

OBNOVA GRADA ZAGREBA NAKON POTRESA  
Ciklus predavanja: Znanjem za Zagreb (i Hrvatsku) - Zagrebu od Rijeke

# Čelične konstrukcije nosivih skela za pridržavanje fasada u procesu rekonstrukcije povijesnih građevina

Paulina Krolo<sup>1</sup> & Petar Mrak<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, <sup>2</sup>AEC Projekt d.o.o., Njivice



**ZAGREB,  
22. OŽUJAK 2020.  
6:24**



**PETRINJA,  
29. PROSINAC 2020.  
12:19**

# Sadržaj

- Uvod
  - Zadržavanje fasade (facade retention)
  - Smjernice i preporuke
  - Koji tip skele odabrati?
  - Kriteriji za projektiranje privremenih konstrukcija (nosivih skela)
- 
- PRIMJER IZ PRAKSE - Rekonstrukcija ciglene zgrade EX „Rikard Benčić” u Dječju kuću u Rijeci (Petar Mrak, dipl. ing. građ.)

# Uvod

- Nedavni potresi koji su pogodili Zagreb i Petrinju, ostavili su goleme posljedice na brojnim zgradama među kojima su i zgrade **zaštićene graditeljske baštine**
- Obnova takvih zgrada, posebno onih kod kojih su zabilježena **znatna oštećenja nosivih konstrukciji elemenata**, zadaju inženjerima velike „muke”
- Takve zgrade imaju fasade od izrazite **arhitektonske** važnosti, ali je moguće da nosivi dijelovi više ne udovoljavaju zahtjevima nosivosti i uporabivosti
- U tom slučaju je klasičan način obnove upitan kao i njegova ekonomska opravdanost

# ZADRŽAVANJE FASADE kao metoda sanacije

**ZADRŽAVANJE FASADE** (eng. façade retention) je radikalna metoda sanacije građevina. Obuhvaća postupak uklanjanja cijele unutrašnjosti zgrade ili dijela zgrade, dok se zadržava samo njena fasada kako bi se sačuvala povijesna i arhitektonska jedinstvenost građevine



Primjer zadržavanja jednog fasadnog pročelja



Primjer zadržavanja fasade cijele građevine

- **Zadržavanje fasade** najčešće se primjenjuje za rekonstrukcije zgrada koje datiraju iz 19. stoljeća ili početka 20. stoljeća, koje su uglavnom smiješene u blizini centra grada
- Praksa zadržavanja fasada sukobljava se s međunarodnim poveljama **ICOMOS-a** i **Venecijanskom poveljom**, gdje je neophodno biti u dosluhu s konzervatorima i arhitektima i poštivati specifične zahtjeve za takve građevine

**ICOMOS** - međunarodna nevladina organizacija koja se bavi zaštitom kulturnih dobara  
**Venecijanska povelja** - Međunarodna povelja o zaštiti i obnovi spomenika i lokaliteta



## Projektantski i tehnički zahtjevi

Glavni **izazovi** za inženjere u procesu sanacije građevina postupkom **ZADRŽAVANJEM FASADE** su:

### ➤ **Zahtjevi projektiranja**

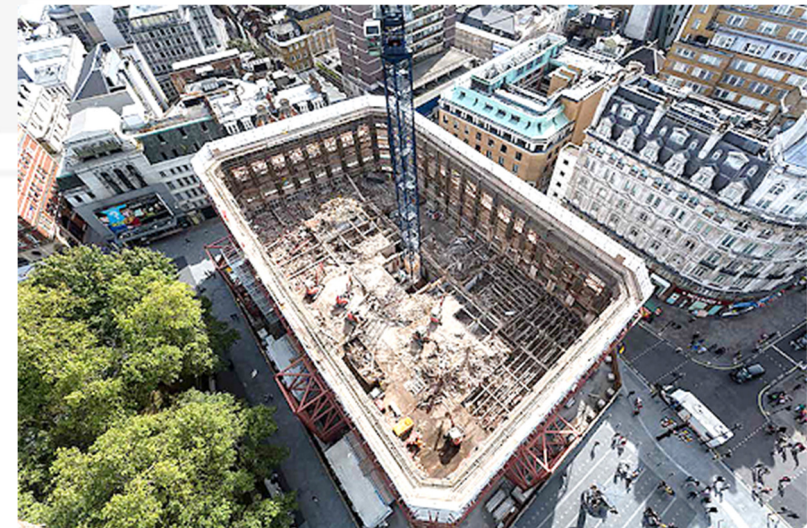
U Hrvatskoj ne postoji Tehnički propis, niti je Europskim normama obuhvaćen ovakav princip rekonstrukcije/gradnje

### ➤ **Tehnički zahtjevi**

Potrebno je riješiti brojne faze rekonstrukcije/gradnje, od početka uklanjanja postojeće građevine, do konačne integracije zadržane fasade s novom konstrukcijom

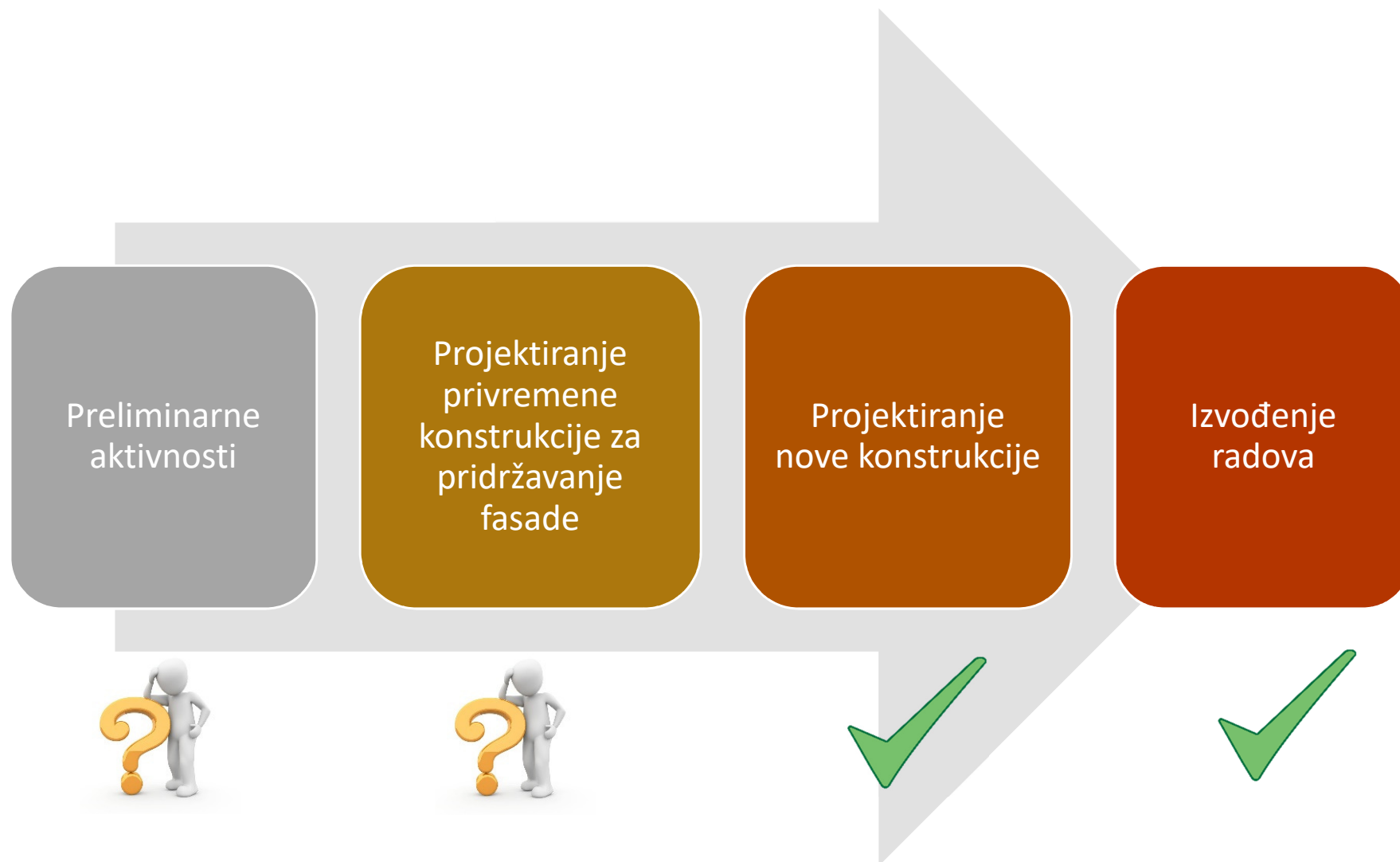
# Smjernice i preporuke za projektiranje

- U Hrvatskoj se nismo susretali s ovakvim radikalnim načinom sanacija građevina, što zbog manjkavosti propisa, neiskustva inženjera, ekonomskih razloga i/ili nekih drugih faktora
  - U Europi ova metoda obnove nije strana. U Velikoj Britaniji se metoda **zadržavanja fasada** uvelike primjenjuje u procesu obnove graditeljske baštine
- Pregledom literature i dostupnih materijala pokušat ćemo dati jasan pregled sa smjernicama i preporukama u procesu obnove povijesnih građevina metodom **ZADRŽAVANJA FASADA**





# Proces obnove povijesnih građevina ZADRŽAVANJEM FASADE





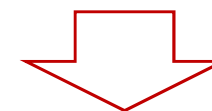
Preliminarne  
aktivnosti

Preliminarnim aktivnostima trebalo bi  
provesti sljedeće korake:

- 1) Identificirati tip zgrade i prikladnost metode sanacije zadržavanjem fasade
- 2) Provesti inicijalno istraživanje građevine
- 3) Istražiti ograničenja lokacije građevine
- 4) Utvrditi stanje fasade
- 5) Izraditi studiju izvedivosti zadržavanja fasade

## 1) Identifikacija tipa zgrade i prikladnost metode sanacije zadržavanjem fasade

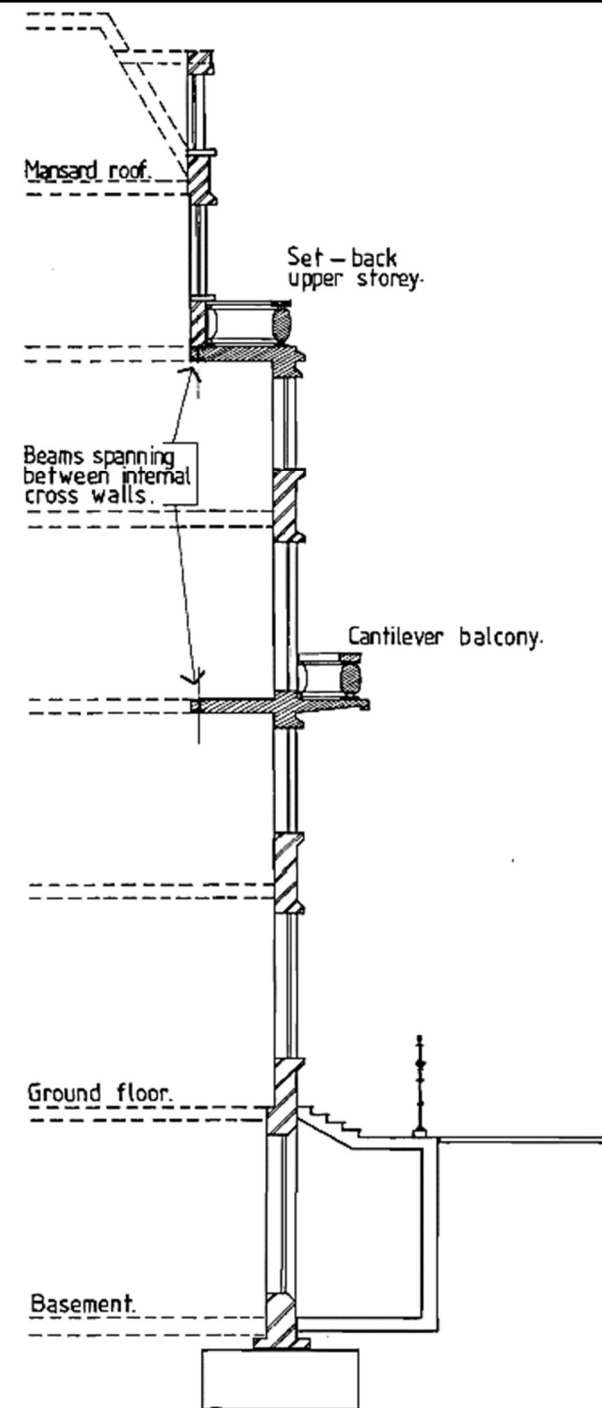
Zgrade...	...pogodne <b>za ZADRŽAVANJE FASADA</b>	... <b>nisu</b> pogodne <b>za ZADRŽAVANJE FASADA</b>
Vrijeme gradnje	Izgrađene na prijelazu 19. i 20. stoljeća	Novija gradnja, nakon 1950. godine
Tip fasade	Masivna fasada od opeke i / ili kamena	Relativno tanke vanjske obloge od opeke ili drugih materijala
Nosiva konstrukcija	Zidovi od opeke i / ili kamena	Konstrukcije od čeličnih okvira ili armiranog betona
Sekundarni elementi	Unutarnja konstrukcija može biti slična nosivim zidovima ili djelomično uokvirena konstrukcija od čelične i / ili drvene konstrukcije. U nekim slučajevima mogu biti prisutni betonski podovi.	Zidani pregradni zidovi i svi ostali elementi karakteristični za suvremenu gradnju



**Standardni načini sanacije/rekonstrukcije su održivije i ekonomski isplativije metode** produljenja uporabnog vijeka suvremenih zgrada

## 2) Inicijalno istraživanje građevine

- Istražiti **dostupnost građevinskih nacрта** i detalja postojeće zgrade, uključujući sve nedavne izmjene (sanacije/rekonstrukcije)
- Provesti **vizualne preglede** postojeće zgrade iznutra i izvana kako bi identificirali način gradnje i statiku sustava
- Utvrditi kako je **ostvarena veza fasadnih zidova** s unutarnjim zidovima, podovima i drugim potpornim elementima
- Utvrditi postoje li **ekscentričnosti vlastite težine** fasadnih zidova
- Istražiti **uvjete temeljenja**, procijeniti vjerojatne probleme s temeljima u odnosu na prijedlog nove konstrukcije
- Ispitati nosivost **temeljnog tla**



### 3) Ograničenja lokacije građevine

Gradska područja po svojoj prirodi često nameću **ozbiljna ograničenja** pri odabiru konstrukcije za pridržavanje fasade.

To mogu biti:

- Ograničene **širine okolnog prostora zgrade**, blizina kolnika i pločnika
- **Blizina susjednih zgrada** i drugih objekata
- **Lokalne vlasti** mogu ograničiti ili spriječiti postavljanje privremenih skela iz nekih drugih razloga



## 4) Utvrđivanje stanja fasade

Vrlo je važno rano u procesu projektiranja jasno utvrditi **građevinske detalje fasade**, njezinu nosivu funkciju u izvornoj zgradi i postojeće stanje naprezanja

Potrebno je napraviti sljedeće:

- Provesti **detaljna mjerenja geometrije** fasadnih zidova (tlocrtne dimenzije, debljine zidova, visine, karakteristične presjeke fasade i dr.)
- Prema potrebi, provesti **snimanje vertikalnosti zidova** i "ispunjenosti" fasadnog zida
- Otvoriti zidne elemente na karakterističnim mjestima kako bi **utvrdili građevinske detalje i materijale**
- Ako je moguće, uzeti uzorke za **laboratorijska ispitivanja** čvrstoće materijala
- Pomno pregledati fasadu iznutra i izvana. Utvrditi sve potrebne **popravke i ojačanja** (to može uključivati sanaciju nakon uklanjanja drvenih gredica, specijalne popravke zbog korodiranja čeličnih konstrukcija, popravke svodova od opeke i /ili kamena nad otvorima, popravke fasade nastali vremenskim utjecajima i dr.)

Preliminarne  
aktivnosti

## 5) Studija izvedivosti ZADRŽAVANJA FASADE

**Osnovni cilj** studije izvedivosti je odabrati **prikladan način** privremene potpore postojećoj fasadi, kako bi se osiguralo **sigurno uklanjanje postojeće građevine** i postigla ekonomična izgradnja nove građevine, tako da se osigura **stabilnost fasade** u svim fazama radova (uklanjanja/gradnje)

## 5) Studija izvedivosti ZADRŽAVANJA FASADE

- U većini slučajeva (ali ne i svi), postojeća fasada koju treba zadržati, sposobna je izdržati vlastitu težinu na izvornim temeljima
- Uklanjanje postojećih stropnih elemenata izvorne zgrade smanjit će opterećenja na zadržanim zidovima i temeljima
- Pod uvjetom da su zidovi uglavnom okomiti i da nemaju značajnih promjena u presjeku s izbočenim ili uvučenim elementima koji uzrokuju prekomjerno ekscentrično opterećenje, problem osiguranja privremene stabilnosti zadržanih fasadnih zidova može se osigurati **bočnim potpornim** konstrukcijama (skelama)



## 5) Studija izvedivosti ZADRŽAVANJA FASADE

- Ako rušenje uključuje uklanjanje nosivih zidova, stupova, greda ili podova koji pružaju vertikalnu potporu ekscentričnim elementima fasadnog zida ili koji podupiru velike otvore na fasadi, osiguravanje stabilnosti uključuje izvođenje **bočnih i vertikalnih potpornih elemenata**
- Potrebno je razmotriti pozicije radnih strojeva (strojevi za nabijanje, strojevi za iskop, dizalice, itd.) na gradilištu
- Osmisliti **tehnologiju gradnje** novih temelja i nove konstrukcije neposredno iza fasade, te način povezivanja stare i nove konstrukcije

Procjena svih preliminarnih razmatranja trebala bi omogućiti inženjeru da utvrdi je li **ZADRŽAVANJE FASADE** izvediva metoda za provedbu predložene obnove građevine

Projektiranje  
privremene  
konstrukcije za  
pridržavanje fasade

## Privremene konstrukcije (skele) za pridržavanje fasade

- Privremene konstrukcije (skele) za pridržavanje fasade pružaju bočnu potporu postojećem pročelju zgrade
- Sustav za pridržavanje obično je potreban od početka radova na uklanjanju do završetka nove konstrukcije
- **Osnovni cilj** u projektiranju prikladnog sustava privremenih konstrukcija za pridržavanje fasade je postizanje **ekonomičnog rješenja** koje je relativno jednostavno **instalirati**, **održavati** i **ukloniti**, te koji najmanje remete aktivnosti rušenja i gradnje, istovremeno prepoznajući sva ograničenja na lokaciji građevine

## Koji tip skele odabrati? CIJEVNE SKELE VS NOSIVE SKELE

Projektiranje skela za pridržavanje fasadnih zidova zahtijeva iskustvo i dobro razumijevanje postojeće i nove konstrukcije, kao i svojstva elemenata skele

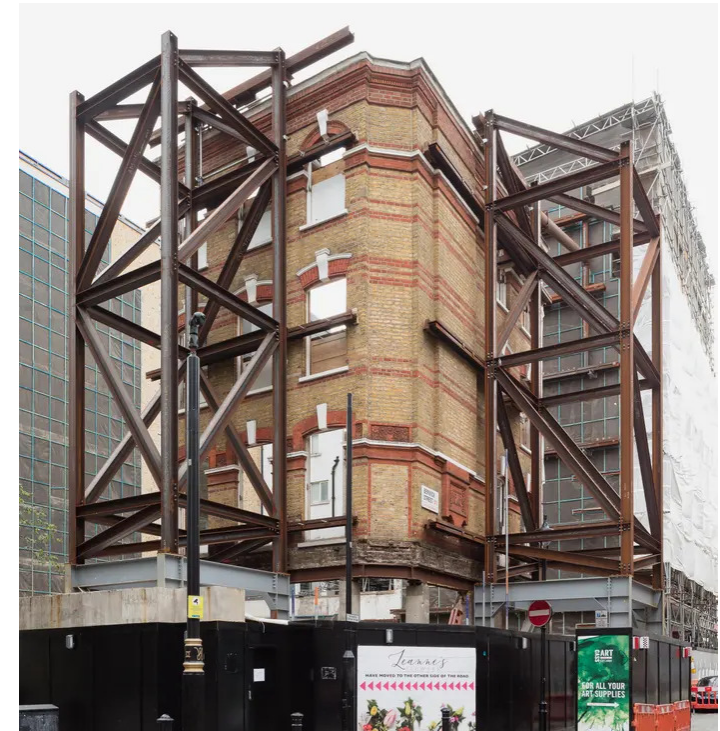
- Tipične **radne skele** se oslanjaju na zgradu kako bi osigurale pristup radnika i materijala do građevine
- Kod **nosivih skela**, princip je potpuno obrnut, građevina dobiva potporu od same skele
- Za postizanje odgovarajuće stabilnosti ZADRŽANIH FASADNIH ZIDOVA očito će biti potrebna **masivna konstrukcija skele**

Projektiranje  
privremene  
konstrukcije za  
pridržavanje fasade

## NOSIVE SKELE

### Bočne nosive skele

- Nosivi sustavi koji daju privremenu horizontalnu potporu fasadnom zidu
- Tipovi bočnih skela su različiti, ovise o uvjetima same građevine i okolnog terena



Pidržanje toranjskim skelama



Podupiranje kosnicima



Pidržanje cijevnim skelama

Projektiranje  
privremene  
konstrukcije za  
pridržavanje fasade

## NOSIVE SKELE Horizontalne skele

- Nosivi sustavi koji daju privremenu potporu nasuprotnih zidova
- Opterećenje se ne prenosi na tlo nego na fasadne zidove



Razupiranje rešetkastim nosačima



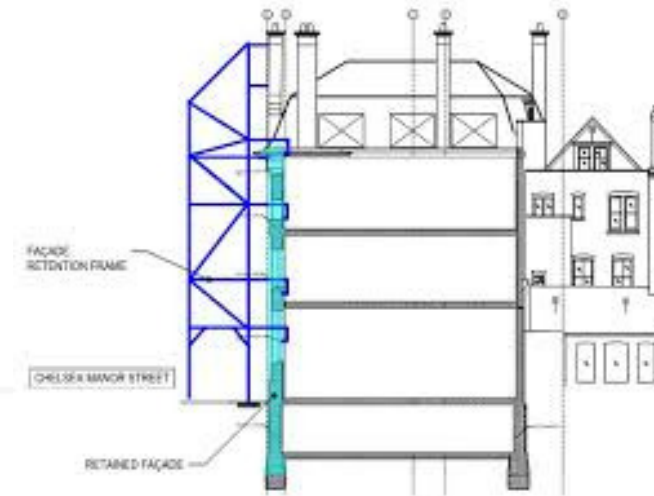
Razupiranje profilima



Razupiranje profilima

Projektiranje  
privremene  
konstrukcije za  
pridržavanje fasade

## NOSIVE SKELE Vertikalne skele



Vertikalne skele koriste se za sljedeće namjene:

- Za sanaciju gornjih dijelova fasadnog zida
- Za sanaciju postojećih temelja
- Za gradnju velikih otvora na postojećim zidovima



## Prihvat nosive skele na konstrukciju

- Ako to dopuštaju uvjeti na gradilištu, prihvat nosive skele na fasadni zid treba osigurati kroz otvore prozora kako bi se izbjeglo bušenje zida
- Drvene oplata postaviti oko otvora i na svim kritičnim mjestima kako bi se spriječilo oštećivanje zida



## Kriteriji za projektiranje privremenih konstrukcija su sljedeći:

- 1) Djelovanja koja treba uzeti u obzir u proračunu:
  - Sva stalna djelovanja koja djeluju trajno ili privremeno
  - Horizontalna djelovanja vjetra - (vidi HRN EN 1991-1-4, 7.4.1 (samostojeći zidovi) ili 7.2.2 (vertikalni zidovi pravokutnih građevina))
  - Horizontalna djelovanja uslijed imperfekcija i pomaka
  - Izvanredna udarna opterećenja
  - Pritisak tla (ukoliko postoji takav utjecaj)
- 2) Faze uklanjanja: kroz sve faze radova potrebno je osigurati stabilnost konstrukcije
- 3) Osigurati pristup fasadi za popravke
- 4) Spojevi elementa: svi spojevi vlačnih elemenata trebaju biti spojeni ili mehanički pričvršćeni vijcima
- 5) Uvjeti gradilišta i ograničeni prostor na gradilištu mogu značajno promijeniti oblik i tip skele. Npr. povećanjem širine kontrafora može se smanjiti potrebna za dodatnim teretom za ravnotežu
- 6) Ograničavanjem horizontalnog otklona sačuvat će se cjelovitost fasadnog zida. Ograničenje bočnog otklona uzeti kao  $H/750$
- 7) Projektirati temeljnu podloga ako uvjeti tla nisu dovoljne nosivosti



# Sadržaj

- Uvod
  - Zadržavanje fasade (facade retention)
  - Smjernice i preporuke
  - Koji tip skele odabrati?
  - Kriteriji za projektiranje privremenih konstrukcija (nosivih skela)
- 
- **PRIMJER IZ PRAKSE - Rekonstrukcija ciglene zgrade EX „Rikard Benčić” u Dječju kuću u Rijeci (Petar Mrak, dipl. ing. građ.)**

## Rekonstrukcija ciglene zgrade EX „Rikard Benčić” u Dječju kuću u Rijeci

Petar Mrak, dipl. ing. građ., AEC projekt d.o.o., Njivice



# PRIMJER IZ PRAKSE

## Rekonstrukcija ciglene zgrade EX „Rikard Benčić“ u Dječju kuću u Rijeci

- Ciglana zgrada jedan je od objekata u bivšem industrijskom kompleksu „Rikard Benčić“.
- Izgrađena je krajem 19. stoljeća, a služila je kao sušara tadašnje tvornice duhana.
- Ciglana zgrada je prenamijenjena u Dječju kuću, prvu takvu u Hrvatskoj.
- Rekonstrukcijom Ciglene zgrade uklonjena je kompletna nosiva i nenosiva konstrukcija osim četiri vanjska ciglena zida.



Prije rekonstrukcije

Glavni projekt:

**Petar Mrak, dipl.ing.građ. AEC projekt d.o.o., Njivice**

Izvedbeni projekt:

**Petar Mrak, dipl.ing.građ. AEC projekt d.o.o., Njivice**

Boris Kirinčić, mag.ing.aedif. AEC projekt d.o.o., Njivice

dr. sc. Saša Mitrović, dipl. ing. građ. i.t.t. d.o.o., Rijeka

Projekt teške skele:

**Petar Mrak, dipl.ing.građ. AEC projekt d.o.o., Njivice**



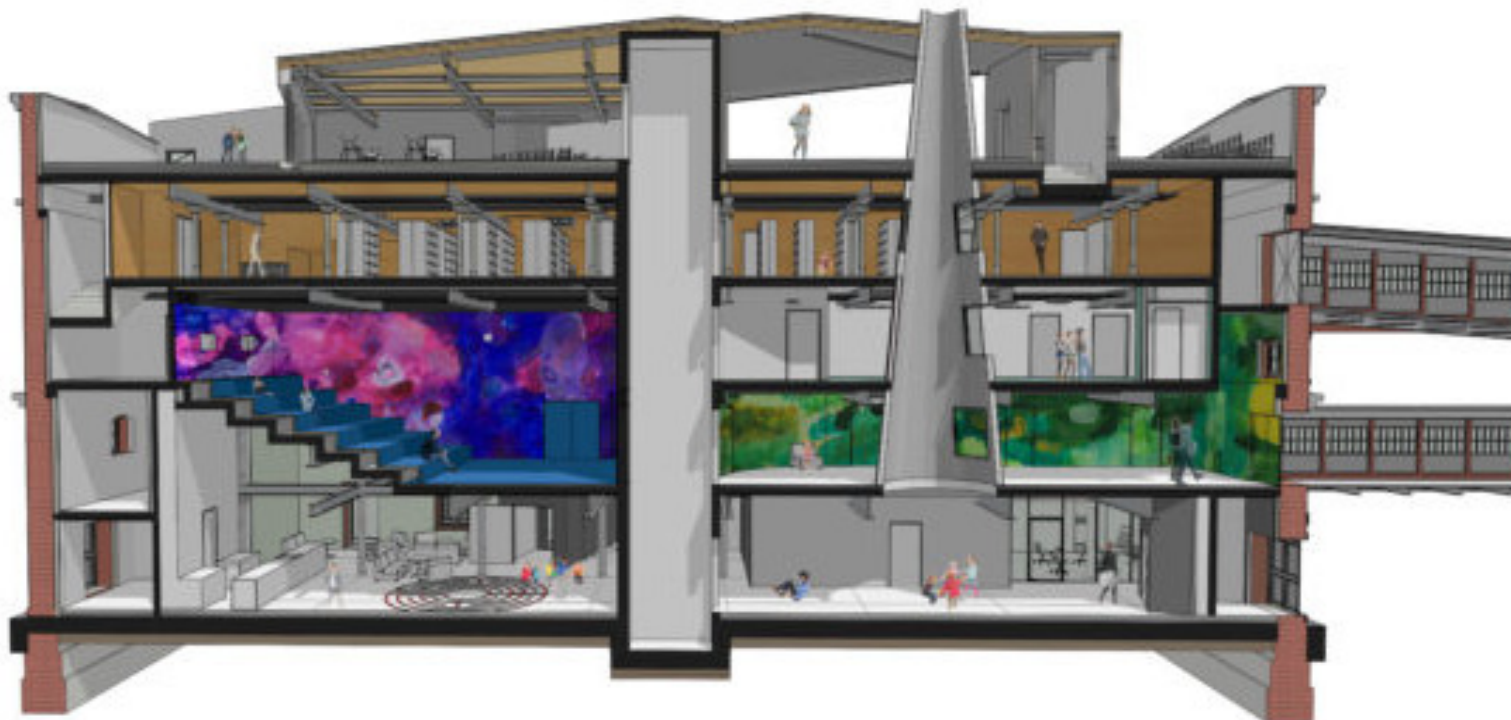
Poslije rekonstrukcije

# Preliminarne aktivnosti – utvrđivanje stanja postojeće konstrukcije

- Zbog oštećena pokrova i prodora vode u zgradu u zadnjih 10-tak godina, došlo je do naglog propadanja drvene građe, a potom i čelične građe konstrukcije po nižim etažama zgrade
- Krovna konstrukcija se gotovo sva urušila, a također i drveni grednici stropova
- Ulaskom vode u unutrašnje prostore proces propadanja konstrukcije je brzo napredovao. Urušen je krov i potpuno je uništena međukatna konstrukcija.



# Projektni zadatak



Kako bi se mogao realizirati projektni zadatak odabran je **čelik kao osnovni materijal**.

## A) TEŠKA SKELA

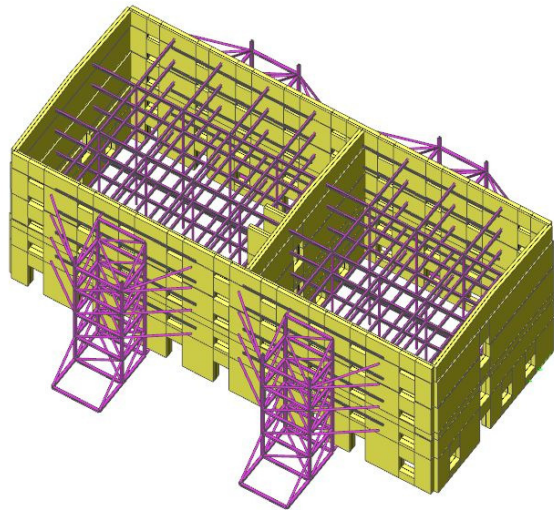
B) VERTIKALNI ELEMENTI - STUPOVI

C) HORIZONTALNI ELEMENTI - MEĐUKATNA KONSTRUKCIJA

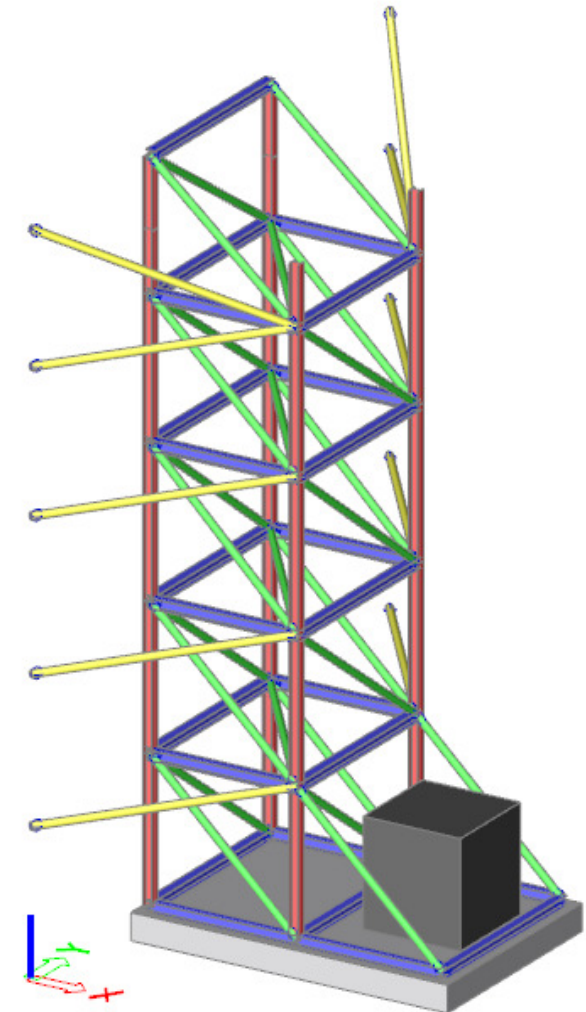
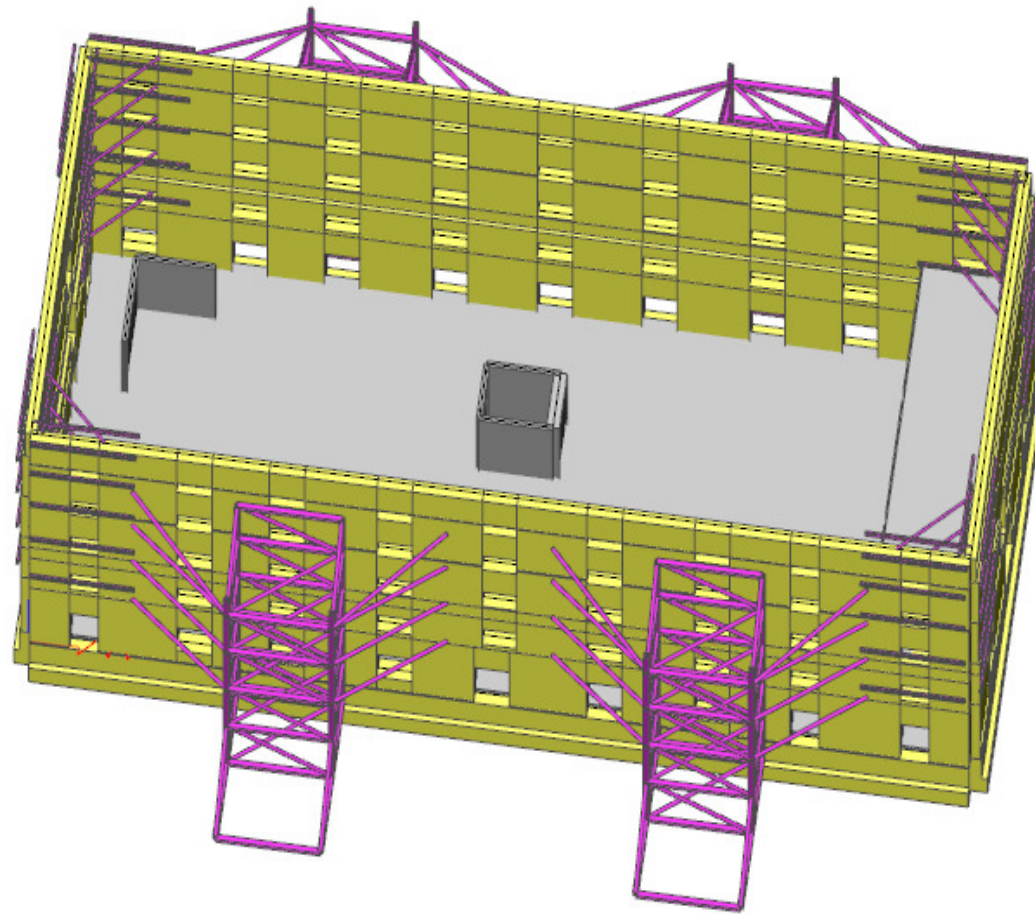
D) DETALJI SPOJEVA

# TEŠKA SKELA

- Projekt teške skele
- Tehničko rješenje faznog izvođenja i uklanjanja dijela konstrukcije ciglene zgrade



# Odabrano tehničko rješenje - TORANJSKA TEŠKA SKELA

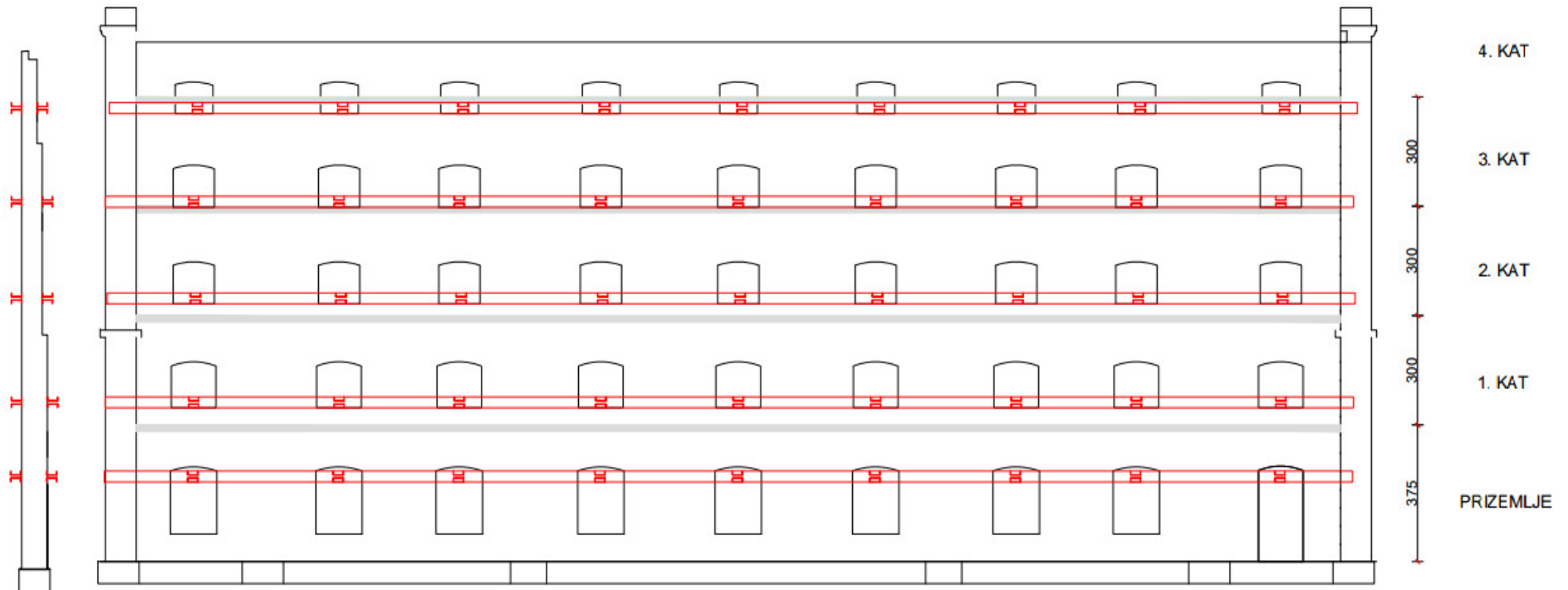




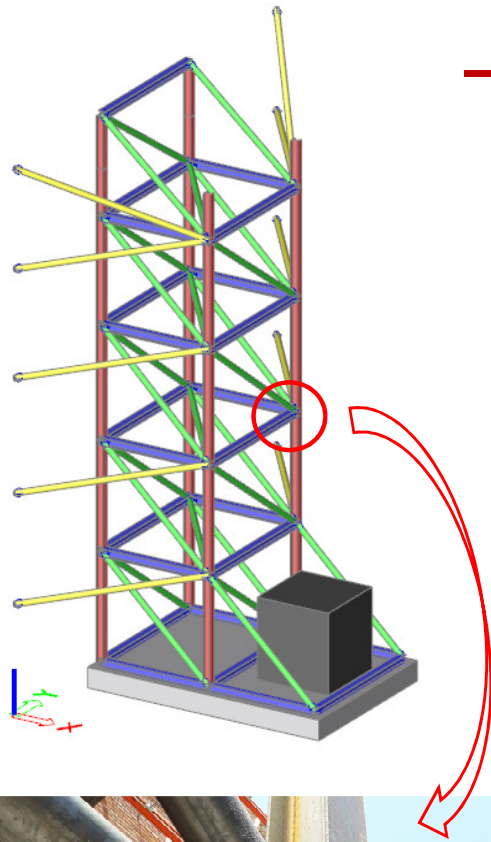


# Prihvat teške skele na cigleni zid

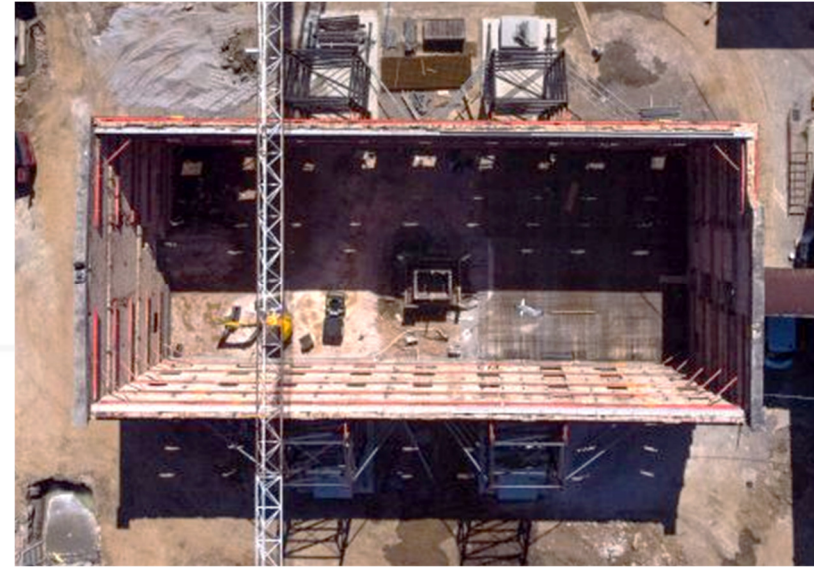
Standardni višenamjenski pojas i zatezač (Variokit SRU ili slično)



# Detalji spojeva



# Toranjska skela



# Zaključak

---

- Opravdanost primjene ovakvog načina sanacije metodom ZADRŽAVANJA FASADE najviše ovisi o stanju građevine te konzervatorskim zahtjevima
- Ovakva rekonstrukcija ima vrlo visoke zahtjeve u projektiranju, ali i samom izvođenju
- Neophodno je pronaći ravnotežu između svih zahtjeva i biti u suglasju sa svim sudionicima u procesu rekonstrukcije građevine

## LITERATURA

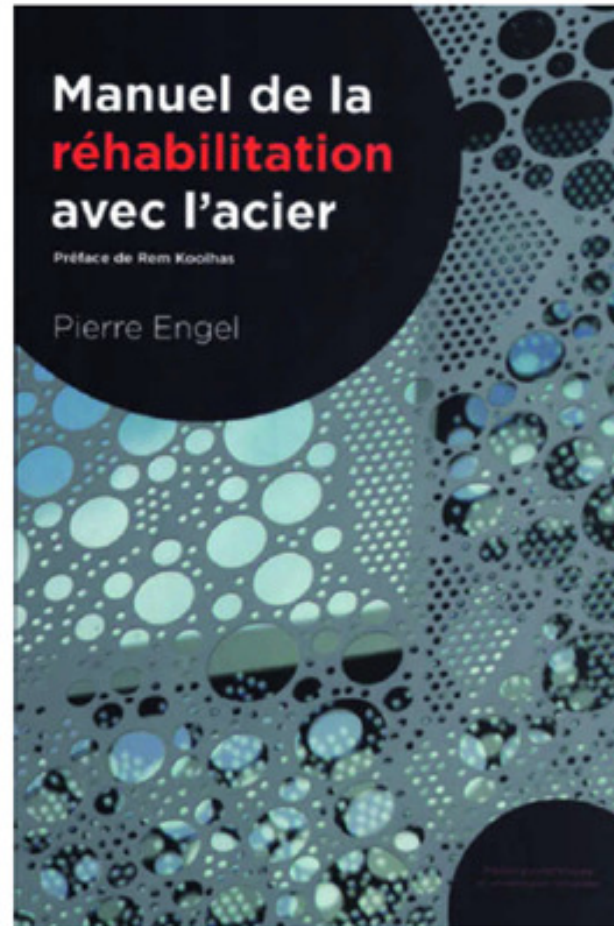
Pierre Engel

Guide de la réhabilitation avec l'acier à l'usage des architectes et des ingénieurs



Pierre Engel

Manuel de réhabilitation avec l'acier



Pierre Engel

Guide de la réhabilitation des enveloppes et des planchers

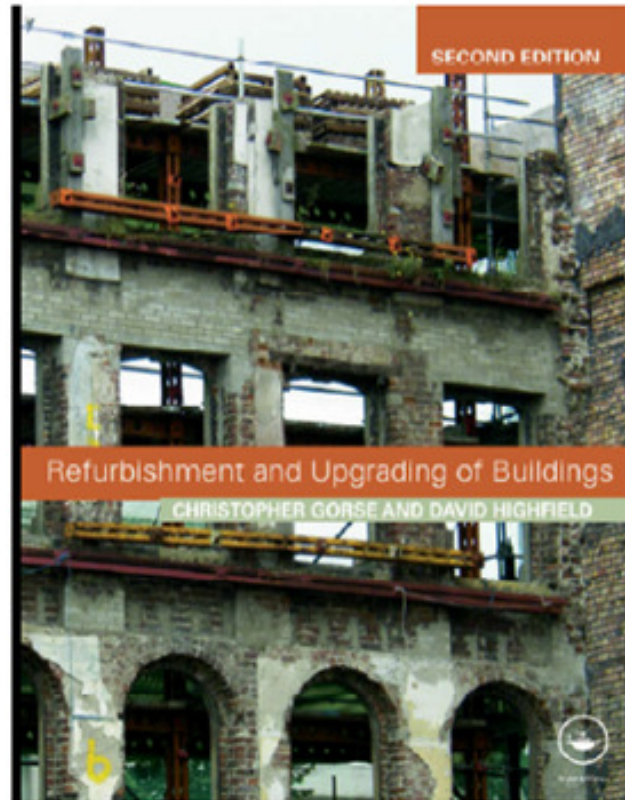


# Korištena literatura

Refurbishment by steelwork, ArcelorMittal, ,  
LUXEMBOURG, Version 2014-1



Refurbishment and Upgrading of Buildings, Second  
edition Christopher Gorse and David Highfield Taylr  
& Francis e-Library, 2009.



Temporary works the design of facade retention system  
Brian Mahony Barrett Mahony Ireland 1996



## Retention of major facades

Goodchild Kaminski London 1989

### Retention of major facades

S. L. Goodchild, BSc, CEng, MICE  
Cambridge, North & Hill

M. P. Kaminski, BSc, CEng, MStructE, MICE  
Cambridge, North & Hill

This paper was presented at a colloquium on refurbishment held at the Institution of Structural Engineers, 21 Upper Belgrave Street, London SW1X 8BA, on 9 February 1988.

**Synopsis**  
The authors have been responsible for several major facade retention projects in the City of London. Experience gained from these projects has enabled a carefully planned approach to be developed for the investigation, design and construction of such projects, in particular the temporary works requirements and their integration with the new building design. The paper describes the various stages of the design development and provides detailed information on the key factors to be considered, from the preliminary investigation stage through to the on-site installation of the temporary works and the reconstruction of the new building behind the retained facade.

**Introduction**  
The redevelopment of sites where the existing buildings have facades of architectural importance, but where the interiors no longer meet the requirements of modern-day users, is increasingly being considered, not only for refurbishment but for major reconstruction while retaining the historic and familiar appearance of the original buildings. Over the last 10 years or so there have been several developments which have adopted



Fig 1. New Broad Street House, City of London

The Structural Engineer/Volume 67/No 6/16 April 1989

## Appraisal of Existing Iron and Steel Structures

1997 The Steel Construction Institute



### Appraisal of Existing Iron and Steel Structures

## On the Strength of Cast Iron Columns

Jacques Rondal CivEng PhD

Kim JR Rasmussen MScEng PhD

The University of Sydney May 2003



The University of Sydney  
Department of Civil Engineering  
Sydney NSW 2006  
AUSTRALIA

<http://www.civil.usyd.edu.au/>

Centre for Advanced Structural Engineering

## On the Strength of Cast Iron Columns

Research Report No R829

By

Jacques Rondal CivEng PhD

Kim JR Rasmussen MScEng PhD

May 2003



HVALA NA  
POZORNOSTI