

# Vlerësimi i materialeve të strukturave ekzistuese

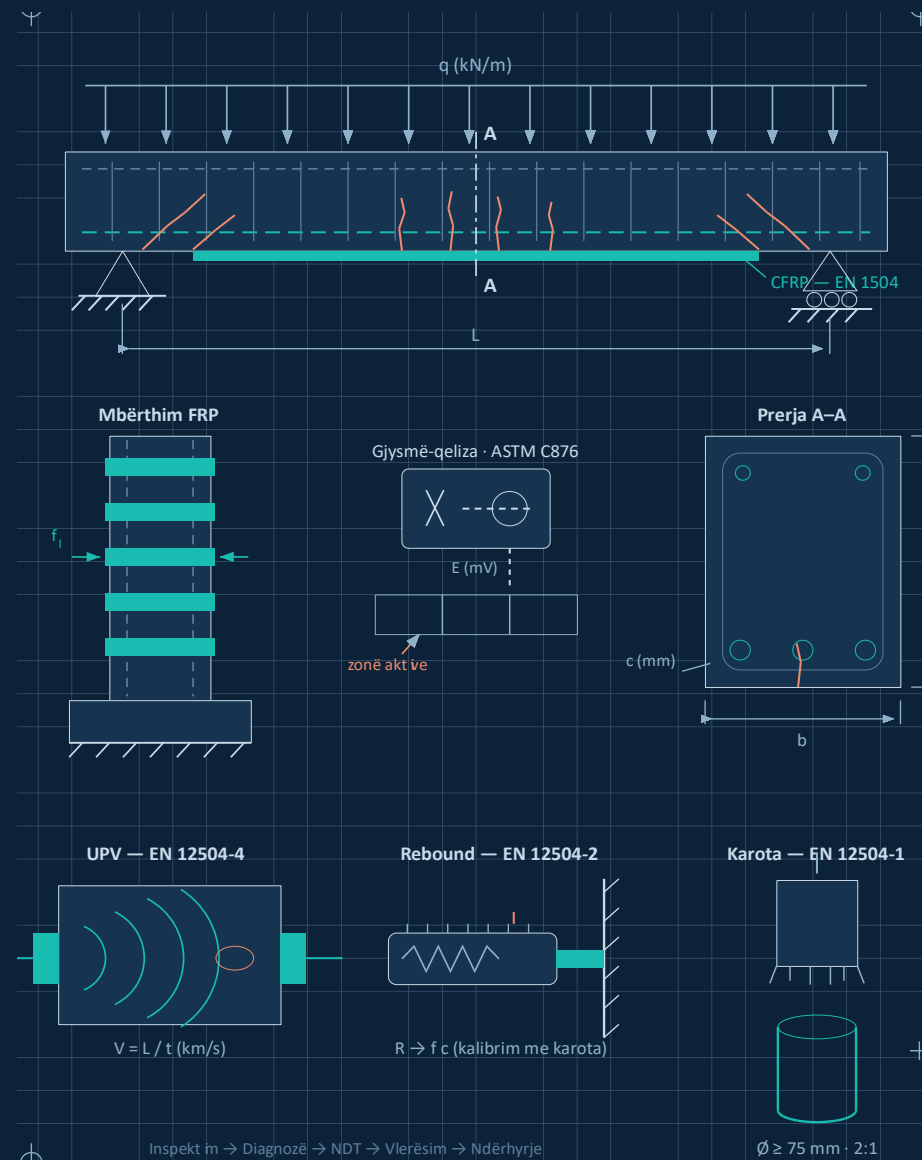
*& metodat dhe materialet inovative të riparimit*

LIGJËRUES

prof. dr. Naser Kabashi · Ph.Dc. Enes Krasniqi

13.06.2026

www.oirk.org · info@oirk.org · +383 (38) 606 602



# Përmbajtja — fokus profesional

1

## Diagnoza & patologjia e betonit

Plasaritjet, korrozioni, ASR, modeli i Tuutti-t (Jetegjatesia e Strukturave), klorure & karbonizimi

2

## Metodat jo-destruktive (NDT)

Rebound, UPV, SonReb, Profometer dhe teknika të avancuara

3

## Rezistenca in-situ — EN 13791

Metodat direkte/indirekte, qasja statistikore, shembull i vlerësimit

4

## Konformiteti & vendimmarrja

Vlerësimi i kapacitetit dhe hapat konform rezultateve

5

## Riparimi, mbrojtja & përforcimi

EN 1504, Ilacnat e avancuara, mbrojtje korrozioni, FRP & materiale inovative

6

## Raste reale & sintezë

Zbatimi ekzekutiv — nga inspektimi te ndërhyrja

## Gjendja e stokut — pse vlerësimi është urgjent

≈ 10%

e urave evropiane me defekte të konsiderueshme

≈ 30%

e urave 'në gjendje të mirë' pa monitorim të rregullt

€2 trilion

vlera e stokut të urave të BE-së ('sfida €2T')

€76–883 mld

riparim i korrozionit nga karbonatizimi në BE deri 2100

3.4% e PBB

kostoja globale e korrozionit ≈ \$2.5 trilion (NACE)

0.19% e PBB

Kosova për mirëmbajtje rrugore — nën mesataren e BE (0.6%)

**Genova, 2018:** shembja e urës Morandi (43 viktima) zgjoi alarmin për infrastrukturën e plakur të Evropës — e ndërtuar kryesisht 1950–80 dhe që plaket më shpejt se sa riparohet.



### PARANDALIMI LERON

Praktikat e parandalimit të korrozionit kursejnë 15–35% të koston së dëmit (NACE IMPACT). Vlerësimi në kohë është investimi me kthimin më të lartë.

# Pse & si: vendime të mbështetura në evidencë

Vlerësimi i strukturave ekzistuese prej betoni synon të kuantifikojë gjendjen reale — jo të supozuar — për të garantuar siguri strukturore, të zgjasë jetën e shërbimit dhe të optimizojë koston e ndërhyrjes. Saktësia arrihet duke kombinuar metoda komplementare dhe duke i ancoruar me prova direkte.

**0.85x**

rezistenca in-situ kundrejt kampionit standard

**≈ 6x**

vëllimi i produkteve të korrozionit

**0.4%**

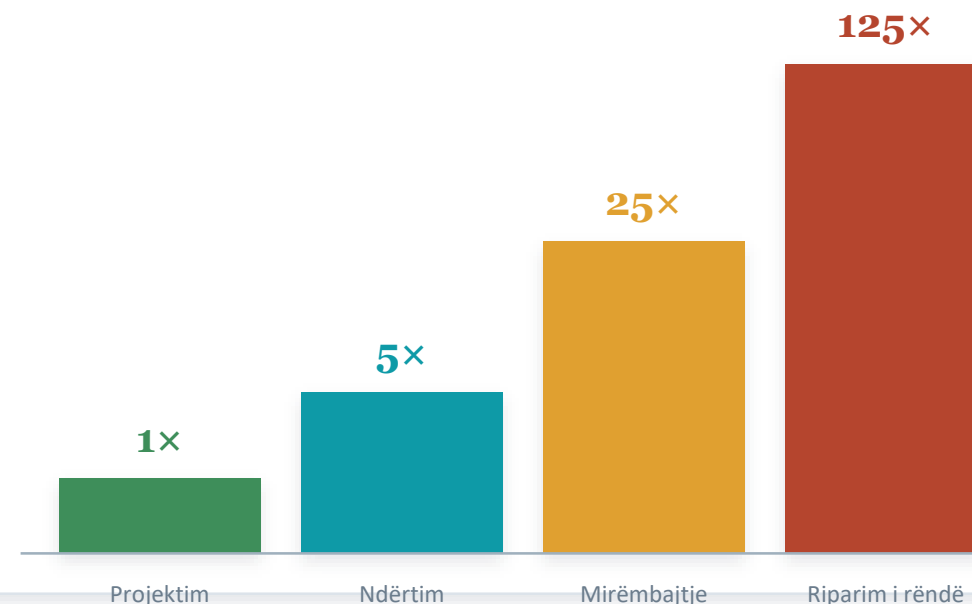
prag i klorureve (masë çimentoje)

**EN 1504**

kuadri për riparim & mbrojtje

## Rregulla e pesëfishit (de Sitter, 1984)

Kostoja e ndërhyrjes pesëfishohet me çdo fazë të shtyrë — argumenti ekonomik për diagnozë e ndërhyrje të hershme:



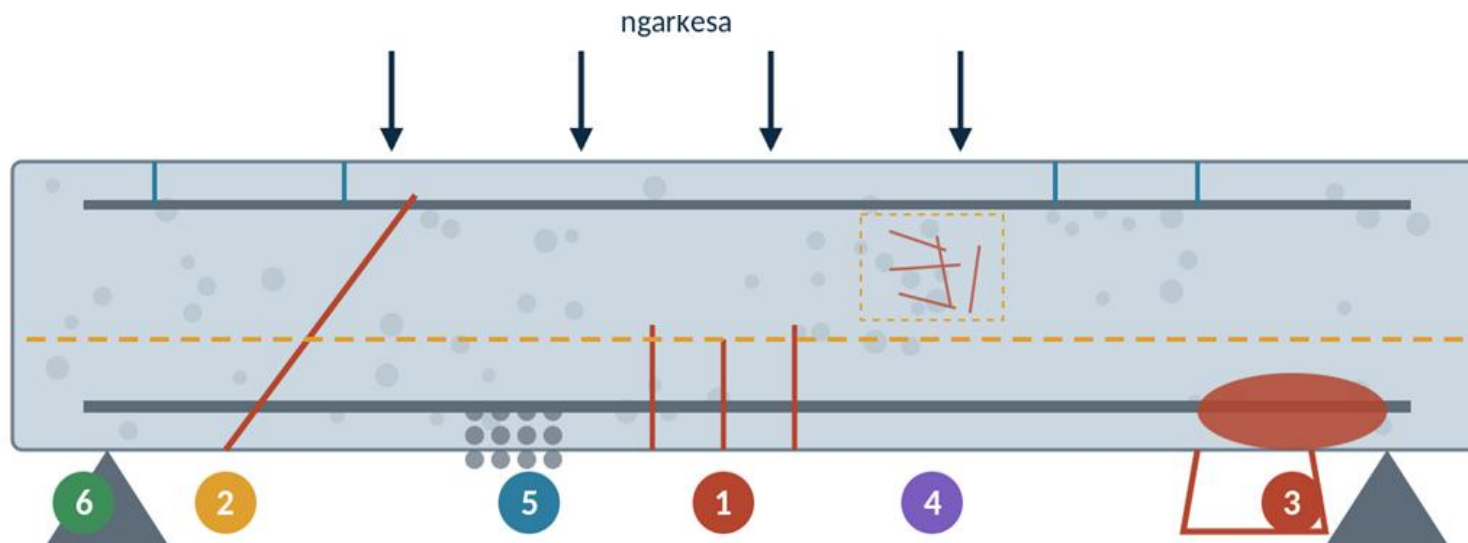
SEKSIONI I PARË

# Diagnoza & patologjia e betonit

Mekanizmat e degradimit dhe modelimi i tyre: plasaritjet, korrozioni (Tuutti), klorure (Fick), ASR, karbonatizim, zjarr.

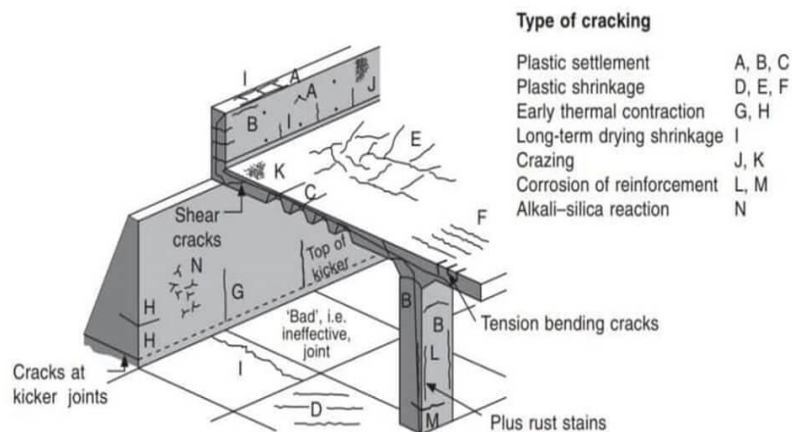
# 01

# Pamje e kombinuar e dëmtimeve të betonit



## Mekanizmat

- 1 Plasaritje në përkulje**  
tensione tërheqëse në fund — mes-hapësirë
- 2 Plasaritje prerjeje**  
diagonale pranë mbështetëses
- 3 Korrozion + spalling**  
karbonatizim/klorur → ndryshk → çarje
- 4 Reaksioni ASR**  
rrjetë 'hartë', gel ekspandues
- 5 Çerdhe (segregim)**  
ngjeshje e dobët → boshllëqe
- 6 Front karbonatizimi/Cl<sup>-</sup>**  
depërtim deri te armatura



Një element i vetëm mund të shfaqë njëkohësisht disa mekanizma — diagnoza i dallon dhe i trajton sipas shkakut (shih kalkulatorët për secilin).

# Taksonomia & tabela e dëmtimeve

Dëmtimi	Mekanizmi / shkaktari	Shfaqja tipike
Plasaritje të hershme	Tkurrje plastike / termike	Rrjetë e imët në moshë të re
Plasaritje strukturore	Mbingarkesa / rrjedhja	Diagonale & në përkulje
Plasaritje të zgjeruara	Reaksioni alkalo-silikat (ASR)	Rrjetë 'hartë', gel ekstrudues
Plasaritje korrozioni	Korrozioni i armaturës	Përgjatë shufrave, ndarje e shtresës mbrojtëse
Dëmtim ngrirjeje	Ciklet ngrirje–shkrirje	Deshkruajtje sipërfaqësore
Deformime	Rrjedhje / zjarr	Ulje, spalling
Defekt ekzekutimi	Çerdhet (segregimi)	Boshllëqe, agregat i ekspozuar

## Parimi diagnostikues

**Jo-invaziv:** inspektimi vizual është hapi i parë & drejton NDT-në.

**Sasior:** çdo defekt matet (gjerësi, shtrirje) për vendimmarrje.

**Shkak-pasojë:** forma e plasaritjes tregon mekanizmin themelor.

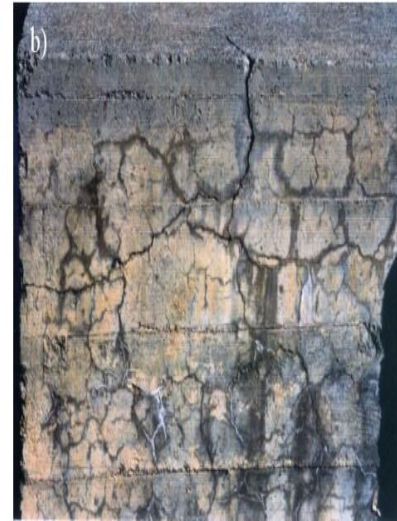
# Plasaritjet — origjina, struktura dhe ASR



Plasaritje diagonale prerjeje — mbahet me mbështetëse.



Rrjetë 'hartë' — shenjë tipike e ASR-së.



## Leximi inxhinierik

**Të hershme:** tkurrje/termike — sipërfaqësore, jo-strukturore.

**Strukturore:** përkulje/prerje/rrjedhje — tregojnë sjelljen mbajtëse.

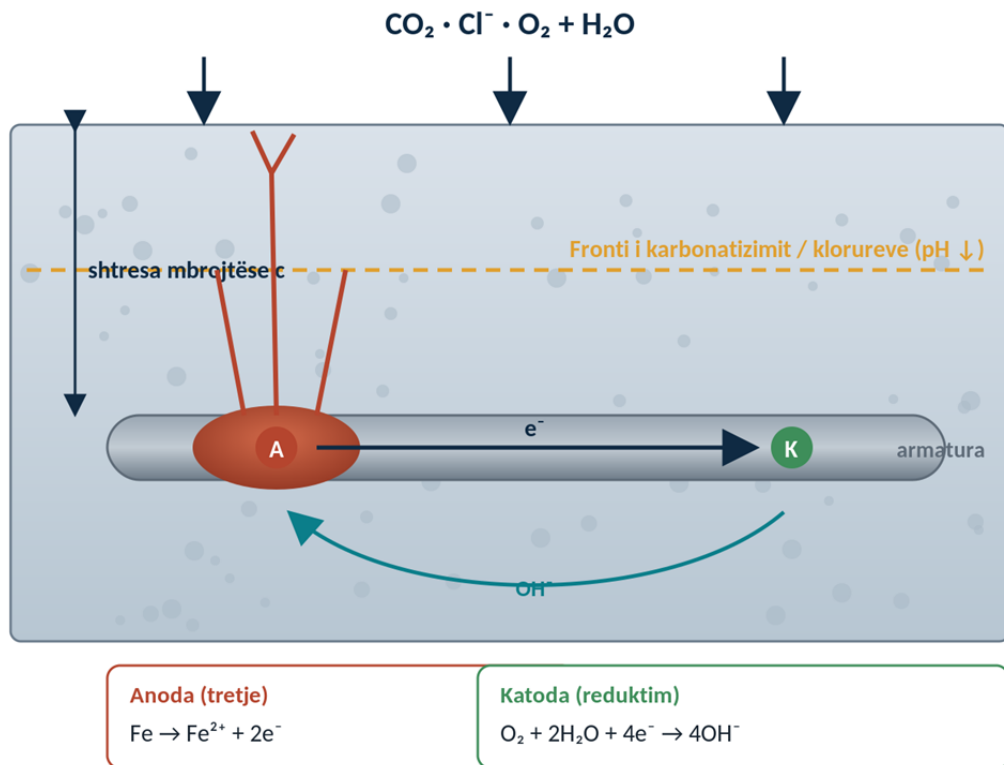
**ASR:** gel që fryhet me lagështi → ekspansion i brendshëm.



## PRAGU & KURIOZITET

$w_{pl} \approx 0.3$  mm merret shpesh si kufi për mjedise normale (EN 1992-1-1) — mbi të rrezikohet korrozioni. ASR-ja njihet si 'kanceri i betonit': zhvillohet për vite, është i pakthyeshëm, dhe parandalimi (agregate jo-reaktive, SCM) është shumë më efektiv se riparimi.

# Korrozioni i armaturës – qeliza elektrokimike



## Mekanizmi

- 1 · Depasivizimi:  $CO_2/Cl^{-}$  prishin filmin mbrojtës.
- 2 · Qeliza: anodë + katodë në të njëjtën shufër.
- 3 · Ndryshku fryhet  $\approx 6 \times$  vëllimi
- 4 · Presion > 4-5 MPa → plasaritje & spalling.

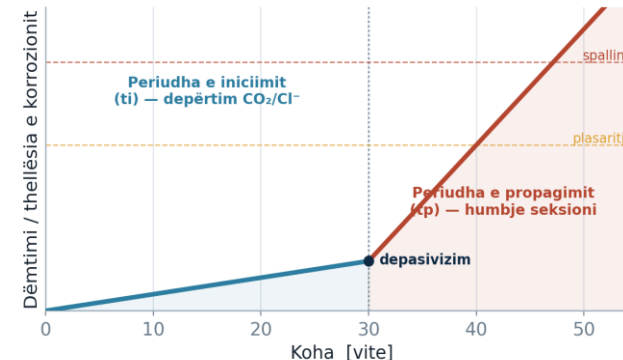
### Diagnoza:

gjysmë-qeliza (ASTM C876), rezistiviteti, profili  $Cl^{-}$ .

### Ndalimi:

EN 1504 P7-P11 (CP, inhibitorë).

Modeli i Tuutti-t (1982) – jeta e shërbimit në dy faza



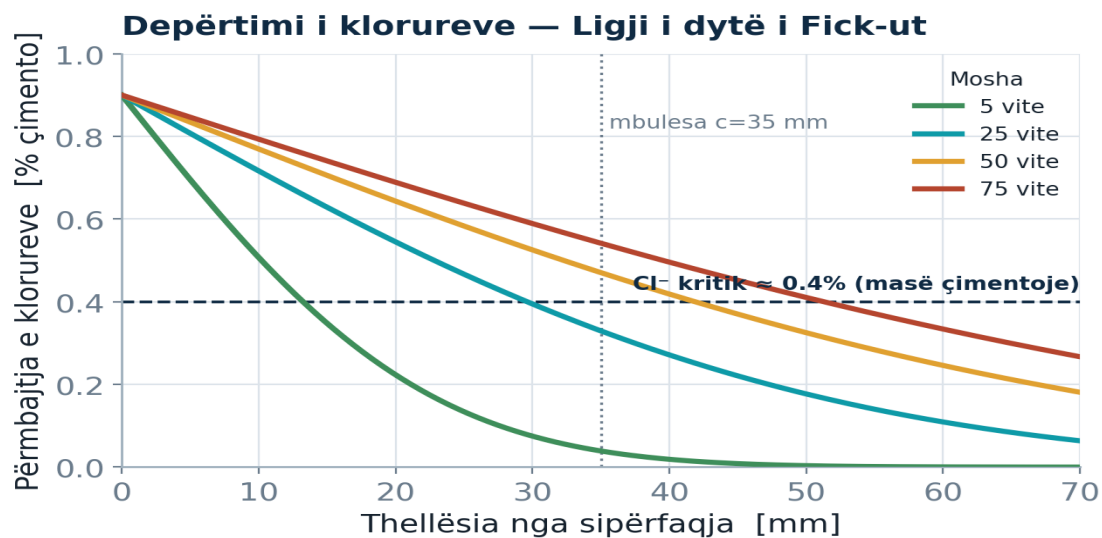
Modeli i Tuutti-t: jeta = iniciim + propagim.



## DIAGNOZA & NDALIMI

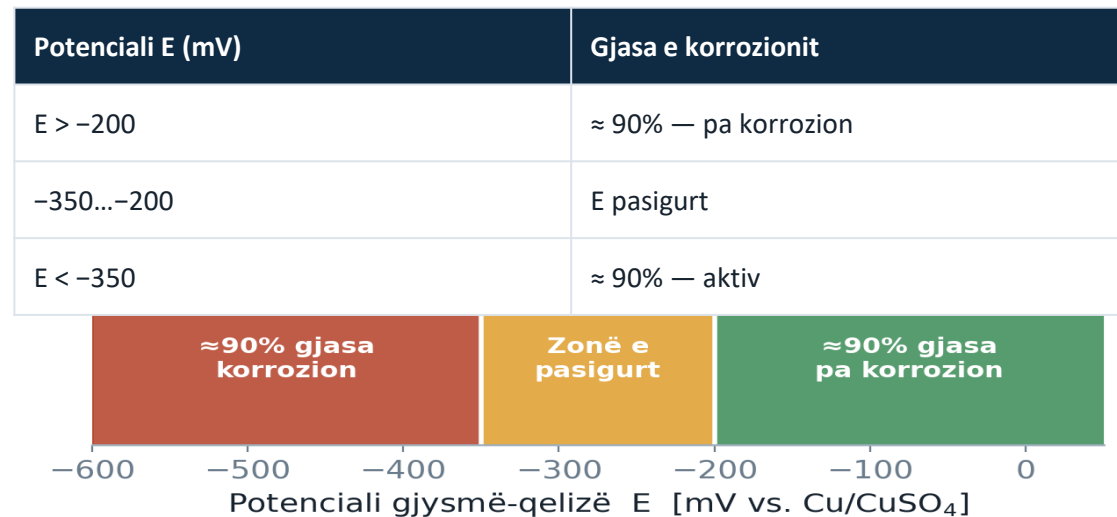
Gjysmë-qeliza (ASTM C876), rezistiviteti & profili  $Cl^{-}$  e zbulojnë korrozionin para spalling-ut. Mbrojtja katodike (EN 1504 P10) është nga të paktat metoda që e ndal korrozionin tashmë aktiv.

# Depërtimi (Fick) & potenciali gjysmë-qelizë



$$C(x,t) = C_s \cdot [1 - \text{erf}(x / (2\sqrt{Da \cdot t}))]$$

Korrozioni nis kur Cl<sup>-</sup> te armatura ≈ 0.4% (masë çimentoje).



OIRK · KALKULATORËT EVP 2026

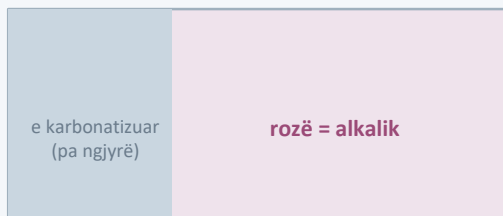
**Kloruret · ligji i Fick-ut**  
 $C(x,t) = C_s \cdot [1 - \text{erf}]$

Skano me telefon → Ilogarit në çast  
<https://oirk-exp2026.netlifyapp/chloride.html>

[www.oirk.org](http://www.oirk.org) · Diagnoza & patologjia

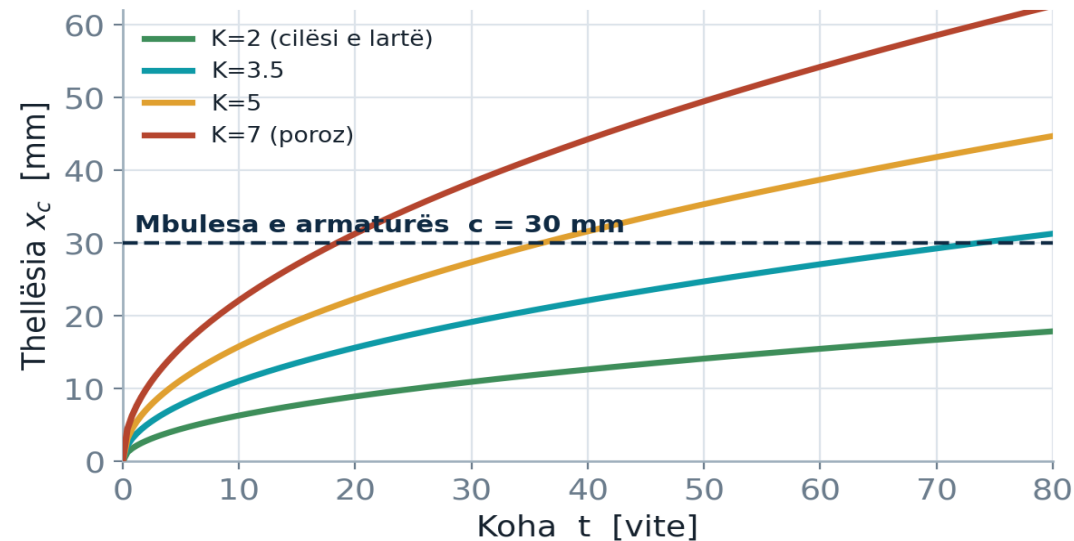
# Kinetika $x_c = K\sqrt{t}$ & jeta e shërbimit

## Testi me fenolftaleinë



Zona pa ngjyrë → pH < 9 (e karbonatizuar);  
rozë → beton akoma alkalik & mbrojtës.

## Kinetika e karbonatizimit: $x_c = K\sqrt{t}$



INICIIM

PROPAGIM

Jeta e shërbimit = iniciim + propagim (fib Model Code: gjendje kufitare me besueshmëri).



### KURIOZITET

CO<sub>2</sub> atmosferik (~0.04%) gërryen mbrojtjen alkaline për dekada. Meqë  $x_c \propto \sqrt{t}$ , rritja e shtresës mbrojtëse nga 20 në 30 mm mund të dyfishojë kohën deri te fillimi i korrozionit ( $\propto c^2$ ) — masa parandaluese më kosto-efektive.

OIRK · KALKULATORËT EVP 2026



**Karbonatizimi**  
 $x_c = K\sqrt{t}$

Skano me telefon → Ilogarit në çast  
<https://oirk-evp2026.netlify.app/carbonation.html>

## Zjarri • Çerdhet • Ngrirja • delaminim



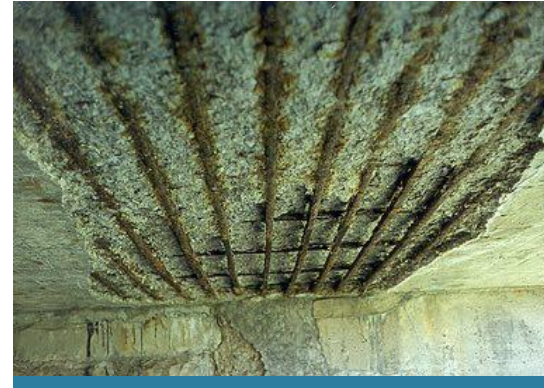
### Dëmtim nga zjarri

Spalling shpërthyes & ekspozim armature mbi ~300–500°C.



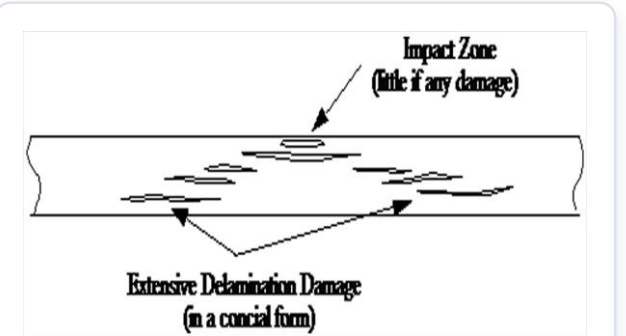
### Çerdhet (segregimi)

Ngjeshje e dobët → boshllëqe & ulje e shtresës mbrojtëse/rezistencës.



### Ngrirje–shkrirje

Ciklet zgjerojnë ujin në pore → deshkrualtje progresive.



### Delaminim i brendshëm

Defektet e brendshme nuk shihen në sipërfaqe — kërkojnë NDT (termografi, impact-echo).

*Burimi: Heslehurst, Engineered Repairs of Composite Structures.*



### KURIOZITET

Ngjyra e betonit pas zjarrit është 'termometër' retrospektiv: rozë (~300–600°C) → rënie rezistence; gri-bardhë (>600°C) → dëmtim i thellë e i pakthyesëm, që udhëzon thellësinë e heqjes.



SEKSIONI I DYTË

# Metodat jo-destruktive (NDT)

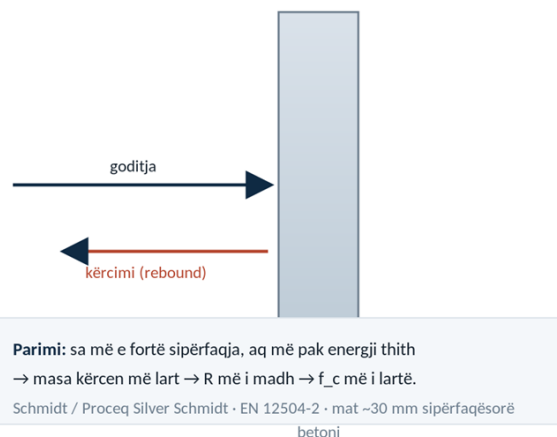
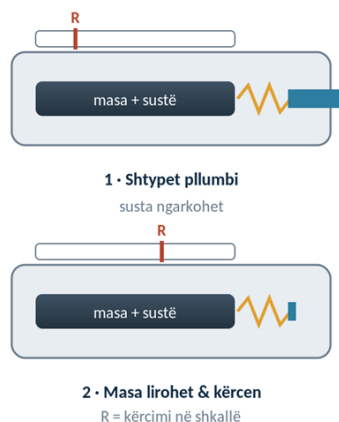
Rezistenca, uniformiteti, durabiliteti dhe gjeometria e armaturës — të matura pa dëmtuar strukturën, me rezultate sasiore.

# Harta e metodave & matrica e zgjedhjes

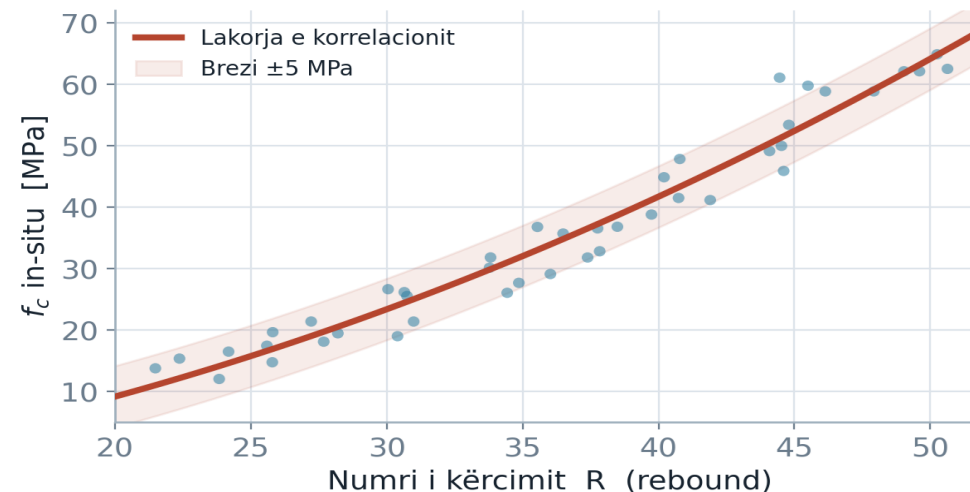
Objektivi i vlerësimit	Metoda parësore	Metoda plotësuese	REZISTENCA
Rezistenca në shtypje	Karota (EN 12504-1)	Rebound + UPV → SonReb	<b>DURABILITETI</b>
Uniformiteti & boshllëqet	UPV (EN 12504-4)	Impact-echo, GPR	<b>GJEOMETRIA</b>
Pozicioni & shtresa mbrojtëse	Profometer	GPR (radar)	
Rreziku i korrozionit	Gjysmë-qeliza (ASTM C876)	Rezistiviteti (Wenner)	<b>REGULLI I ARTË</b>
Karbonatizimi / kloruret	Fenolftaleinë / profil Cl <sup>-</sup>	Petrografia	Zgjidh metodën sipas pyetjes inxhinierike. Kombino një metodë parësore (sasiore) me një plotësuese, dhe ankorroje me prova direkte aty ku vendimi ka pasoja strukturore.
Delaminime & lagështia	Termografia IR	Pull-off (EN 1542)	

# Rebound hammer — EN 12504-2 · parimi & korrelacioni

Sklerometri (çekiçi Schmidt) — parimi i kërcimit elastik



Çekiçi sklerometrik — korrelacioni  $R \rightarrow f_c$



## **i** KUFIZIM & PRAKTIKË

Rebound mat vetëm ~30 mm sipërfaqësorë; lagështia, tekstura, agregati & karbonatizimi ndikojnë leximin → vlerë relative. Merr  $\geq 9$  lexime për pozicion dhe kalibro lakoren  $R \rightarrow f_c$  me karota lokale (sklerometri Schmidt / Proceq Silver Schmidt).

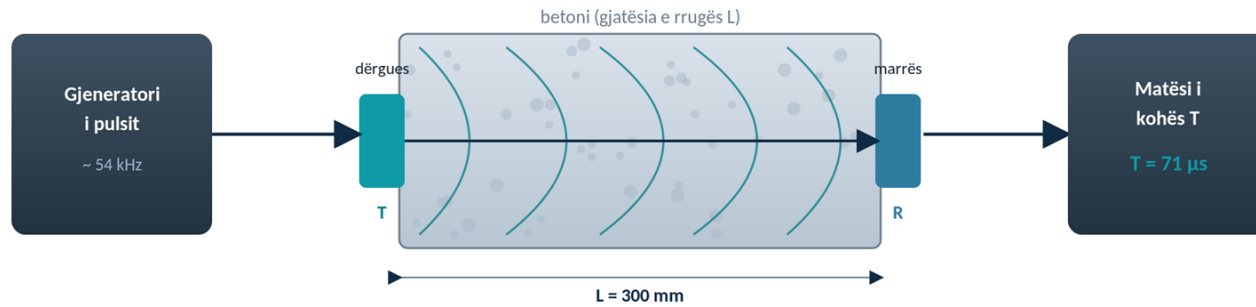
OIRK · KALKULATORËT EVP 2026



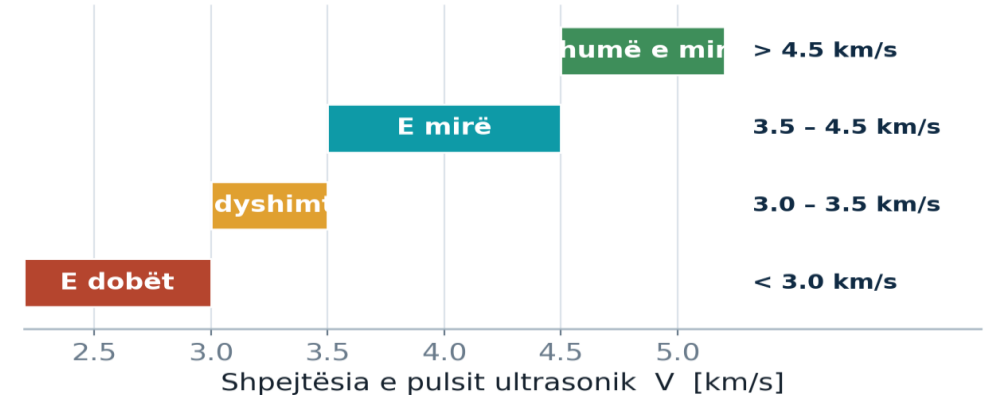
Çekiçi sklerometrik · EN 12504-2  
 $R \rightarrow f_c$

Skano me telefon → Ilogarit në çast  
<https://oirk-exp2026.netlify.app/rebound.html>

# UPV – EN 12504-4 · parimi i kohës së kalimit



## UPV – klasifikimi i cilësisë (IS 13311)



### Konfigurimet e matjes:



$$V = L / T = 4.23 \text{ km/s}$$

Instrumenti tipik: Proceq Pundit / matës UPV · EN 12504-4

Parimi: matet koha që i duhet pulsit ultrasonik të kalojë betonin → shpejtësia V tregon dendësinë, uniformitetin & defektet.

Shpejtësia ~10x ajo në ajër — UPV 'sheh' pore, plasaritje & delaminime të padukshme.



### KLASIFIKIMI & MODULI

> 4.5 km/s shumë mirë · 3.5–4.5 mirë · 3.0–3.5 i dyshimtë · < 3.0 i dobët (IS 13311). UPV jep edhe modulën elastik dinamik  $E_{din} = \rho \cdot V^2 \cdot (1+v)(1-2v)/(1-v)$  — tregues i ngurtësisë reale të betonit.

OIRK · KALKULATORËT EVP 2026

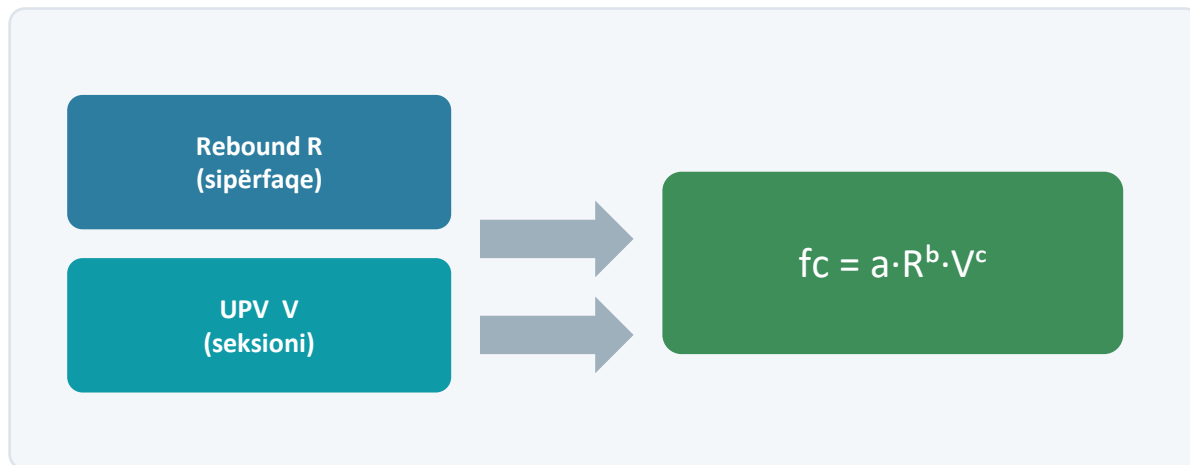


Ultrazëri UPV · EN 12504-4

$$V = L / T$$

Skano me telefon → Ilogarit në çast  
<https://oirk-exp2026.netlify.app/upv.html>

# SonReb – Rebound + UPV së bashku

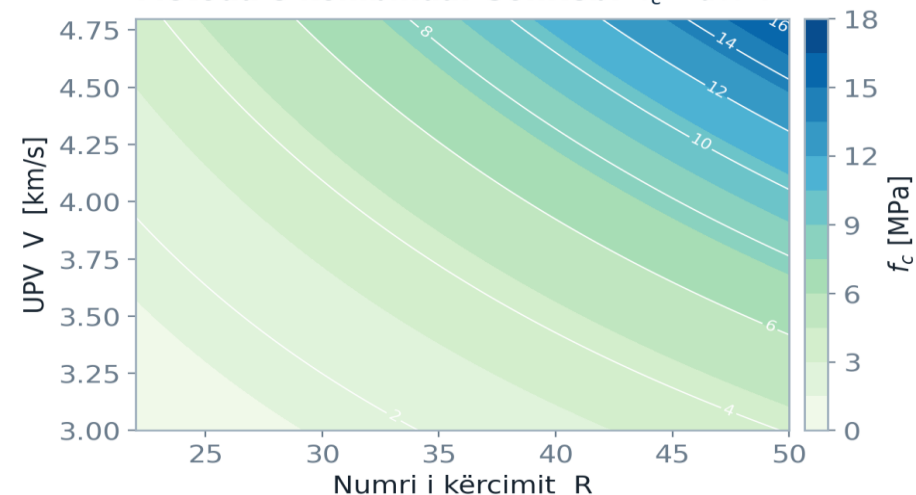


Skemë native — kombinimi i R (sipërfaqe) me V (gjithë seksioni).

**i** PSE FUNKSIONON

Rebound rritet me thatësinë e sipërfaqes, ndërsa UPV rritet me lagështinë — efekte të kundërta. Kombinimi redukton ndjeshmërinë ndaj lagështisë dhe e ul gabimin e vlerësimit tipikisht nën ~10–15% krahasuar me secilën metodë veçmas.

Metoda e kombinuar SonReb:  $f_c = a R^b V^c$



**Ideja:** kombino R (sipërfaqe) me V (gjithë trashësia).

**Modeli:**  $f_c = a \cdot R^b \cdot V^c$  — kalibruar me karota.

**Përparësia:** gabimet e dy metodave kompensohen pjesërisht.

**Rezultati:** vlerësim më i qëndrueshëm i  $f_c$  in-situ.

OIRK · KALKULATORËT EVP 2026

**SonReb (i kombinuar)**  
 $f_c = a \cdot R^b \cdot V^c$

Skano me telefon → Ilogarit në çast  
<https://oirk-evp2026.netlify.app/sonreb.html>

# Profometer, GPR, termografi & shearografi



Skanim elektromagnetik i armaturës (cover-meter).

## Profometer

Pozicioni, shtresa mbrojtëse &  $\emptyset$  e armaturës (induksion).

## GPR (radar)

Tomografi e armaturës & shtresave.

## Termografia IR

Delaminime & lagështi nga T sipërfaqësore.

## Pull-off (EN 1542)

Rezistenca në tërheqje — para riparimeve.



## Shearografi/termografi

Hartëzim i defekteve nën-sipërfaqësore përmes fushës së deformimit.

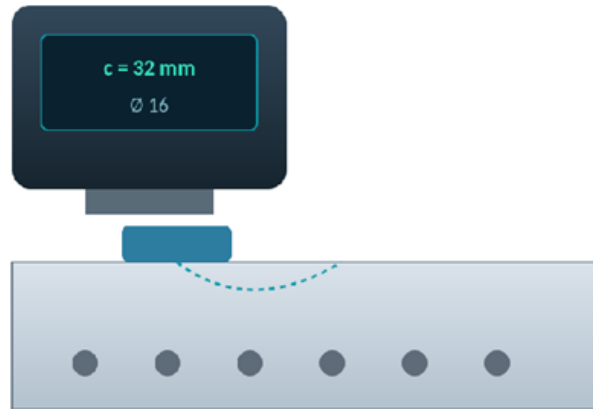


### PSE ËSHTË KRITIKE SHTRESA MBROJTËSE

Shtresa mbrojtëse e betonit është mbrojtja kryesore e armaturës: pak mm më pak nga sa projektohet shkurtojnë dukshëm kohën deri te korrozioni. Profometer-i & GPR-ja e verifikojnë pa e hapur betonin, duke synuar zonat për kontroll të detajuar. Burimi i figurës: Heslehurst (CRC).

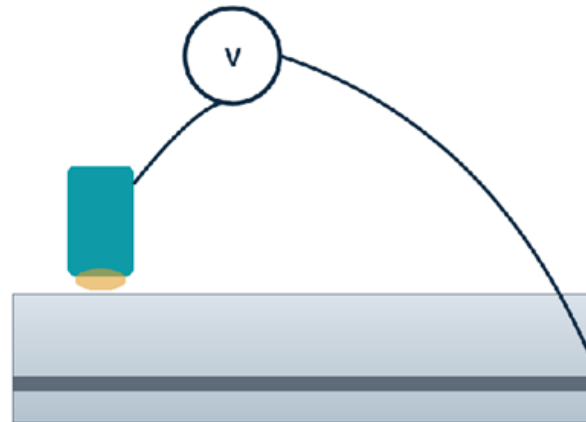
# Profometer · gjysmë-qeliza · pull-off (ilustrime të detajuara)

Profometer (cover-meter)



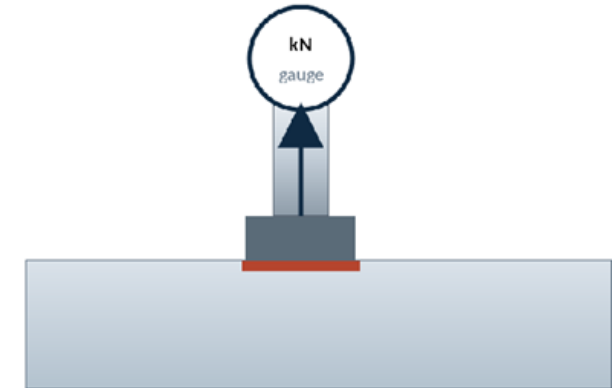
induksion elektromagnetik → pozicioni, mbulesa & Ø e armaturës

Gjysmë-qeliza (ASTM C876)



potenciali → probabiliteti i korrozionit (jo shpejtësia)

Pull-off (EN 1542)



forca e tërheqjes → rezistenca në tërheqje e sipërfaqes

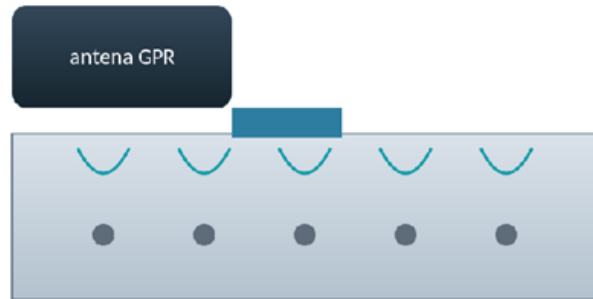
Instrumente plotësuese: GPR (radar), termografi IR, impact-echo, rezistiviteti (Wenner).

Secila mat një veti specifike — kombinohen me karota për vlerësim të besueshëm.

# GPR · termografi IR · marrje karote (ilustrime të detajuara)

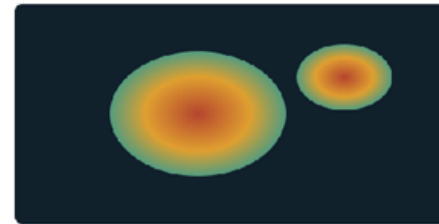
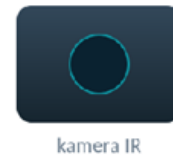
## Instrumente shtesë diagnostikuese

### GPR — georadar

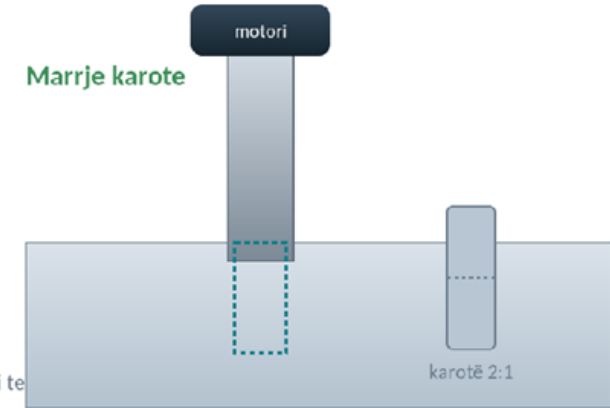


valë elektromagnetike → reflektime hiperbolike mbi armaturë & shtresa

### Termografi IR



delaminime & lagështi → anomali të



prova direkte → f\_c, is (EN 12504-1); ankoron NDT-në

Secila metodë mat një veti specifike — kombinohen për një pamje të plotë & të besueshme.

GPR & IR janë jo-kontaktuese e të shpejta; karota mbetet prova 'etalon' për rezistencën.



SEKSIONI I TRETË

# Rezistenca in-situ

## — EN 13791

Vlerësimi i rezistencës reale në shtypje të betonit ekzistues: metodat direkte e indirekte, qasja statistikore dhe interpretimi për projektim.

## EN 13791:2019 — si vlerësohet rezistenca in-situ

### Metoda direkte (DT)

*Karota — EN 12504-1*

**Karota:** cilindra 2:1,  $\emptyset \geq 75$  mm; provë në shtypje.

**n  $\geq$  8:** vlerësim karakteristik për strukturë ekzistuese.

**n = 3:** minimum për rajon të vogël ( $\leq 10$  m<sup>3</sup>).

### Metoda indirekte (NDT)

*EN 12504-2 / -4*

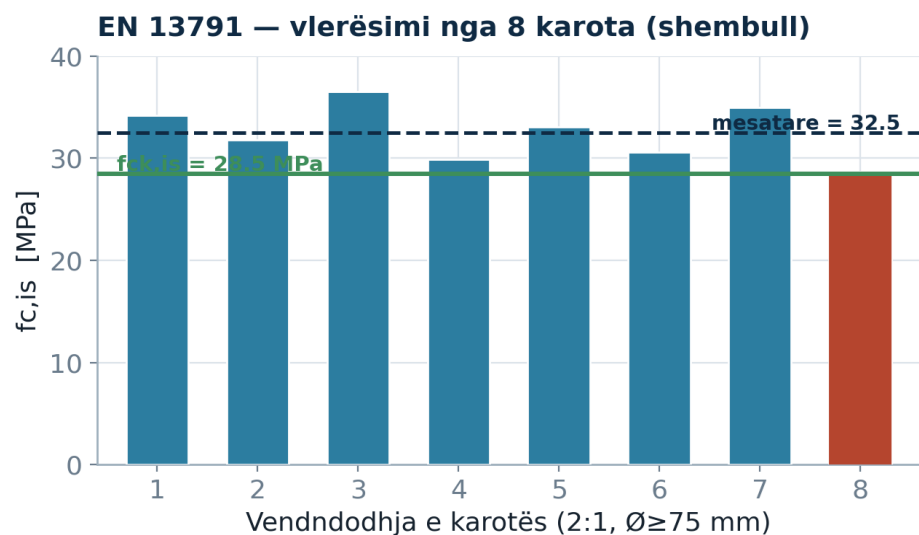
**Rebound:** numri R  $\rightarrow$  rezistencë sipërfaqësore.

**UPV:** shpejtësia e pulsit  $\rightarrow$  uniformitet & defekte.

**Kalibrim:** lidhet me karotat për vlerësim sasior.

**Rezultati:** klasa karakteristike **C**././. NDT-ja jep mbulim të dendur & pa dëmtim; karotat japin ankorim sasior. Kombinimi maksimizon besueshmërinë me numër minimal karotash — pasiguria bie me  $\sqrt{n}$ .

# Vlerësimi i $f_{ck, is}$ nga 8 karota



## Procedura (Klauzola 8)

$$f_{m, is} = 32.5 \text{ MPa} \cdot s = 2.7 \text{ MPa} \cdot \text{më e ulëta} = 28.7$$

$$f_{ck, is} = \min( f_{m, is} - k \cdot s ; f_{is, lowest} + M )$$

$$= \min( 32.5 - 1.48 \cdot 2.7 ; 28.7 + 4 )$$

$$= \min( 28.5 ; 32.7 ) = 28.5 \text{ MPa}$$

$f_{ck, is} \approx 28.5 \text{ MPa} \rightarrow$  klasa in-situ  $\approx$  C25/30; në projektim  $\gamma_c \geq 1.3$  (EC2 A.2.3).

**Kujdes:**  $f_{ck, is} \neq f_{ck}$ . Kriteri i 'karotës më të ulët' shpesh qeveris; testi i Grubbs identifikon outlier-at; merr  $\geq 2$  karota mbi minimumin.



### VINI RE

Rezistenca in-situ është tipikisht  $\sim 0.85 \times$  e kampioneve standarde të kuruara në laborator — pasojë e ngjeshjes, kurimit dhe efektit të formës; mosnjohja e këtij faktori mbivlerëson sigurinë.

OIRK · KALKULATORËT EVP 2026



Çekiçi sklerometrik · EN 12504-2

$R \rightarrow f_c$

Skano me telefon  $\rightarrow$  llogarit në çast  
<https://oirk-evp2026.netlify.app/rebound.html>



SEKSIONI I KATËRT

# Konformiteti & vendimmarrja

Nga të dhënat te vendimi: vlerësimi i kapacitetit, përfundimet e mundshme dhe hapat konform rezultateve.

## Vlerësimi i kapacitetit – përfundimet

Rezistenca vlerësohet analitikisht dhe, kur duhet, plotësohet me prova ngarkese. Vlerësimi çon në një nga tri përfundime kryesore:



### E mjaftueshme

Plotëson kodin në fuqi. Mbetet në shërbim normal.



### E kushtëzuar

Kapacitet kufitar; monitorim, kufizim ngarkese ose riparim.



### E pamjaftueshme

Nën kërkesat e kodit. Përforcim ose kufizim përdorimi.



### PROVA E NGARKESËS

Kur analiza lë pasiguri, prova e kontrolluar e ngarkesës jep dëshmi të drejtpërdrejtë të sjelljes reale (deformime, plasaritje, kthim elastik) — por planifikohet me kujdes për të mos rrezikuar strukturën.

# Hapat konform rezultateve

## DIAGNOZA E VLERËSIMIT

### Monitorim

Gjendje e pranueshme; ndiqet periodikisht (SHM).

### Riparim

Restaurim mbrojtjeje & seksioni sipas EN 1504.

### Përforcim

Rritje kapaciteti — FRP, zgjerim seksioni, pas-tensionim.

### Demolim

Kur riparimi s'është teknikisht/ekonomikisht i justifikuar.



#### PARIMI DREJTUES

Vendimi optimal balancon sigurinë, koston e ciklit jetësor dhe ndikimin mjedisor — shpesh riparimi/përforcimi i hershëm është zgjidhja më e qëndrueshme, në përputhje me rregullën e pesëfishit.



SEKSIONI I PESTË

# Riparimi, mbrojtja & përforcimi

Kuadri EN 1504, Llacet e riparimit, kontrolli i korrozionit dhe përforcimi strukturor me FRP & materiale inovative.

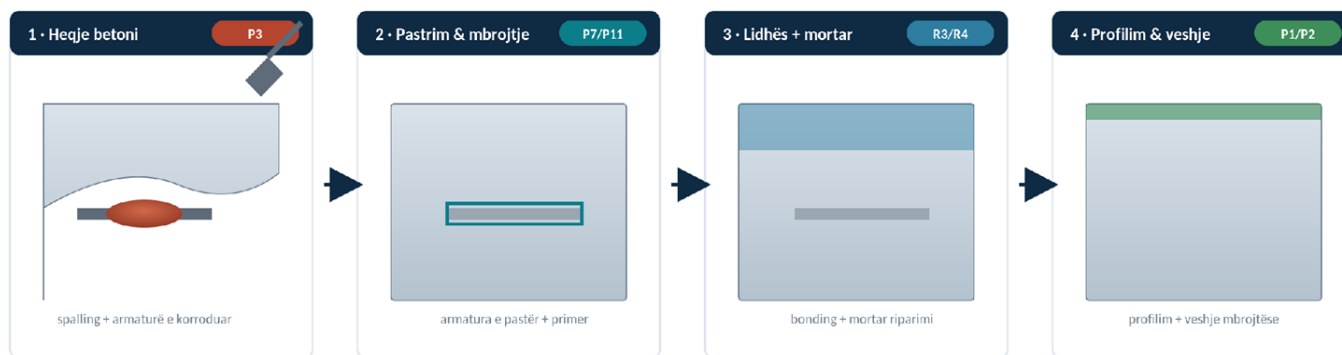
## EN 1504 – sistemi (10 pjesë) & 11 parimet



11 parimet (EN 1504-9): P1–P6 për defektet e betonit · P7–P11 për korrozionin e armaturës



# Sekuenca e riparimit (EN 1504) & klasat e Llacnave



Sekuenca e riparimit sipas EN 1504 — Sika MonoTop®/SikaTop® (R3/R4) mbulojnë P3 dhe P7/P11.

Çdo hap lidhet me një parim ndërhyrjeje; mbrojtja sipërfaqësore (P1/P2) zgjat jetën e shërbimit.

Klasa	f <sub>c</sub>	Përdorimi
R4	≥45	Strukturor, ngarkesa të larta
R3	≥25	Strukturor i zakonshëm
R2	≥15	Jo-strukturor, mbushje
R1	≥10	Finish kozmetik

## **i** KUJDES

Përgatitja e substratit (heqje deri te betoni i shëndoshë, pastrim armature) përcakton suksesin — pull-off ≥ 1.5 MPa para riparimit.

## **i** SISTEMET SIKA

Sika MonoTop®/SikaTop® (R3/R4) — mortare polimer-modifikuar me tkurrje të ulët & lidhje të fortë; mbulojnë P3 zëvendësim) + P7/P11 (mbrojtje armature).

# Kontrolli i korrozionit & injektimi i plasaritjeve

## Veshje & impregnime

P1, P2 — barrierë ndaj CO<sub>2</sub>, ujit & klorureve (EN 1504-2).

## Inhibitorë korrozioni

P7/P11 — migrojnë te armatura, ngadalësojnë reaksionin.

## Mbrojtja katodike (CP)

P10 — anoda sakrifikuese / rrymë e imponuar; ndal korrozionin aktiv.

## Injektim (EN 1504-5)

Epoksi (strukturor, plasaritje të thata) ose PU (plasaritje aktive me ujë).

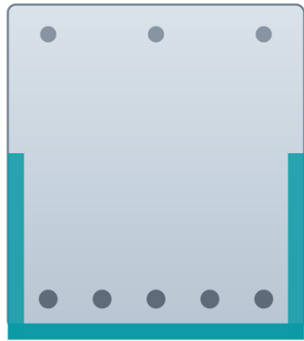


### KURIOZITET

Mbrojtja katodike është një nga pak metodat që ndal korrozionin tashmë të nisur pa hequr të gjithë betonin e kontaminuar — prandaj përdoret gjerësisht në ura, struktura detare dhe parkingje me ngarkesë klorure.

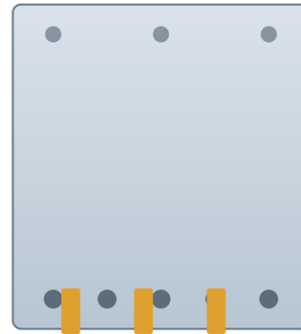
# EBR vs. NSM — mekanizmi dhe zbatimi real

EBR — fletë e jashtme



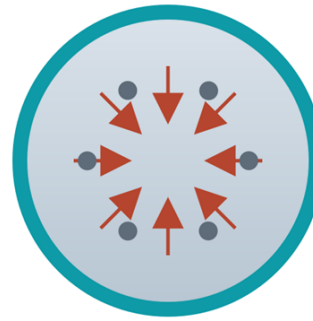
fletë/U-wrap CFRP e ngjitur  
rrezik: shkëputje (debonding)

NSM — shirit në kanal



shirita CFRP në kanale  
brenda shtresës mbrojtëse → debondon më vështirë

Mbërthim — shtyllë



mbështjellje CFRP  
presion mbërthyes fl → duktilitet



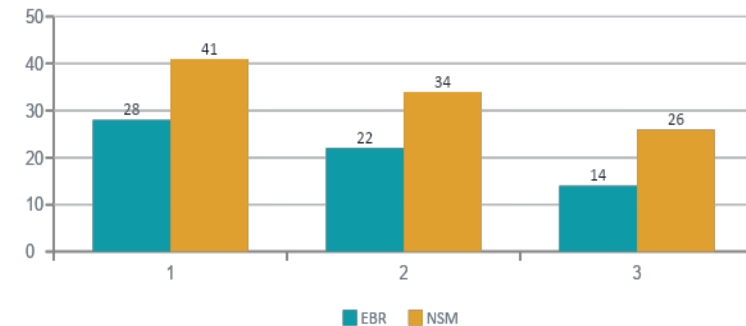
Aplikim real 'wet layup' i fletës CFRP (sistemi MapeWrap).

**Parimi:** EBR & NSM rrisin përkuljen/prerjen; mbërthimi rrit rezistencën & duktilitetin e shtyllës.  
Projektim sipas ACI 440.2R / fib 14 — kontroll i debonding-ut,  $e_f < e_{fu}$ , faktorë reduktimi.

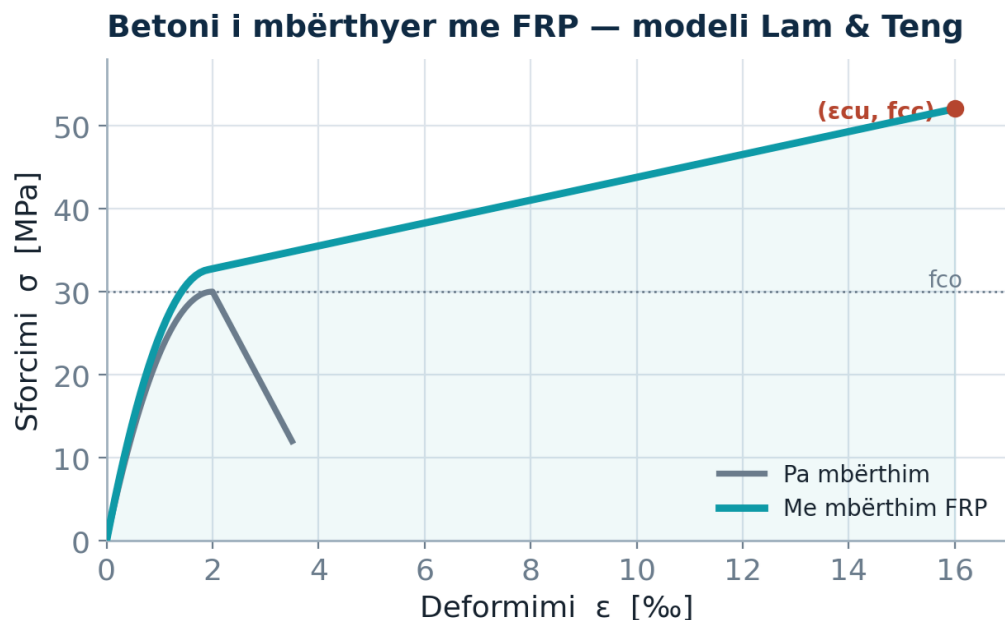
## **i** PSE NSM SHPESH FITON

I mbrojtur brenda shtresës mbrojtëse, NSM-i debondon më vështirë, i reziston zjarrit & dëmtimeve, dhe shfrytëzon më plotësisht fibrën — rritje deri ~41% kundrejt shkëputjes së parakohshme që kufizon EBR-në.

Rritje tipike e kapacitetit (%)



# Betoni i mbërthyer me FRP & zgjedhja e metodës



$$f_{cc}/f_{co} = 1 + 3.3 \cdot (f_l/f_{co}) \cdot f_l = 2 \cdot E_f \cdot t_f \cdot \epsilon_{fe} / D$$

**i KURIOZITET**

Mbështjellja me CFRP shumëfishon deformimin përfundimtar (duktilitetin) e një shtylle pa shtuar praktikisht peshë apo dimensione — arsyeja pse FRP-ja u bë mjete standard i përforcimit sizmik të shtyllave ekzistuese (modeli Lam & Teng, ACI 440).

Metoda	Synimi	Shënim
FRP — EBR/NSM	Përkulje & prerje	Peshë e ulët, jo-korroziv
Mbërthim FRP	Duktilitet (shtylla)	Kyç për përforcim sizmik
Zgjerim seksioni	Material mbajtës	Rrit ngurtësinë & peshën
Pas-tensionim	Rikthim kapaciteti	Efikas për trarë & ura
Pllaka çeliku	Përkulje	Klasik; rrezik korrozioni

OIRK · KALKULATORËT EVP 2026

**Mbërthimi me FRP · CNR-DT 200**  
 $f_{ccd}/f_{cd}$

Skano me telefon → Ilogarit në çast  
<https://oirk-evp2026.netlify.app/confined.html>

# FRP – debonding dhe llogaritje ekzekutive

1

Shkëputje në plasaritje (IC)

2

Shkëputje në skaj (plate-end)

3

Ndarja e shtresës mbrojtëse

4

Këputje e FRP-së

## Shembull – përforcim në përkulje me CFRP

Trau  $b=300$ ,  $d\approx 450$ ;  $M_{Rd}=180$  kNm. Laminë  $80\times 1.2$  mm,  $f_{fe}\approx 1300$  MPa.

$T_f = A_f \cdot f_{fe} = 96 \cdot 1300 = 125$  kN ;  $\Delta M_{Rd} \approx T_f \cdot z \approx 54$  kNm

**MRd: 180 → 234 kNm (+30%)**

Kontrolle: deformimi i debonding-ut efd, duktiliteti & gjendja kufitare e shërbimit.

i

### MËSIMI INXHINIERIK

Shumica e sistemeve FRP dështojnë nga debonding-u — jo nga këputja e fibrës. Prandaj projektimi kufizon deformimin efektiv ( $\epsilon_{fe} < \epsilon_{fu}$ ) dhe shton ankorime (spike anchors, U-wraps): qëllimi është ta detyrosh materialin të punojë deri në potencialin e tij.

OIRK · KALKULATORËT EVP 2026



Prerje (shear) me FRP

$V_{Rd,f}$

Skano me telefon → Ilogarit në çast  
[https://oirk-evp2026.netlify.app/shear\\_fr\\_p.html](https://oirk-evp2026.netlify.app/shear_fr_p.html)

OIRK · KALKULATORËT EVP 2026



Përforcim FRP në përkulje

$M_{Rd}$

Skano me telefon → Ilogarit në çast  
[https://oirk-evp2026.netlify.app/frp\\_flexure.html](https://oirk-evp2026.netlify.app/frp_flexure.html)

# Materialle inovative — rezultate nga literatura

## UHPC

Beton >120 MPa për shtresa riparimi ultra-të holla & të qëndrueshme.

## TRC / FRCM

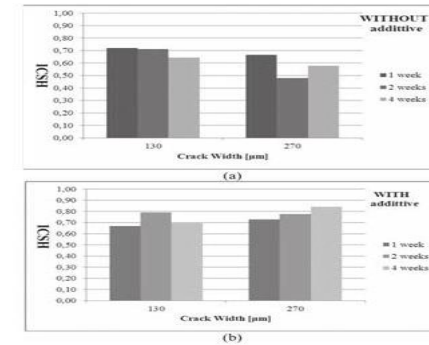
Tekstil + matricë minerale — alternativë e FRP, rezistente ndaj zjarrit.

## Beton vetë-shërues

Bakterie/mikrokapsula që mbyllin plasaritjet me kalcit.

## Nano-shtesa

Nano-silica & grafen dendësojnë matricën, ulin përshkueshmërinë.



## Indeksi i vetë-shërimit (ICSH)

Shtesat kristalizuese → > 80% rikuperim i rrjedhjes. ICCRRR-3 (2012).



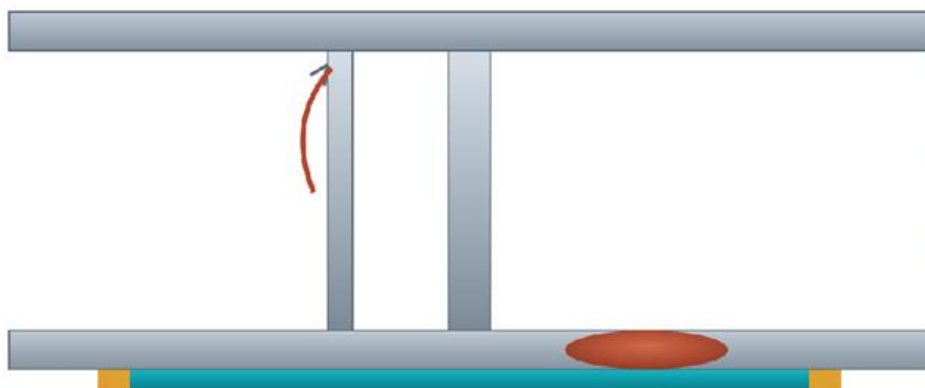
### REZULTAT KONKRET

Sipas ICCRRR-3 (2012), betoni me shtesa aero-kristalizuese rikuperoi mbi 80% të rrjedhjes në plasaritje — vetë-shërim i nxitur nga hidratimi i vazhdueshëm i çimentos anhidre në faqet e çara, efektiv edhe për hapje më të mëdha plasaritjeje.

# Strukturat metalike & kompozite — vlerësim & përforcim

## Strukturat metalike & kompozite — degradimi dhe përforcimi

Trau çelik (I) — anësor



- 1 Plasaritje lodhjeje (fatigue) te detaji i salduar
- 2 Korrozion & humbje seksioni (mbrojtje: veshje/galvanizim)
- 3 Përforcim: llatinë CFRP / pllakë çeliku të ngjitur + ankorim skajor

Prerja tërthore



Panel kompozit (FRP/sandwich) — delaminim



- 4 Delaminim & dëmtim goditjeje — të padukshme në sipërfaqe termografi IR (NDI)

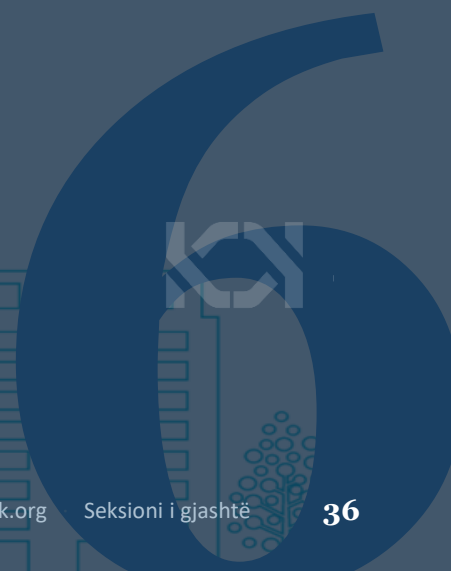
Lodhja qeveris te urat çelik; te kompozitet, delaminimi është defekti kryesor — të dyja kërkojnë NDI dhe përforcim me FRP/pllakë të ngjitur (= CNR-DT 200 / EC).



SEKSIONI I GJASHTË

# Raste reale & sintezë

Zbatimi ekzekutiv i fijos së kuqe — nga inspektimi te ndërhyrja — dhe mesazhet kyçe.



## Foto reale nga katalogët – aplikim CFRP (MapeWrap)



Përgatitja e substratit



Ngopja me rrëshirë (primer)



Aplikim 'wet layup' i fletës CFRP



Fleta CFRP e aplikuar

Foto reale ndërhyrjeje — katalogu MapeWrap (Mapei); parime të njëjta për sistemet SikaWrap/CarboDur.

### Përforcim në perkulje/prerje

Kapacitet i pamjaftueshëm → llaminë/fletë CFRP të ngjitura (CNR-DT 200/ACI 440).

### Korrozion (urë/parking)

Karbonatizim/klorur → spalling → riparim EN 1504 + mbrojtje katodike.

### Mbërthim sizmik i shtyllave

Duktilitet i ulët → mbështjellje CFRP → rritje duktiliteti.

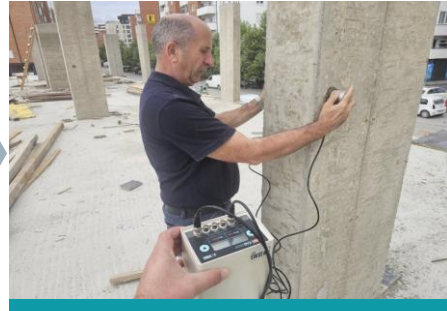
Burimet: katalogu Mapei (MapeWrap); Sika (CarboDur/SikaWrap); literatura FRP.

# Nga vlerësimi te ndërhyrja – me foto reale



**1 • Inspektim**

*vizual*



**2 • Diagnozë**

*NDT + karota*



**3 • Vlerësim**

*EN 13791 / EN 1504-9*



**4 • Ndërhyrje**

*riparim / përforcim*



**5 • Monitorim**

*SHM*

## Mesazhet kyçe

**1**

### Vlerëso para se të ndërhysh

Diagnoza e saktë (vizuale + NDT + karota) është themeli i çdo vendimi.

**2**

### Kombino metodat

Asnjë metodë e vetme s'mjafton; kombinimi rrit besueshmërinë mbi 90%.

**3**

### Ndërhyr herët

Rregulla e pesëfishit: vonesa shumëfishon koston dhe rrezikun.

**4**

### Zgjidh sipas EN 1504

Parimi i duhur → metoda & materiali i duhur, i gjurmueshëm e i certifikuar.

# Kalkulatorë — skano me telefon & llogarit në çast



## 11 kalkulatorë

Skano këtë kod për faqen kryesore me të gjithë kalkulatorët — ose çdo kod për mjetin specifik. Secili me formula të plota & skemë shqyrtimi.

*Funksionojnë në telefon (pas hostimit) ose offline në kompjuter.*



fck, is — EN  
13791



Rebound  
R→f\_c



UPV — cilësia



SonReb



Karbonatizimi



Kloruret (Fick)



Gjysmë-qeliza



Mbërthim FRP



FRP — përkuqje



FRP — prerje



Pllakë çeliku

## Nga literatura referente

### Repair of Concrete Structures to EN 1504

*Dansk Standard · Elsevier, 2004*

Kuadri i 11 parimeve & përzgjedhja e produkteve sipas defektit — baza e seksionit të riparimit.

### Concrete Repair, Rehabilitation & Retrofitting III

*ICCRRR-3 · CRC Press, 2012*

Gjendja e artit; betoni vetë-shërues me shtesa kristalizuese rikuperoi > 80% të rrjedhjes në plasaritje.

### Engineered Repairs of Composite Structures

*Heslehurst · CRC Press*

Parimet e riparimit të ngjitur & NDI (UPV, shearografi), të transferueshme te FRP-ja e betonit.



#### PLOTËSUAR ME PUNIME SHKENCORE

Përveç librave: standardet EN 13791:2019, EN 12504, EN 1504, EN 1992-1-1; modelet shkencore Tuutti (1982), Fick, Lam & Teng (2003); dhe udhëzimet ACI 440 / fib Bulletin 14 & 34 mbi FRP-në dhe projektimin e jetës së shërbimit.

# Referencat & burimet

- EN 13791:2019 — Assessment of in-situ compressive strength in structures and precast concrete components.
- EN 12504-1/-2/-4 — Testing concrete in structures: cores; rebound number; ultrasonic pulse velocity.
- EN 1504 (Pjesët 1–10) — Products and systems for the protection and repair of concrete structures.
- EN 1992-1-1 (Eurocode 2) — Design of concrete structures; ASTM C876 — corrosion potentials.
- Dansk Standard. Repair of Concrete Structures to EN 1504. Elsevier Butterworth-Heinemann, 2004.
- Alexander et al. (eds.). Concrete Repair, Rehabilitation and Retrofitting III (ICCRRR-3). CRC Press, 2012.
- Heslehurst, R.B. Engineered Repairs of Composite Structures. CRC Press.
- Tuutti, K. Corrosion of Steel in Concrete. Swedish Cement & Concrete Research Institute, 1982.
- Lam, L. & Teng, J.G. Design-oriented stress–strain model for FRP-confined concrete. Constr. Build. Mater., 2003.
- ACI 440.2R / fib Bulletin 14 — Externally bonded FRP for strengthening; fib Bulletin 34 — Service Life Design.
- Sika. Concrete Repair & Protection according to EN 1504 (Sika Concrete Handbook); de Sitter (1984), Law of Fives.

DISKUTIM

# Pyetje & Përgjigje

# Faleminderit për vëmendjen!

prof. dr. Naser Kabashi · PhD c. Enes Krasniqi (PhD cand.)

[www.oirk.org](http://www.oirk.org)

[info@oirk.org](mailto:info@oirk.org)

+383 (38) 606 602

