k_c \cdot k \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\sigma_s} \cdot A_{ct}$$

k_c – koeficijent kojim se u obzir uzima priroda raspodjele napona u presjeku neposredno prije pojave pukotina i krak unutarnjih sila u raspucalom stanju

$$k_c = 0,4 \left(1 + \frac{\sigma_{ct}}{k_1 \cdot f_{a,eff}} \right) \leq 1,0 \text{ – za pravokutne presjeke}$$

σ_{ct} – naprezanje u betonu u visini težišne linije presjeka u neraspucalom stanju za djelovanje kombinacije koja će izazvati pojavu prve pukotine

$$\sigma_{ct} = N_{Ed} / A_z$$

$$A_z = b \cdot h$$

b – širina presjeka

k_1 – koeficijent utjecaja uzdužnih sila na raspored napona

$$k_1 = 1,5 \cdot h' / h$$

h – visina presjeka

$$h' = h \text{ za } h < 1,0 \text{ m}$$

$$h' = 1,0 \text{ m za } h \geq 1,0 \text{ m}$$

k – koeficijent utjecaja stvaranja sekundarnih pukotina na smanjenje reznih sila

$$k = 0,8 \text{ – za } h \leq 0,3 \text{ m}$$

$$k = 0,5 \text{ – za rebra } h > 0,8 \text{ m}$$

$$k = 0,8 \text{ – općenito}$$

A_{ct} – površina vlačnog područja tj. dijela presjeka u kojem su postojala vlačna naprezanja neposredno prije prvog raspucavanja

$$A_{ct} = b \cdot h_t$$

h_t – visina vlačnog područja

$$h_t = \frac{f_{a,eff}}{f_{a,eff} - \sigma_{ct}} \cdot z_c$$

z_c – težište presjeka

$f_{ct,eff}$ – proračunska vlačna čvrstoća betona u trenutku prvog raspucavanja: $f_{ct,eff} \approx f_{ctm}$

f_{ctm} – srednja osna vlačna čvrstoća betona (za ovaj primjer iznosi 3,5 N/mm²)

σ_s – naprezanje u vlačnoj armaturi. Uzima se iz tablice za najveći promjer šipke ϕ_s^*

RUČNE PROVJERE MINIMALNE ARMATURE POTREBNE ZA OGRANIČENJA ŠIRINE PUKOTINA

Donja ploča sanduka u sredini presjeka nad ležajem

Ulažne vrijednosti:

$$f_{ct,eff} \approx f_{ctm} = 3,80 \text{ N/mm}^2$$

$$N_{Ed} = \psi_{11} \cdot N_{Qk1} = 0,75 \cdot 67,0 = 50,25 \text{ kN}$$

Proračun:

$$A_{s,min} = \frac{k_1 \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot A_d}{\sigma_s}$$

$$k_1 = 0,4 \left(1 + \frac{\sigma_{ct}}{k_1 \cdot f_{ct,eff}} \right) \leq 1,0$$

$$\sigma_{ct} = N_{Ed} / A_d = 50,25 / 0,8 \cdot 10^{-3} = 0,063 \text{ N/mm}^2$$

$$A_d = b \cdot h = 1,0 \cdot 0,8 = 0,8 \text{ m}^2$$

$$k_1 = 1,5 \cdot h / h' = 1,5 \cdot 0,8 / 0,8 = 1,5$$

$$h = h' \quad \text{za } h < 1,0 \text{ m}$$

$$k_1 = 0,4 \left(1 + \frac{0,063}{1,5 \cdot 3,80} \right) = 0,405 < 1,0$$

$$k = 0,8$$

$$A_d = b \cdot h$$

$$h_0 = \frac{f_{ct,eff}}{f_{ct,eff} - \sigma_{ct}} \cdot z_s = \frac{3,80}{3,80 - 0,063} \cdot 0,4 = 0,407 \text{ m}$$

$$z_s = (A_s \cdot h/2) / A_s = (0,8 \cdot 0,4) / 0,8 = 0,4 \text{ m}$$

$$A_d = b \cdot h = 1,0 \cdot 0,407 = 0,407 \text{ m}^2$$

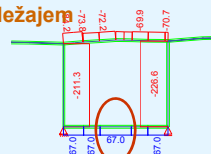
Pretpostavljeni čelik za armiranje u donjoj ploči: $\phi = 14 \text{ mm}$

Iz tablice 3.5. očit se naprežanje čelika: $\sigma_s = 300 \text{ N/mm}^2$

Najmanja potrebna armatura za ograničenje širine pukotina:

$$A_{s,min} = \frac{k_1 \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot A_d}{\sigma_s} = \frac{0,405 \cdot 0,8 \cdot 3,80 \cdot 0,407 \cdot 10^4}{300} = 16,70 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,min} = 16,70 \text{ cm}^2 > A_{s,odabrana} = 7\phi 14 = 10,8 \text{ cm}^2 \Rightarrow \text{ne zadovoljava}$$



Napon u čeliku σ_s [N/mm ²]	Najveći promjer šipki ϕ^* [mm]		Najveći razmak šipki e [mm]		
	armirani presjeci $w_k = 0,3 \text{ mm}$	prednapeti presjeci $w_k = 0,2 \text{ mm}$	savijanje (armirani presjeci)	vlak (armirani presjeci)	savijanje (prednapeti presjeci)
120	-	40	-	-	-
140	40	32	-	-	-
160	32	25	300 (200)	200	200
200	25	16	250 (200)	150	150
240	20	12	200	125	100
280	16	8	150	75	50
320	12	6	100	-	-

S obzirom da odabrana armatura ne zadovoljava uzima se veća i to $\phi = 20 \text{ mm}$, kako bi armiranje presjeka bilo što jednostavnije jer je u gornjoj ploči i hrptovima također odabrana armatura $\phi = 20 \text{ mm}$.

Pretpostavljeni čelik za armiranje u donjoj ploči: $\phi = 20 \text{ mm}$

Iz tablice 3.5. očit se naprežanje čelika: $\sigma_s = 240 \text{ N/mm}^2$

Najmanja potrebna armatura za ograničenje širine pukotina:

$$A_{s,min} = \frac{k_1 \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot A_d}{\sigma_s} = \frac{0,405 \cdot 0,8 \cdot 3,80 \cdot 0,407 \cdot 10^4}{240} = 20,88 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,min} = 20,88 \text{ cm}^2 < A_{s,odabrana} = 7\phi 20 = 21,9 \text{ cm}^2 \Rightarrow \text{zadovoljava}$$

DIMENZIONIRANJE SANDUKA U POPREČNOM SMJERU UZ ZADOVOLJAVANJE UVJETA OGRANIČENJA ŠIRINE PUKOTINA

Odabrana armatura na temelju proračuna računalom i ručne provjere

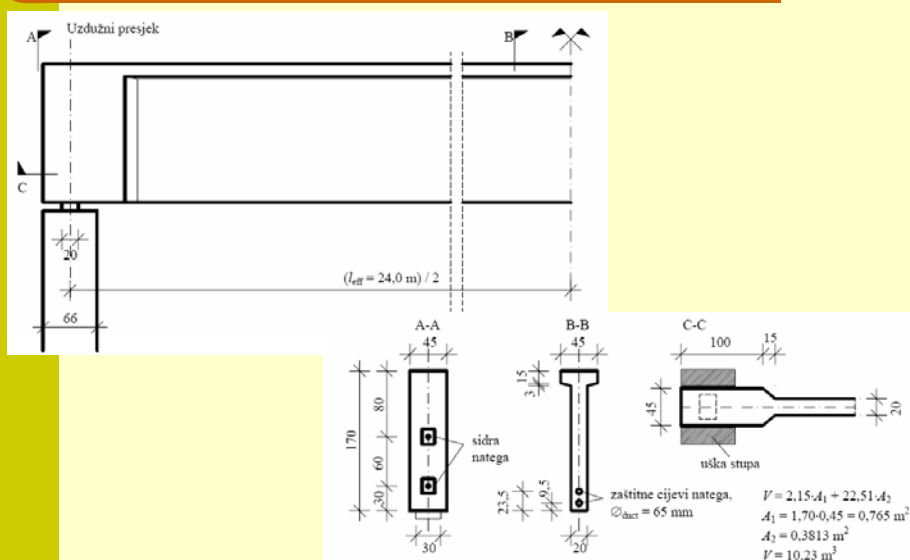
Kolnička ploča gore	$\phi 20 / 15 \text{ cm}$	20,9 cm ²
Kolnička ploča dolje	$\phi 20 / 15 \text{ cm}$	20,9 cm ²
Donja ploča gore	$\phi 14 / 15 \text{ cm} \blacktriangleright \phi 20 / 15 \text{ cm}$	10,3 cm ² $\blacktriangleright$ 20,9 cm ²
Donja ploča dolje	$\phi 14 / 15 \text{ cm} \blacktriangleright \phi 20 / 15 \text{ cm}$	10,3 cm ² $\blacktriangleright$ 20,9 cm ²
Hrbat vanjska strana	$\phi 20 / 15 \text{ cm}$	20,9 cm ²
Hrbat unutarnja strana	$\phi 20 / 15 \text{ cm}$	20,9 cm ²

2. PRORAČUNSKI PRIMJER KROVNOG NOSAČA

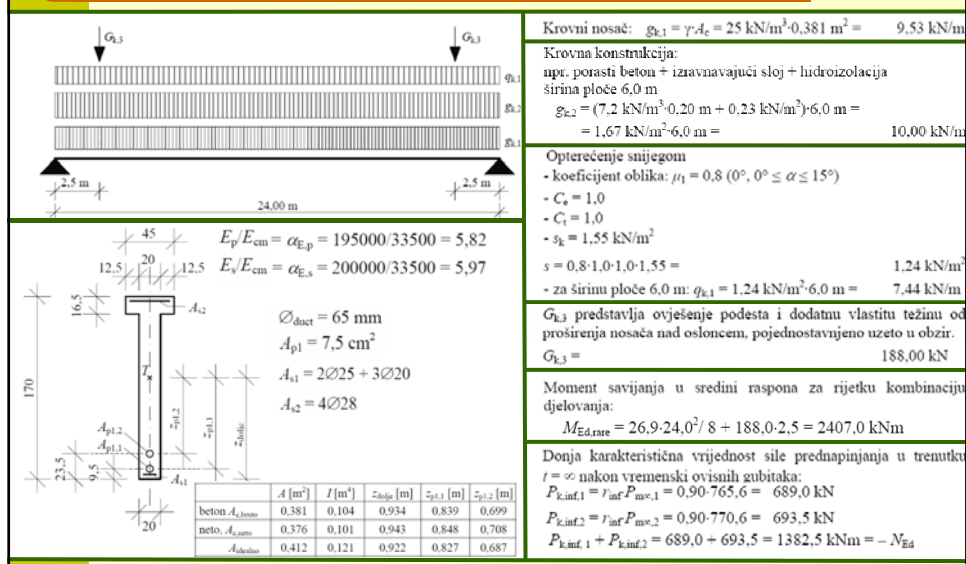
Prednapeti krovni nosač industrijske hale

- A. Najmanja potrebna armatura za ograničenje širine pukotina
- B. Ograničenje širine pukotina za statički potrebnu armaturu

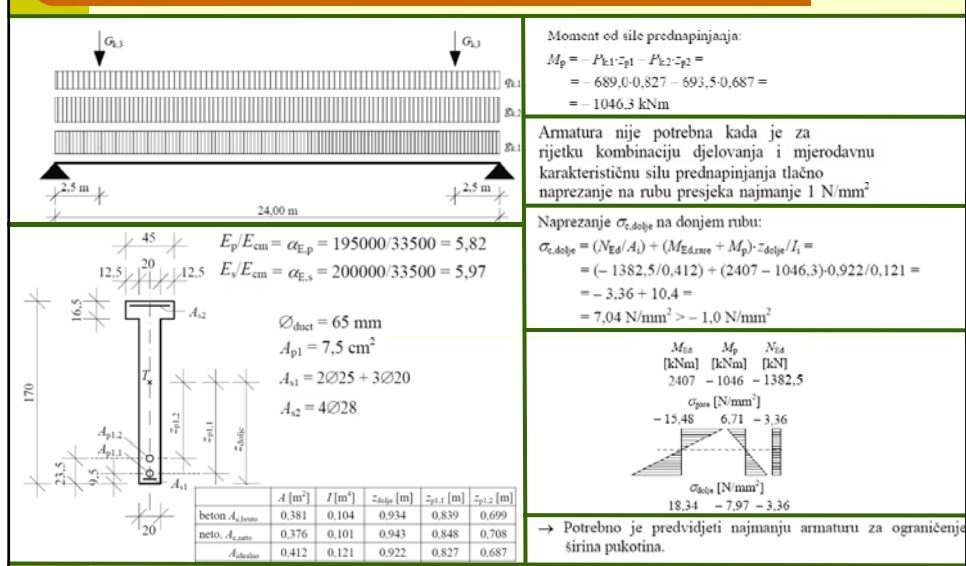
PREDNAPETI KROVNI NOSAČ INDUSTRIJSKE HALE



NAJMANJA POTREBNA ARMATURA ZA OGRANIČENJE ŠIRINE PUKOTINA



NAJMANJA POTREBNA ARMATURA ZA OGRANIČENJE ŠIRINE PUKOTINA



NAJMANJA POTREBNA ARMATURA ZA OGRANIČENJE ŠIRINE PUKOTINA

$E_p/E_{cm} = \alpha_{E,p} = 195000/33500 = 5,82$
 $E_p/E_{cm} = \alpha_{E,s} = 200000/33500 = 5,97$
 $\phi_{duct} = 65 \text{ mm}$
 $A_{p1} = 7,5 \text{ cm}^2$
 $A_{s1} = 2\phi 25 + 3\phi 20$
 $A_{s2} = 4\phi 28$

	$A \text{ [m}^2\text{]}$	$I \text{ [m}^4\text{]}$	$z_{bidge} \text{ [m]}$	$z_{p1,1} \text{ [m]}$	$z_{p1,2} \text{ [m]}$
beton $A_{c,beton}$	0.381	0.104	0.934	0.839	0.699
meto. $A_{c,meto}$	0.376	0.101	0.943	0.848	0.708
$A_{c,dobro}$	0.412	0.121	0.922	0.827	0.687

$A_s = k_c \cdot k_f \cdot f_{ct,eff} \cdot A_{ct} / \sigma_s$
 $k_c = 1,0$ za čisti vlak
 $k_c = 0,4$ za čisto savijanje
 $k_c = 0,4 \cdot \left[1 + \frac{\sigma_{ct}}{k_1 \cdot f_{ct,eff}} \right] \leq 1,0$
 σ_{ct} – napreznjenje u težištu presjeka prije pojave prve pukotine
 $\sigma_{ct} = -3,36 \text{ N/mm}^2$
 $f_{ct,eff} = 3,2 \text{ N/mm}^2$
 $k_1 = 1,5 \cdot h/h' = 1,5 \cdot 1,7/1 = 2,55$
 $k_c = 0,4 \cdot \left[1 - \frac{3,36}{2,55 \cdot 3,2} \right] = 0,236$
 $k < 0,8$ za $b_w = 200 \text{ mm} < 300 \text{ mm}$
 Visina vlažnog područja za rezne sile otvaranja pukotina:
 $h_t = 0,922 \cdot 3,2 / (3,2 + 3,36) = 0,45 \text{ m}$
 $A_{ct} = b_w \cdot h_t = 0,20 \cdot 0,45 = 0,09 \text{ m}^2$
 Za širinu pukotina $w_k = 0,2 \text{ mm}$ i osnovnu vrijednost najvećeg promjera armature $\phi_s^* = 20 \text{ mm}$ (odabrana armatura) moguće je iskoristiti napreznjenje u čeliku $\sigma_s \approx 180 \text{ N/mm}^2$ prilikom pojave prve pukotine.
 $\min A_s = 0,236 \cdot 0,8 \cdot 3,2 \cdot 0,09 \cdot 10^4 / 180 = 3,1 \text{ cm}^2$
 $< A_{s,predviđeno} = 19,2 \text{ cm}^2 \quad A_{s1} = 2\phi 25 + 3\phi 20$

NAJMANJA POTREBNA ARMATURA ZA OGRANIČENJE ŠIRINE PUKOTINA

Napreznjenja [MPa]	$w_k=0,4 \text{ mm}$	$w_k=0,3 \text{ mm}$	$w_k=0,2 \text{ mm}$
160	40	32	25
200	32	25	16
240	20	16	12
280	16	12	8
320	12	10	6
360	10	8	5
400	8	6	4
450	6	5	-

OGRANIČENJE ŠIRINA PUKOTINA ZA STATIČKI POTREBNU ARMATURU

Osim donjeg ruba nakon svih gubitaka sile prednapinjanja (najveći vlak na donjem rubu presjeka) valja provjeriti i gornji rub presjeka u trenutku $t=0$ prije vremenskih gubitaka.

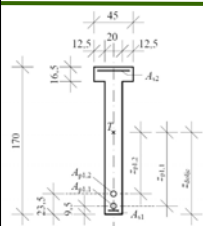
U trenutku $t = 0$:

• gornja karakteristična vrijednost sile prednapinjanja:

$$P_{k, \text{sup}, 1} = r_{\text{sup}} \cdot P_{m0, 1} = 1,10 \cdot 892 = 981,0 \text{ kN}$$

$$P_{k, \text{sup}, 2} = r_{\text{sup}} \cdot P_{m0, 2} = 1,10 \cdot 892 = 981,0 \text{ kN}$$

$$\Sigma P_{k, \text{sup}} = 1962,0 \text{ kN}$$



	A [m ²]	I [m ⁴]	$z_{e1,2}$ [m]	$z_{e1,1}$ [m]	$z_{e1,3}$ [m]
beton $A_{k, \text{beton}}$	0.381	0.104	0.934	0.839	0.699
neto $A_{k, \text{neto}}$	0.376	0.101	0.943	0.848	0.708
$A_{k, \text{deklar}}$	0.412	0.121	0.922	0.827	0.687

• gornji rub presjeka u trenutku $t = 0$:

Moment savijanja u sredini raspona od djelovanja vlastite težine nosača, $g_{k,1} = 9,50 \text{ kN/m}$:

$$M_{Ed, \text{perm}} = 9,50 \cdot 24,0^2 / 8 = 684,0 \text{ kNm}$$

Gornja karakteristična vrijednost sile prednapinjanja u trenutku $t = 0$:

$$P_{k, \text{sup}} = 1962,0 \text{ kN} = -N_{Ed}$$

Moment od sile prednapinjanja:

$$\begin{aligned} M_p &= -P_{k, \text{sup}} \cdot (z_{p1} + z_{p2}) / 2 = \\ &= -1962,0 \cdot (0,827 + 0,687) / 2 = \\ &= -1485,0 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Naprezanje $\sigma_{c, \text{gore}}$ na gornjem rubu:

$$\begin{aligned} \sigma_{c, \text{gore}} &= (N_{Ed} / A_i) - (M_{Ed, \text{perm}} + M_p) \cdot z_{\text{gore}} / I_i = \\ &= (-1962 / 0,412) - (684 - 1485) \cdot 0,778 / 0,121 = \\ &= -4,76 + 5,15 = \\ &= 0,39 \text{ N/mm}^2 < 3,2 \text{ N/mm}^2 = f_{ctm} \end{aligned}$$

Poprečni presjek ostaje u stanju naprezanja I tako da nije potreban dokaz širina pukotina.

3. PRORAČUN PUKOTINA PREMA EN 1992

1. Preporučene granične vrijednosti širine pukotina
2. Minimalna armatura
3. Kontrola pukotina bez proračuna širine pukotina
4. Proračun širina pukotina

PREPORUČENE GRANIČNE VRIJEDNOSTI ŠIRINE PUKOTINA

Razred izloženosti	Armiranobetonske konstrukcije i prednapete konstrukcije s mortom neinjektiranim kabelima (slobodni)	Prednapete konstrukcije s mortom injektiranim kabelima (spregnute natege)		
	Nazovistalna kombinacija djelovanja	Česta kombinacija djelovanja		
X0	0,4 mm	0,2 mm		
XC1				
XC2	0,3 mm	0,2 mm + kontrola rastlačenja pri nazovistalnoj kombinaciji djelovanja	kabel minimalno 25 mm unutar betona u tlaku	
XC3				
XC4		kontrola rastlačenja		
XD1				
XD2				
XD3	zahtijevaju se posebne mjere zaštite			
XS1	0,3 mm	kontrola rastlačenja	kabel minimalno 25 mm unutar betona u tlaku	
XS2				
XS2				

MINIMALNA ARMATURA

- Količina se može procijeniti na temelju ravnoteže između vlačne sile u betonu neposredno prije raspucavanja i vlačne sile u armaturi pri popuštanju ili nižem naprezanju ukoliko je potrebno ograničiti širinu pukotina.

$$A_{s,min} \sigma_s = k_c k f_{ct,eff} A_{ct}$$

- $A_{s,min}$ minimalna površina armaturnog čelika u vlačnoj zoni
- A_{ct} površina betona u vlačnoj zoni (dio koji je u vlaku neposredno prije pojave prve pukotine)
- σ_s apsolutna vrijednost maksimalnog naprezanja dozvoljenog u armaturi neposredno nakon raspucavanja (može se uzeti f_{yk}). Niža vrijednost bit će potrebna kako bi se zadovoljila granična širina pukotina s obzirom na maksimalni profil ili razmak šipki.
- $f_{ct,eff}$ srednja vrijednost vlačne čvrstoće betona djelotvorna u trenutku kada se očekuje pojava prve pukotine, $= f_{ctm}$ ili niže $f_{ctm}(t)$ ako se raspucavanje očekuje prije 28 dana
- k $= 1,0$ za hrptove visine $h \leq 300$ mm ili pojasnice širine $b < 300$ mm
 $= 0,65$ za hrptove visine $h \geq 800$ mm ili pojasnice širine $b > 800$ mm
- k_c koeficijent kojim se uzima u obzir raspodijela naprezanja u presjeku neposredno prije raspucavanja i promjena kraka sila



MINIMALNA ARMATURA

- k_c koeficijent kojim se uzima u obzir raspodijela naprezanja u presjeku neposredno prije raspucavanja i promjena kraka sila

- Za čisti vlak = 1,0
- Za savijanje sa ili bez uzdužne sile:
 - Pravokutni presjeci i hrptovi sandučastih ili T presjeka

$$k_c = 0,4 \cdot \left[1 - \frac{\sigma_c}{k_1(h/h^*)f_{ct,eff}} \right] \leq 1$$

- Pojasnice sandučastih ili T presjeka

$$k_c = 0,9 \frac{F_{cr}}{A_{ct}f_{ct,eff}} \geq 0,5$$

- σ_c naprezanje betona u razmatranom području $N_{Ed}/(bh)$
- N_{Ed} uzdužna sila pri GSU na dio poprečnog presjeka koji se razmatra (tlačna sila je pozitivna). Određuje se s karakterističnom vrijednošću prednapinjanja i uzdužnim silama u odgovarajućim kombinacijama.
- h^* = h za $h < 1,0 \text{ m}$
= $1,0 \text{ m}$ za $h \geq 1,0 \text{ m}$
- k_1 koeficijent koji uzima u obzir učinke uzdužne sile na razdiobu naprezanja
= 1,5 ako je N_{Ed} tlačna sila
= $2h^*/3h$ ako je N_{Ed} vlačna sila
- F_{cr} apsolutna vrijednost vlačne sile u pojasci neposredno prije raspucavanja od M_{cr} proračunatog s $f_{ct,eff}$

MINIMALNA ARMATURA

- Za spregnute kabele u vlačnoj zoni može se pretpostaviti da sudjeluju u kontroli pukotina u okviru udaljenosti $\leq 150 \text{ mm}$ od središta kabela. Ovo se uzima u obzir dodavanjem na lijevu stranu izraza:

$$\xi_1 A_p \Delta \sigma_p + A_{s,min} \sigma_s = k_c k f_{ct,eff} A_{ct}$$

- A_p' površina prethodno ili naknadno prednapetih kabela u području $A_{c,eff}$
- $A_{c,eff}$ djelotvorna površina betona u vlaku koja okružuje armaturu ili prednapete kabele debljine $h_{c,ef}$ (sljedeći slajd)
- $h_{c,ef}$ manja vrijednost od $2,5(h-d)$; $(h-x)/3$; $h/2$
- ξ_1 omjer prilagodbe čvrstoće prijanjanja, uzimajući u obzir različite promjere prednapetog i armaturnog čelika

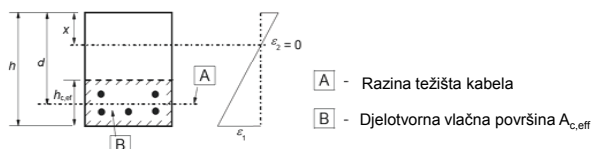
$$= \sqrt{\xi \cdot \frac{\phi_s}{\phi_p}}$$

- ξ omjer čvrstoće prijanjanja prednapetog i armaturnog čelika (slajd iza sljed.)
- $\Delta \sigma_p$ promjena naprezanja u prednapetom kabelu od stanja kada je naprezanje u betonu = 0 na istoj razini.

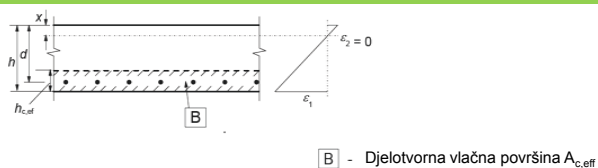
MINIMALNA ARMATURA

$A_{c,eff}$ djelotvorna površina betona u vlaku

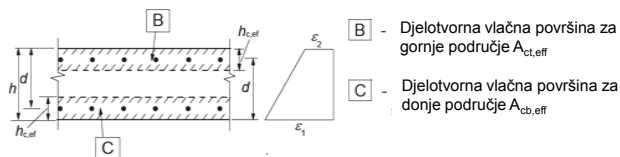
GREDA



PLOČA



VLAČNI ELEMENT



MINIMALNA ARMATURA

ξ omjer čvrstoće prianjanja prednapetog i armaturnog čelika

Čelik za prednapinjanje	Prethodno napinjanje	ξ	
		Spregnuti kabeli, naknadno napinjanje	
		$\leq C50/60$	$\geq C70/85$
Glatke šipke i žice	Nije primjenljivo	0,3	0,15
Užad	0,6	0,5	0,25
Zarezane žice	0,7	0,6	0,3
Rebraste šipke	0,8	0,7	0,35

Između navedenih razreda betona interpolacija

- Nije potrebna minimalna armatura u PB kada je
 - pod karakterističnom kombinacijom djelovanja i
 - uz karakterističnu vrijednost sile prednapinjanja
- beton u tlaku ili je vlačno naprezanja ispod $\sigma_{ct,p} = f_{ct,eff}$

KONTROLA PUKOTINA

... BEZ PRORAČUNA ŠIRINE PUKOTINE:

- za odgovarajuću razinu naprezanja u čeliku daju se granične vrijednosti

- promjera i
- razmaka šipki armature.

● Tablice su napravljene na temelju vrijednosti:

- $c=25\text{mm}$; $f_{ct,eff} = 2,9\text{MPa}$; $h_{cr}=0,5$; $(h-d)=0,1h$; $k_1=0,8$; $k_2=0,5$; $k_c=0,4$; $k=1,0$; $k_i=0,4$ i $k'=1,0$

● Maksimalni promjer šipki se modificira sa:

- pri savijanju (kada je bar dio presjeka u tlaku):

$$\phi_s = \phi_s^* (f_{ct,eff}/2,9) \frac{k_c h_{cr}}{2 (h-d)}$$

- pri vlaku:

$$\phi_s = \phi_s^* (f_{ct,eff}/2,9) h_{cr}/(8(h-d))$$

- ϕ prilagođeni maksimalni promjer
- h ukupna visina presjeka
- h_{cr} visina vlačne zone neposredno prije raspucavanja uz karakterističnu vrijednost prednapinjanja i uzdužnu silu pod prividno-stalnom komb. djelotvorna debljina do središta vanjske linije armature
- d

Maksimalni promjeri šipki armature $\phi_s^*(\text{mm})$

Naprezanja [MPa]	$W_k=0,4 \text{ mm}$	$W_k=0,3 \text{ mm}$	$W_k=0,2 \text{ mm}$
160	40	32	25
200	32	25	16
240	20	16	12
280	16	12	8
320	12	10	6
360	10	8	5
400	8	6	4
450	6	5	-

Maksimalni razmak šipki (mm)

Naprezanja [MPa]	$W_k=0,4$ mm	$W_k=0,3$ mm	$W_k=0,2$ mm
160	300	300	200
200	300	250	150
240	250	200	100
280	200	150	50
320	150	100	-
360	100	50	-

- Kod prethodno prednapetog betona, gdje se kontrola pukotina osigurava kabelima koji su u direktnoj vezi s betonom – u tablicama se za naprezanje koristi (ukupno naprezanje – prednaprezanje).
- Za naknadno prednapinjanje, gdje se kontrola pukotina osigurava uglavnom nenapetom armaturom, može se u tablicama naprezanje u ovoj armaturi proračunati uzimanjem u obzir utjecaja sile prednapinjanja.

KONTROLA PUKOTINA

... BEZ PRORAČUNA ŠIRINE PUKOTINE:

- Kod greda visine ≥ 1000 mm,
- kada je glavna armatura skoncentrirana u malom području visine,
- valja osigurati dodatnu armaturu kojom će se sprečavati pukotine na bočnim stranama grede.
 - Ova armatura raspodjeljuje se jednoliko od razine vlačne armature do neutralne osi.
 - Proračunava se prema izrazu za minimalnu armaturu uz $k=0,5$ i $\sigma_s = f_{yk}$.
 - Razmak i veličina profila određuju se uz pretpostavku čistog vlaka i naprezanja u iznosu pola vrijednosti onoga za koji se računa glavna vlačna armatura

PRORAČUN ŠIRINE PUKOTINA

$$w_k = s_{r,max} (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$$

Širina
pukotina

maksimalni razmak pukotina,
ovisi o rasporedu armature

razlika deformacija
čelika i betona

Razlika deformacija čelika i betona: $\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_e \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s}$$

- σ_s naprezanje u vlačnoj armaturi uz pretpostavku raspucalog presjeka. Za prethodno napete elemente može se uzeti $\sigma_s \triangleright \Delta \sigma_p =$ razlika naprežanja u kabelima od stanja kad je deformacija betona ε_c na istoj razini =0
- $\rho_{p,eff}$ = $(A_s + \xi_1^2 A_p') / A_{c,eff}$ za A_p' ; $A_{c,eff}$; ξ_1 vidi slajd prije
- α_e odnos modula elastičnosti E_s / E_{cm}
- k_t faktor ovisan o trajanju opterećenja
 = 0,6 za kratkotrajno opterećenje
 = 0,4 za dugotrajno opterećenje

Maksimalni razmak pukotina: $s_{r,max}$

- U području širine $\leq 5(c+\phi/2)$ od osi šipke armature maksimalni razmak pukotina može se odrediti izrazom:

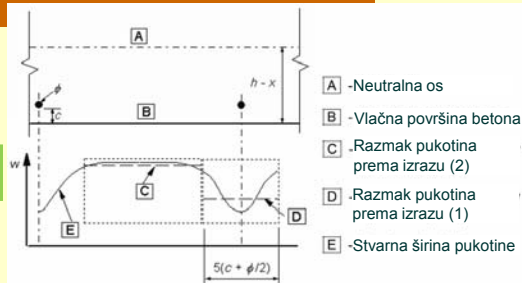
$$1 \quad s_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \phi / \rho_{p,eff}$$

- ϕ promjer šipke.

Za n_1 šipki promjera ϕ_1 i n_2 šipki promjera ϕ_2 uzima se:

$$\phi_{eq} = \frac{n_1 \phi_1^2 + n_2 \phi_2^2}{n_1 \phi_1 + n_2 \phi_2}$$

- k_1 koeficijent koji uzima u obzir svojstva prionljivosti šipki
 - = 0,8 za visoku prionljivost; = 1,6 za šipke s ravnom površinom ili prednapete kabele
- k_2 koeficijent koji uzima u obzir raspodjelu deformacija
 - = 0,5 za savijanje; = 1,0 za čisti vlak; = $(\epsilon_1 + \epsilon_2) / 2\epsilon_1$ za ekscentrični vlak ili lokalno područje, ϵ_1 je veća, a ϵ_2 manja vlačna deformacija na krajevima promatranog presjeka, za raspucali presjek
- $k_3 = 3,4$; $k_4 = 0,425$



Maksimalni razmak pukotina: $s_{r,max}$

- Kada je razmak šipki $> 5(c+\phi/2)$ ili kada nema armature u vlačnoj zoni, razmak pukotina se uzima sa:

$$2 \quad s_{r,max} = 1,3 (h - x)$$

- Kada je kut između osi glavnih naprezanja i smjera pružanja armature (kod elemenata armiranih u dva okomita smjera) $> 15^\circ$, razmak pukotina se može odrediti:

$$s_{r,max} = \frac{1}{\frac{\cos \theta}{s_{r,max,y}} + \frac{\sin \theta}{s_{r,max,z}}}$$

- θ kut između armature u y smjeru i smjera glavnog vlačnog naprezanja
- $s_{r,max,y}$; $s_{r,max,z}$ razmaci pukotina u y odnosno z smjeru prema izrazu 1 ili 2.

