



HRVATSKA KOMORA INŽENJERA GRAĐEVINARSTVA

15. Dani Hrvatske komore inženjera građevinarstva Opatija, 2021.

Projekti obnove triju zidanih zgrada u Zagrebu

Karlo Kopljar, mag.ing.aedif.

INSTITUT IGH d.d., Janka Rakuše 1, 10 000 Zagreb, Hrvatska

dr.sc. Dražen Aničić, dipl.ing.građ.

dr.sc. Mario Ille, dipl.ing.građ.

Darina Križanac, mag.ing.aedif.

Marta Lovrak, mag.ing.aedif.

mr.sc. Tomislav Matijević, dipl.ing.građ.

STAMBENA ZGRADA
Trg kralja Petra Svačića 16
10 000 Zagreb





Opći podaci o građevini

- **Trg kralja Petra Svačića 16, 10 000 Zagreb**
- Izgrađena 1897. godine - arhitekt Vjekoslav Heinzel
- Skupina zaštićenih kulturnih dobara grada Zagreba - zona A
- Upisana u Registar kulturnih dobara RH kao Povijesna urbana cjelina grad Zagreb
- Stambeno-poslovna namjena
- Dimenzije 20,85 x 15,4 m, visina kata prosječno 4 m
- Tlocrt osno simetričan oko osi stubišta
- Strop nad podrumom - „pruski svodovi“ s čeličnim profilima
- Strop nad prizemljem i katovima - drvene stropne konstrukcije postavljene okomito na pročelje
- Glavni nosivi sustav za preuzimanje gravitacijskog i potresnog djelovanja zgrade je neomeđeno zidne debljine od 29 do 60cm (zidano punom opekam starog formata)



PROJEKT OBNOVE GRAĐEVINSKE KONSTRUKCIJE

- Seizmički proračun (Razina 3)

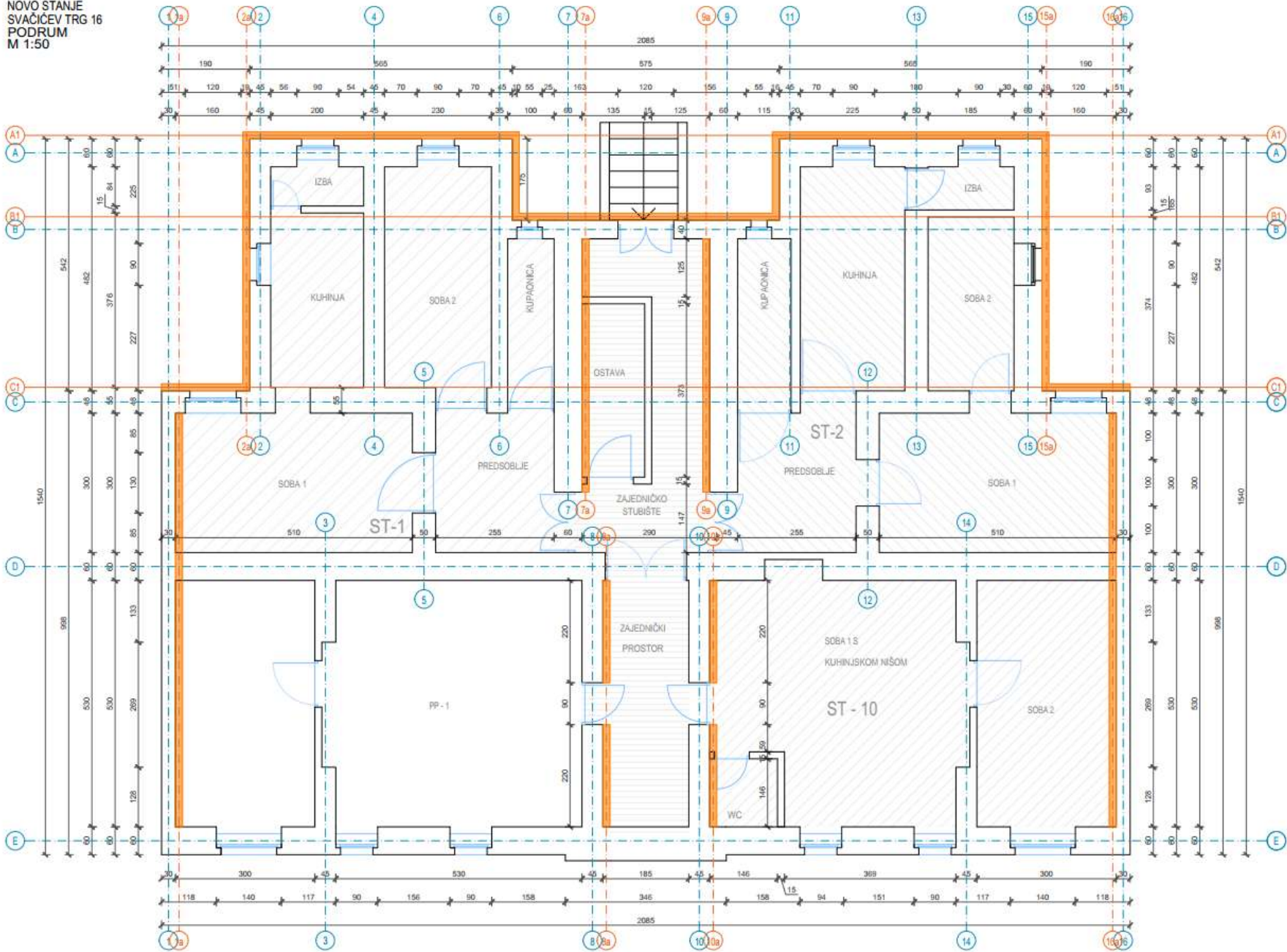
$$S_d(T_1) = 0,78 \cdot a_{gR} \cdot \gamma_I \cdot S \cdot 2,5/q = 0,78 \cdot 0,24g \cdot 1,15 \cdot 2,5/2,0 = 0,269g$$

$$F_b = 0,269g \cdot m \cdot 0,85 = 0,229g \cdot m = 0,229 \cdot W \text{ [kN]}$$

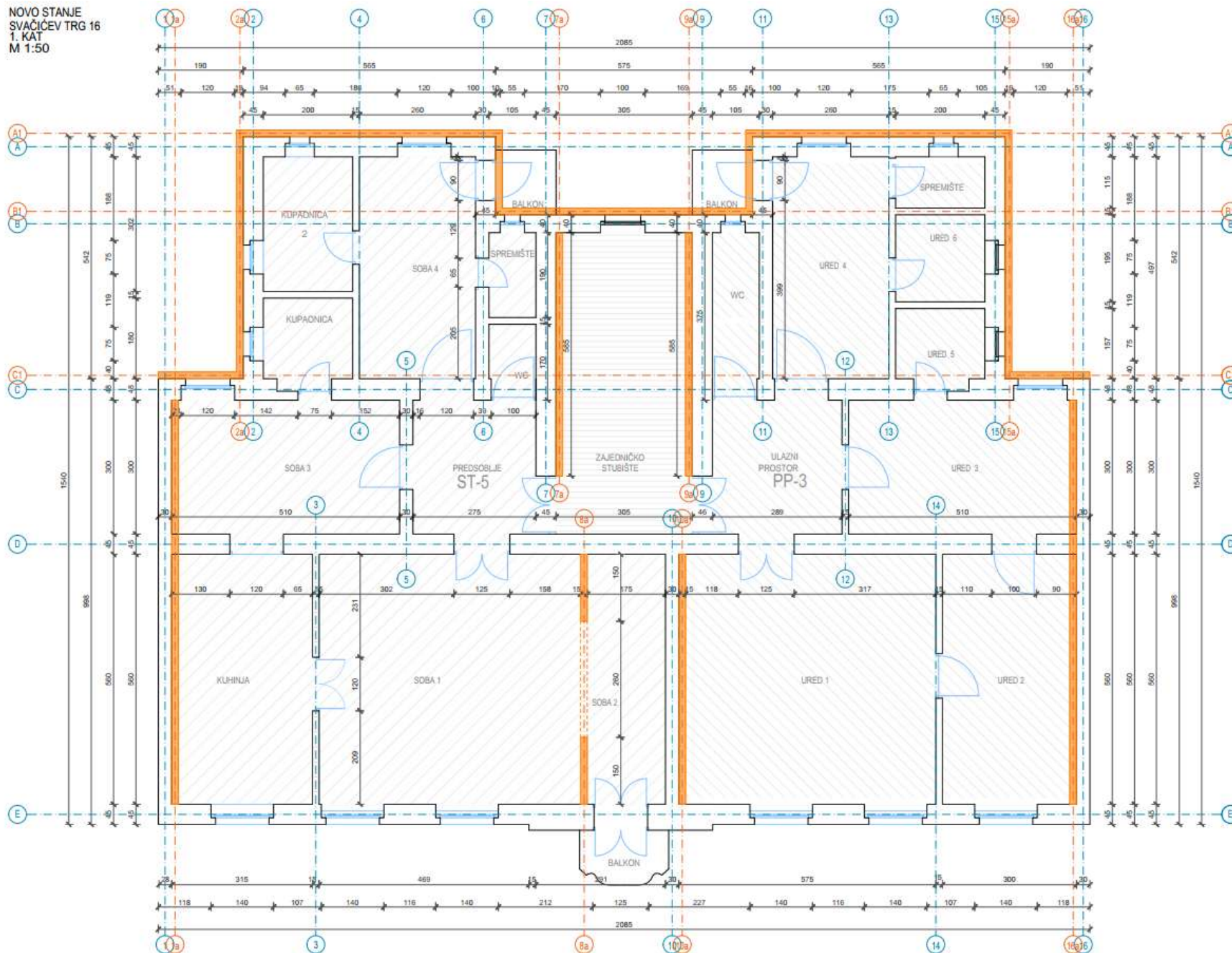
- Proračun otpornosti konstrukcijskih elemenata
 - Armiranobetonski zidovi
 - Opečni zidovi
- Provjera otpornosti i ponašanja zgrade
- Provjera horizontalne krutosti drvene stropne konstrukcije
- Provjera nosivosti postojećeg drvenoga stropa za vertikalno djelovanje
- Proračun učinka torzije
- Proračun stubišta
- Provjera otpornosti sidra za povezivanje drvenog stropa i pročelnog zida
- Provjera otpornosti na slom opečnog međuprozorskog stupca pri savijanju izvan vlastite ravnine
- Provjera normalnog naprezanja u tlu ispod novih armiranobetonskih zidova
- Potresna sigurnost komunalnih priključaka



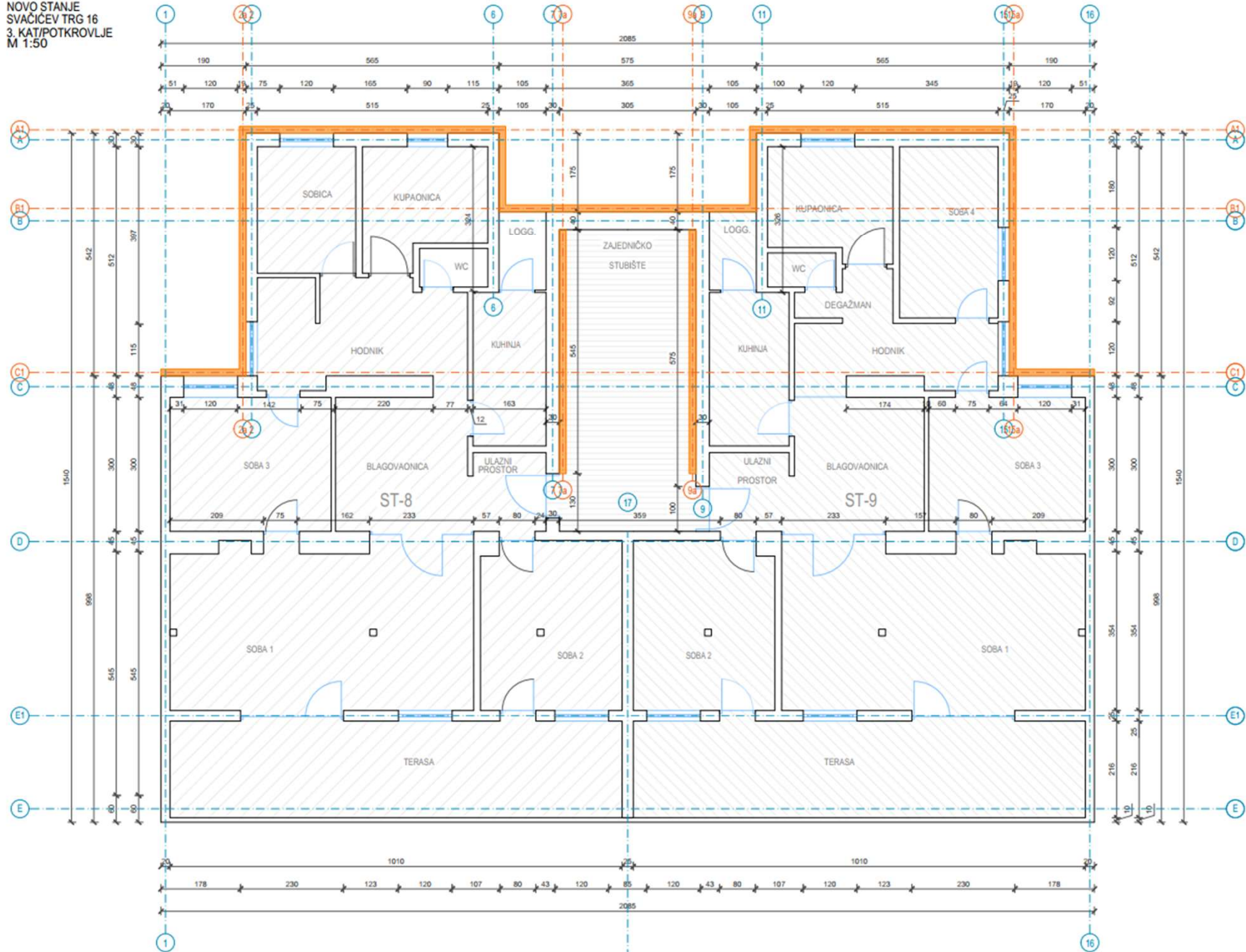
NOVO STANJE
 SVACIČEV TRG 16
 PODRUM
 M 1:50



NOVO STANJE
 SVAČIČEV TRG 16
 1. KAT
 M 1:50



NOVO STANJE
 SVACICEV TRG 16
 3. KAT/POTKROVLJE
 M 1:50



PROJEKT OBNOVE GRAĐEVINSKE KONSTRUKCIJE

- Konstrukcijske mjere povezivanja dijelova građevine
 - Čelno i bočno povezivanje stropnih konstrukcija i zidova
 - Povezivanje zida pročelja i armiranobetonskih zidova
 - Povezivanje opečnih i armiranobetonskih zidova
 - Povezivanje armiranobetonskih zidova po visini
 - Povezivanje armature armiranobetonskih zidova na uglovima i kutovima
 - Povezivanje stuba s čeličnim nosačima



PODATCI ZA SEIZMIČKI CERTIFIKAT

- Zgrada u postojećem stanju ima otpornost na potresno djelovanje koje odgovarala 32 % otpornosti zahtijevane važećom hrvatskom normom za projektiranje potresne otpornosti zgrada (HRN EN 1998-1)
- Osim toga zgrada ne ispunjava neka osnovna načela gradnje u potresnim područjima
- Izvedbom pojačanja nosivih konstrukcija stambeno-poslovne zgrade prema ovom projektu postignuta je potresna otpornost zgrade koja je suglasna sa zahtjevima Tehničkog propisa za građevinske konstrukcije i norme HRN EN 1998-1.
- Otpornost u smjeru (istok – zapad) – omjer $V_{Rd}/V_{Ed} = 1,08$
- Otpornost u smjeru (sjever – jug) – omjer $V_{Rd}/V_{Ed} = 1,17$
- Projektiranom obnovom otpornost zgrade za djelovanje potresnih sila povećana je 2,6 puta
- Razina 3:
(0,78 / 0,32) x 1,08 = 2,63 puta



POSLOVNA „ŽUTA“ ZGRADA

Nova Ves 17, 10 000 Zagreb



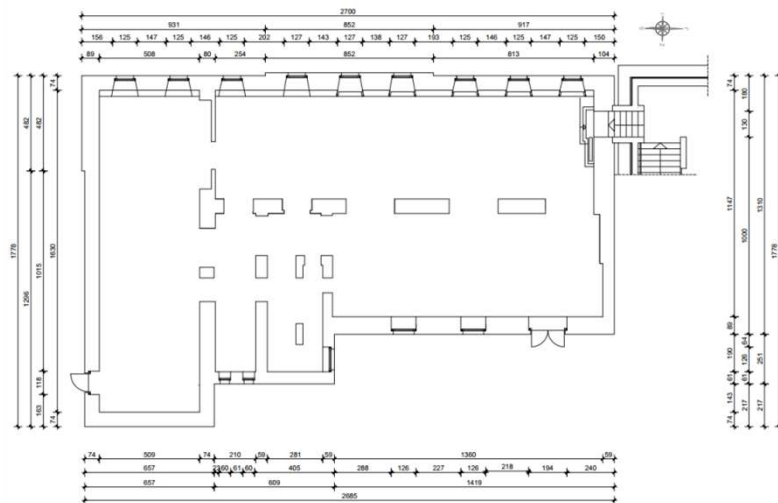
Opći podaci o građevini

- „**Žuta zgrada**“ – **Nova Ves 17, 10 000 Zagreb**
- Izgrađena 1895. godine
- U prošlosti tvornica cipela “Astra”
- Skupina zaštićenih kulturnih dobara grada Zagreba - zona A
- Upisana u Registar kulturnih dobara RH kao dio povijesne urbane cjeline Grad Zagreb
- Danas je poslovne namjene
- Dimenzije 17,2 x 26,5 m, visina kata 3,15 – 4,4 m
- Tlocrtno poligonalno razvedenog oblika
- Strop nad podrumom i prizemljem - „pruski svodovi“ s čeličnim profilima
- Strop nad katovima - drvene stropne konstrukcije
- Glavni nosivi sustav za preuzimanje gravitacijskog i potresnog djelovanja zgrade je neomeđeno ziđe debljine od 29 do 104 cm (zidano punom opekom starog formata)

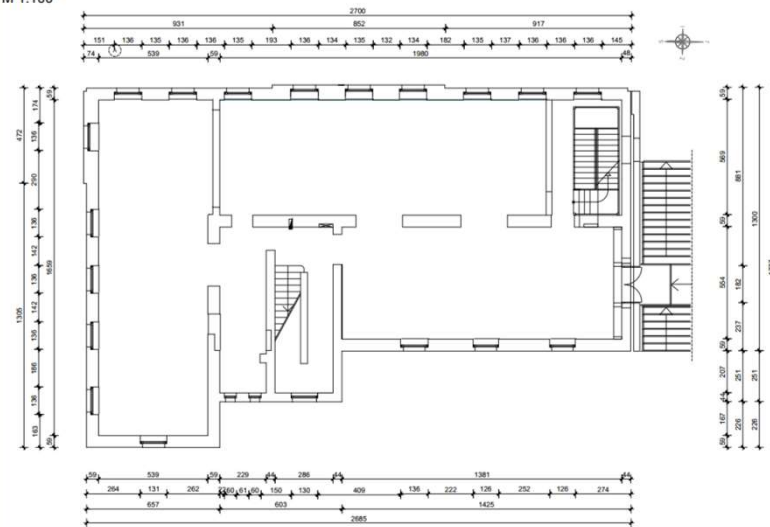


Nacrti postojećeg stanja

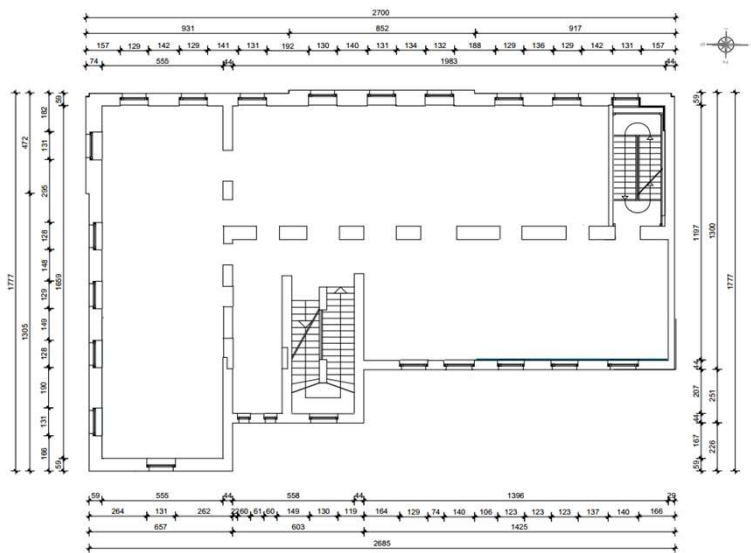
TLOCRT PODRUMA
M 1:100



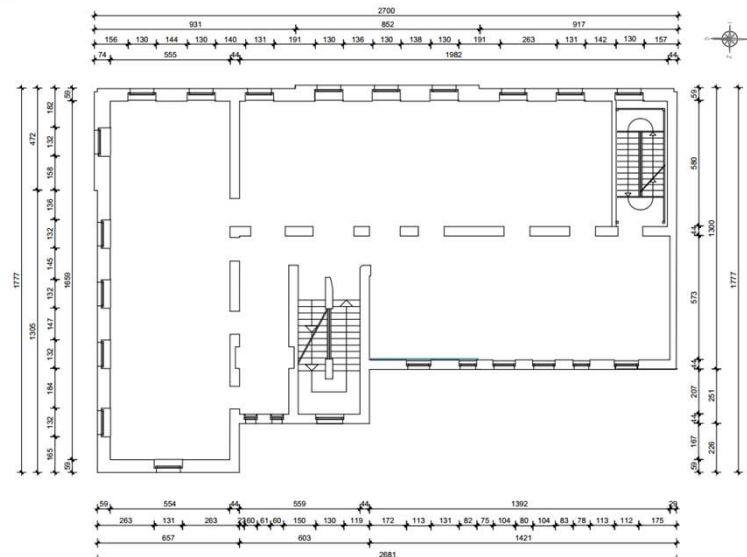
TLOCRT PRIZEMLJA
M 1:100



TLOCRT 1. KAT
M 1:100



TLOCRT 2. KAT
M 1:100



ELABORAT OCJENE POSTOJEĆEG STANJA GRAĐEVINSKE KONSTRUKCIJE

Specijalistički vizualni pregled

- Utvrđeno je da su prilikom potresa 22.3.2020. te nakon naknadnih podrhtavanja posebice u razdoblju od 28.12.2020. do 11.1.2021. nastala oštećenja na građevini u vidu pukotina i otpadanja žbuke na konstrukcijskim i nekonstrukcijskim elementima građevine



ELABORAT OCJENE POSTOJEĆEG STANJA GRAĐEVINSKE KONSTRUKCIJE

Specijalistički vizualni pregled – oštećenja na istočnom pročelju



PROJEKT OBNOVE GRAĐEVINSKE KONSTRUKCIJE

- Ugradnja novih armiranobetonskih zidova s vlastitim temeljima
- Pojačanje opečnih zidova armiranom žbukom
Žbuka se sa zidom povezuje čeličnim sidrima $2\Phi 8/m^2$.
- Izvodi se tlačna armiranobetonska ploča na svakom katu debljine 5 cm. Ona se s drvenim stropnim konstrukcijama nad prvim i drugim katom spreže posebnim pričvrsnicima, dok se iznad opečnih stropova (pruski svod) iznad podruma i prizemlja izvodi izravno nad opečnom konstrukcijom. Tlačne ploče su sidrima povezane sa svim zidovima.
- Opečni zidovi okomitih smjerova povezani su čeličnim sidrima $\Phi 10/50$ cm po cijeloj visini zgrade.
- U potkrovlju se na gornjem rubu vijenca izvodi armiranobetonski serklaž po cijelom opsegu zgrade.



PROJEKT OBNOVE GRAĐEVINSKE KONSTRUKCIJE

Seizmički proračun

$$S_d(T_1) = a_{gR} \cdot \gamma_I \cdot S \cdot 2,5/q = 0,26g \cdot 1,0 \cdot 1,15 \cdot 2,5/3,0 = 0,249g$$

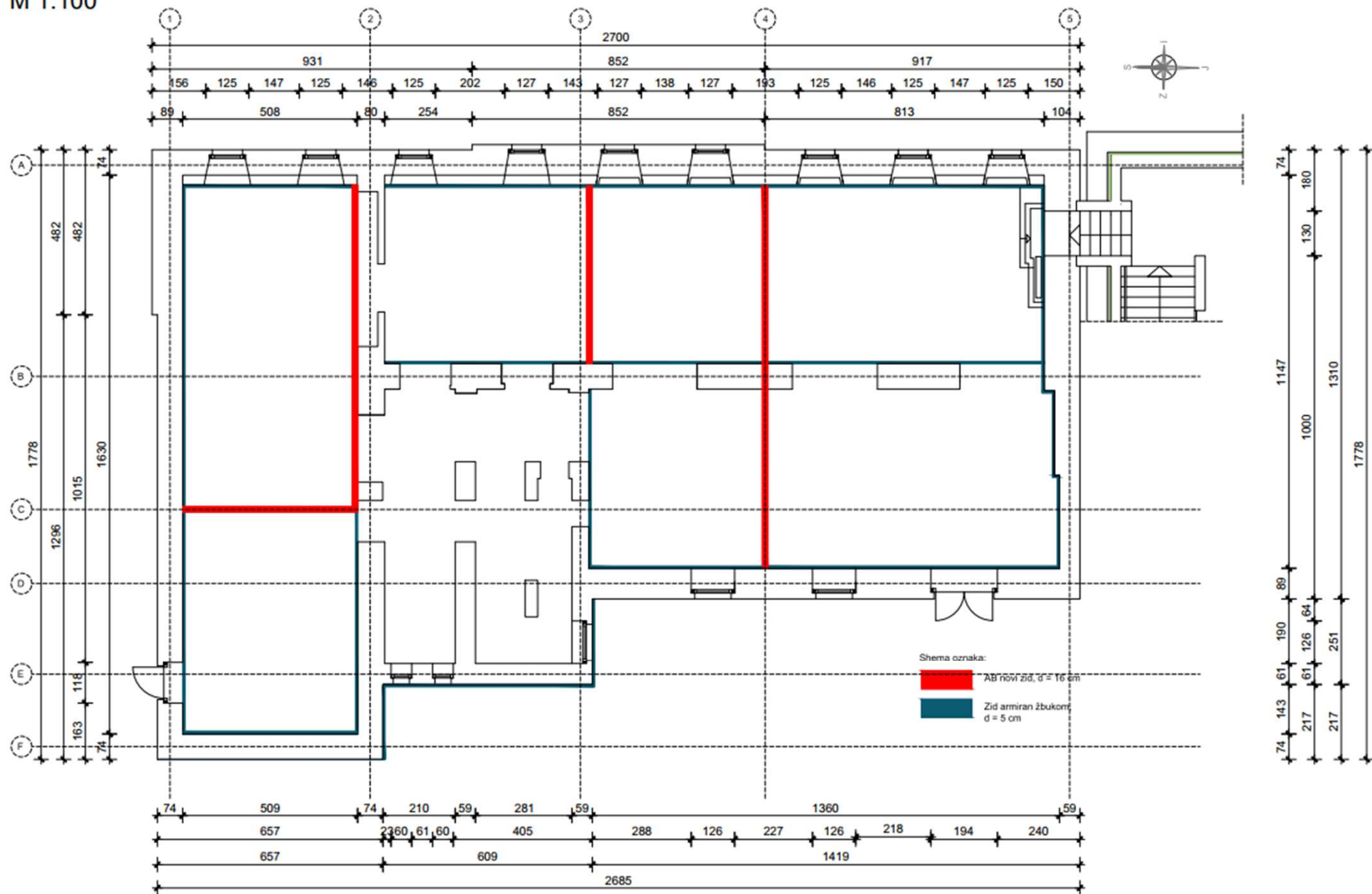
$$F_b = 0,249g \cdot m \cdot 0,85 = 0,212g \cdot m = 0,212 \cdot W \text{ [kN]}$$

Proračun otpornosti konstrukcijskih elemenata

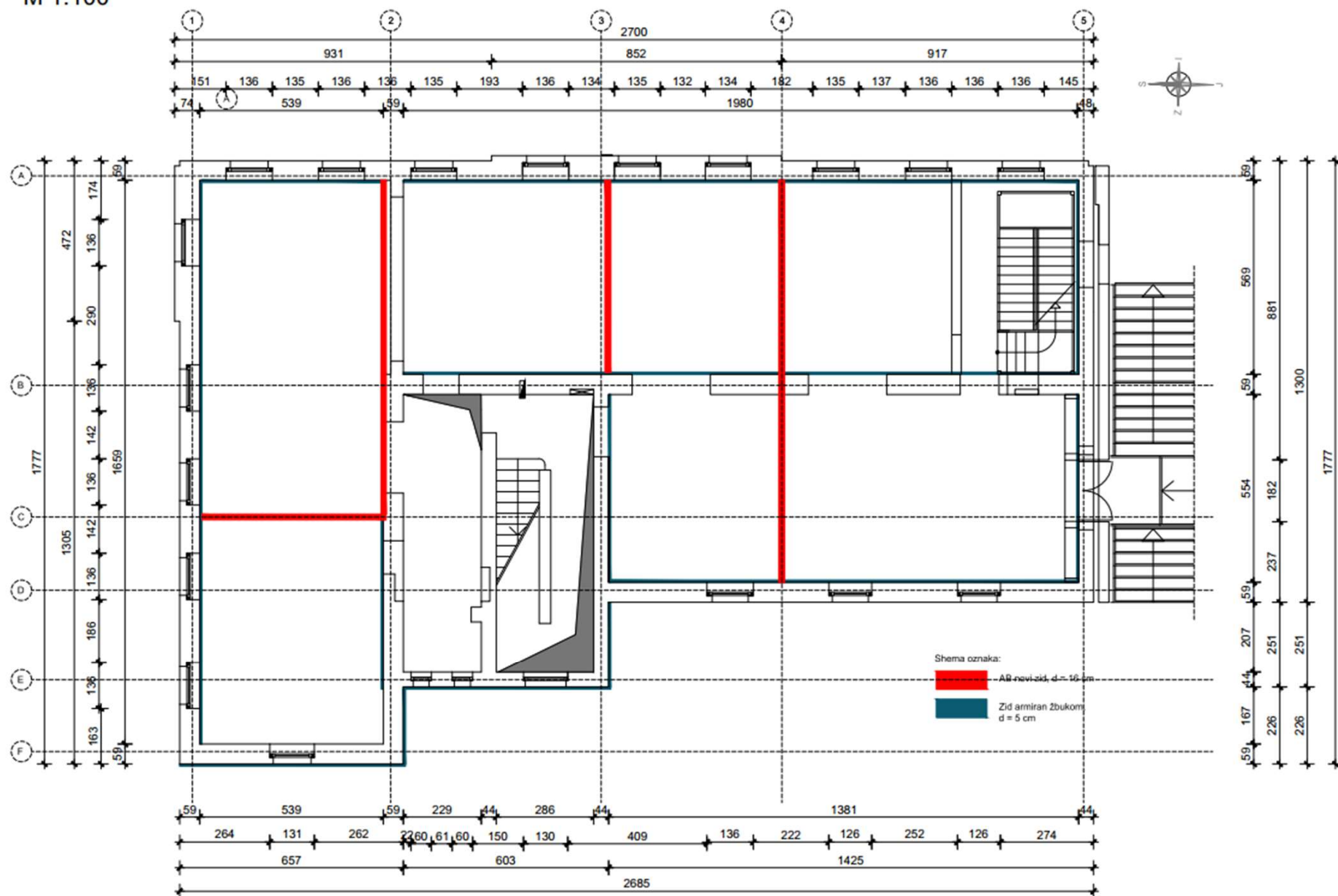
- Armiranobetonski zidovi
 - Opečni zidovi
 - Armirana žbuka
 - Stropne konstrukcije nad prvim i drugim katom
-
- Provjera normalnog naprezanja u tlu ispod novih armiranobetonskih zidova



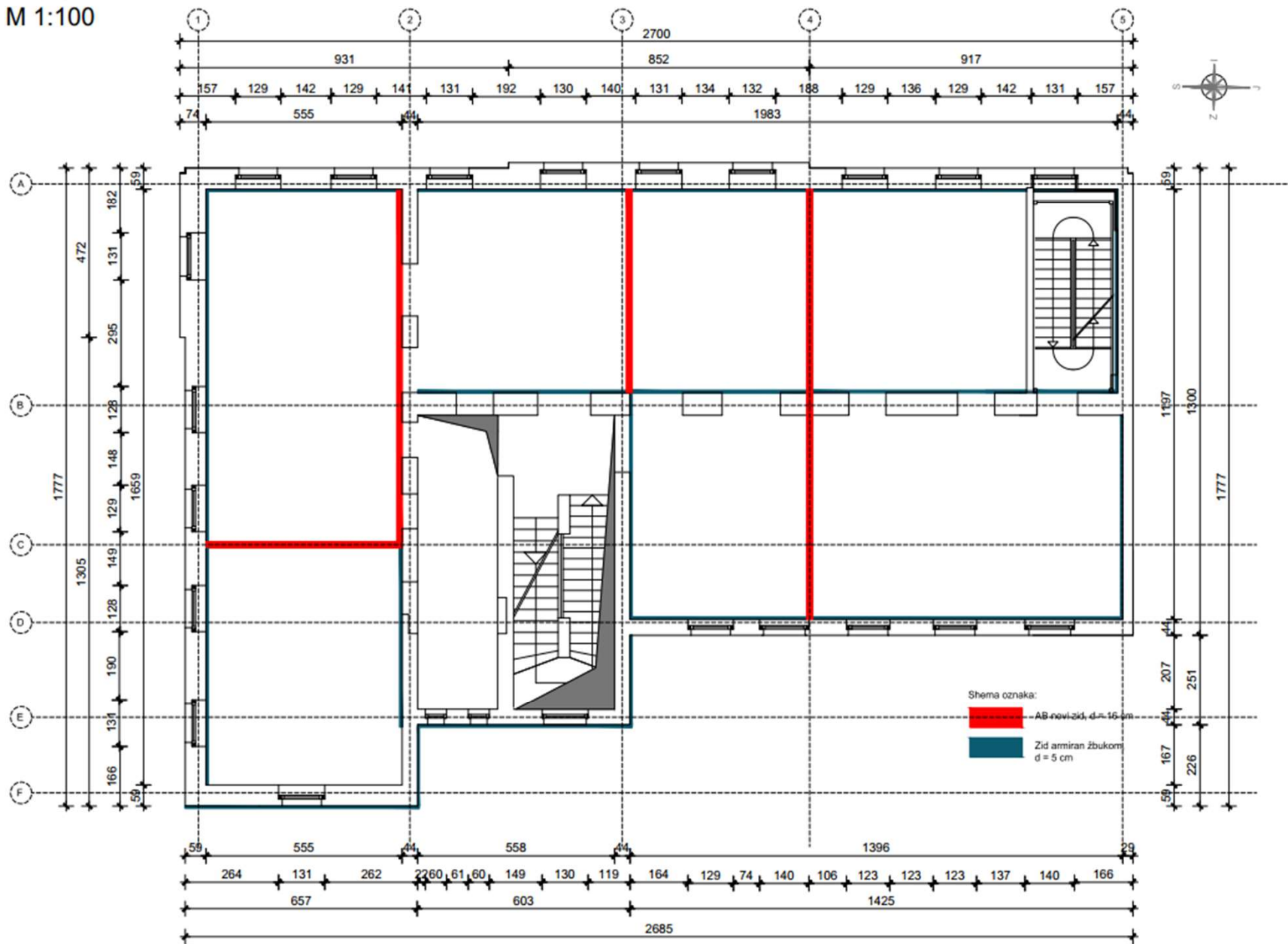
TLOCRT PODRUMA
M 1:100



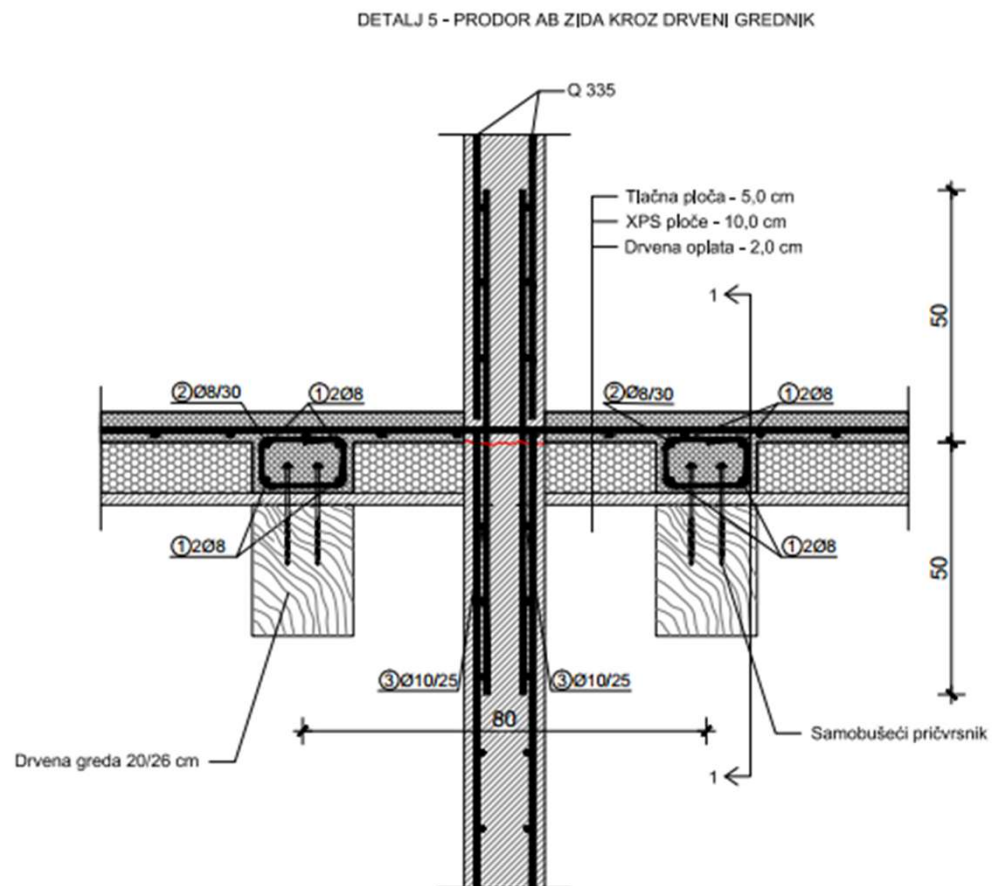
TLOCRT PRIZEMLJA
M 1:100



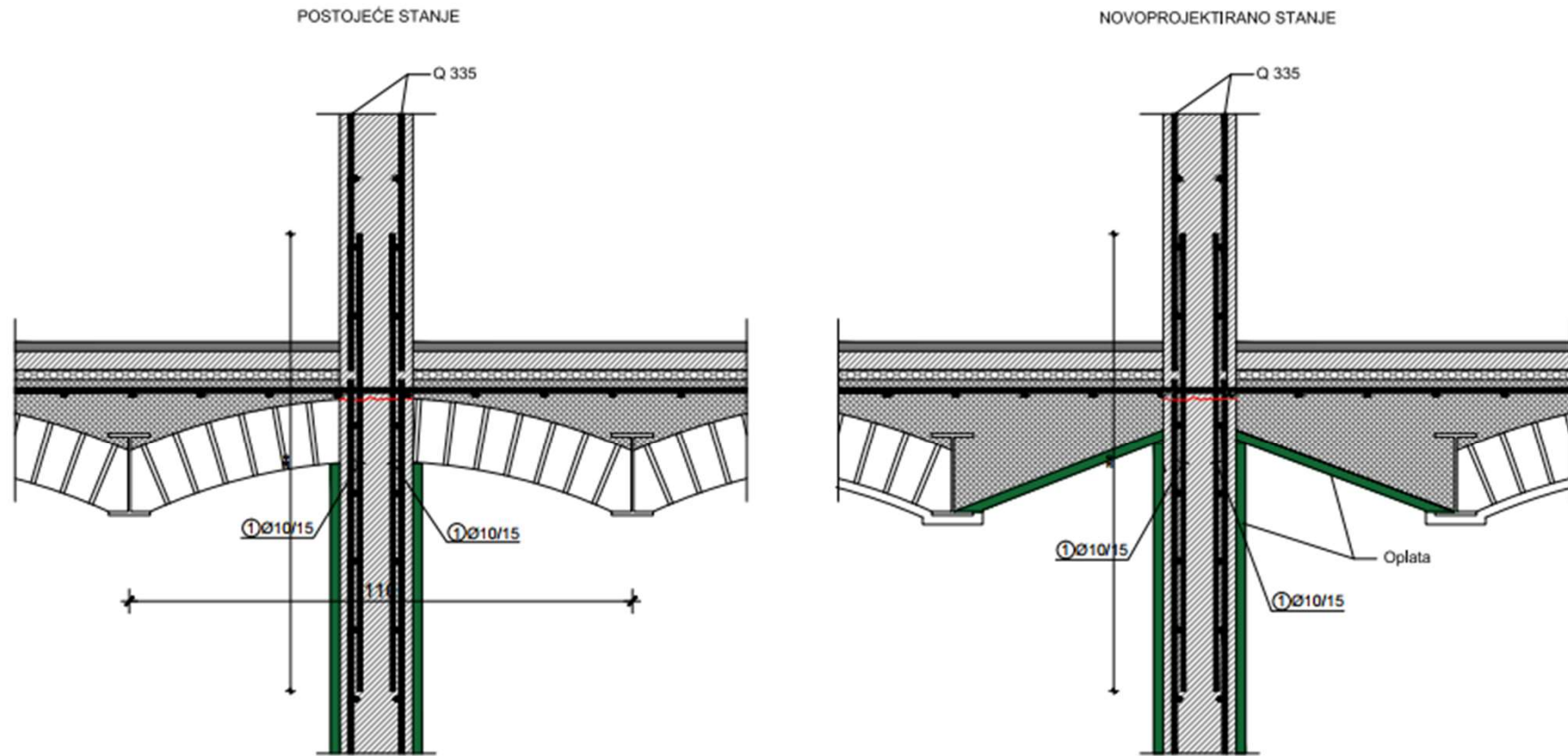
TLOCRT 1. KAT
M 1:100



DETALJ 5 - PRODOR AB ZIDA KROZ DRVENI GREDNIK M 1:10

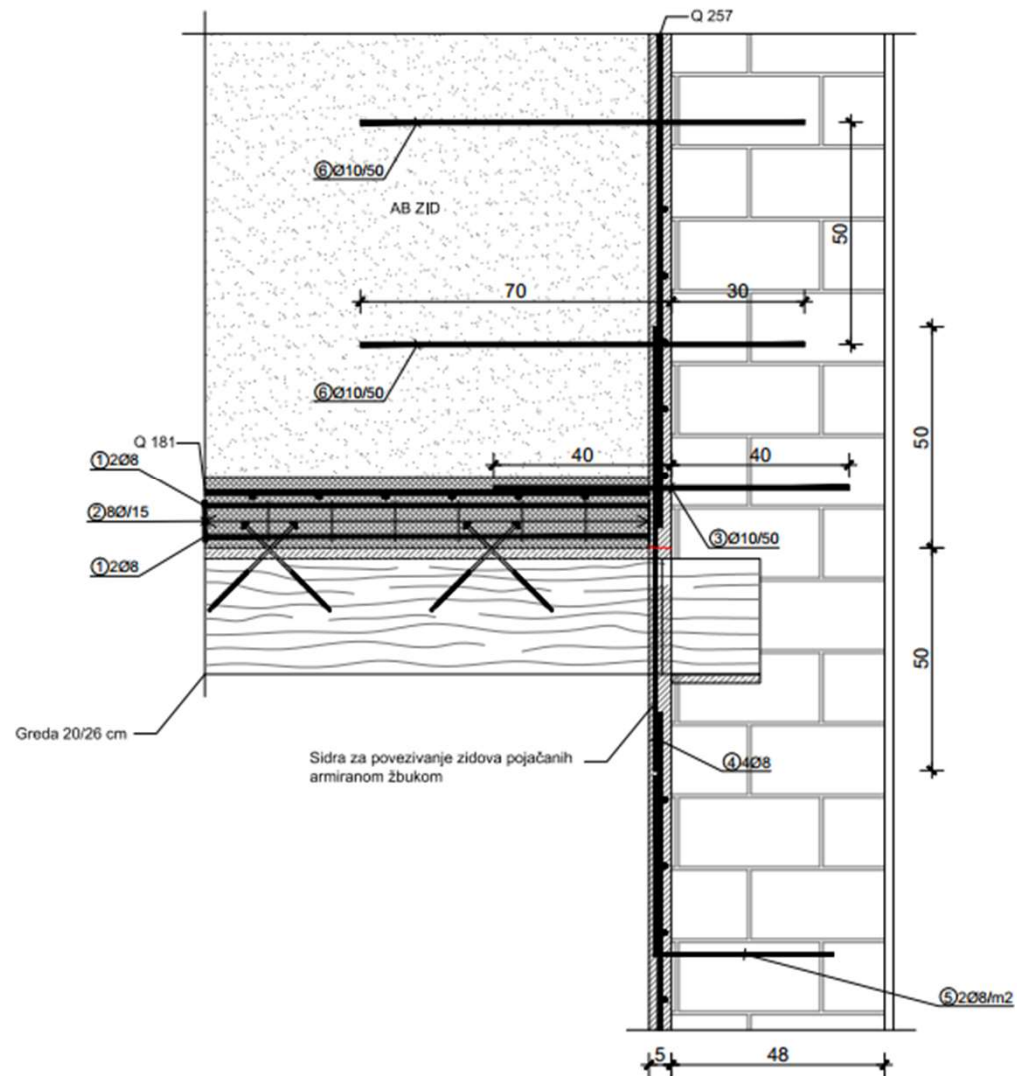


DETALJ 6 - PRODOR AB ZIDA KROZ PRUSKI SVOD
M 1:10



Konzervatori zahtijevaju repliku svoda

DETALJ 7 - VEZA AB ZIDA I ZIDA ARMIRANOG ŽBUKOM I SPOJ DRVENOG
 GREDNIKA SA ZIDOM PRESJEK 1-1
 M 1:10



PODATCI ZA SEIZMIČKI CERTIFIKAT

- Zgrada u postojećem stanju ima otpornost na potresno djelovanje koje odgovarala 24 % otpornosti zahtijevane važećom hrvatskom normom za projektiranje potresne otpornosti zgrada (HRN EN 1998-1)
- Osim toga zgrada ne ispunjava neka osnovna načela gradnje u potresnim područjima
- Izvedbom pojačanja nosivih konstrukcija stambeno-poslovne zgrade prema ovom projektu postignuta je potresna otpornost zgrade koja je suglasna sa zahtjevima Tehničkog propisa za građevinske konstrukcije i norme HRN EN 1998-1.



ŽUPNI DVOR SV. JERONIMA

NELINEARNI PRORAČUN

Maksimirska cesta 125, 10 000 Zagreb

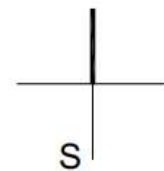
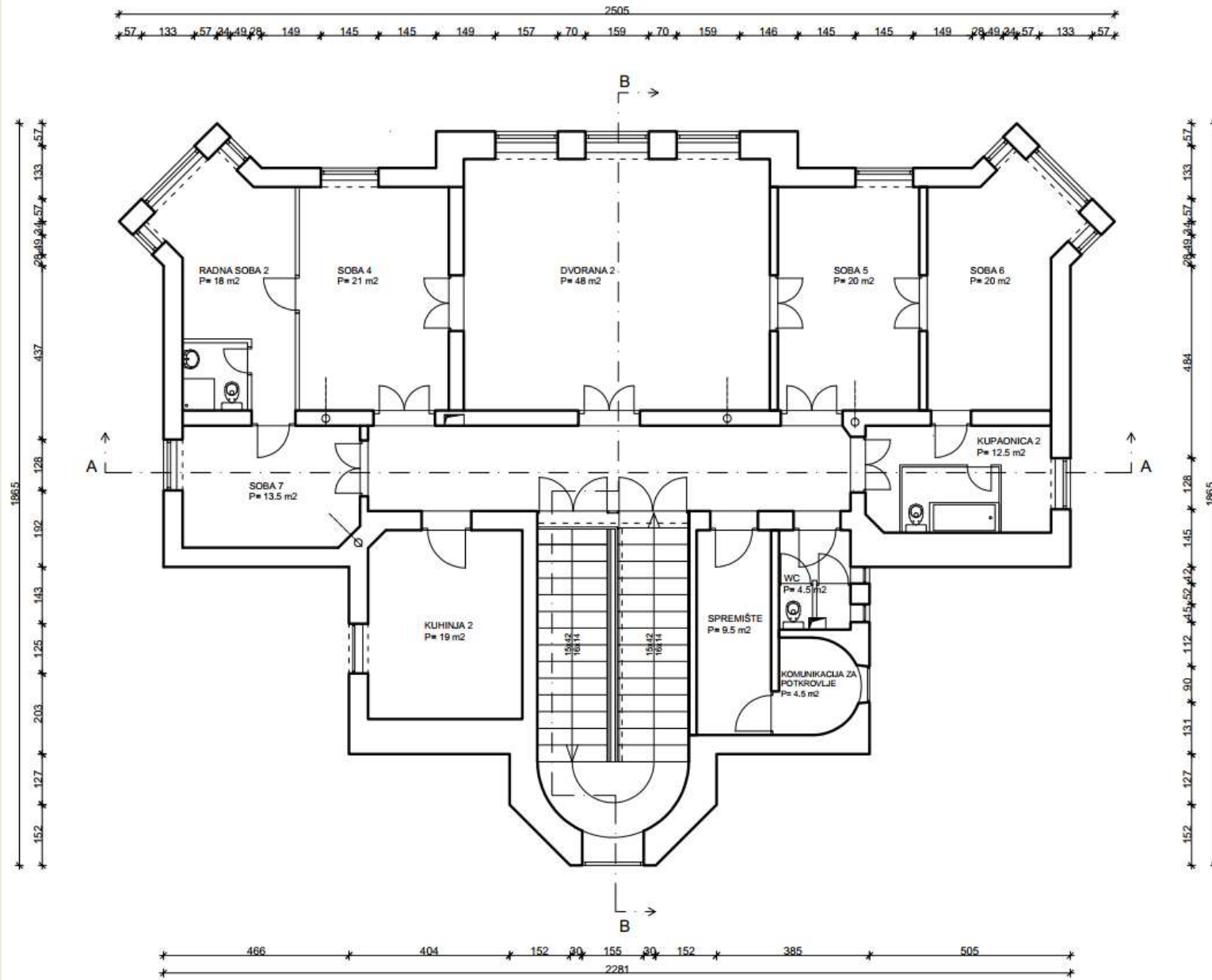


Opći podaci o građevini

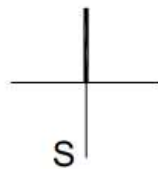
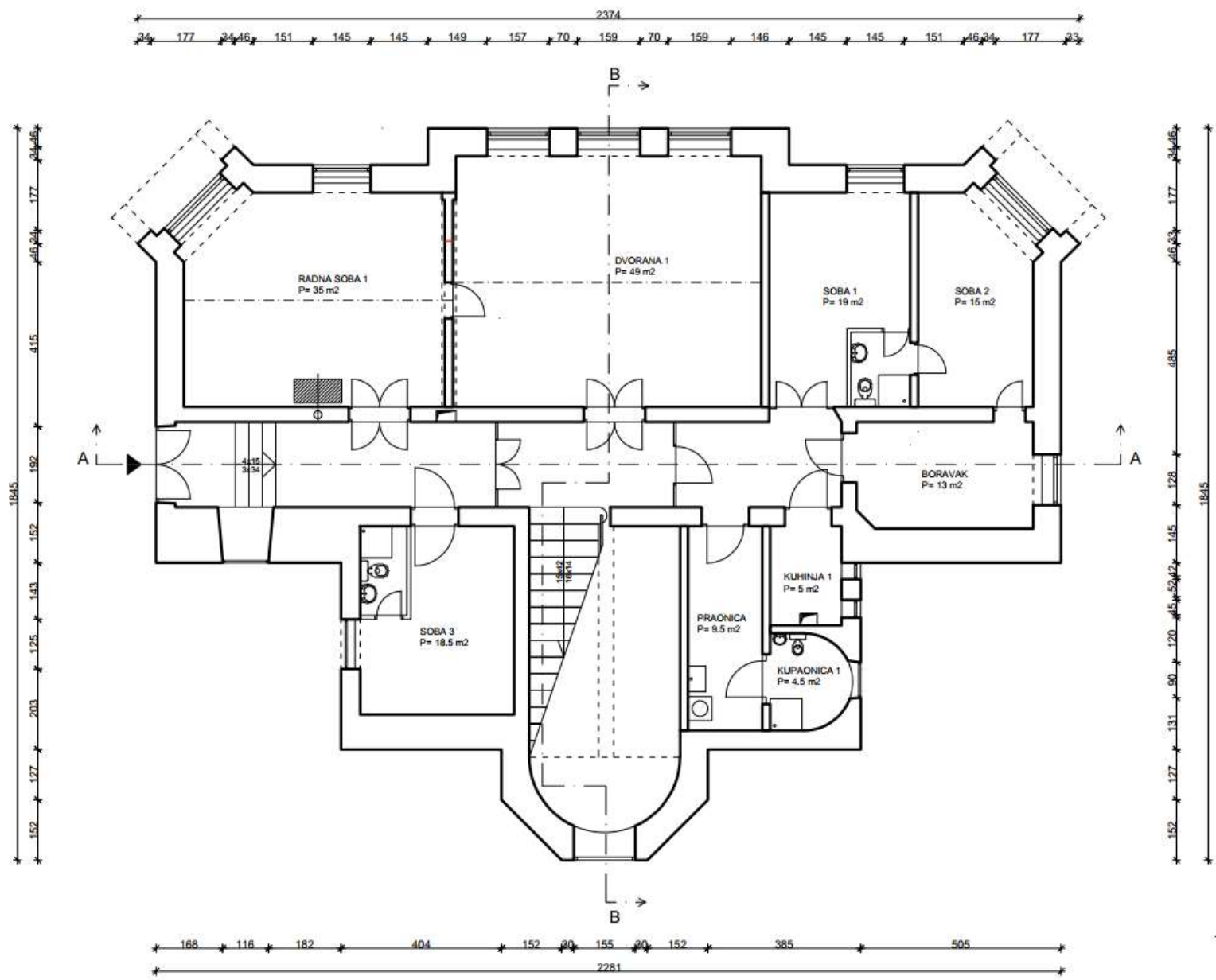


- Maksimirska cesta 125, 10 000 Zagreb
- Izgrađen 1855. godine - arhitekt Franjo Klein
- Pojedinačno zaštićeno kulturno dobro u području Parka Maksimir
- Namjena župnog dvora, katnost: Pod+Priz+Kat
- Dimenzije 23,8 x 18,5 m, visine nadzemnih etaža 4,9 m
- Jednoosno simetričan tlocrt (u smjeru istok – zapad)
- Opečni podrumski svodovi
- Strop nad prizemljem i katom – drveni grednik u smjeru sjever-jug
- Drveno višestrešno krovništvo
- Glavni nosivi sustav za preuzimanje gravitacijskog i potresnog djelovanja zgrade je neomeđeno zide debljine od 30 do 75cm (zidano punom opekom formata 300x150x75 mm)





TLOCRT PRIZEMLJA
M 1:100



ELABORAT OCJENE POSTOJEĆEG STANJA GRAĐEVINSKE KONSTRUKCIJE

Provjera ispunjavanja temeljnog zahtjeva mehaničke otpornosti i stabilnosti

- Obzirom da se radi o pojedinačno zaštićenom kulturnom dobru, potrebno je predvidjeti cjelovitu obnovu zgrade -> Razina 4
- Razina 4: $S_d(T_1) = a_{gR} \cdot \gamma_I \cdot S \cdot 2,5/q = 0,24g \cdot 1,0 \cdot 1,15 \cdot 2,5/1,5 = 0,46 g$
 $F_b = 0,46g \cdot m \cdot 1,00 = 0,46 g \cdot m = 0,46 \cdot W \text{ [kN]}$
 $F_b = 0,46 \cdot 8832 = 4063 \text{ [kN]}$
- Provjera otpornosti za slučaj nastanka kose pukotine tj. premašaj vlačne čvrstoće зида
- Otpornost građevinske konstrukcije na danas propisana potresna djelovanja za razinu obnove 4 dobivena linearnim proračunom (raspodjela sila prema neto ploštini poprečnih presjeka zidova) za zidove smjera I-Z iznosi 36%, a zidove smjera S-J svega 17%
- Bruto ploština zgrade u razini prizemlja: $A_{br} = 309 \text{ m}^2$
- Udio zidova u smjeru X : prizemlje 7,0 % kat: 5,3 %
- Udio zidova u smjeru Y : prizemlje 3,4 % kat: 2,6 %

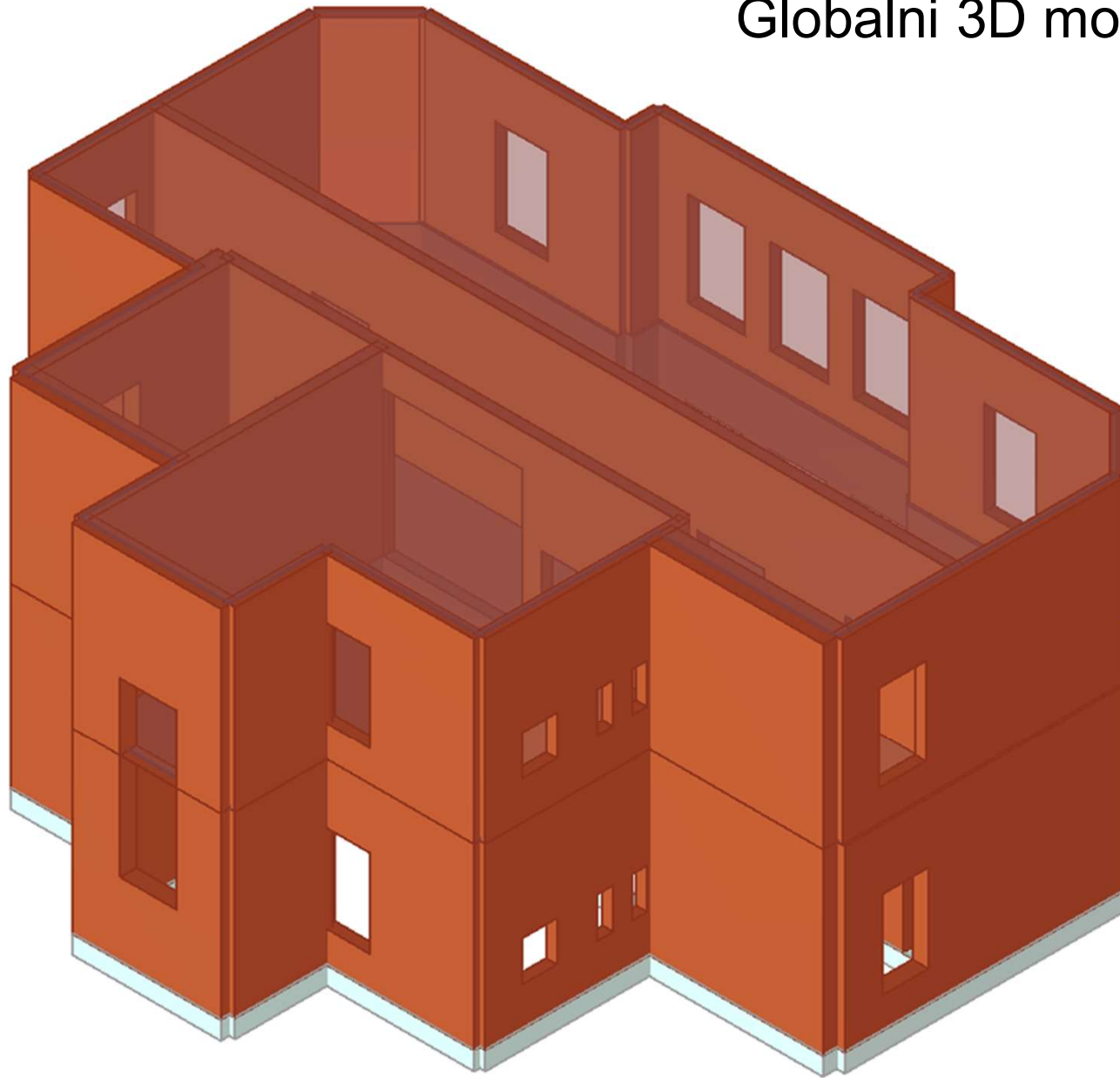


NELINEARNI PRORAČUN POSTOJEĆEG STANJA

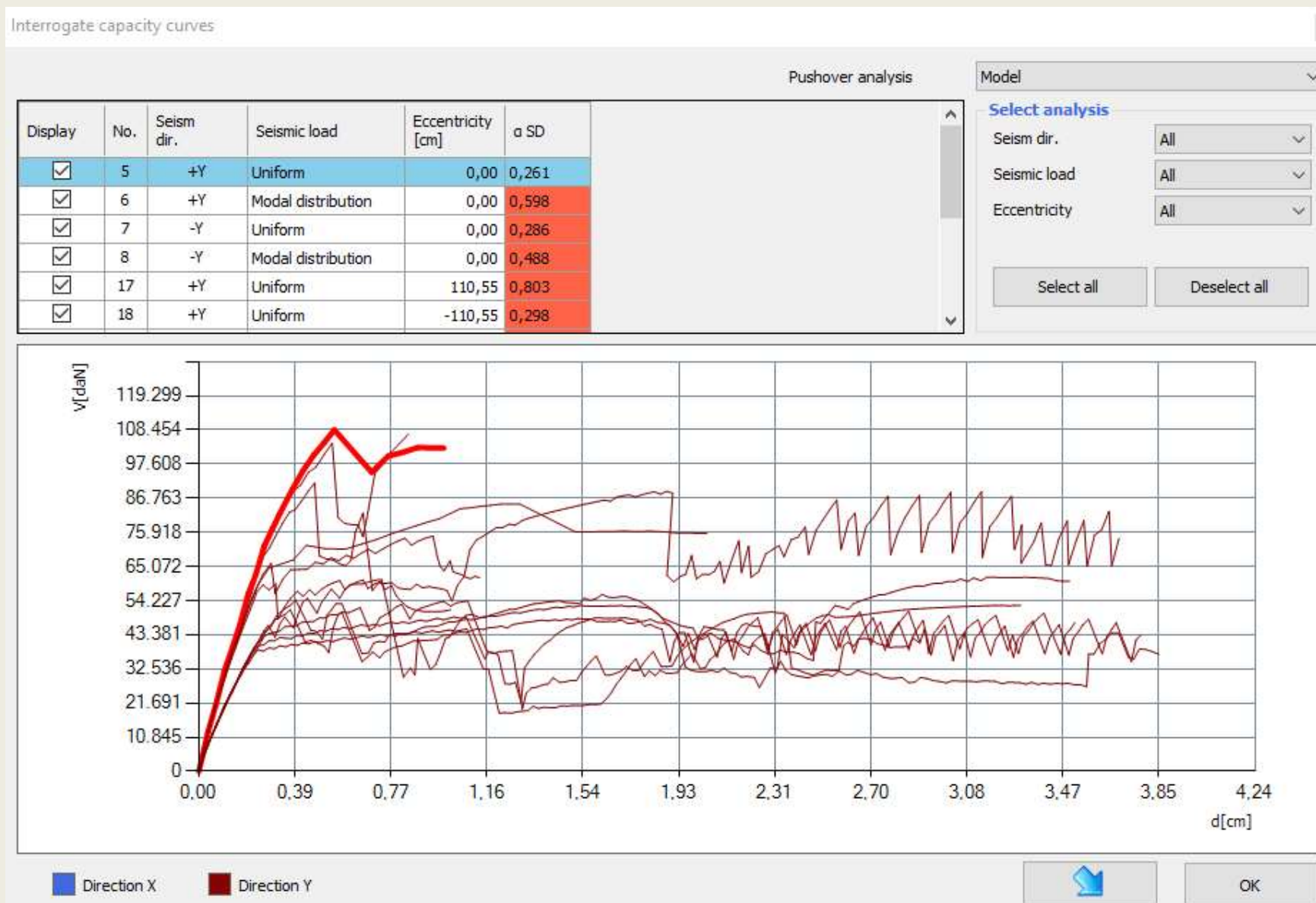
- Nelinearni proračun postupnim naguravanjem (program 3Muri release 12.6.2.4, S.T.A. DATA) za postojeće stanje
- Engineering Structures 56 (2013) 1787-1799
Sergio Lagomarsino, Andrea Penna, Alessandro Galasco, Serena Cattari, 2013. TREMURI program: An equivalent frame model for the nonlinear seismic analysis of masonry buildings
- Analiziran kritičan smjer Y
- Modalnom analizom utvrđen drugi oblik oscilacija kao mjerodavan za nelinearnu analizu postupnim naguravanjem za smjer Y (44% učešća mase)
- Napravljena provjera za smjerove +Y i -Y (sa jednolikom raspodjelom bočnog opterećenja te prema mjerodavnom modalnom obliku - sa i bez slučajne ekscentričnosti od 5%), ukupno 12 analiza
- Program računa sa horizontalnim krutostima sustava drvenog grednika



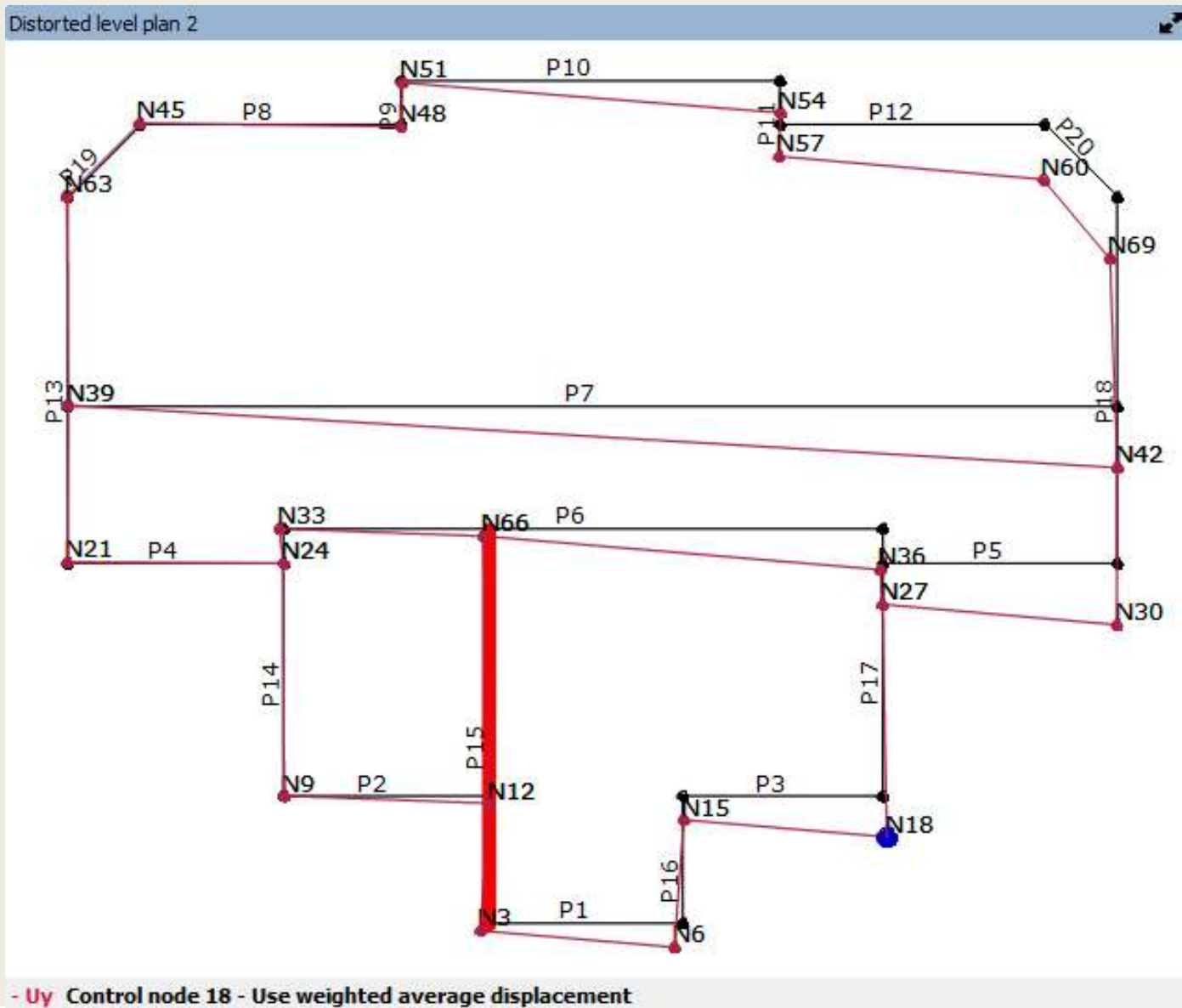
Globalni 3D model



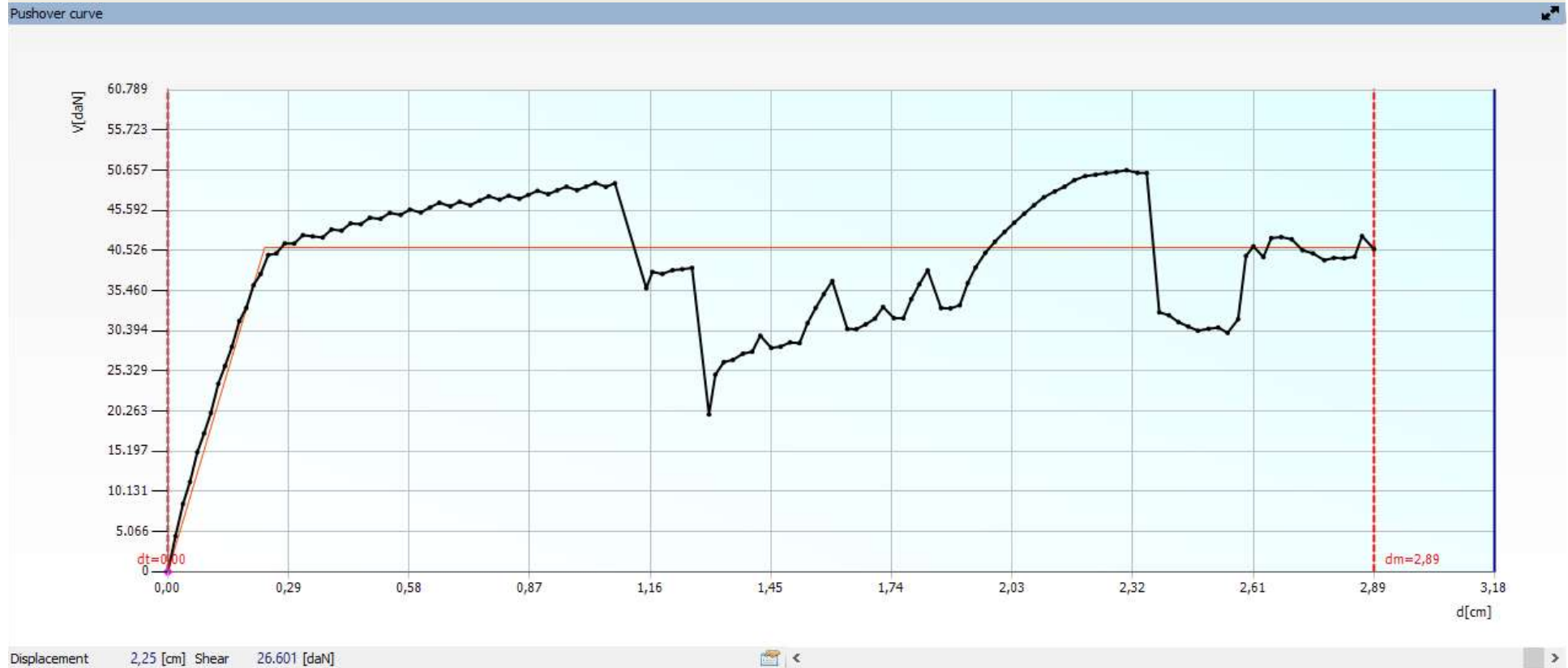
Prikaz krivulja kapaciteta nosivosti zgrade u smjeru Y



Analiza rezultata zida P15 (os 4)



Prikaz krivulje kapaciteta nosivosti za smjer Y (analiza br. 8 – modalna raspodjela bez ekscentričnosti)



ZAKLJUČAK

- Nelinearnim proračunom dobili su se očekivani rezultati
- Početak uporabe programa 3muri u Institutu IGH d.d.
- Za projekt obnove namjerava se napraviti nelinearni proračun u programu 3muri sa pripadajućim ojačanjima:
 - novi ab zidovi na dvorišnim pročeljima na novim ab temeljima
 - nosivi ab zidovi na pozicijama unutrašnjih pregradnih opečnih zidova u osima 3 i 6
 - pojačanje unutrašnjih zidova armiranom žbukom debljine 5 cm jednostrano ili obostrano
 - izvedba ab ploče debljine 5 cm spregnute sa drvenim grednicima i povezane sa zidovima
- a sve nakon konačnog dogovora sa konzervatorima



HVALA NA PAŽNJI



INSTITUT IGH d.d.

Janka Rakuše 1
10000 Zagreb
Hrvatska

Tel: +385 1 6125 125

Fax: +385 1 6125 401

E-mail: igh@igh.hr

Web: www.igh.hr

