

Tehnologija izgradnje poslovno - stambene zgrade u Varaždinu

Težak, Laura

Master's thesis / Diplomski rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Civil Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:237:266881>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-07**

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Civil Engineering,
University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

GRAĐEVINSKI FAKULTET

ZAVOD ZA ORGANIZACIJU, TEHNOLOGIJU I MENADŽMENT

Laura Težak

**TEHNOLOGIJA IZGRADNJE POSLOVNO –
STAMBENE ZGRADE U VARAŽDINU**

Diplomski rad

Zagreb, rujan 2023.



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

GRAĐEVINSKI FAKULTET

ZAVOD ZA ORGANIZACIJU, TEHNOLOGIJU I MENADŽMENT

**TEHNOLOGIJA IZGRADNJE POSLOVNO –
STAMBENE ZGRADE U VARAŽDINU**

Diplomski rad

Izradila:

Laura Težak

Mentor:

doc. dr. sc. Zvonko Sigmund

Zagreb, rujan 2023.



OBRAZAC 2

TEMA DIPLOMSKOG RADAIme i prezime studenta: **Laura Težak**JMBAG: **0082061259**Diplomski rad iz predmeta: **Tehnologija građenja 2**

Naslov teme diplomskog rada:	HR	Tehnologija izgradnje poslovno-stambene zgrade u Varaždinu
	ENG	Construction technologies used in the construction of a building in Varaždin

Opis teme diplomskog rada:

U ovom diplomskom radu obrađuju se tehnologije gradnje stambeno poslovne zgrade u Varaždinu sa posebnim naglaskom na pripremu i izvedbu betonskih radova vodonepropusnim betonom u podzemnim etažama. Sumirana saznanja tijekom izvedbe radova na podzemnim etažama na zgradi iz Varaždina će se troškovno i procesno usporediti sa izvedbom radova kada se koriste druge metode hidro-izoliranja zgrade.

Datum: **05.04.2023.**Komentor:
(Ime i prezime komentora)Mentor: **doc. dr. sc. Zvonko Sigmund**
(Ime i prezime mentora)

(Potpis mentora)

Zahvala

Prije svega, željela bih se zahvaliti mentoru, doc. dr. sc. Zvonku Sigmundu, što mi je svojim znanjem i stručnim savjetima pomogao u izradi ovog diplomskog rada.

Posebno bih se željela zahvaliti svojim roditeljima i sestri na bezuvjetnoj podršci i razumijevanju tijekom svih ovih godina. Oni su mi pružili mogućnost da svoje snove pretvorim u stvarnost.

Sažetak

Ključne riječi: betonski radovi, „bijela kada“, vodonepropustan beton, brtve, pukotine, injektiranje, „crna kada“.

U ovom radu obrađuje se tehnologija gradnje stambeno poslovne zgrade u Varaždinu sa posebnim naglaskom na pripremu i izvedbu betonskih radova vodonepropusnim betonom u podzemnim etažama. Sumirana saznanja tijekom izvedbe radova na podzemnim etažama na zgradi iz Varaždina će se troškovno i procesno usporediti sa izvedbom radova kada se koriste druge metode hidro-izoliranja zgrade.

Sadržaj

1. Uvod	5
2. Tehnologije zaštite podzemnih etaža od podzemnih voda	7
2.1. Klasična metoda hidro-izoliranja	7
2.2. „Bijela kada“.....	12
2.2.1. Općenito o vodonepropusnim konstrukcijama od betona	12
2.2.2. Zakonodavstvo i regulativa za izvođenje „bijele kade“	13
2.2.3. Vodonepropustan beton (VDP)	25
3. Tehnologija izvođenja „bijele kade“.....	28
3.1. Brtvljenje.....	28
3.2. Ugradnja i njega betona.....	29
3.3. Problemi, popravci i sanacija elemenata od betona	31
3.4. Plan kontrole izvedbe AB konstrukcija i njihovo održavanje.....	34
4. Primjena tehnologije „bijele kade“ na stambenoj zgradi u Varaždinu	35
4.1. O projektu.....	35
4.1.1. Kratak opis projekta i sudionika	35
4.1.2. Tehnički opis	39
4.1.3. Organizacija izvođenja radova.....	42
4.1.4. Kontrola kvalitete.....	45
4.2. Tehnologija građenja	48
4.2.1. Vrste radova.....	48
4.2.2. Slijed izvođenja grubih građevinskih radova	50
4.2.3. Mehanizacija.....	74
5. Usporedba „bijele kade“ s klasičnom metodom hidro-izoliranja	79
6. Zaključak.....	82
7. Popis literature.....	84
Popis slika.....	86
Popis tablica	89
Prilozi.....	90

1. Uvod

Unazad nekoliko godina izgradnja vodonepropusnih građevina na području Republike Hrvatske sve je učestalija. Ovaj je trend već dugi niz godina zastupljen u drugim razvijenim zemljama pri čemu prednjače Austrija i Njemačka. Za izgradnju vodonepropusnih građevina odnosno građevine bez hidroizolacije, primjenjuje se metoda „bijeke kade“ ili na njemačkom „weiße Wanne“. Ova metoda podrazumijeva armiranobetonsku konstrukciju koja istovremeno vrši funkciju nosivosti i hidroizolacije.

Važno je istaknuti da se regulativa u Republici Hrvatskoj nije previše dotaknula teme „bijeke kade“ te ne postoje jasne smjernice za njezinu izvedbu. To uzrokuje mnoge greške prilikom same izvedbe. Danas je stanje u RH takvo da se mnoga izvođačka poduzeća hvale velikim znanjem u izvedbi vodonepropusnih objekata, dok je stvarnost potpuno drugačija. Svi to nude, a malo tko to zna izvesti. Većina poduzeća kupuje vodonepropustan beton, ali velikoj većini nedostaju spojna sredstva, posebni elementi i drugi dijelovi. Problem nastaje jer malo tko to zna adekvatno sanirati prilikom oštećenja. U RH vodonepropusnim betonom bavi se norma HRN EN 12390-8 te postoje sažete smjernice Hrvatske komore inženjera građevinarstva. Isto tako, postoje i pokoje smjernice betonara koje proizvode takav beton i poduzeća koja prodaju spojna sredstva i ostale dijelove za izvedbu „bijeke kade“. Navedeno svakako nije dovoljno pa je jedan od ciljeva ovog rada upravo dati širu sliku o tome što „bijela kada“ podrazumijeva.

Najveći problem vezan uz primjenu ovakvog tipa konstrukcija je upravo nedostatak hrvatskih smjernica. Upravo iz tog razloga moja uloga je bila istražiti i kroz ovaj rad prikazati austrijsku te njemačku regulativu koje prednjače po saznanjima o ovoj temi te isto potkrijepiti stvarnim primjerom iz prakse, konkretno projektom izgradnje višestambene zgrade u Varaždinu. Također cilj ovog rada je i dati usporedbu „bijeke kade“ s klasičnim metodama hidroizoliranja kako bi se opovrgnu mit da je ova metoda financijski neisplativa.

Ukratko rečeno ovaj rad se bavi tehnologijom izgradnje poslovno-stambene zgrade u Jalkovečkoj ulici 76 u Varaždinu s posebnim naglaskom na metodu „bijeke kade“. Drugo odnosno iduće poglavlje dat će opće informacije o vodonepropusnim konstrukcijama od betona te će prikazati zakonodavstvo i regulativu koja se odnosi na ovakav tip konstrukcija. Treće poglavlje bavit će tehnologijom izvođenja „bijeke kade“. Tu će biti prikazani sistemi brtvljenja, način ugradnje i njega betona te postupci sanacije nastalih oštećenja na takvom tipu objekta. Četvrto poglavlje bavit će se konkretnom primjenom tehnologije „bijeke kade“ na višestambenoj zgradi u Jalkovečkoj ulici u Varaždinu. Unutar tog poglavlja bit će dan kratak

opis projekta i investitora, bit će objašnjenja organizacija građenja te primijenjena tehnologija zajedno sa slijedom izvođenja radova. Kroz peto poglavlje bit će prikazana usporedba „bijeke kade“ s klasičnim metodama hidroizoliranja. Posljednje šesto poglavlje dat će zaključak rada te će na samom kraju biti navedena korištena literatura.

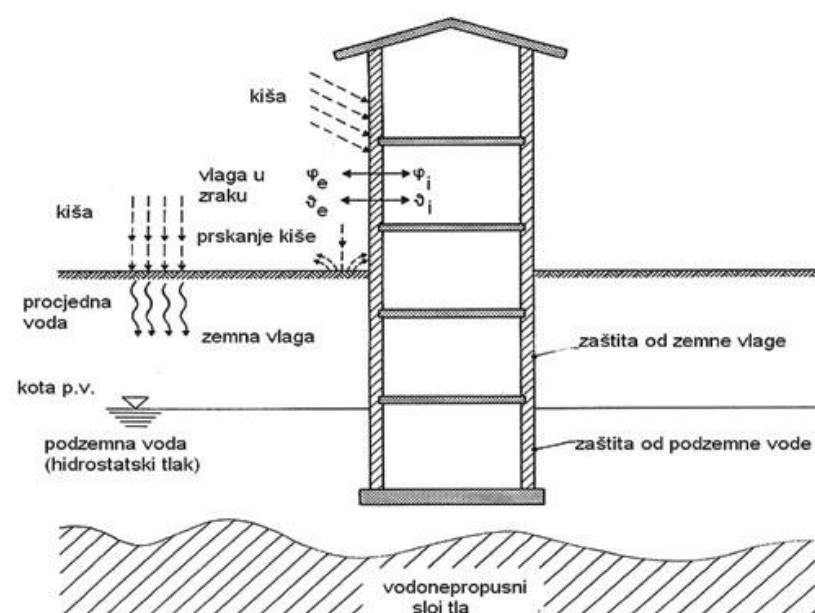
2. Tehnologije zaštite podzemnih etaža od podzemnih voda

2.1. Klasična metoda hidro-izoliranja

Općenito, jedan od osnovnih zadataka prilikom izgradnje je spriječiti nastanak vlage u građevinskim objektima koji je uzrokovan prodorom vode. Upravo se procesom hidroizoliranja stvara objekt/struktura koja u slučaju prodora vode ne mijenja svoj oblik. Prethodno je opisan sustav „bijeke kade“ u kojem sama konstrukcija osim funkcije nosivosti obnaša i funkciju hidroizoliranja. Takav sustav u Hrvatskoj nije uvelike rasprostranjen za razliku od Austrije i Njemačke. U nastavku će biti ukratko prikazana klasična hidroizolacija koja je najzastupljenija na našim prostorima te će biti dana kratka usporedba u odnosu na „bijelu kadu“ [1].

Hidroizolirati objekt možemo pomoću različitih proizvoda od bitumena, polimercementa ili PVC folija. Svaka konstrukcija ili objekt koristi hidroizolaciju u obliku zaštitne ovojnice. Osnovni zadatak ovojnice je spriječiti prodor vode i vlage koji bi potencijalno mogli dovesti do propadanja konstrukcije i smanjiti kvalitetu života u objektu [1].

Na dijelove zgrada u tlu utječe vlažnost tla. Pod tim podrazumijevamo vlagu od kiše koja se cijedi niz fasadu i zidove u tlo te vlagu od kiše koja pada po tlu oko objekta i širi se kapilarno. Velik utjecaj na sam objekt ima i procjedna voda. Procjedna voda je zapravo oborinska voda koja prodire u tlo i ne vrši hidrostatski tlak na zgradu. Ovi utjecaji (vidljivi na slici 1) kod objekata prisutni su gotovo uvijek te se rješavaju izvedbom odgovarajuće hidroizolacije [1].



Slika 1. Utjecaji vode i vlage na objekt

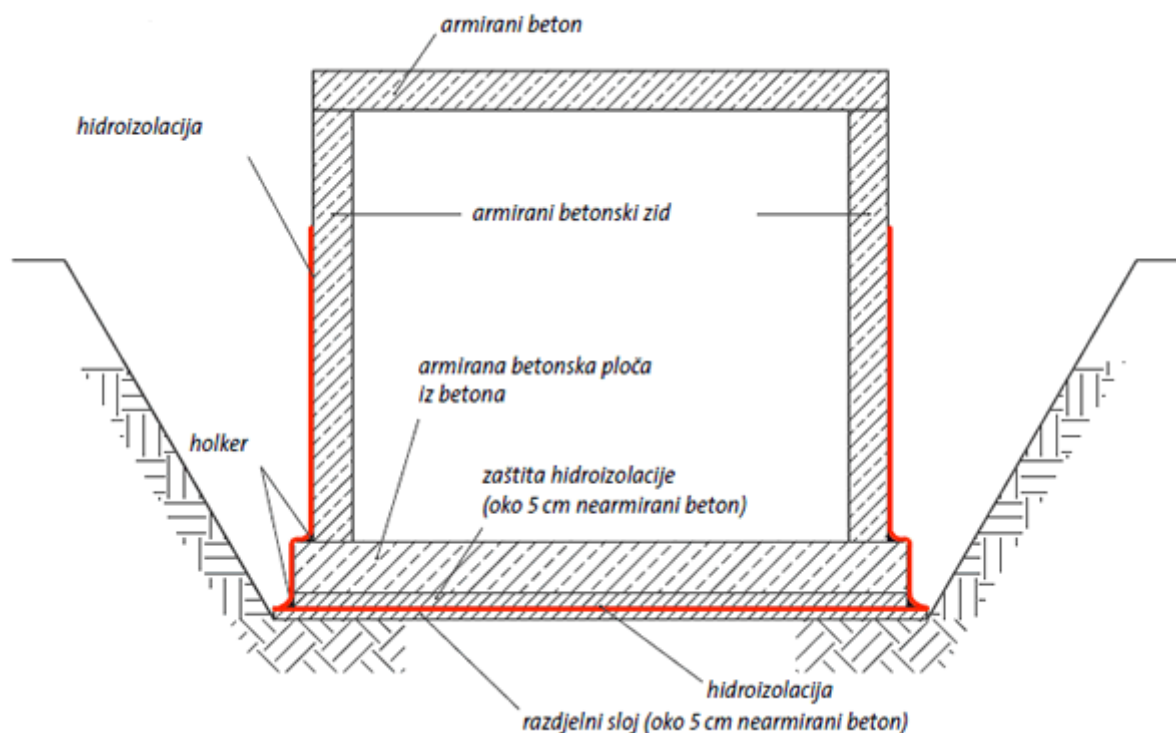
Kada govorimo o hidroizolacijskim materijalima, razlikujemo temeljne i dodatne zahtjeve za hidroizolacijske materijale. Temeljni zahtjevi su da materijal mora biti nepropustan za vodu, dovoljno elastičan, treba imati dovoljnu čvrstoću na pritisak, mora biti postojan kod visokih i niskih temperatura te treba imati sposobnost dobrog prijanjanja za podložni beton. Dodatni zahtjevi odnose se na primjenu u tlu i podrazumijevaju kompatibilnost s drugim materijalima, otpornost na prodor korijenja, neškodljivost na podzemne vode te trebaju imati sposobnost samozacjeljivanja [2].

Pojam klasična hidroizolacija kod nas se upotrebljava za bitumensku hidroizolaciju. Ovaj oblik hidroizolacije predstavlja najčešće upotrebljavani oblik hidroizolacije na našim prostorima. Bitumen je građevinski materijal koji je široko rasprostranjen u cestogradnji i građevinarstvu. On je uvelike prisutan u hidroizoliranju podzemnih objekata zbog svoje trajnosti, principa ugradnje i optimalne cijene. Hidroizolacijom sprječavamo prodor vlage i vode u nosivu konstrukciju. Kako bi se spriječio takav prodor, bitumen se nalazi na vanjskoj strani konstrukcije (strana na kojoj je objekt u dodiru s vanjskom okolinom). Osnovni zadatak hidroizolacije je osigurati u unutarnjim prostorima (stanovi, skladišta, uredi, pogoni i dr.) povoljne uvjete i suhoću za odvijanje potrebnih aktivnosti. Bitumenske trake sastoje se od uloška koji je s obje strane obložen bitumenskom masom i zaštićen pogodnim materijalom. Trake se dijele prema kvaliteti bitumenske mase, vrsti uloška, debljini trake, masi trake, namjeni trake i načinu primjene. Ovakve trake jednostavne su za ugradnju i imaju dugi životni vijek. Ugradnja je moguća u različitim vremenskim uvjetima i imaju zagarantiranu kvalitetu sukladno norma [2].

Osim bitumenske postoji i hidroizolacija PVC folijama. PVC folije koriste se od 1970. te se njihov postotak na tržištu povećava. Zahvaljujući izvanrednoj fleksibilnosti, PVC membrane pokazale su se vrlo učinkovite na bilo kojem tipu podloge. Lako su varive pomoću vrućeg zraka, membrane se postavljaju jednoslojno i tako pridonose uštedi na vremenu i sigurnosti na gradilištu [2]. Najčešću primjenu ostvaruju na ravnim krovovima gdje su u velikoj većini potisnule bitumensku hidroizolaciju ravnih krovova. Bitumenska hidroizolacija ravnog krova daleko je složenija. Ona podrazumijeva da se na betonsku podlogu stavi bitumenski premaz kao prajmer (stavljamo sa vanjske strane) te na to stavljamo bitumensku traku koja u svojem presjeku ima aluminijsku foliju. Nakon toga slažemo termoizolaciju (npr. stirodur ili neka vrsta tvrdog stiropora) te na to sloj betona za pad koji će svu vodu odvoditi do slivnika kod ravnih krovova. Završavamo bitumenskim premazom i na to postavljamo dva sloja bitumenskih traka koji su nosioci čitave hidroizolacije. Bitumenske trake vezuju se na hidroizolaciju uz pomoć plina visoke temperature koji grije te trake i na taj ih način lijepi za podlogu. Završni pokrov

ovisi o tome hoće li krov biti prohodan ili neprohodan. Sumarno možemo reći da se u Hrvatskoj PVC folije raznih proizvođača upotrebljavaju dominantno za izradu ravnih krovova, dok su bitumenske hidroizolacije najzastupljenije kod podruma, iako je i s tehnološke strane i obrnuto moguće. Kako se ovaj rad bavi hidroizolacijom podruma, u nastavku će biti opisana hidroizolacija podruma.

Hidroizolacija podruma postavlja se kao hidroizolacija s „pozitivne“ strane. Sažeto rečeno, to podrazumijeva hidroizolaciju podruma izvana koja je u doticaju s vodom (vidljivo na slici 2).



Slika 2. Hidroizolacija podruma izvana.

Kod hidroizolacije podruma klasičnim metodama najvažnija je hidroizolacija temeljne ploče i zidova podruma. Temeljna ploča izrađena je od armature i betona te predstavlja ploču na kojoj stoji objekt (zgrada ili kuća). Hidroizolacija zidova podruma i temeljne ploče postavlja se iz razloga da zidovi i temelji podruma/podzemne garaže ne bi vukli vlagu iz zemlje ili da podzemne vode ne bi prodirale u objekt. Upravo je ovaj problem prisutan kod starih građevina, a naziva se problem vlažnih podruma. Zidovi na sebe vuku vlagu te se osjeća miris plijesni i stvaraju se gljivice, a to nije niti zdravo niti ugodno. Uzrok tome je što se prije nije radila hidroizolacija zidova i temeljne ploče podruma, a sve takve objekte danas je potrebno sanirati [3].

Hidroizolacija temeljne ploče i zidova podruma radi se tako da se na podložni beton slobodno postavi hidroizolacija u obliku bitumenskih traka ili PVC folija. Potrebno ju je prepusti dvadeset centimetara izvan kote objekta (okolo objekta). Zatim se zaštiti s tristo gramskim geotekstilom i zaštitnim betonom od pet centimetara. Kad se izbetonira temeljna ploča i zidovi podruma/podzemnih garaža, polaže se vertikalna hidroizolacija na zidove, s tim da ju je potrebno spojiti s prepuštenim dijelom horizontalne hidroizolacije. Kod bitumenske hidroizolacije zidova podruma, kada su oni još otkopani, izoliraju se izvana u nekoliko slojeva (vidljivi na slici 3). Prvo se nanosi bitumenski premaz na betonski zid koji služi kao podloga za lijepljenje bitumenskih traka. Zatim se za zaštitu tako postavljene hidroizolacije na to postavlja sloj tvrdog stiropora, a na njega čepasta folija koja također ima zaštitnu funkciju. Sažeto rečeno, objekt izgleda kao „obučen“ te je na taj način zaštićen od vlage i vode [4]. Kako je prethodno navedeno, da bi se vertikalna hidroizolacija zaštitila potrebno je koristi XPS (estrudirani polistiren) i čepastu foliju. Hidroizolaciju je potrebno podići dvadeset centimetara iznad kote terena (točke terena). Kad se na ovako opisani način hidroizolacija postavi uz upotrebu kvalitetnih materijala, tada nema straha od vlage ili za zdravlje [3].



Slika 3. Slojevi bitumenske hidroizolacije - bitumenski premaz, bitumenske trake, stiropor i čepasta folija

Kao što je prethodno navedeno, posljednjih godina bitumenske trake (ljepenke) koriste se sve manje na krovovima, gdje ih zamjenjuju sintetičke membrane koje pružaju bolje tehničke karakteristike. To su membrane na bazi PVC-a, ECB-a, TPO-a i dr. One su trajnije te omogućuju bržu ugradnju i ne zahtijevaju upotrebu otvorenog plamena kod ugradnje. Međutim, pri hidroizolaciji podzemnih objekata bitumen je još uvijek broj jedan po prisutnosti, a tome u prilog idu njegova trajnost i povoljna cijena. Kod takve hidroizolacije kao najčešće rješenje još uvijek se koriste klasične bitumenske trake koje se ugrađuju zavarivanjem vrućim plamenom u dva sloja na prethodno naneseni temeljni premaz nekom vrstom bitumenske emulzije. Spomenuti princip postavljanja zahtijeva mnogo pažnje i veliki utrošak vremena ako se izvodi po pravilima struke. Za izvedbu detalja kao što su npr. prodori ili promjene geometrije (npr. spojevi pod-zid, kutovi) potrebno je veliko znanje i iskustvo izvođača, ali i uz to teško su izvedivi ovakvim tipom proizvoda. Iz spomenutog možemo zaključiti da u velikom broju slučajeva detalji izvedeni na ovakav način nisu dovoljno kvalitetni i pritom je ugrožena trajnost cijelog hidroizolacijskog sustava. To u konačnici može uzrokovati procurivanje i velike troškove sanacije. Zbog tih razloga, zadnjih nekoliko godina u području bitumenskih hidroizolacija sve se više nude rješenja u vidu samoljepljivih folija ili polimer-bitumenskih premaza. Pomoću toga je olakšano izvođenje detalja i ostvaruje se veća trajnost, sigurnost i brzina izvođenja ovakvog tipa hidroizolacije [5].

Prethodno opisani sistem se zove „crna kada“ zbog bitumena koji je crne boje. To je najpoznatiji sistem za hidroizoliranje podzemnih objekata, a on koristi bitumenske trake koje se zavaruju na objekt kako bi se osigurala zaštita objekta od prodora vode. Iako je to najpoznatiji sustav, ne znači nužno da je najbolji i najisplativiji. Unazad nekoliko godina pojavila se moderna tehnologija hidroizoliranja naziva „bijela kada“ kojom se i bavi ovaj rad, a dobio je ime po svijetloj (bijeloj) boji betona. Ukratko rečeno, „bijela kada“ je efikasan sustav kod kojeg nema klasičnog hidroizolacionog omotača oko objekta, već AB elementi preuzimaju osim funkcije nosivosti i funkciju hidroizoliranja.

2.2. „Bijela kada“

2.2.1. Općenito o vodonepropusnim konstrukcijama od betona

"Nijedna druga konstrukcija ne zahtijeva ... veću pažnju pri izvedbi od one koja je dizajnirana da izdrži vodu. Dakle, za ovakvu gradnju potrebna je savjesnost u svakom detalju – u smislu pravila koja bi svi trebali znati, a pridržavaju ih se samo rijetki." (S.I. FRONTINUS, 40-103 n.e.)

„Bijela kada“ podrazumijeva da obodni (vanjski) zidovi istovremeno obnašaju funkciju nosivosti i hidroizolacije [6]. Zidovi objekta trebaju biti vodonepropusni i bez dodatne hidroizolacije. Kako bi se to osiguralo, sredstva za brtvljenje potrebno je primijeniti pri izvedbi konstrukcije u spojevima armiranobetonskih (AB) elemenata [7]. Kod izgradnje ovakvih objekata posebnu pažnju potrebno je usmjeriti na namjenu objekta i razinu podzemnih voda. Kako bi objekt bilo vodonepropustan, izrazito je važna vrsta betona, količina armature, dimenzije elemenata i način izvedbe i brtvljenja [7]. Također, kako bi sustav „bijeke kade“ mogao funkcionirati, bitno je da je konstrukcija izgrađena od vodonepropusnog betona sukladno normi HRN EN 12390-8:2019 [7].

Trenutno u Hrvatskoj ne postoje smjernice koje se odnose na vodonepropusne konstrukcije te nam jedina adekvatna i provjerena znanja o tom tipu konstrukcija daju austrijske i njemačke smjernice. Većina betonara u RH proizvodi beton sukladno austrijskim i njemačkim smjernicama te je poželjno sam proces projektiranja, ugradnju i njegu betona te ostale pojedinosti provoditi sukladno tim smjernicama. Sažeto rečeno prema pravilu projektiranje, beton i tehnologija izvedbe trebali bi biti u skladu s istim smjernicama. Sukladno tim smjernicama, betonske vodonepropusne konstrukcije ili skraćeno "bijela kada" su konstrukcije u kojima armiranobetonska konstrukcija osim nosive funkcije preuzima i brtvenu funkciju (funkciju hidroizolacije) i to bez dodatnog brtvljenja [7]. Tipična područja primjene su tuneli, podrumi, podzemna parkirališta, bazeni za plivanje itd.

U nastavku će biti dan kratak pregled austrijskih i njemačkih smjernica koje trenutno daju jedina adekvatna znanja u pogledu ovakvog tipa konstrukcija. Uz spomenuto bit će objašnjena važnost vodonepropusnog betona.

2.2.2. Zakonodavstvo i regulativa za izvođenje „bijeke kade“

2.2.2.1. Austrijske smjernice

1999. godine prvi puta su donesene austrijske smjernice za "Vodonepropusne betonske konstrukcije – bijele kade" (na njemačkom Richtlinie „Wasserundurchlässige Betonbauwerke – Weiße Wannen“), a izdane su od strane Austrijskog udruženja za beton i građevinsku tehnologiju. Trenutno je na snazi izdanje iz veljače 2018. godine, doneseno od strane Austrijskog udruženja građevinskih inženjera (ÖBV - Österreichische Bautechnik Vereinigung). Ove smjernice smatraju se vodećim kada su u pitanju vodonepropusne konstrukcije od betona te će sukladno njima u nastavku biti objašnjeno o kakvom se točno tipu konstrukcija radi [8].

Klasifikacija

Zahtjevi za vodonepropusnost konstrukcije razlikuju se ovisno o vrsti i namjeni. Ovisno o vanjskim čimbenicima kao što su tlak vode, kvaliteta tla, klimatski uvjeti itd., odabir odgovarajuće klase konstrukcije može se postići prethodno definiranom klasom zahtjeva.

Definirano je pet klasa zahtjeva prema namjeni objekata A_s-A₄ iz kojih se dobiva klasa konstrukcije ovisno o klasi tlaka vode.

Zahtjevu klasu i projektirani vodostaj određuje naručitelj u suradnji s projektantom i specificira u natječaju za građenje [8].

Klase zahtjeva

One definiraju dopuštene količine vlage po klasama, što je vidljivo iz tablice 1 [8].

Tablica 1. Klase zahtjeva prema namjeni objekta

Klasa zahtjeva	Kratice	Opis betonske površine	Procjena mjesta vlage	Dopušteni nedostaci (mrlje od vlage, pukotine i sl.) na površini betona	Dodatne mjere	Primjeri primjene
A_s – posebna klasa	Potpuno suha	Nema vizualno prepoznatljivih vlažnih mrlja (tamne boje).			Strukturno fizički pregled zgrade i	Skladištenje robe posebno osjetljive na vlagu.

					klimatizacija prostorija su apsolutno neophodni.	
A₁	Velikim dijelom suha	Vizualno vidljive mrlje od vlage (maks. mat tamna boja).	Nakon dodira područja suhom rukom, na ruci se ne vide tragovi vode.	1 ‰ površine komponente dopušteno je kao mrlje od vlage.	Potreban je fizički pregled zgrade, prema kojem može biti potrebno klimatizirati prostorije (npr. ako ljudi borave duže vrijeme).	Prometne konstrukcije s visokim zahtjevima. Saloni, spremišta, kućni podrumi (skladišta), građevinske servisne prostorije s posebnim zahtjevima.
A₂	Blago vlažna	Vizualno i ručno prepoznatljive, pojedinačne/izolirane sjajne mrlje vlage na površini.	Nije moguće mjerenje količine tekuće vode. Nakon dodira rukom vide se tragovi vode.	1% površine komponente dopušteno je kao mrlje od vlage. Pojedinačni vodotoci koji se suše na betonskoj površini dotične komponente.	U posebnim slučajevima može biti potrebna klimatizacija.	Garaže, tehničke prostorije (npr. kotlovnice, kolektori), prometne strukture.
A₃	Vlažna	Kap po kap vode uz stvaranje vodenih pruga.	Količina vode koja otječe može se mjeriti u sabirnim posudama.	Za zidove, podne ploče i zidove dijafragme vrijedi sljedeće: maksimalna količina vode po neispravnom	Osigurajte mjere odvodnje.	Garaže (s dodatnim mjerama, npr. odvodni kanali) itd.

				spoju (pukotini) ili konstrukcijskom spoju zida dijafragme ne smije biti veća od 0,2 l/h, pri čemu prosječni prodor vode po m ² zida ne smije biti veći od 0,01 l/h		
A₄	Mokra	Individualne točke curenja vode za podne ploče, zidove i dijafragme.	Količina vode koja otječe može se mjeriti u sabirnim posudama.	Maksimalna količina vode po kvaru (npr. pukotini) ne smije biti veća od 2 l/h, pri čemu prosječno prodiranje vode po m ² zida ne smije biti veće od 0,01 l/h	Osigurajte mjere odvodnje.	Vanjska ljuska dvoslojne konstrukcije.

Klase tlaka vode

Klase tlaka vode vidljive su iz tablice 2 [8].

Tablica 2. Klase tlaka vode

Klase tlaka (pritiska) vode	Opis
WS_0	Visina pritiska vode 0,0 - 0,25 m
WS_1	Visina pritiska vode > 0,25 - 3,0 m
WS_2	Visina pritiska vode > 3,0 - 5,0 m
WS_3	Visina pritiska vode > 5,0 - 10,0 m
WS_4	Visina pritiska vode > 10,0 - 30,0 m

Klase konstrukcije

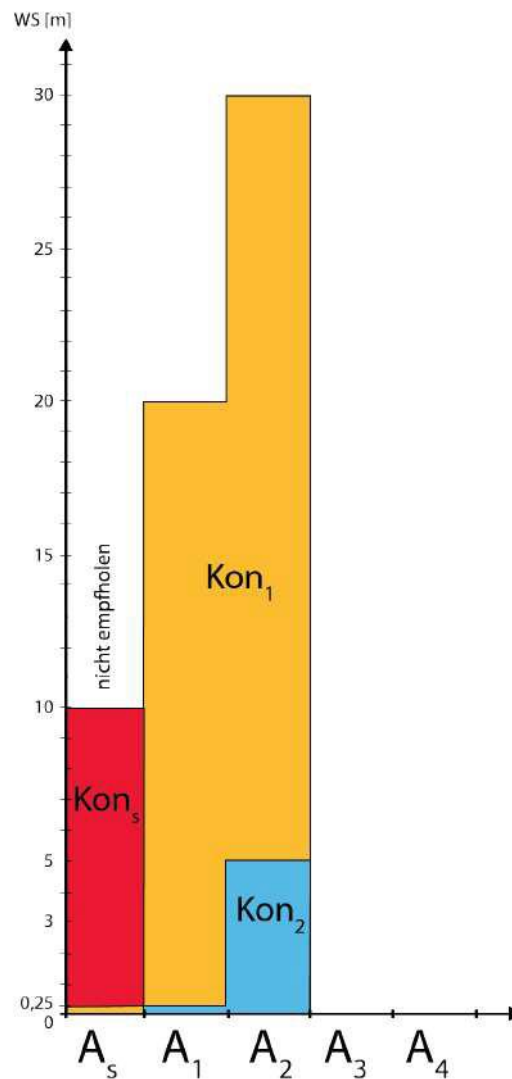
Konstruktivske klase ovise o pritisku vode, minimalnim dimenzijama elemenata i drugim parametrima (vidljivo iz tablice 3) [8].

Tablica 3. Klase konstrukcije

Klase konstrukcije		Kon_s		Kon_1		Kon_2	
Minimalne dimenzije elemenata (m) ovisno o pritisku vode							
Visina pritiska vode	0 – 0,25 m	$\geq 0,25$ m		$\geq 0,25$ m		$\geq 0,25$ m	
	0,25 – 3 m	$\geq 0,45$ m		$\geq 0,25$ m		$\geq 0,25$ m	
	3 – 5 m	$\geq 0,50$ m		$\geq 0,30$ m		$\geq 0,30$ m	
	5 – 10 m	$\geq 0,60$ m		$\geq 0,35$ m		-	
	10 – 30 m	-		$\geq 0,60$ m		-	
Najveća dopuštena temperatura svježeg betona ovisno o standardnu betona i modelu izvedbe							
		BS 1	BS PLUS 1	BS 1	BS PLUS 1	BS 1	BS PLUS 1
Klasična „bijela kada“	Optimizirana „bijela kada“	22°C	25°C	22°C	25°C	27°C	27°C
		-	22°C	-	22°C	-	22°C
Maksimalna dopuštena temperatura komponente							
Općenito	Temeljna ploča s kliznim slojem	45°C		45°C		55°C	
		50°C		50°C		55°C	
Provjera uporabljivosti za prevladavajuća opterećenja							
Ostali konstrukcijski zahtjevi	Ograničenje širine pukotine	$\leq 0,15$ mm		$\leq 0,20$ mm		$\leq 0,25$ mm	
		Maksimalni razmaci između dilatacijskih spojnica ≤ 15 m. Potrebna ugradnja kliznih folija za odvajanje vanjske i unutarnje ovojnice, eventualno dvostruko vođenje spojne trake, izbjegavanje skokova u visinu, izbjegavanje	Preporučeni razmak dilatacijskih spojnica od 15 do 30 m. Kada se projektira kao spregnuti sustav (usko spajanje s vanjskim zidom), razmak dilatacijskih spojnica ≤ 40 m. Preporuča se postavljanje razdjelnih folija.	Preporučeni razmak dilatacijskih spojnica od 30 do 60 m. Dopušten kontakt s okolinom, podjela blokova u slučaju promjene presjeka ili krutosti, visoki skokovi moraju se uzeti u obzir pri projektiranju.			

	prepreka kretanju kroz kontakt s okolinom.	Raspored temperaturnih polja.	
--	--	----------------------------------	--

Odnos između klase zahtjeva namjene objekta, klase konstrukcije i tlaka vode moguće je vidjeti s dijagrama međusobne povezanosti na slici 4 [8].



Slika 4. Dijagram međusobne povezanosti klasa

Klase za brtve

Razlikujemo tri klase za brtve 1,2 i 3. Ovisno o zahtjevima (kemijski agresivan okoliš, tehnika izvođenja i dr.) propisani su materijali i tipovi brtvi na mjestima radnih i trajnih dilatacija (vidljivo iz tablice 4)[8].

Tablica 4. Materijali za trake za fuge i principi brtvljenja

Materijali	Princip brtvljenja	Način povezivanja	Prikladan tip spoja	Zahtjevi
PVC-P Termoplasti	Labirintno brtvljenje	Toplinski zavariti	Dilatacijski spoj Konstrukcijski spoj	Vlačna čvrstoća prema ÖNORM EN ISO 527 dijelovi 1-3, >10 N/mm ² (konstrukcijske spojne trake > 6 N/mm ²) Istezanje pri lomu prema ÖNORM EN ISO 527 dijelovi 1-3, >300% (konstrukcijske spojne trake >200%) Otpornost na trganje/habanje prema ÖNORM ISO 34-1 > 8 N/mm ² Istezanje pri lomu (-20°C) prema ÖNORM EN ISO 527 dio 1-3 >200% Otpornost: trajna na vodu, gradsku kanalizaciju, otopinu soli za odmrzavanje i lužnatost betona, privremeno na razrijeđene kiseline i anorganske lužine, bitumen, loživa ulja, goriva.
PVC/NBR Kombinacija polimera	Labirintno brtvljenje	Toplinski zavariti	Dilatacijski spoj Konstrukcijski spoj	Vlačna čvrstoća prema ÖNORM EN ISO 527 dijelovi 1-3, >10 N/mm ² (trake za konstrukcijske spojeve >8 N/mm ²)

				<p>Istezanje pri lomu prema ÖNORM EN ISO 527 dijelovi 1-3, >350% (građevinski vodeni zatvarači > 275%)</p> <p>Otpornost na trganje/habanje prema ÖNORM ISO 34-1 > 12 N/mm²</p> <p>Istezanje pri lomu (-20°C) prema ÖNORM EN ISO 527 dio 1-3, >200%</p> <p>Otpornost: trajna na vodu, gradsku kanalizaciju. otopina soli za odležavanje i alkalnost/lužnatost betona, privremeno (72h) protiv razrijeđenih kiselina i anorganskih lužina, bitumena, loživih ulja, goriva. Ako je potrebna trajna otpornost, potrebno je dokazati sukladnost s zahtjevima koji se odnose na objekt.</p>
Elastomeri (prirodna/sintetička guma)	Labirintno brtvljenje	vulkanizirati	Dilatacijski spoj Konstrukcijski spoj	<p>Oblik i svojstva materijala prema DIN 7865-1 i 2: vlačna čvrstoća >10 N/mm²,</p> <p>istezanje do loma >380%, snaga kidanja >8 N/mm².</p>

Minimalne širine i debljine traka za brtvljenje određuju se ovisno o dubini pritiska vode (vidljivo iz tablice 5) [8].

Tablica 5. Klase brtvenih traka

Vodeni stupac (m)	WS	Klasa spojne trake	Materijal	Minimalna širina (cm)	Minimalna debljina (mm)
0-5		1	PVC; PVC/NBR	24	3,5
			Elastomer	24	8
			Metalna vodonepropusna traka	30	2
			Akrilna bubriva traka	2	7
5-20		2	PVC; PVC/NBR	32	4,5
			Elastomer	32	8
			Metalna vodonepropusna traka	35	2
više od 20		3	PVC; PVC/NBR	50	6
			Elastomer	50	10
			Metalna vodonepropusna traka	50	2

2.2.2.2. Njemačke smjernice

Njemačke smjernice za izvođenje i projektiranje vodonepropusnih armirano betonskih građevina odnosno „bijelih kada“ predstavljaju opće priznata tehnička pravila u vezi s ovim tipom gradnje. Sukladno tim smjernicama, vodonepropusnost objekta karakterizira se izbjegavanjem, odnosno ograničavanjem prodora vode kroz beton kroz radne i dilatacijske reške, kontrolirane ciljane reške, ugrađene elemente i pukotine. Pod tim se podrazumijeva ispunjavanje zahtjeva prema betonu, nepropusnu izvedbu svih postojećih reški, planski raspored i oblikovanje radnih, ciljanih i dilatacijskih rešetki, poštivanje minimalne debljine građevnih elemenata, poštivanje minimalne visine pritiska, izbjegavanje pukotina razdvajanja i ograničenje širine pukotine u građevnom elementu. Ove smjernice primjenjuju se kod podnih ploča, zidova, stropova, krovova, bazena, potpornih zidova i podzemnih inženjerskih građevina [9].

Kod projektiranja ovakvog tipa objekta moraju se jasno definirati pravila u pogledu upotrebljivosti i trajnosti objekta te zahtjevi za korištenjem objekta. Sve što je definirano mora se realizirati, a za to je odgovoran projektant i izvođač. U cijelom tom procesu sudjeluju projektant objekta/arhitekt (uže gledano projektant nosive konstrukcije, projektant tehničke opreme i dr.), geotehničar, izvođač i investitor [9].

Sam proces projektiranja podrazumijeva postojanje potrebe za projektiranjem, određivanje vrste opterećenja (geotehnički elaborat), određivanje načina i početka korištenja, pridržavanje načela projektiranja koja se odnose na građevne elemente, poštivanje konstruktivnih, betonsko-tehničkih i izvedbeno-tehničkih mjera u skladu s načelom projektiranja, određivanje dimenzija građevne elemenata, projektiranje sustava brtvljenja reški, projektiranje dijelova za ugradnju i prodora te dokumentaciju svih donesenih odluka [9].

Njemačke smjernice ističu da se mora ograničiti prodor vode kroz beton, reške, ugrađene dijelove i pukotine. Sukladno tome, potrebno je utvrditi pripadni razred opterećenja i razred korištenja [9].

Ukupno postoje dva razreda opterećenja koja su vidljiva iz tablice 6. Razlikuju se prema tome stvara li voda pritisak na građevinu ili se može očekivati samo vlažno tlo te eventualno voda koja će otjecati prema dolje po zidu [9].

Tablica 6. Razredi opterećenja

Razred opterećenja 1	Razred opterećenja 2
Voda koja stalno ili povremeno vrši pritisak.	Vlažno tlo na zidu i voda koja slobodno otječe po zidu .

Razlikujemo i dva razreda korištenja, vidljiva iz tablice 7, koja ovise o planiranom korištenju i zahtjevima koji se nameću sukladno klimi u pripadnim prostorijama i stanju vlage na površini građevnih dijelova [9].

Tablica 7. Razredi korištenja

Razred korištenja A	Razred korištenja B
Nema vlažnih mjesta na površini građevnog elementa s zračne strane uslijed prodiranja vode. Bez pukotina kroz koje prolazi voda.	Vlažne mrlje dopuštene su na površini građevnog elementa s zračne strane. Privremeno sve do samostalnog oporavka pukotina kroz koje prolazi voda. Nema sakupljanja vode na površini građevnog elementa.
Primjeri primjene: standard u izgradnji stanova i ureda, skladišnih prostora za visoko kvalitetno korištenje.	Primjeri primjene: pojedinačne garaže, podzemne garaže, instalacijska i opskrba okna, prostorije za kućne priključke, nezahtjevni skladišni prostori.

Osnovni principi kod projektiranja podrazumijevaju:

- 1) izbjegavati razdjelne pukotine,
- 2) odrediti širinu razdjelnih pukotina,
- 3) utvrditi širinu razdjelnih pukotina zajedno s pripadnim mjerama brtvljenja.

U betonu mogu biti prisutna unutarinja naprezanja koja su proizašla iz volumnih promjena/sprječavanja slobodnog deformiranja betona i mogu uzrokovati pojavu razdjelnih pukotina kroz koje prolazi voda. Spomenute pukotine mogu se izbjeći prikladnim betonsko-tehničkim, konstrukcijskim, tehničko-tehnološkim i izvedbeno-tehničkim mjerama. Kod drugog principa širinom određene pukotine upravlja se povećanjem količine armature kod betonske konstrukcije. Samostalnim oporavkom betona ograničava se probijanje vode. Treći princip govori da se pukotine, ako kroz njih prolazi voda, saniraju predviđenim mjerama brtvljenja. Tu se koriste min. Kriteriji u vezi s računskom širinom pukotina sukladno normi DEN EN 1992-1-1 [9].

Iskustvo u dugotrajnom radu sa svježim betonom i montažnim elementima „Njemačka smjernica za vodonepropusne AB građevine“ zahvaljujući iskustvu u dugotrajnom radu sa svježim betonom i montažnim elementima, prikazuju min. debljine građevnih elemenata (vidljivo iz tablice 8) [9].

Tablica 8. Minimalne debljine građevnih elemenata

Tip	Razred opterećenja	Minimalna debljina [mm]		
		Svježi beton	Polumontažni šuplji zidovi	Predgotovljeni elementi
Zidovi	1	240	240 (120b)	200
	2	200	240a (120b)	100
Podna ploča	1	250	-	200
	2	150	-	100
Krovovi bez toplinske izolacije	1	200	240 (180b)	180
Krovovi s toplinskom izolacijom	1	180	220 (160b)	160
<p>a) Uzimajući u obzir posebne betonsko-tehničke i izvedbeno-tehničke mjere moguće je smanjenje na 200 mm.</p> <p>b) Minimalne vrijednosti za nadopunu svježeg betona. Za vodonepropusni beton vrijedi odlomak 7.1 (2). Kod armiranja dodatka i unutarnjih brtvljenja rešetki se eventualno moraju uzeti u obzir i dodatni zahtjevi u svezi sa svijetlim unutarnjim otvorom u skladu s odlomkom 7.2 (3).</p>				

Sukladno tome, min. debljina kod konstrukcija građevnih elemenata mora se utvrditi na način da se betonski građevni elementi mogu betonirati uzevši u obzir potrebne slojeve armature, pokrivanje armature betonom, brtvljenje rešetki te dijelove za ugradnju. Uz to se, osim brtvene i nosive funkcije, moraju zadovoljiti i sva druga zahtijevana svojstva [9].

Osim spomenutih preporučenih min. dimenzija, vrijede još i posebni zahtjevi u vezi s unutarnjim svijetlim otvorom bW, a vrijede zbog osiguravanja mogućnosti betoniranja i adekvatne ugradnje unutarnjih brtvenih elemenata. To vrijedi kod svježih betona između slojeva armatura te kod polumontažnih šupljih zidova bez armature s dopunom od transportnog betona između unutarnjih površina predgotovljenih ploča [9].

Kod max. granulacije od 8 mm $bW \geq 120$ mm

Kod max. granulacije od 16 mm $bW \geq 140$ mm

Kod max. granulacije od 32 mm $bW \geq 180$ mm

Ako veće debljine građevnih elemenata proizlaze iz prethodno spomenutog, nego što je min. dimenzija u tablici 8, tada su te vrijednosti mjerodavne.

Osim debljine građevnih elemenata, pažnju moramo obratiti i na dopuštenu širinu pukotina. Kod pukotina zbog savijanja prilikom opterećenja i prisile potrebno je za razred opterećenja 1 i razred korištenja A dokazati da je visina zone pritiska x uvjet $x \geq 30$ mm i $\geq 1,5 \cdot D_{max}$ ispunjen. D_{max} označava max. promjer granulacije agregata. Druga opcija je ograničiti širinu pukotina od savijanja w_k sukladno tablici 9 [9].

Tablica broj 9 prikazuje vrijednosti širina razdjelnih pukotina za princip projektiranja 2 i razred korištenja B, prilikom kojeg se prodor vode mora reducirati samostalnim oporavkom pukotina [9].

Tablica 9. Širine razdjelnih pukotina za razred korištenja B (dopušten ograničeni prodor vlage)

Tlak hw/hb^*	Maksimalna tlačna visina hw (a)	Dopuštena širina pukotine w_k (b)
10	3,0 m	0,20 mm
> 10 do \leq 15	6,0 m	0,15 mm
> 15 do \leq 25	10,0 m	0,10 mm
a) hw = tlačna visina vode in m; hb = debljina građevnog elementa u m b) Za agresivne vode $s > 40$ mg/l CO ₂ (ugljična kiselina koja otapa kamenac) ili $s \text{ pH} < 5,5$ ne smije se razmišljati o samostalnom oporavku		

2.2.3. Vodonepropustan beton (VDP)

Možemo ga definirati kao niz betona koji kroz pažljivo i dugotrajno proučavanja smjese, korištenja specijalnih aditiva, definiranja niskog vodocementnog faktora i razvitka visokog stupnja kohezije stvaraju vodonepropusne konstrukcije. Uz spomenuto, važno je istaknuti da konačnom rezultatu doprinose odgovarajući vremenski uvjeti, primjerena armatura, pravilno postavljanje i izrada dilatacija [10].

Prema HRN EN 12390-8 ispituje se prodor vode. To se postiže kroz upotrebu superplastifikatora, aditiva koji pružaju visoku kompaktnost cementne smjese, uz napomenu da su oni prethodno testirani. VDP jamči visoku obradivost, 180-200 mm, a to je mjereno slijeganjem uz pomoć metalnog kalupa konusnog oblika (Abramsov konus). Lakoća primjene uzima u obzir karakteristike pomoću kojih se sprečava stvaranje makropora unutar matrice, a tako i između cementa i agregata. Izbjegavanje stvaranja mikro-poroznosti i osiguravanje dobre otpornosti i visoke trajnosti postiže se na način da vodocementni omjer ne premašuje vrijednost 0,50 [10].

Razredi vodonepropusnosti betona

Iz tablice 10 moguće je vidjeti tri razreda vodonepropusnosti betona [10].

Tablica 10. Razredi vodonepropusnosti betona

Razred vodonepropusnosti	Dopušteni prosječni prodor vode (mm)
VDP 1	50
VDP 2	30
VDP 3	15

VDP je bitan kod svih radova u kojima je potreban mak. otpor prolasku vode, a to su bazeni, vodospreme, podrumi, podzemna parkirališta, tuneli, tvornička postrojenja, umjetna jezera i brane itd. VDP svojom nepropusnošću dovodi do nepropusnosti konstrukcije. Kako bi se to postiglo uz VDP, bitan je pravilan dizajn spojeva te pravilna provedba zbijanja i njege betona [10].

Karakteristike vodonepropusnog betona

Iz tablice 11 možemo vidjeti pripadne karakteristike ovog tipa betona [10].

Tablica 11. Karakteristike VDP-a

Naziv	Vodonepropusni beton (VDP)
Tlačna čvrstoća (fck, koc)	30 N/mm ² (ili više u odnosu na v/c faktor određen za razred izlaganja ili projektne zahtjeve)
Agregat Dmax	između 16 i 32 mm, ovisno o dijelovima konstrukcije i armature
Razred izloženosti	S4
Max. v/c faktor	0.50 (ili manje s obzirom na klasu izloženosti)

Svojstva i prednosti VDP-a

Iz tablice 12 možemo vidjeti najbitnija svojstva i prednosti vodonepropusnog betona [10].

Tablica 12. Svojstva i prednosti VDP-a

Vodonepropusan	Drži vodu vani ili unutra - po potrebi.
Otporan na koroziju	Smanjeni rizik od korozije armature.
Smanjena permeabilnost	Smanjena propusnost vode i vodene pare.
Povećana trajnost	Poboljšane dugoročne performanse i trajnost kod različitih primjena.
Otporan na skupljanje	Smanjena mogućnost nastanka i propagacije mikro pukotina.
Otporan na difuziju klorida	Poboljšana otpornost na difuziju klorida.

Preporučena ugradnja vodonepropusnog betona je pomoću pumpe za beton iako se može postići i kvalitetna ugradnja toranjskom dizalicom pomoću kible. Kod ugradnje poželjno je primjenjivati princip kontraktora, a to znači da cijev kroz koju izlazi beton mora biti uronjena u beton, čime se onemogućuje segregacija prilikom pada betona. Za kvalitetno odvijanje procesa hidratacije preporuka je držati oplatu minimalno 3 dana od završetka betoniranja zidova. Postupci njege betona trebali bi započeti po završetku uklanjanja oplata na zidovima, odnosno na ploči u trenutku kada beton dostigne površinsku čvrstoću [11].

Sve betonare u RH koje proizvode ovakav tip betona proizvode ga sukladno gore spomenutim činjenicama. Trenutno u Hrvatskoj najveću pažnju ovakvom tipu betona posvećuje CEMEX. Njihova velika rasprostranjenosti na području cijele RH omogućuje dostupnost ovakvog tipa betona na većini područja unutar države. U tu svrhu CEMEX je razvio poseban tip betona Permatite. Permatite je njihov asortiman posebno dizajniranih betona u skladu s austrijskim smjernicama za izradu sustava „bijelih kada“ [11]. Osim CEMEX-a, vodonepropusne betone spomenutih karakteristika u svojoj ponudi imaju Zagorje-betoni i NEXE. Konkretno, na primjeru poslovno-stambene zgrade u Jalkovečkoj ulici 76 u Varaždinu, koji ćemo prikazati, koristi se beton iz betonare CEMEX Varaždin.

3. Tehnologija izvođenja „bijeke kade“

3.1. Brtvljenje

Prilikom brtvljenja rešetki u vodonepropusnim građevnim elementima smiju se koristiti samo oni proizvodi čija je svrha uporabe dokazana uvjerenjem o upotrebljivosti (sukladno njemačkim smjernicama). Sva brtvljenja rešetki, koja zahvaćaju u beton, moraju se prije betoniranja točno pozicionirati, spojiti na mjestima spajanja i obvezatno trajno osigurati u svom položaju [12]. Sustave brtvljenja moguće je vidjeti iz tablice 13.

Tablica 13. Sustavi brtvljenja

Sustav brtvljenja	Pravila prema Smjernici o vodonepropusnim građevinama
Fleksibilne vodene brtvene trake za reške prema DIN7865 i DIN 18541	Korištenje prema DIN 18197
Brtveni lim bez zaštitnog sloja prema DIN EN 10051	Korištenje u skladu sa Smjernicom o vodonepropusnosti, poglavlje 10.2
Neregulirani građevni proizvodi: <ol style="list-style-type: none"> 1) brtvene trake za reške prema tvorničkoj normi 2) kombinirane brtvene trake za radne reške 3) vanjske trakaste izolacije 4) brtveni limovi sa specijalnim slojem 5) brtvene cijevi 6) injektiranje specijalnim crijevima 7) bubreće brtvene trake 	Potreban je dokaz o upotrebljivosti ETA - Europsko tehničko dopuštenje AbP - Opći službeni atest

3.2. Ugradnja i njega betona

Projekt betona podrazumijeva svojstva i kvalitetu betona, recepturu za klasu betona, plan betoniranja, transport i ugradnju te njegu betona. Mjere koje se koriste kod ugradnje i njege betona traže posebnu pažnju. Pogodne temperature za betoniranje i očvršćivanje VDP-a su u rasponu od 10°C do 25°C. Nepovoljne temperature su temperature niže od 5°C i temperature više od 30°C. Osim temperature, nepoželjno na beton djeluju i kiša, snijeg, vjetar, značajne razlike vlage u zraku te velike temperaturne razlike [13].

Prva stvar o kojoj moramo razmišljati je transport betona na gradilište. Najčešći način je dovoz betona iz betonare automiješalicom na gradilište. Prilikom dovoza betona moramo paziti i na vremenske uvjete te posebno na temperaturu okoline. Ljeti se preporuča transport i ugradnja vodonepropusnog betona u ranijim jutarnjim satima. U slučaju visokih temperatura preporuča se mikser hladiti vodom, pri čemu se misli na bubanj miksera. Vrijeme izmjene odnosno čekanja automiješalice treba svesti na minimum. Vrijeme ugradnje ne bi smjelo biti više od 90 minuta od trenutka dodavanja vode. U slučaju da je vrijeme ugradnje dulje, površinu betona potrebno je revibrirati. Zimi je s druge strane najbitnije osigurati da je temperatura betona na gradilištu viša od 10°C [14].

Nakon transporta slijedi ugradnja betona. Prilikom ugradnje veliku pozornost treba posvetiti vodonepropusnim barijerama, a pod time podrazumijevamo spojna sredstva, brtve i cijevi za injektiranje. Ugradnja bi trebala biti kontinuirana (i u slojevima). Ne preporuča se ugradnja VDP-a s visine koja je viša od jednog metra. Beton je potrebno vibrirati sve dok svi mjehurići zraka ne izađu, čime se ostvaruje homogenost betona. Svi nastavci i podloga betoniranja moraju biti čisti kako bi se beton mogao adekvatno ugraditi. Također, posebnu je pažnju potrebno usmjeriti i na betonske distancere kako bi ugradnja betona bila adekvatna. Preporuča se ugradnja betonskih distancera načinjenih od vlaknastog betona. Plastični distanceri se ne preporučaju zbog različitog koeficijenta rastezanja plastike i betona, a to bi moglo prouzročiti stvaranje pukotina, što nikako nije pogodno jer se tada vodonepropusnost može dovesti u pitanje [14].

Nakon ugradnje preporuča se što dulje držanje betona u oplati. Okvirno minimalno vrijeme je 36 sati, a česta praksa na gradilištu je dva radna dana. Oplatu je potrebno demontirati kada kocke za tlačnu čvrstoću pokažu dovoljnu čvrstoću betona. Ako je temperatura zraka niža, oplatu je potrebno držati dulje, a ako je temperatura zraka viša tada je oplatu potrebno držati kraće. U pravilu se preporuča korištenje drvene oplata. Moguće je korištenje i metalne (čelične), ali tada treba veću pažnju posvetiti hlađenju ili zagrijavanju [14].

Poslije betoniranja beton je potrebno štititi od brzog hlađenja min. 3 dana i od jakog isušivanja min. 7 dana. Kada su betonske površine otvorene, potrebno ih je štititi kombinacijom geotekstila i vode ili nanošenjem posebnog sredstva za njegu. Poželjno je betonske elemente nakon uklanjanja oplata vlažiti cca 7 dana. Početak njege betona vodom ne bi se trebao odgoditi na više od sat vremena od početka uklanjanja oplata. Prilikom njege betona vodom, ne smije se ostvariti direktan kontakt vode s toplim betonom, već se preporuča korištenje raspršenog mlaza ili geotekstila. Ljeti je vertikalne elemente potrebno štititi od vrućeg vjetra. Najbolja zaštita postiže se vodom. Ako geotekstil nije opcija, moguće je i korištenje sredstva za njegu, ali jedino ako je jak vjetar i radi se o vertikalnim elementima [14].

Sumarno razlikujemo mjere spravljanja, ugradnje i njege betona pri visokim i niskim temperaturama (vidljivo iz tablice 14) [13].

Tablica 14. Mjere spravljanja, ugradnje i njege betona pri visokim i niskim temperaturama

	Niske temperature	Visoke temperature
Mjere spravljanja i ugradnje betona	<ul style="list-style-type: none"> - zagrijavanje vode ili agregata - grijanje betona - korištenje aditiva u betonu 	<ul style="list-style-type: none"> - betonirati predvečer ili po noći (kada je niža temperatura zraka) - korištenje aditiva ili cementa niske topline hidratacije - hlađenje vode ili agregata (stavljanje usitnjenog leda u miješalicu, hlađenje tekućim dušikom)
Mjere njege betona	<ul style="list-style-type: none"> - oblaganje betona prekrivačima za zaštitu od mraza - izolacija oplata 	<ul style="list-style-type: none"> - intenzivno polijevanje ugrađenog betona hladnom vodom, - pokrivanje betona mokrim jutenim vrećama ili drugim prekrivačima (najlon, geotekstil) koji zadržavaju vlagu - korištenje tekuće ili kemijske membrane - duže zadržavati beton u oplati

3.3. Problemi, popravci i sanacija elemenata od betona

Na građevinama koje su već izgrađene može doći do smanjenja predviđene trajnosti same konstrukcije ako se dogode neželjene pojave u obliku prodora vlage i dodatne izloženosti AB konstrukcije. Moguća je pojava loše izvedenih prekida betoniranja (radnih taktova), vidljivo na slici 5. U ranoj fazi betoniranja prilikom velike topline hidratacije, a male vlažne čvrstoće može doći do pojave pukotina koje su nastale u vrijeme očvršćivanja betona, vidljivo na slici 6. Osim spomenutog, ako je radni takt loše napravljen, može doći do loše izvedenog spoja temeljne ploče i podrumskog zida kao što je vidljivo na slici 7. Također, može doći i do segregacije betona, vidljivo na slici 8 [13].



Slika 5. Prekid betoniranja - radni taktovi loše izvedeni



Slika 6. Pukotine prilikom skupljanja u vrijeme očvršćivanja betona



Slika 7. Radni takt loše izveden - spoj temeljna ploča i podrumski zid



Slika 8. Segregacija betona

Ovisno o tipu nastalog problema postoje različiti načini sanacije istoga. Najčešća je pojava pukotina, gnijezda i oštećenje trake za brtvljenje. Iz tablice 15 vidljive su mjere sanacije spomenutih problema [14].

Tablica 15. Problemi i postupci sanacije kod vodonepropusnih konstrukcija od betona

Problemi	Popravci i mjere sanacije
Pukotine	- veće pukotine injektiranjem ako su cijelim presjekom - manje samozacijeljenje (< 0,3 mm) uz prisutnost vode - nanošenje premaza ako su površinske
Gnijezda	- injektiranje, mlazni beton (torkret), površinski premaz
Oštećenje trake za brtvljenje	- moguće zamijeniti samo ako su mjesta otvorena te im je moguće pristupiti

3.4. Plan kontrole izvedbe AB konstrukcija i njihovo održavanje

Potrebno je jasno definirati specifikacije betona, u smislu vode, cementa, veličine zrna agregata, način transporta, postupke ugradnje te njege betona. Potrebno je imati skicu radnih polja i dilatacija. Također, treba odrediti vrstu traka i brtvi koje se koriste za spoj dva elementa uz napomenu da je različito spajanje zidova, temeljnih rešetki te samih zidova i temelja. Moramo definirati i vrstu oplata, tip distancira koji mora biti betonski te vrijeme uklanjanja oplata. U slučaju promjene tehnologije izvođenja od strane izvođač, u smislu vrste brtvi, vrste betona ili promjene taktova, odluku o bilo kakvoj promjeni u vidu pismene suglasnosti daje nadzorni inženjer koji se konzultirao s projektantom [14].

„Pravilniku o održavanju građevina”, NN 122/2014 nalaže da je potrebno vršiti periodične preglede te je o tome potrebno vršiti evidenciju. Mjere održavanja i kontrole potrebno je predvidjeti projektnom dokumentacijom, kako uslijed loše izvedbe VDP-a i naknadne pojave pukotina nastalih zbog slijeganja konstrukcije ili temperaturnog rada, ne bi pri prodoru vlage nastala šteta na konstrukciji. Posebnu pažnju pri izvedbi potrebno je posvetiti elementima građevine koji kasnije neće moći podleći vizualnom pregledu. Ako bi se štete uočile, bilo bi potrebno preporučiti mjeru sanacije. Trenutno se u RH pregledi građevina u pravilu ne odvijaju, a za to su odgovorni upravitelji održavanja i vlasnici građevina [13].

4. Primjena tehnologije „bijele kade“ na stambenoj zgradi u Varaždinu

4.1. O projektu

4.1.1. Kratak opis projekta i sudionika

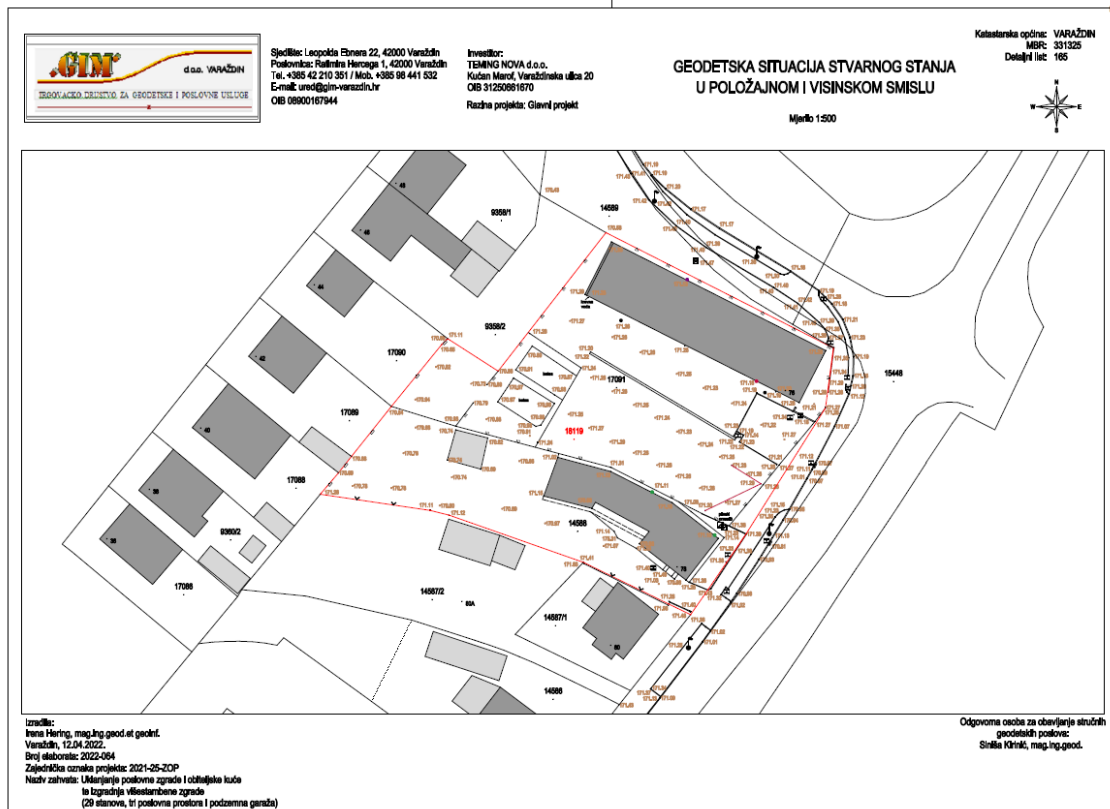
Investitor Teming Nova d.o.o. planira na k.č.br. 18119 k.o. Varaždin prikazanoj na slici 9 ukloniti poslovnu zgradu i obiteljsku kuću s garažom, drvarnicom i ulaznim halom te izgraditi višestambenu zgradu s 29 stanova, tri poslovna prostora i podzemnom garažom [15].

Spomenuta čestica nastala je spajanjem dvije čestice k.č.br. 14488 i 17091 k.o. Varaždin, što je vidljivo iz slike 10.

Predmetna čestica nalazi se u okvirima Generalnog urbanističkog plana Grada Varaždina, u zoni mješovite namjene oznake 2A - održavanje i dogradnja prostora pretežno obiteljske i stambene gradnje.

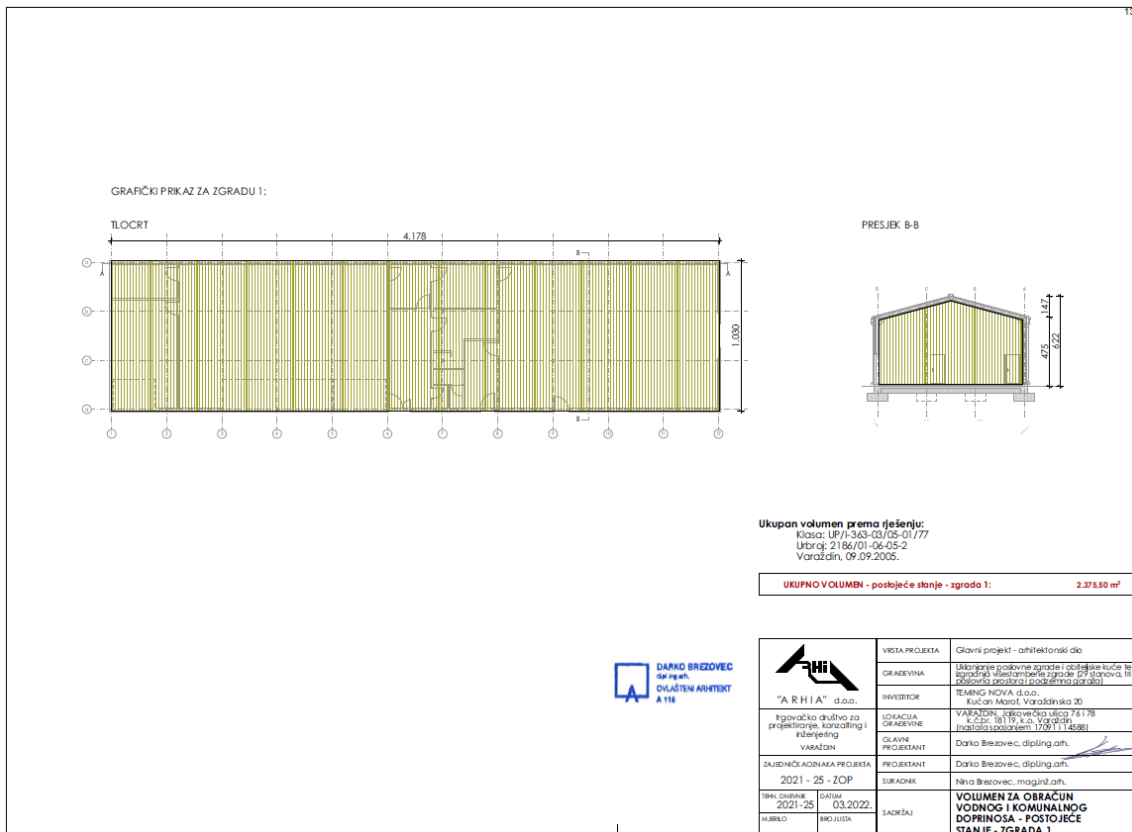


Slika 9. Geodetska situacija promatrane građevinske čestice

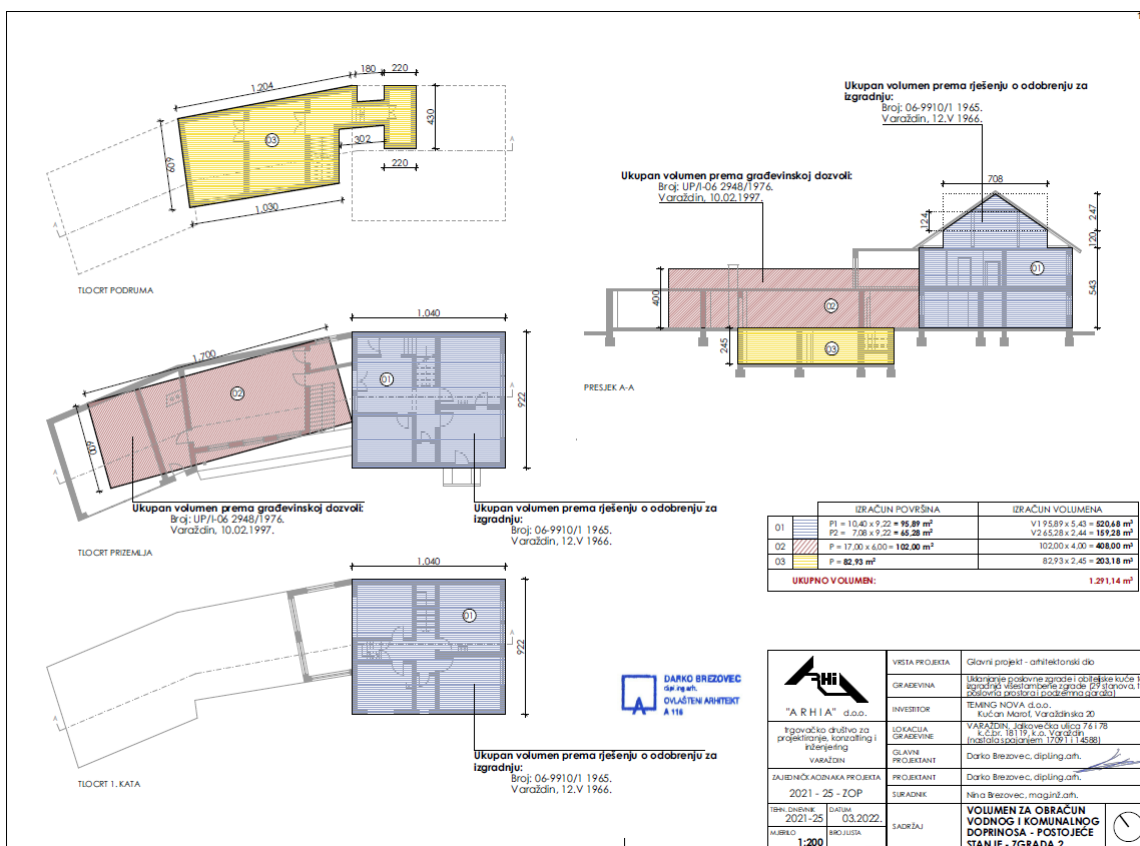


Slika 10. Geodetska situacija stanja u položaju i visinskom smislu prije spajanja čestica

Zatečeno stanje prikazalo je da se na k.č.br. 14588 na lokaciji u Jalkovečkoj ulici br. 76 u Varaždinu (k.č.br. 9358/3 po građevinskoj dozvoli) nalazila poslovna zgrada, a na k.č.br. 17091 na lokaciji Jalkovečka ulici br. 78 u Varaždinu (k.č.br. 3208/1 po građevinskoj dozvoli) nalazila se obiteljska kuća te garaža, drvarnica i ulazni hal. Prikaz oba slučaja vidljiv je na slikama 11 i 12 [15].



Slika 11. Zatečeno stanje na adresi Jankovečka ulica 76 u Varaždinu



Slika 12. Zatečeno stanje na adresi Jankovečka ulica 78 u Varaždinu

Namjera investitora je ukloniti spomenute zgrade i objediniti parcele prema prijedlogu parcelacije te na novoj objedinjenoj k.č.br. 18119 k.o. Varaždin ukupne površine 3.181,30 m² izgraditi višestambenu zgradu s 29 stanova, tri poslovna prostora te podzemnom garažom [15]. Na slici 13 moguće je vidjeti planirani izgled spomenute zgrade, tj. vizualizaciju zgrade.



Slika 13. Vizualizacija višestambene zgrade u Jalkovečkoj ulici u Varaždinu

Općenito sudionici u gradnji su: investitor, projektant, izvođač, nadzorni inženjer i revident. Što se tiče izgradnje višestambene zgrade na adresi Jalkovečka ulici br. 76 i 78 u Varaždinu također imamo sve spomenute sudionike, a to su:

Investitor – Teming Nova d.o.o., Varaždinska 20, Kućan Marof

Projektant – ARHIA d.o.o., Darko Brezovec dipl.ing.arh., Trg Pavla Štosa 16a, Varaždin

Izvođač – TEMING d.o.o., Varaždinska 20, Kućan Marof

Nadzor – RUKING d.o.o., Tomislav Žanić dipl.ing.građ.

Revident – Ivan Paska dipl.ing.građ.

Od ostalih sudionika još je važno spomenuti da je od strane izvođača TEMING d.o.o., čiji je vlasnik, a ujedno i direktor Miroslav Težak dipl.ing.stroj., kao glavni inženjer gradilišta imenovana Valerija Težak dipl.ing.građ. kao odgovorna osoba za vođenje građenja, odnosno vođenje radova. Uz spomenuto važno je još napomenuti da je ovlaštena osoba za zastupanje investitora, odnosno direktor poduzeća Teming Nova d.o.o. Miroslav Težak.

4.1.2. Tehnički opis

Planirana višestambena zgrada biti će podrumljena dvokatnica s uvučenim 3. katom koji je površine do 75 % drugog kata (potkrovlje). Zgrada je ravnog krova, tlocrtnog L oblika maksimalne veličine 32,65 x 40,65 m. Maksimalna visina iznosi 14,22 m, mjereno od kote okolnog terena. Ukupna bruto površina višestambene zgrade iznosi 5.092,08 m², a zasebne površine pojedine etaže prikazane su na slici 14. Izgrađenost parcele nakon provedenog zahvata će biti 29,65 %, dok će postotak zelenih površina biti 20,17 % [15].

Etaža	Namjena	Površina
Podrum	Garaža, pomoćni prostori	1.778,18 m ²
Prizemlje	Poslovno	729,83 m ²
1. kat	Stambeno	943,22 m ²
2. kat	Stambeno	943,22 m ²
3. kat-uvučeni(potkrovlje)	Stambeno	697,63 m ²
Ukupno bruto višestambene zgrade		5.092,08 m²

Slika 14. Iskaz građevinske bruto površine građevine

U podrumu će biti smješteno spremište poslovnog prostora 1, predprostor poslovnog prostora 1, garažni prostor, spremište za bicikle, kotlovnica, spremišta stanova te komunikacije.

U prizemlju će biti smješteni natkriveni ulazni prostor, vjetrobran, komunikacije, poslovni prostor 1 s čajnom kuhinjom i sanitarijama, poslovni prostor 2 s čajnom kuhinjom i sanitarijama, kafić sa spremištem, sanitarijama i garderobom za zaposlene te sa sanitarijama za goste, natkrivena terasa kafića i ulaz u podzemnu garažu s rampom.

Na 1. katu će biti 12 stanova s balkonima. Identično će se i na 2. katu nalaziti 12 stanova s balkonima, dok će na 3., uvučenom katu biti 5 stanova s terasama i pripadnim zelenilom. Na slici 15 možemo vidjeti grubi prikaz tlocrta i presjeka po katovima.

te kao temeljna ploča debljine 40 cm s temeljnim gredama (u dijelu zgrade sa podrumom). Obodni zidovi podruma i zidovi unutar podruma izvode se u debljini od 25 cm. Temeljna konstrukcija i obodni zidovi izvode se vodonepropusnim betonom kvalitete C 30/37 kao „bijela kada“. Stupovi i grede u podruma dimenzija su 50/50 cm na rasteru 8,0 x 8,0 m. Stropna ploča podruma u dijelu zgrade veće katnosti izvodi se u debljini od 24 cm, a stropna ploča u dijelu zgrade s podrumom izvodi se u debljini od 30 cm. Zidovi prizemlja i 1. kata izvode se u debljini od 25 cm. Određeni zidovi statičkog su sistema kao „zidni nosači“ te se sukladno tome i armiraju. Stropne ploče prizemlja, 1. i 2. kata izvode se u debljini od 24 cm, dok se ploča iznad uvučenog kata izvodi u debljini od 22 cm. Grede u prizemlju dimenzija su 25/69 cm u rasteru 8,0 x 8,0 m. U dijelu zgrade koji izlazi u konzolu, odnosno dio zgrade koji se oslanja na stupove oblika „V“, iznad vanjskog prostora, grede se izvode dimenzija 40/69 cm. Stupovi oblika „V“ su kružni, debljine $\varnothing 40$ cm. Zidovi 2. i uvučenog kata izvode se u debljini 20 cm [16].

Nosivi konstruktivni elementi izvode se betonom kvalitete C 25/30 i/ili C 30/37 (razred izloženosti XC1, XC2, XC3), sukladno statičkom proračunu. Armatura je kvalitete B500B. Temeljna ploča i ploča iznad podruma izvodit će se u dvije faze ili kao dilatirane ploče koje će se kasnije spojiti. Izvest će se na način da se ostavi dilatacijski pojas širine 1,0m između ploča. Nakon betoniranja ploče iznad 1. kata iste se mogu spojiti, odnosno ugraditi beton u prethodno ostavljeni dilatacijski pojas [16].

4.1.3. Organizacija izvođenja radova

Ovaj projekt bavi se izgradnjom višestambene zgrade čija je konstrukcija armiranobetonska. Kako bi se proces gradnje uopće mogao započeti prvo je potrebno ukloniti postojeće objekte na građevinskom zemljištu. Nakon provedenih radova uklanjanja građevina može se pristupiti uobičajenim građevinskim radovima kod izgradnje stambenih objekata, a to su: zemljani radovi, armirački radovi, betonski radovi, tesarski radovi, hidroizolaterski radovi, krovopokrivački radovi, skelarski radovi, izolaterski radovi te sve vrste potrebnih završnih radova.

Zemljani radovi obuhvatiti će radove iskolčenja građevine, skidanje humusa, iskop zemlje, odvoz zemlje na deponiju, te u kasnijim fazama radovi zatrpavanja građevinske jame, nanošenje humusa i ozelenjivanje zemljane površine.

Armirački radovi podrazumijevaju izradu armature za temelje, stropne ploče, zidove, stupove, grede i stepenice, a betonski radovi podrazumijevaju betoniranje temelja, ploča, stupova, zidova, greda i stepenica.

Tesarski radovi bave se postavljanjem i skidanjem oplata koja će se koristiti prilikom izgradnje, dok će se skelarski radovi baviti postavljanjem i skidanjem građevinske skele.

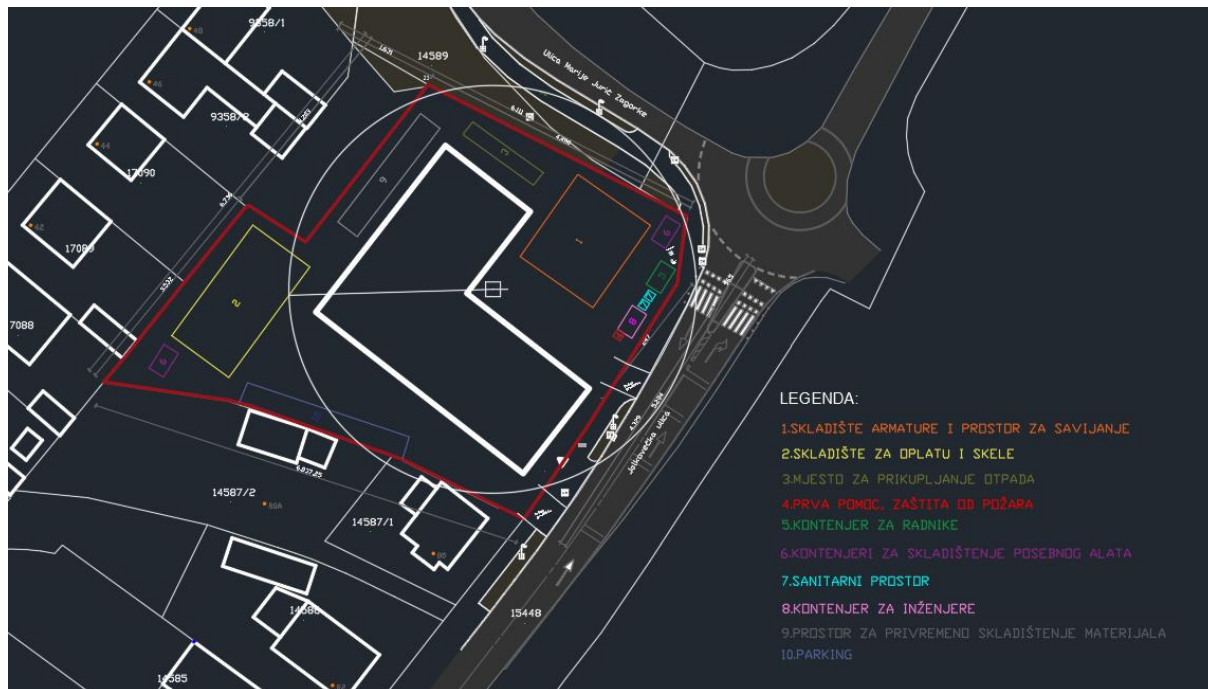
Izvoditi će se hidroizolaterski radovi, gdje je zanimljivo istaknuti da će podrum građevine biti izgrađen po principu „bijeke kade“, to znači da se neće izvoditi klasični hidroizolaterski radovi, odnosno sama armiranobetonska konstrukcija vršiti će i funkciju hidroizolacije podruma. Također izvoditi će se i izolaterski radovi toplinske i zvučne izolacije zidova, stropova i podova.

Osim spomenutih izvoditi će se i razne vrste završnih radova: keramičarski, parketarski, gipsarski, soboslikarski, stolarski, bravarski, limarski, fasaderski radovi.

Također sam projekt obuhvatiti će i sve vrste radova koji su vezani uz: elektroinstalacije, postavljanje dizala, kanalizaciju, vodovod, grijanje, hlađenje, ventilaciju te sve ostale potrebne strojarske instalacije.

Kako bi spomenuti radovi mogli započeti potrebno je izraditi organizacijsku shemu. Prvo je potrebo prijaviti gradilište, zatim izraditi plan organizacije gradilišta koji će uključiti i shemu i tekstualni opis. Na kraju prije otvaranja samog gradilišta potrebno je postaviti i natpisnu ploču. Organizacija gradilišta izrazito je bitna kako bi se svi radovi na gradilištu mogli što efikasnije obavljati. Na ovom gradilištu zbog velike površine iskopa, koja će omogućiti izgradnju velike

podzemne garaže spomenutom tehnologijom „bijeke kade“, organizacija je od velike važnosti. Pristup gradilištu osiguran je s Jalkovečke ulice, a spomenuto je vidljivo na slici 16.



Slika 16. Shema organizacije gradilišta

Što se tiče same organizacije radova kao što je gore navedeno prvo su provedeni radovi uklanjanja postojećih objekata na građevinskom zemljištu, zatim je došlo do iskolčenja od strane geodeta te na kraju do uklanjanja humusa i iskopa građevinske jame odnosno zemljanih radova. Zemljani radovi odvijali su se pomoću dva bagera od kojih je jedan bio bager gusjeničar, a drugi na kotačima. Po završetku iskupa došlo izrade temeljne ploče koja je podrazumijevala armiračke i betonske radove. Sama organizacija rada prilikom izrade konstrukcije biti će gotovo identična te će se ciklus ponavljati za svaku etažu. Nakon izrade temeljne ploče ići će izrada armature zidova, stupova, zatim postavljanje oplata te na kraju betoniranje istih. Po završetku zidova podruma pristupa se postavljanje oplata za izradu greda i stropne ploče zatim postavljanje armature i na kraju betoniranje. Nakon završetka spomenutih radova u području podruma slijede radovi na području prizemlja. Izvoditi će se isti radovi bez izrade temeljne ploče. Koristit će se beton drugačijeg sastava jer je u području podruma riječ o betonu pogodnom za izvedbu tzv. „bijeke kade“, također neće se koristiti isti sustavi brtvljenja, a upravo ovi radovi i ova tehnologija čine ovaj projekat posebnim te će ti radovi detaljnije biti prikazani. Radovi na području prvog, drugog i trećeg kata imaju identičan slijed kao i kod prizemlja, uz napomenu da na području trećeg kata još imamo i krovopokrivačke radove pošto je riječ o ravnom krovu. Generalno možemo reći da će se na svakoj etaži ponavljati više manje iste vrste radova u istom slijedu uz prethodno spomenute iznimke.

Bitno je istaknuti da se betonski radovi izvode se u skladu sa HRN EN 13670-1 i ostalim važećim propisima i zakonima. S ugradnjom betona može se početi tek kada je oplata i armatura definitivno postavljena. Nužno je da armatura ostane u određenom položaju i za vrijeme betoniranja i da je obuhvaćena betonom u čitavoj dužini i opsegu. Svaki započeti betonski element se betonira neprekidno. Radovi se tako izvode po razinama, a završetkom izvođenja betonskih radova, odnosno kada beton postigne zadovoljavajuću čvrstoću, prelazi se na etažu iznad.

Nakon izrade konstrukcije pristupa se drugim gore spomenutim skupinama radova te će svaku skupinu radova obavljati radna grupa koja za to ima potrebna znanja. Za radove na izradi električnih, strojarskih instalacija, fasaderskih radova i limarskih radova angažirati će se dodatni radnici odnosno kooperanti. Radove na izradi hidroizolacije te krovopokrivačke radove obavljat će radnici koji su izrađivali i konstrukciju jer posjeduju adekvatna znanja.

Iz spomenutog je vidljivo da je riječ o klasičnom primjeru izgradnje stambene zgrade. Sama tehnologija izgradnje stambenih zgrada poznata je od prije te će u nastavku biti dan detaljniji slijed odvijanja radova na području podruma spomenutog objekta. Upravo metoda „bijeke kade“ primijenjena na području podruma ovog objekta čini razliku u odnosu na druge objekte ovakvog tipa.

4.1.4. Kontrola kvalitete

Vodeću ulogu u kontroli izvedenih radova ima nadzor. Konkretno u ovom slučaju (faza izrade konstrukcije građevine) baviti ćemo se nadzorom armiračkih i betonskih radova. Također kontrola kvalitete izrazito je bitna na području podruma objekta koji će se izvoditi metodom „bijele kade“. Specifičnost ove metode u odnosu na klasične AB radove je u posebnoj vrsti betona i sistemima brtvljenja te obje stavke moraju biti adekvatno kontrolirane i od strane nadzora i izvođača.

Pregledi i nadzor trebaju osigurati da se radovi izvršavaju u skladu sa zahtjevima projektnih specifikacija i važećim propisima.

Nadzor prije početka betoniranja treba uključivati: geometriju oplata, stabilnost oplata, skela i njihovih temelja, nepropusnost oplata, uklanjanje nečistoća (kao što su prašina, snijeg i/ili led i ostaci žice) s dijela koji će se betonirati, obradu lica konstrukcijskih spojnica, uklanjanje vode s dna oplata (osim ako se ne betonira pod vodom), pripremu površine oplata i otvore u oplati [17].

Nadzor poslije betoniranja podrazumijeva na konstrukcijskim spojnica provjeriti i potvrditi da je preklapna armatura u projektiranom položaju. Također treba provjeriti položaj dilatacijske trake [17].

Nadzor armature prije betoniranja treba potvrditi da je:

- armatura iskazana u nacrtima ugrađena i prema nacrtima postavljena u projektiranu poziciju,
- zaštitni sloj u skladu s ovim uvjetima i projektnim specifikacijama,
- armatura nezagađena uljem, mastima, bojom ili drugim štetnim materijalima,
- armatura ispravno učvršćena i osigurana od pomicanja tijekom betoniranja,
- razmak između sipki armature dovoljan za ugradnju i zbijanje betona,
- ugrađena armatura popraćena odgovarajućom potvrdom sukladnosti sa svojstvima uvjetovanim u EN 10080 [16].

Ako za armaturu dopremljenu u prostor za savijanje ili na građevinu nema odgovarajuće potvrde sukladnosti s uvjetovanim svojstvima, ta svojstva korisnik treba potvrditi ispitivanjem odgovarajućeg broja uzoraka dopremljenih profila [17].

Nadzor armature poslije betoniranja podrazumijeva na konstrukcijskim spojnica provjeriti i potvrditi da je preklapna armatura u projektiranom položaju.

Nadzor i ispitivanje postupka betoniranja treba planirati, izvoditi i dokumentirati.

Osim nadzornog inženjera kontrolu treba provoditi i sam Izvođač. Prije početka ugradnje izvođač mora provjeriti je li beton u skladu s zahtjevima iz projekta betonske konstrukcije te je li tijekom transporta betona došlo do promjene njegovih svojstava koja bi utjecala na tehnička svojstva betonske konstrukcije.

Kontrolni postupak utvrđivanja svojstava svježeg betona provodi se na uzorcima koji se uzimaju neposredno prije ugradnje betona u betonsku konstrukciju, a najmanje pregledom svake otpremnice i vizualnom kontrolom konzistencije kod svake dopreme (svakog vozila) te kod opravdane sumnje ispitivanjem konzistencije istim postupkom kojim je ispitana u proizvodnji [16].

Za svaki uzorak betona potrebno je evidentirati rezultate ispitivanja svježeg betona provedenih prilikom izrade uzoraka, podatke o elementu betonske konstrukcije i približnom mjestu u elementu na kojem ugrađen beton iz kojeg je uzorak uzet, podatke o otpremnici betona za količinu iz koje je uzorak uzet [16].

Kontrolni postupak utvrđivanja tlačne čvrstoće očvrstnalog betona provodi se na uzorcima (vidljivi na slici 17) koji se uzimaju neposredno prije ugradnje betona u betonsku konstrukciju u skladu sa zahtjevima projekta betonske konstrukcije, ali ne manje od jednog uzorka za istovrsne elemente betonske konstrukcije koji se bez prekida ugrađivanja betona izvedu unutar 24 sata od betona istih iskazanih svojstava i istog proizvođača.



Slika 17. Uzorci za ispitivanje betona s ovog gradilišta

Tu je bitno istaknuti da ako je količina ugrađenog betona veća od 100 m³, za svakih slijedećih ugrađenih 100 m³ uzima se po jedan dodatni uzorak betona.

Sumarno možemo reći da je osiguranje kvalitete postignuto tako da se upotrebljavaju samo provjereni i ispitani materijali, provode ispravne metode gradnje, koji su u skladu sa projektom, standardima i propisima te dobrom praksom. Kontrolu kvalitete potrebno je provoditi stalnim nadziranjem radova u svim fazama od strane nadzornog inženjera, inspektora i institucija za kontrolu i ispitivanje materijala. Potrebno je provoditi i kontrolu kvalitete svih gotovih građevinskih elemenata sukladno propisima. Materijali koji se koriste za ugradnju trebaju imati valjane dokaze o kvaliteti, a podizvođači ih dostavljaju glavnom izvođaču na zahtjev nadzornog inženjera najkasnije do tehničkog pregleda (atesti, svojstva o materijalima itd.).

4.2. Tehnologija građenja

4.2.1. Vrste radova

Općenito, radovi na građevinama visokogradnje podijeljeni su na sljedeće grupe: građevinski radovi, obrtnički radovi, instalaterski radovi i pripremno-završni radovi [18].

Građevinski radovi obuhvaćaju: zemljane radove, betonske radove, armirano-betonske radove, zidarske radove, tesarske radove, izolacijske radove.

Obrtnički radovi obuhvaćaju: krovopokrivačke radove, limarske radove, bravarske radove, stolarske radove, keramičarske radove, soboslikarsko ličilačke radove, podopolagačke radove te izradu estriha ili plivajućih podova.

Instalaterski radovi obuhvaćaju: hidroinstalacije, elektroinstalacije i strojarske instalacije.

U ovom radu bit će riječ o građevinskim radovima i to konkretno o dijelu grubih građevinskih radova. Grubi građevinski radovi podrazumijevaju zemljane radove i radove na izradi konstrukcije objekta. Tako će u nastavku na primjeru višestambene zgrade u Jalkovečkoj ulici u Varaždinu biti prikazani betonski i armiranobetonski radovi na području podzemne garaže objekta.

U osnovi beton je smjesa cementa, agregata i vode.

Prema namjeni beton dijelimo na pumpani beton, mlazni beton, lagani beton, beton otporan na smrzavanje, vodonepropusni beton te sporovezajući beton [18]. Konkretno na ovom objektu možemo izdvojiti vodonepropusni beton koji će se primjenjivati na području podzemne garaže objekta..

Vodonepropusni beton vrsta je betona s deklariranom otpornošću na prodor vode pod utjecajem tlaka. Razlikujemo razrede otpornosti VDP1 do VDP3, odnosno, od <10mm do <50mm. Važno je napomenuti da niti jedan beton nije vodonepropustan [18]. Više o ovom tipu betona bit će rečeno u četvrtom poglavlju kada će biti objašnjena i tehnologija izvođenja „bijele kade“.

Beton kod kojeg su prije ugradnje postavljene mreže, šipke, ploče ili vlakna (od željeza ili nekog drugog materijala) nazivamo armirani beton. Ovim materijalima povećana je otpornost betona na vlak odnosno zatezanje [18].

Jedno od temeljnih svojstava betona tlačna je čvrstoća betona. Tu zapravo govorimo o razredu tlačne čvrstoće betona. Isto predstavlja vrijednost tlačne čvrstoće betona pri jednoosnomcentričnom opterećenju. Ispitivanje se vrši nakon 28 dana na uzorcima kocke 15

cm x15 cm x15 cm ili valjka, a izražava se u N/mm². Klasu betona određuje statičar, a uzorke betona potrebno je držati u vodi [19].

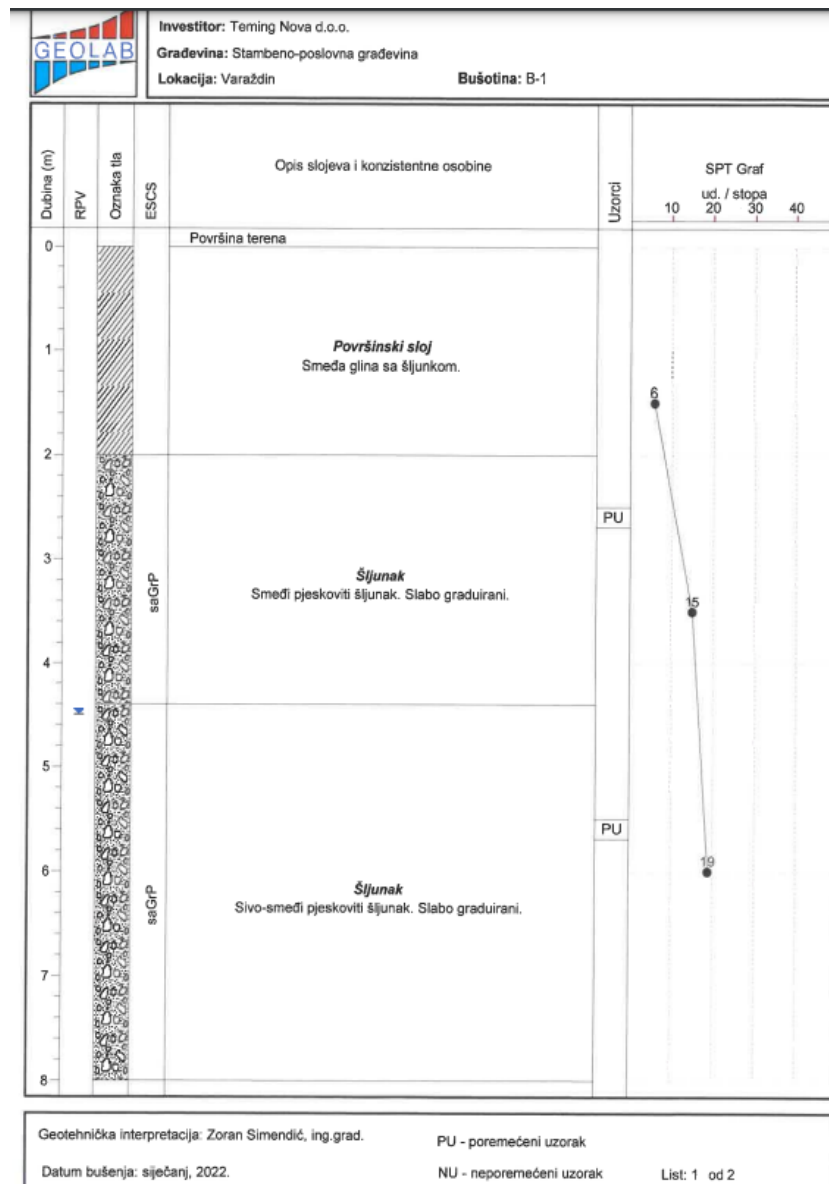
Sažeto možemo reći da armirani beton predstavlja spoj čelika i betona. Taj spoj kombinira i objedinjuje dobre karakteristike oba materijala. Beton daje relativno veliku tlačnu čvrstoću, a čelik visoku vlačnu čvrstoću. Kod armature razlikujemo šipke (rebraste i glatke) i mreže. Mreže dalje dijelimo na R i Q, gdje R označava pravokutna okna, a Q kvadratna okna.

4.2.2. Slijed izvođenja grubih građevinskih radova

U nastavku bit će prikazan slijed radova koji se odvijaju na ovom gradilištu. Detaljnije, bit će opisan slijed odvijanja radova od uklanjanja postojećih objekata do završetka podzemne etaže objekta. Ovaj dio radova bit će prikazan kako bi se na stvarnom primjeru mogla vidjeti primjena tehnologije „bijeke kade“ koja je i tema ovog rada.

Na građevinskom zemljištu, koje je nastalo spajanjem dva građevinska zemljišta kako je u radu prethodno opisano, nalazili su se poslovni objekti i obiteljska kuća. Prvo su ti objekti morali biti uklonjeni kako bi se moglo nastaviti s planiranim radovima na izgradnji višestambene zgrade. Za uklanjanje spomenutih objekata bilo je potrebno ishoditi građevinsku dozvolu. Zbog jednostavnosti procedure i potrebe za još jednom građevinskom dozvolom koja bi se ticala izgradnje višestambene zgrade, izdana je jedna građevinska dozvola koja objedinjuje uklanjanje objekata i izgradnju višestambene zgrade. Tek nakon što je dozvola izdana, moglo se pristupiti procesu uklanjanja objekata. Sukladno tome sav otpad adekvatno je zbrinut na vanjskom deponiju.

Kako bi proces izgradnje mogao započeti, bilo je potrebno provesti i istraživanje tla. Iz geotehničkog elaborata temeljenja, odnosno na temelju geotehničke analize možemo vidjeti da je u zoni temeljena riječ o srednje zbijenom, pjeskovitom šljunku što je vidljivo i iz slike 18. Sukladno tome nema potrebe za zamjenom tla, preporuča se samo u slučaju nailaska na organski materijal taj dio zamijeniti sa šljunkom. Podzemna voda registrirana je na cca 4.5 m, ali prilikom bušenja na obližnjoj lokaciji razina podzemne vode registrirana je na 4.1 m pa se na ovoj lokaciji može očekivati osciliranje razine podzemne vode. Također, prije početka betoniranja potrebno je dobro mehanički nabiti temeljno tlo te poduzeti sve mjere za zaštitu iskopa od urušavanja [20].



Slika 18. Izvadak iz geotehničkog elaborata temeljenja – sastav tla za višestambenu zgradu

Nakon uklanjanja objekta bilo je potrebno pozvati geodeta (ovlašteni inženjer geodezije) kako bi se ključne točke građevine mogle adekvatno prenijeti s podloge na zemljište. Uloga geodeta je da se građevina tj. objekt točno pozicionira u prostoru. Vanjske točke objekta koje je geodet pozicionirao bilo je potrebno nanijeti na nanosu skelu kako bi se kasnije mogle prenositi potrebne osi građevine. Ukoliko će kasnije postojati bilo kakve dvojbe oko položaja, geodeta se može ponovno pozvati kako bi provjerio stanje. Nakon iskolčenja objekta ovlašteni geodet izrađuje elaborat iskolčenja.

Poznajući sve te karakteristike moglo se pristupiti daljnjoj provedbi radova.

Prvo se uklonio humus, a zatim se pristupilo kopanju građevinske jame pomoću bagera, vidljivo na slici 19, kako bi se mogla izvesti podzemna garaža. S obzirom da je površina podzemne garaže veća od nadzemne konstrukcije, neće se odmah izvesti cijela garaža nego samo dio koji tlocrtno odgovara konstrukciji zgrade – kako ne bi došlo do neravnomjernog slijeganja. Zbog toga se prvo iskopala jama samo za dio koji se izvodi. Preostali dio garaže izvodit će se nakon betoniranja stropne ploče drugog kata, ako razina podzemne vode u tom trenutku to bude dozvoljavala.



Slika 19. Bager prilikom iskopa građevne jame

Nakon iskopa izravnalo se i zbilno dno jame, što je vidljivo na slici 20. Inače je potrebno staviti još i šljunak na podlogu, ali kako je geotehnička analiza pokazala da je tlo šljunkovito na dubini kopanja, nema potrebe za nasipavanjem šljunka.



Slika 20. Izravnavanje dna jame

Prije izvedbe podložnog betona izbetonirano je okno dizala, bez dna. Dalje se odvijalo kopanje unutar okna dizala i paralelno se zemlja izbacivala van (vidljivo na slici 21), a sukladno iskupu betonsko okno je „tonulo“. Poslije je još izbetonirano dno dizala, tj. čep. Prilikom betoniranja čepa unutar okna bila je voda na visini od nekoliko metara, ali nju nije bilo potrebno ispumpati, već se betoniranje odvijalo pod vodom. Voda se planira ispumpati tjedan dana nakon betoniranja.



Slika 21. Kopanje unutar izbetoniranog okna dizala

Potom je uslijedilo betoniranje podložnog betona. Na podložni beton stavio se najlon na kojem se slaže armatura za temelje podzemne garaže. Kako se koristi tehnologija „bijele kade“, nije potrebno postavljati izolaciju, već se na podložni beton postavlja samo najlon kako bi se betonu omogućilo da „bolje radi“.

„Bijela kada“ koristi se za izvedbu podzemne garaže, dakle za zidove i temelje i strop, odnosno za sve elemente konstrukcije koji su ukopni, tj. u direktnom dodiru s tlom [1].

Temelji su trakasti (grede) i ploča cijelim dijelom. Na dijelovima gdje su trakasti temelji bilo je potrebno kopati nešto dublje kako bi se dobila greda. Trakasti temelji nalaze se ispod nosivih zidova.

Zatim je nastupilo postavljanja armature za temelje, koja je u obliku mreža i šipki (vidljivo na slikama 22 i 23), a po završetku postavljanja započelo je betoniranje temeljne ploče. Zbog kapaciteta betonare u Varaždinu, a i raspoložive radne snage, betoniranje temeljne ploče provodilo se u dva navrata. Betoniranje u prvom navratu vidljivo je na slici 24, a u drugom na slikama 25 i 26. Beton je na gradilište dolazio automiješalicom te se ugrađivao pomoću pumpe za beton. Kako je jedna miješalica bila pri kraju, iduća je dolazila kako i se ostvarila kontinuiranost procesa betoniranja. Zbog velike površine iskopa područje na gradilištu gdje je

automiješalica mogla stati bilo je ograničeno, tj. dvije automiješalice nisu istovremeno mogle biti parkirane na gradilištu pa je bilo od velike važnosti sve dobro organizirati kako bi se spriječio zastoј okolnog prometa.



Slika 22. Šipkasta armatura skladištena na gradilištu



Slika 23. Postavljanje armature za temeljnu ploču



Slika 24. Betoniranje dijela temeljne ploče



Slika 25. Betoniranje drugog dijela temeljne ploče ujutro



Slika 26. Betoniranje drugog dijela temeljne ploče ujutro

Također, prilikom betoniranja moraju se uzeti i kontrolni uzorci. Beton se ulije u odgovarajuće kalupe te se kasnije na njemu vrše potreba ispitivanja. Osim ove kontrole, bilo je važno iskontrolirati otpremnicu kako bi glavni inženjer gradilišta vidio je li dostavljen beton potrebnih karakteristika i količine, u ovom slučaju to je bilo izrazito bitno zato što je riječ o vodonepropusnom betonu posebnih karakteristika. Konkretno koristio se VDP2. Sukladno otpremnici na slici 27 možemo vidjeti njegove točne karakteristike. Kod ovakvog tipa betona bitan je poseban cement koji ima nisku toplinu hidratacije čime dolazi do sporijeg vezanje i sprečava se nastanak pukotina. Uz spomenuto, tijekom cijelog postupka betonaže trebalo je promatrati beton i njegovo ponašanje kako bi se na vrijeme otkrile greške u sastavu, tj. čudno ponašanje betona. Bitno je napomenuti i da se betoniranje mora provoditi pri zadovoljavajućim vremenskim uvjetima. Potrebno je izbjegavati velike oborine te izrazito niske (niže od 5°C) ili visoke temperature (više od 30°C).



David Beton d.o.o.
Betonara Kučan Gornji

UFI:XX_OZNUFI



 o22.1461	David Beton d.o.o.
	Katarine Zrinski 1 Domašinec
	19
	1/05-ZGP-2671
	HRN EN 206-1
	Projektirani beton
CXV 3012	
C 25/30; XC2; S4; Cl0,2; Dmax16; CL 0,2; D16;S4	
Za izradu betonskih, AB konstrukcija i sanacije	

Tvornica betona:	Betonara Kučan Gornji	Otpremnica broj:	46382
Vozač:	Božidar Juraj	Registarska oznaka vozila:	ČK 835-IN
Ime kupca:	TEMING d.o.o.	Ime gradilišta:	Varaždin
Detalji ili referenca uvjeta:	CXV 3012 PUMPA 36M	Lokacija gradilišta:	
Komercijalni naziv betona:	CXV 3012	Količina betona u m ³ :	9,00
Deklaracija sukladnosti:	HRN EN 206-1	Ime ili znak certifikacijskog tijela:	IGH CERT
Razred tlačne čvrstoće:	C 25/30	Datum i vrijeme utovara:	30.11.2022 12:11
Razred izloženosti:	XC2; S4; Cl0,2; Dmax16	Vrijeme dolaska na gradilište:	30.11.2022 13:44
Maks. nom. gornja vel. zna agreg.:	D16	Vrijeme kraja istovara:	
Razred konzistencije ili zadana vrijednost:	S4	Razred gustoće ili zadana gustoća:	S4
Maksimalni sadržaj klorida:	CL 0,2	Granične vrijednosti sastava betona:	
Specijalna svojstva:	VDP 2	Tip i razred čvrstoće cementa:	CEM III A
Konzistencija/ Otpor mješalice		Tip kemijskog i mineralnog dodatka:	Master Glenium SKY 629
Isporučena / naručena količina		Zbrinjavanje viška betona	<input type="checkbox"/>

KOREKCIJE NA GRADILIŠTU			
Vrsta i količina superplastiikatora (kg):		Vrijeme dodavanja:	
Količina betona u mješalici (m ³):		Konzist. prije/poslije dodavanja (mm):	
Količina zraka (%) (za aspirirani beton):		Nemogućnost pranja radnih strojeva na gradilištu	<input type="checkbox"/>
Stjepan Žerjav Preuzeo		Preuzeo na betonari:	
		Preuzeo na gradilištu:	

ver 1.

Slika 27. Otpremnica

Nakon betoniranja temeljne ploče (izbetoniranu temeljnu ploču moguće je vidjeti na slici 28), pristupilo se izradi armature zidova podzemne garaže. Nakon izrade armature, vidljivo na slici 29, došlo je do postavljanja oplata. Koristila se zidna oplata - okvirna oplata Frami xlife proizvođača Doka, a vidljiva je na slici 30. S završetkom postavljanja armature i oplata, moglo se ponovo pristupiti procesu betoniranja. Sva pravila za betoniranje spomenuta kod temeljne ploče vrijede i ovdje. Kako je u oba slučaja riječ o betoniranju bijele kade, koristi se posebna vrsta betona o kojoj je više bilo rečeno na početku rada..



Slika 28. Izbetonirana temeljna ploča prvog dijela



Slika 29. Postavljanje armature za vanjske zidove podzemne garaže



Slika 30. Oplata za vanjske zidove podzemne garaže

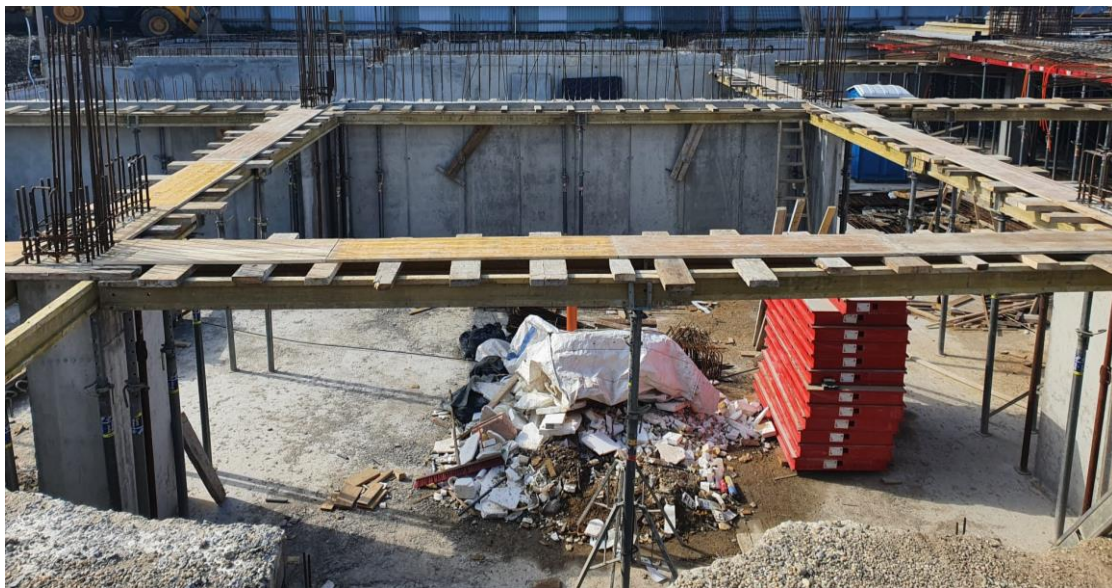
Na ovom objektu primjenjivati će se i novi sustav stropne oplate Hünnebeck Topec proizvođača Hünnebeck (vidljiva na slici 31) uz već korištenu stropnu oplatu Doka flex 1-2-4.

Spomenuti sustav oplate koristit će se za izradu svih stropnih ploča. Novi sustav stropne oplate skraćuje vrijeme potrebno za montažu i demontažu oplate, a i sama težina te sklop elemenata radnicima uvelike olakšavaju posao.



Slika 31. Stropna oplata Hünnebeck Topce

Po završetku postavljanja armature zidova podruma uz istovremeno postavljanje oplata te betoniranje istih pomoću pumpe za beton, pristupilo se postavljanju oplata greda (vidljivo na slikama 32 i 33) te stropne oplata za stropnu ploču podruma. Koristila se stropna oplata Topce pri čemu se za spoj stropne oplata s gredama koristila klasična tradicionalna oplata Doka Flex.



Slika 32. Oplata greda podruma



Slika 33. Oplata greda podruma zadnja trećina

Slike 34, 35 i 36 prikazuju proces postavljanja stropne oplata Topec u kombinaciji s klasičnom oplatom Doka flex 1-2-3.



Slika 34. Postavljanje oplata greda i stropne ploče prizemlja prve polovine



Slika 35. Postavljanje oplata stropne ploče prizemlja prve polovine



Slika 36. Postavljanje oplata stropne ploče prizemlja (2/2)

Nakon postavljanja oplata, započeto je postavljanje armature stropne ploče podruma (vidljivo na slikama 37, 38 i 39) te betoniranje iste također pumpom za beton.



Slika 37. Postavljanje armature stropne ploče podruma (3/3) zajedno s postavljenom stropnom oplatom



Slika 38. Postavljanje armature stropne ploče podruma (3/3)



Slika 39. Postavljena armatura stropne ploče podruma na drugom dijelu

Prilikom betoniranja stropne ploče podzemne garaže, beton se iz betonare transportirao pomoću automiješalice te se ugrađivao pumpom za beton. Kada bi jedna automiješalica bila pri kraju s količinom betona, dolazila bi druga te bi se po završetku jedne odmah zamijenile kako bi se osigurao kontinuirani proces. Mali problem stvarao je doseg pumpe za beton. Zbog velike površine iskopa i glavnih prometnica koje okružuju gradilište, pristup je moguć samo s jedne strane. Upravo iz tog razloga prostor za smještaj pumpe je ograničen. Kako bi se dohvatio najudaljeniji kraj, bilo je potrebno nadograditi pumpu za beton s dodatnim dijelom koji je nosila toranjska dizalica (vidljivo na slici 40). Radnu grupu činilo je šest radnika od kojih je svaki imao svoje zaduženje. Prema tome razlikujemo radnika koji drži pumpu za beton, radnika koji vibrira betonsku masu, radnika koji provjerava visinu te radnika koji vrši ravnanje betona. Isto tako bilo je važno provesti sve kontrolne postupke i provjeriti vremenske uvjete. Sam postupak betoniranja vidljiv je na slikama 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49 i 50.



Slika 40. Betoniranje drugog dijela stropne ploče podruma - nadogradnja pumpe za ugradnju betona



Slika 41. Betoniranje drugog dijela stropne ploče podruma



Slika 42. Automiješalica kojom je dovezen beton



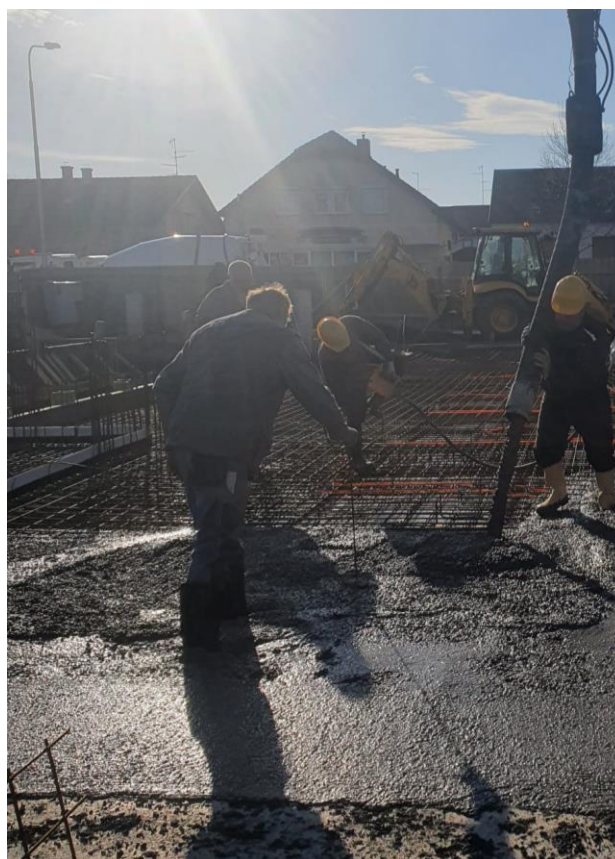
Slika 43. Početak betoniranja stropne ploče podruma zadnje trećine pumpom za beton



Slika 44. Ugradnja betona pumpom za beton



Slika 45. Vibriranje betonske mase



Slika 46. Provjera visine betona tijekom ugradnje



Slika 47. Ravnanje betona



Slika 48. Ravnanje betona



Slika 49. Nastavak betoniranja stropne ploče podruma



Slika 50. Stropna ploča podruma zadnje trećine par dana nakon betoniranja

Slike 51, 52 i 53 prikazuju sam završetak betonskih radova tj. skidanje oplata stropne ploče podruma, dok slike 54, 55 i 56 prikazuju gotovo stanje prvog dijela podzemne garaže. Preostali dio podzemne garaže (dio van tlocrta objekta) izvodit će se naknadno zbog mogućih problema sa slijeganjem. Uz to je veliku pažnju potrebno i obratiti na podzemnu vodu.



Slika 51. Skidanje stropne oplata na području podzemne garaže objekta



Slika 52. Skidanje stropne oplata na području podzemne garaže objekta - ostavljena oplata greda i podupirači



Slika 53. Skidanje stropne oplate na području podzemne garaže objekta – ostavljena oplata greda i podupirači



Slika 54. Izbetonirana podzemna garaža prvi dio



Slika 55. Izbetonirana podzemna garaža prvi dio



Slika 56. Izbetonirana podzemna garaža prvi dio

Osim spomenutog kako bi sustav „bijeke kade“ bio cjelovit veliku je pažnju bilo potrebno obratiti na brtvene sisteme. Najvažniji brtveni sustavi koji su se koristili na ovom objektu su: brtveni lim pentaflex kb167 , pentaflex držači i kunex zidne brtve. Brtveni lim PENTAFLEX KB167 koristio se na spoju temeljne ploče i zida, spoju zida i stropne ploče podruma te za prekide betonaže zidova podruma (znači svaki 8-10 m). Uz taj brtveni lim koriste se PENTAFLEX DRŽAČI (vidljivi iz prilog 12) za spoj sa armaturom i Pentaflex OPTI. Osim spomenutog, koristile su se i KUNEX ZIDNE BRTVE za prodore cijevi kroz zidove podruma.

PENTAFLEX KB167 pojedinačni su elementi od pocinčanog čeličnog lima u potpunosti presvučeni specijalnim slojem (vidljivi na slici 57). Spoj tog sloja sa svježim betonom sprječava da voda zaobiđe sustav rešetki. Dovoljna ugradbena dubina je od 30 mm kako bi se izdržao pritisak vode od 5,0 bara. Vrlo visok stupanj elastičnosti sloja osigurava tijekom skupljanja betonskih građevnih elemenata sigurno brtvljenje. Pojedinačni elementi dugi su 2,00 m i visoki 167 mm. Obostrano imaju podijeljenu zaštitnu foliju koja se uklanja neposredno prije betoniranja. Pričvršćuje se na armaturu pomoću jednog čeličnog držača po metru dužnom. Primjena ovih elemenata na objektu vidljiva je na slici 58 i 59, a slikoviti prikaz ugradnje vidljiv je iz priloga 13.



Slika 57. PENTAFLEX KB 167



Slika 58. Pentaflex brtveni lim



Slika 59. Pentaflex brtveni lim

4.2.3. Mehanizacija

U nastavku će biti prikazana osnovna mehanizacija poduzeća koju će koristiti prilikom izvođenja spomenutih građevinskih radova na ovom gradilištu.

Transport potrebnog materijala na gradilištu odvija se pomoću toranjske dizalice koja je u vlasništvu poduzeća (vidljiva na slici 60). Koristi se za transport armature, za betoniranje pomoću kible kod sitnijih segmenata, transport oplata i dr. Za upravljanje toranjskim dizalicama na ovom gradilištu poduzeće ima dva osposobljena radnika. Tijekom radova na izradi drugog dijela temeljne ploče jedan dio prirodnog pokosa počeo se lagano urušavati te je na tom mjestu procijenjeno da nije dovoljno zaštititi građevinsku jamu samo prirodnim pokosom. Iz tog razloga dodatno je izbetoniran jedan dio pokosa, čime se dodatno osigurala susjedna kuća. Betoniranje tog malog dijela vršilo se pomoću kible toranjskom dizalicom. To je vidljivo na slici 61. Također, kiblom se betoniraju i manje količine zidova. Sve preostalo betoniranje odvija se pomoću pumpe za beton, što je vidljivo na slici 62. U oba slučaja beton na gradilište dolazi automiješalicom iz betonare. Poduzeće posjeduje i kamione raznih vrsta od kojih su najzastupljeniji kamioni kiperi. Važan dio mehanizacije je bager na kotačima (vidljiv na slici 63) koji omogućuje lak cestovni transport te je pogodan za sve manje količine iskopa u svim fazama gradnje. Isto tako, poduzeće ima obučenog radnika za upravljanje ovim vozilom. U slučaju potrebe za dodatnom mehanizacijom, poduzeće se koristi opcijom najma. Upravo ovdje je zbog velike površine iskopa bilo potrebno unajmiti još jednog bagera gusjeničra (vidljiv na slici 64).



Slika 60. Toranjska dizalica



Slika 61. Kibla za betoniranje



Slika 62. Pumpa za beton i automiješalica

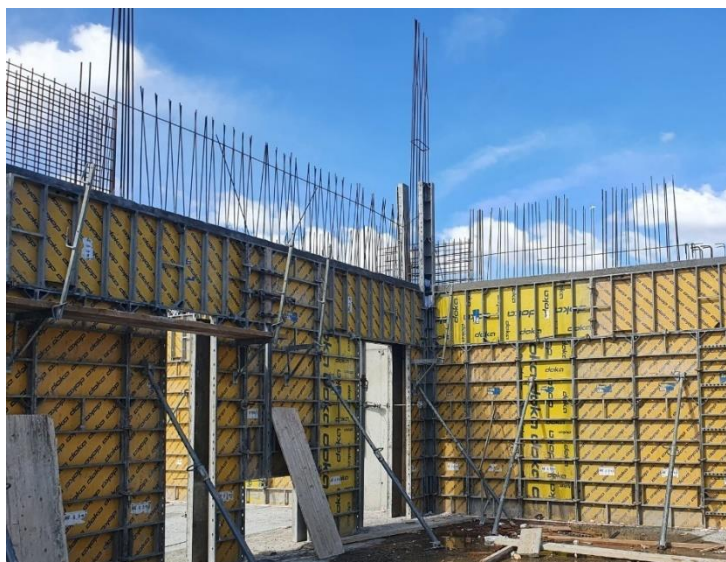


Slika 63. Bager u vlasništvu poduzeća

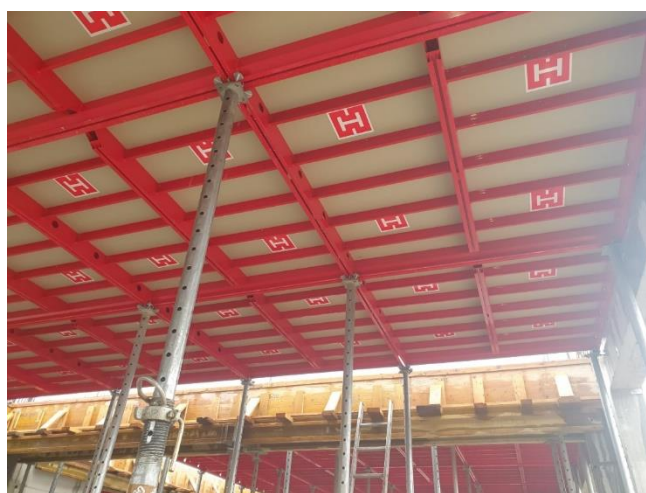


Slika 64. Bager gusjeničar

Osim spomenutog, poduzeće posjeduje i vlastiti sustav stropnih i zidnih oplata. Za zidnu oplatu koristi se okvirna oplata Frami xlife proizvođača Doka (vidljiva na slici 65), a od stropnih oplata koriste se Hünnebeck Topec proizvođača Hünnebeck (vidljivo na slici 66) te Doka flex 1-2-4 proizvođača Doka (vidljivo na slici 67).



Slika 65. Zidna oplata Frami xlife proizvođač Doka



Slika 66. Stropna oplata Hünnebeck Topec proizvođača Hünnebeck



Slika 67. Stropna oplata Doka flex 1-2-4 proizvođača Doka

Osim spomenute mehanizacije, na samom gradilištu nalaze se još i razni uređaji za savijanje i rezanje armature, uređaji za rezanje drvene građe (npr. kružna pila je vidljiva na slici 68), strojevi za nabijanje zemlje, strojevi za vibriranje betona i druga pomoćna sredstva. U fazi grubih građevinskih radova, skela služi kao pomoćni element za postavljanje oplata. Tako je na slici 69 vidljiva kubna skela koja je služila za postavljanje tradicionalne stropne oplata i uz to održavala funkciju nosivosti. Također, prisutna je i pomoćna skela te će se fasadna skela postavljati u fazi završnih radova. Sav pomoćni alat za obavljanje svih vrsta radova (npr. razne vrste bušilica, čekići i dr.) je isto tako prisutan na gradilištu.



Slika 68. Kružna pila



Slika 69. Kubna skela

5. Usporedba „bijeke kade“ s klasičnom metodom hidroizoliranja

Sistem „crna kada“ je najpoznatiji sistem za hidroizoliranje podzemnih objekata, a on koristi bitumenske trake koje se zavaruju na objekt kako bi se osigurala zaštita objekta od prodora vode. Iako je to najpoznatiji sustav, ne znači nužno da je najbolji i najisplativiji. Unazad nekoliko godina pojavila se moderna tehnologija hidroizoliranja naziva „bijela kada“ kojom se i bavi ovaj rad. Ukratko rečeno, „bijela kada“ je efikasan sustav kod kojeg nema klasičnog hidroizolacionog omotača oko objekta, već AB elementi preuzimaju osim funkcije nosivosti i funkciju hidroizoliranja. AB elementi u takvom sustavu zapravo obnašaju dvostruku funkciju. Svi građevinski spojevi, kroz koje bi potencijalno voda mogla ući, brtve se brtvenim trakama od raznih materijala (PVC, hidrofilni polimer i metal) .

Kada bi uspoređivali ova dva sustava možemo reći da je kod „bijeke kade“ potrebno posebnu pažnju obratiti na izvedbu svih kontakata i proboja, također potrebno je posvetiti veliku pažnju tijekom ugradnje betona te je bitno da beton bude vodootporan i im manje skupljanje. Neosporive prednosti „bijeke kade“ i u odnosu na „crnu kadu“ su :

1. jednostavna i jasno konfigurirana konstrukcija,
2. niži troškovi izgradnje objekta,
3. niži troškovi održavanja objekta,
4. kraće vrijeme izgradnje zato što se radovi mogu izvoditi skoro neovisno o vanjskim temperaturama i nema potrebe za zaustavljanjem na niskim temperaturama, kao što bi bio slučaj s klasičnom hidroizolacijom,
5. posebne mjere protiv klizanja vanjske membrane nisu potrebne jer je nema
6. klasični hidroizolacijski materijali s vremenom propadaju, a kod bijele kade to nije slučaj,
7. u slučaju prodora vode, mjesto gdje se voda javlja uobičajeno je i mjesto kvara.

Nadalje, pri troškovnoj usporedbi metode „bijeke kade“ s klasičnom metodom hidroizoliranja, prednost opet odlazi na stranu bijele kade. Kako su točni troškovi poslovna strategija svakog poduzeća, nije moguće prikazati kolike su točno uštede, ali u nastavku će grubo biti opisano na koji način je „bijela kada“ osigurala svoju troškovnu prednost. Troškove možemo gledati u smislu utroška vremena i radne snage, utroška materijala, troškova sanacije i održavanja. Troškove materijala možemo podijeliti na troškove betona i troškove ostalog materijala (npr. kod „bijeke kade“ to su materijali za brtvljenje, a kod „crne kade“ bitumenski premazi, bitumenske trake, stiropor, čepasta folija). Trošak betona kod „bijelih kada“ je logično veći, Građevinski fakultet

zato što je riječ o posebnom tipu betona određenih karakteristika (VDP 1, DVP 2 ili VDP 3) te kao takav ima veću cijenu po kubiku. Broj kubika betona okvirno je podjednak u oba slučaja. Cijena brtvenih traka po jedinici je skuplja u odnosu na cijenu bitumenske trake, ali kada bi sumirali potrebne količine kod jednog i drugog tipa konstrukcije došli bi do identičnih troškova preostalog materijala, jer iako je ostali materijal kod „bijeke kade“ po jedinici skuplji, potrebna je manja količina u odnosu na ostali materijal kod „crne kade“. Druga stavka je utrošak vremena i radne snage. Kod „bijeke kade“ nosiva konstrukcija obnaša i funkciju hidroizolacije čime je znatno skraćeno vrijeme izvedbe u odnosu na klasičnu hidroizolaciju kod koje s vanjske strane nosive konstrukcije moramo postavljati bitumenski premaz, bitumenske trake, tvrdi stiropor i čepastu foliju. Za sve te dodatne radove potrebno je dodatno vrijeme i radnici čime se povećava i trošak rada. Naravno, kod „bijeke kade“ prisutni su dodatni radovi prije betoniranja, ali vrijeme potrebno za njihovu izvedbu znatno je kraće te je u smislu uštede rada neosporna prednost na strani „bijeke kade“. Treća i najbitnija stavka su troškovi sanacije i održavanja. Kod „bijeke kade“ mjesto gdje je oštećenje vidljivo je u pravilu i mjesto nastanka oštećenja i u većini slučajeva rješava se brzo postupkom injektiranja. „Crne kade“ su tu puno problematičnije, mjesto gdje je vidljivo oštećenje u pravilu nije i mjesto nastanka oštećenja. Naime, voda putuje od nekog mjesta do drugog, odnosno možemo reći da voda sebi nađe put pa sanacija oštećenja kod ovakvog tipa hidroizolacije zahtjeva puno više vremena za pronalazak oštećenja i gotovo ju je nemoguće u potpunosti sanirati. Najčešće dolazi do loše izvedenih preklopa bitumenskih traka, nepravilno izvedenih spojeva ili oštećenja prilikom manipulacije po toj traci (izrazito ju je lako oštetiti). Iako je nabavka stroja za sanaciju injektiranjem skupa, kao i smjesa za injektiranje, vrijeme za sanaciju je daleko brže te kada se sumiraju troškovi i uspješnost saniranja problema opet je prednost na strani „bijeke kade“. Isto tako, „bijeke kade“ znatno su trajnije rješenje od „crne kade“ te će crna kada puno prije doživjeti kolabiranje zbog starosti pojedine komponente pa iz te strane opet imamo troškovnu prednost na strani „bijeke kade“. Sumarno je jasno vidljivo da je „bijela kada“ daleko isplativije rješenje i to ponajprije u pogledu utroška vremena i mogućnosti sanacije, a opće je poznato da je vrijeme novac. S druge strane, jedinu stvarnu prednost koju „crna kada“ ima je cijena materijala, tj. betona po kubiku koja je niža. Također postoji i još jedna stavka koja daje prednost „bijeloj kadi“, a to je ljudski faktor kojeg je posebno bitno istaknuti. Pogreška samog radnika prilikom izvedbe znatno je manja kod „bijeke kade“ nego kod „crne kade“, čime se i dodatno smanjuju troškovi potencijalne sanacije.

Sumarno prednosti i mane spomenutih metoda moguće je vidjeti iz tablice 16.

Tablica 16. Prednosti i mane "bijele kade" i klasične metode

„Bijela kada“		Klasična metoda	
Prednosti	Mane	Prednosti	Mane
<ul style="list-style-type: none"> • niži troškovi izgradnje objekta, • niži troškovi održavanja objekta, • kraće vrijeme izgradnje • veća trajnost materijala • u slučaju prodora vode, mjesto gdje se voda javlja uobičajeno je i mjesto kvara 	<ul style="list-style-type: none"> • nedostatak regulative • nedovoljna obučenost radnika • potreba za posebnom vrstom betona (ne proizvode sve betonare) • potreba za dodatnom edukacijom • novi materijali 	<ul style="list-style-type: none"> • jasno definirana tehnologija izvedbe • upoznatost radnika s metodom • laka dostupnost materijala • dobro poznati materijali 	<ul style="list-style-type: none"> • viši troškovi izgradnje objekta, • viši troškovi održavanja objekta, • dulje vrijeme izgradnje • kraća trajnost materijala • u slučaju prodora vode, mjesto gdje se voda javlja uobičajeno nije i mjesto kvara

6. Zaključak

Kroz ovaj rad ukratko je objašnjena tehnologija izvođenja „bijeke kade“. Dan je prikaz zakonodavstva i regulative za njeno izvođenje kroz austrijske i njemačke smjernice. Objasnjena je važnost vodonepropusnog betona te tehnologija izvođenja ove metode zajedno s mogućim postupcima sanacije. Sam postupak izvođenja ove metode prikazan je na primjeru stambene zgrade u Jalkovečkoj ulici 76 u Varaždinu. Posebnost ovog projekta, tj. građevine koju je u radu prikazana je izvedba upravo podzemne garaže metodom „bijeke kade“. Općenito, građevine kod kojih AB konstrukcija vrši i funkciju nosivosti te funkciju hidroizolacije nazivaju se vodonepropusni objekti, a upravo su ti objekti poznati još i pod nazivom „bijela kada“. Kod izvođenja građevina tom metodom potrebno je veliku pažnju usmjeriti na pravilno izvođenje detalja spoja horizontalnih i vertikalnih betonskih elementa. Također, veličine rešetki potrebno je smanjiti na min., odnosno potrebno je osigurati što manje prekida sukladno smjernicama (npr. austrijskim ili njemačkim). Još jedna važna stavka ove metode je i VDP (vodonepropusni beton), a to je beton kod kojeg nisu prisutne pukotine. Kod određenih objekata dozvoljeno je blago curenje vode. To se uglavnom odnosi na objekte koji nemaju stambenu namjenu, a kao najčešći primjer izdvajaju se podzemne garaže. Prije samog betoniranja tim betonom potrebno je na armaturu postaviti isključivo betonske distancere. Isto tako, ako su prisutne PVC cijevi kroz koje prolaze instalacije u armiranobetonskom elementu, potrebno je tu plastiku obložiti brtvama ili primijeniti neki drugi materijal. Upravo ova metoda, koja je uobičajena praksa u Austriji i Njemačkoj, predstavlja posebnost ovog projekta, a razlog tome je što njezina primjena još uvijek nije zaživjela u RH. Primjena ove metode nikako nije lagana te zahtjeva dodatno obrazovanje radnika, ali izvedba ovakvog tipa AB konstrukcije, pogotovo u podzemnim građevinama, gdje je to moguće, ima značajne prednosti u odnosu na klasične metode hidroizoliranja koje su i dalje najzastupljenije u RH. Glave prednosti ove metode su brže izvođenje, financijska isplativost i manji utjecaj vremenskih prilika kod ugradnje. Kako bi ova metoda doživjela široku primjenu u RH i potisnula klasičnu metodu hidroizoliranja, potrebno je izraditi hrvatske smjernice za „bijeke kade“ odnosno vodonepropusne objekte. Na taj bi se način objedinili propisi vezani uz izvođenje ovakvog tipa objekta, a i sudionici gradnje bi jasnije znali što ova metoda podrazumijeva i kakva se kvaliteta proizvoda ovom metodom očekuje. Cilj bi trebao biti proizvod točno određenih karakteristika, kako ga i definiraju austrijske i njemačke smjernice, a ne kao kod nas da svatko radi po svome i hvali se primjenom ove metode, a u većini slučajeva ne dobijemo proizvode iste kvalitete i traženih karakteristika. Sve ono što ne bi bilo definirano smjernicama trebalo bi jasno propisati preko zahtjeva samog projekta. Također, od izvođača se očekuje da tada poštuju i smjernice i zahtjeve te prilagode

tehnologiju izvođenja projektu te da je cijeli proces pod stalnom kontrolom nadzornog inženjera i projektanta. Trenutno se zbog nedostatka naših smjernica preporuča korištenje austrijskih ili njemačkih smjernica koje daju najveća znanja u pogledu ove metode. Važno je istaknuti da ako se sada ovakav tip građevina projektira sukladno zahtjevima austrijskih i njemačkih smjernica, beton i tehnologija izvedbe također moraju biti u skladu s istim smjericama.

7. Popis literature

- [1] Korak „Crna kada“ – zaštita podzemnih dijelova građevine; 2020 Dostupno: <https://korak.com.hr/crna-kada-zastita-podzemnih-dijelova-gradevine/> [Pristupljeno: 30.7.2023.].
- [2] Korak *Prednosti polimerbitumenskih premaza ispred klasičnih bitumenskih traka ('ljepenki')*; Dostupno: <https://korak.com.hr/korak-053-ozujak-2016-prednosti-polimerbitumenskih-premaza-ispred-klasicnih-bitumenskih-traka-ljepenki/> [Pristupljeno: 30.7.2023.].
- [3] Marinac I. *Hidroizolacija temeljne ploče i zidova podruma*. Dostupno: <https://izolacijemarinac.hr/hidroizolacija-temeljne-ploce-i-zidova-podruma/> [Pristupljeno 7.8.2023.].
- [4] Zusina M. *Hidroizolacija podrum*. Dostupno: [https://www.scribd.com/document / 394373705/Hidroizolacija-podruma](https://www.scribd.com/document/394373705/Hidroizolacija-podruma) [Pristupljeno: 12.8.2023.].
- [5] Profilgips *Hidroizolacija podruma s vanjske strane* Dostupno: <http://www.profilgips-trgovina.hr/hr/news/11098/hidroizolacija-podruma-s-vanjske-strane/> [Pristupljeno 14.8.2023.].
- [6] Radcon Croatia *Vodonepropusnost betona*. Dostupno: <https://radcon-croatia.hr/radmyx/> [Pristupljeno: 1.7.2023.].
- [7] Würth Donka, Dunović Časlav, Barukčić I. *Bijela kade - građevine bez hidroizolacije*. U: Banjad Pečur, I., Baričević, A., Štirmer, N. & Bjegović, D. (ur.) *Proceedings of the 1st International Conference COMS_2017.*; 2017.
- [8] ÖBV *Richtlinie Wasserundurchlässige Betonbauwerke - Weiße Wannen*; veljača 2018.
- [9] DAfStb *Erläuterungen zur DAfStb-Richtlinie Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton*; Berlin 2006.
- [10] CEMEX *Katalog betona*; 2023.
- [11] CEMEX *Permatite-vodootporan beton za sustave bijelih kada* Dostupno: <https://www.cemex.hr/permatite> [Pristupljeno: 20.7.2023.].
- [12] Pentaflex *Sistemi brtvljenja*; 2023.
- [13] Todorčić M. *Problemi primjene vodonepropusnih betona*. Hrvatska komora inženjera građevinarstva; 2020.

- [14] Würth D. *Sigurne vodonepropusne građevine bez hidroizolacije*. Hrvatska komora inženjera građevinarstva; 2020.
- [15] Brezovec D. Arhitektonski projekt, ARHIA d.o.o. *Glavni projekt uklanjanje poslovne zgrade i obiteljske kuće te izgradnju stambeno-poslovne zgrade za investitora: Teming nova d.o.o., Kućan Marof, Varaždinska 20 koja će biti locirana u Varaždinu, Jalkovečka ulica br. 76 i 78, k.č.br. 18119 k.o. Varaždin; 2022, mapa 1.*
- [16] Bračko S. Građevinski projekt – konstrukterski. ARHIA d.o.o. *Glavni projekt uklanjanje poslovne zgrade i obiteljske kuće te izgradnju stambeno-poslovne zgrade za investitora: Teming nova d.o.o., Kućan Marof, Varaždinska 20 koja će biti locirana u Varaždinu, Jalkovečka ulica br. 76 i 78, k.č.br. 18119 k.o. Varaždin.; 2022, mapa 2.*
- [17] Fučić L. *Zadaće nadzornog inženjera*. Ministarstvo graditeljstva i prostornog uređenja; 2014.
- [18] Ister D. *Radovi na građevinama*. Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet; 2017.
- [19] Radujković M. *Organizacija građenja*. Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu; 2012.
- [20] Simendić P. *Geotehnički elaborat temeljenja za poslovno-stambenu zgradu na adresi Jalkovečka ulica 76 Varaždin*. GEOLAB d.o.o.; 2022.

Popis slika

Slika 1. Utjecaji vode i vlage na objekt.....	7
Slika 2. Hidroizolacija podruma izvana.	9
Slika 3. Slojevi bitumenske hidroizolacije - bitumenski premaz, bitumenske trake, stiropor i čepasta folija.....	10
Slika 4. Dijagram međusobne povezanosti klasa	17
Slika 5. Prekid betoniranja - radni taktovi loše izvedeni.....	31
Slika 6. Pukotine prilikom skupljanja u vrijeme očvršćivanja betona	32
Slika 7. Radni takt loše izveden - spoj temeljna ploča i podrumski zid.....	32
Slika 8. Segregacija betona	33
Slika 9. Geodetska situacija promatrane građevinske čestice	35
Slika 10. Geodetska situacija stanja u položaju i visinskom smislu prije spajanja čestica	36
Slika 11. Zatečeno stanje na adresi Jalkovečka ulica 76 u Varaždinu	37
Slika 12. Zatečeno stanje na adresi Jalkovečka ulica 78 u Varaždinu	37
Slika 13. Vizualizacija višestambene grade u Jalkovečkoj ulici u Varaždinu	38
Slika 14. Iskaz građevinske bruto površine građevine	39
Slika 15. Tlocrti i presjeci planirane zgrade.....	40
Slika 16. Shema organizacije gradilišta	43
Slika 17. Uzorci za ispitivanje betona s ovog gradilišta	46
Slika 18. Izvadak iz geotehničkog elaborata temeljenja – sastav tla za višestambenu zgradu	51
Slika 19. Bager prilikom iskopa građevne jame	52
Slika 20. Izravnavanje dna jame	52
Slika 21. Kopanje unutar izbetoniranog okna dizala.....	53
Slika 22. Šipkasta armatura skladištena na gradilištu	54
Slika 23. Postavljanje armature za temeljnu ploču	54
Slika 24. Betoniranje dijela temeljne ploče.....	55
Slika 25. Betoniranje drugog dijela temeljne ploče ujutro	55
Slika 26. Betoniranje drugog dijela temeljne ploče ujutro	56
Slika 27. Otpremnica.....	57
Slika 28. Izbetonirana temeljna ploča prvog dijela	58
Slika 29. Postavljanje armature za vanjske zidove podzemne garaže.....	58
Slika 30. Oplata za vanjske zidove podzemne garaže.....	58
Slika 31. Stropna oplata Hünnebeck Topec	59
Slika 32. Oplata greda podruma	59

Slika 33. Oplata greda podruma zadnja trećina.....	60
Slika 34. Postavljanje oplata grede i stropne ploče prizemlja prve polovine.....	60
Slika 35. Postavljanje oplata stropne ploče prizemlja prve polovine.....	61
Slika 36. Postavljanje oplata stropne ploče prizemlja (2/2).....	61
Slika 37. Postavljanje armature stropne ploče podruma (3/3) zajedno s postavljenom stropnom oplatom.....	62
Slika 38. Postavljanje armature stropne ploče podruma (3/3).....	62
Slika 39. Postavljanje armature stropne ploče podruma na drugom dijelu.....	63
Slika 40. Betoniranje drugog dijela stropne ploče podruma - nadogradnja pumpe za ugradnju betona.....	63
Slika 41. Betoniranje drugog dijela stropne ploče podruma.....	64
Slika 42. Automiješalica kojom je dovezen beton.....	64
Slika 43. Početak betoniranja stropne ploče podruma zadnje trećine pumpom za beton.....	65
Slika 44. Ugradnja betona pumpom za beton.....	65
Slika 45. Vibriranje betonske mase.....	66
Slika 46. Provjera visine betona tijekom ugradnje.....	66
Slika 47. Ravnanje betona.....	67
Slika 48. Ravnanje betona.....	67
Slika 49. Nastavak betoniranja stropne ploče podruma.....	68
Slika 50. Stropna ploča podruma zadnje trećine par dana nakon betoniranja.....	68
Slika 51. Skidanje stropne oplata na području podzemne garaže objekta.....	69
Slika 52. Skidanje stropne oplata na području podzemne garaže objekta - ostavljena oplata greda i podupirači.....	69
Slika 53. Skidanje stropne oplata na području podzemne garaže objekta – ostavljena oplata greda i podupirači.....	70
Slika 54. Izbetonirana podzemna garaža prvi dio.....	70
Slika 55. Izbetonirana podzemna garaža prvi dio.....	71
Slika 56. Izbetonirana podzemna garaža prvi dio.....	71
Slika 57. PENTAFLEX KB 167.....	72
Slika 58. Pentaflex brtveni lim.....	73
Slika 59. Pentaflex brtveni lim.....	73
Slika 60. Toranjska dizalica.....	74
Slika 61. Kibla za betoniranje.....	75
Slika 62. Pumpa za beton i automiješalica.....	75

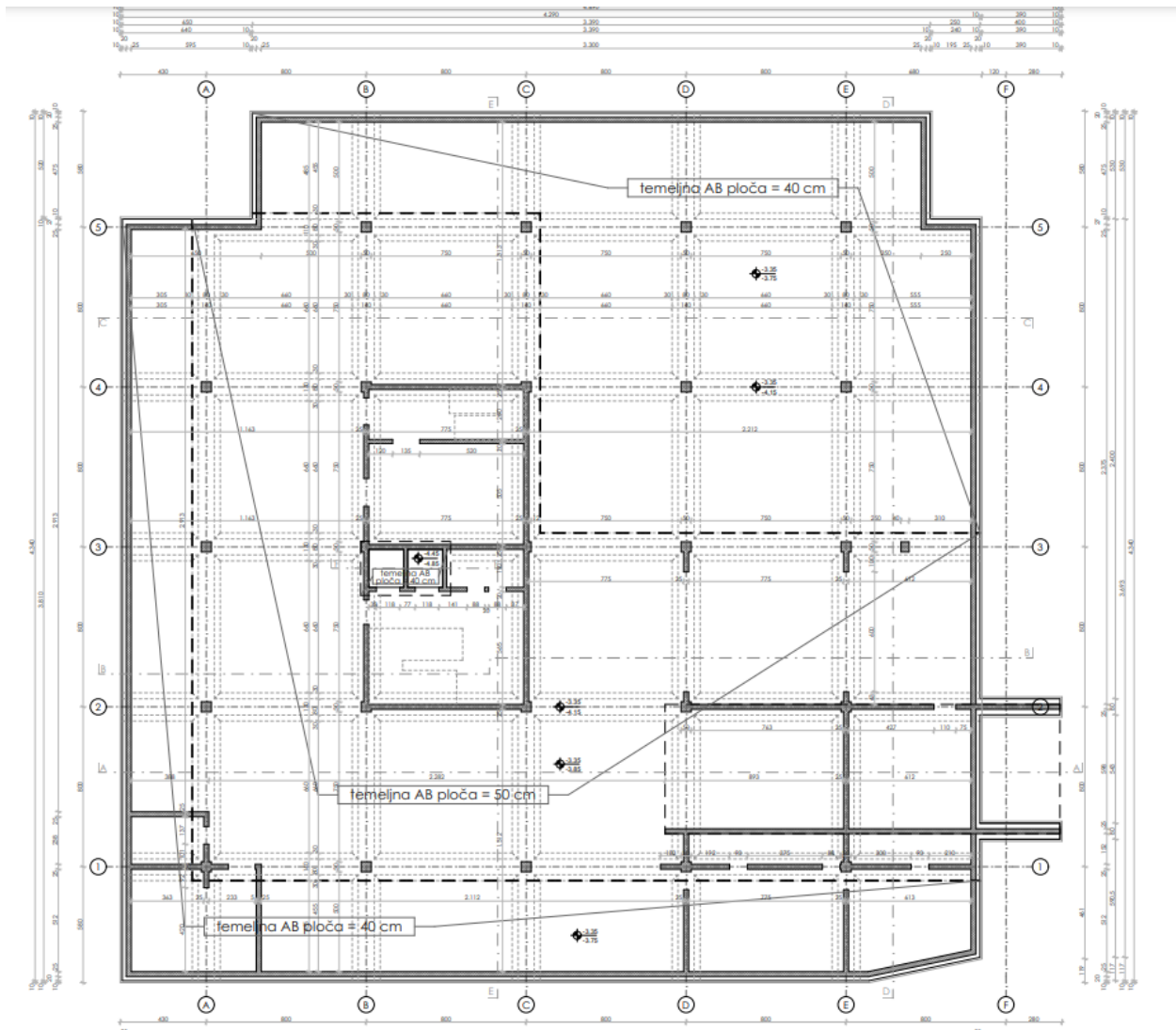
Slika 63. Bager u vlasništvu poduzeća	76
Slika 64. Bager gusjeničar	76
Slika 65. Zidna oplata Frami xlife proizvođač Doka	77
Slika 66. Stropna oplata Hünnebeck Topec proizvođača Hünnebeck	77
Slika 67. Stropna oplata Doka flex 1-2-4 proizvođača Doka.....	77
Slika 68. Kružna pila.....	78
Slika 69. Kubna skela.....	78

Popis tablica

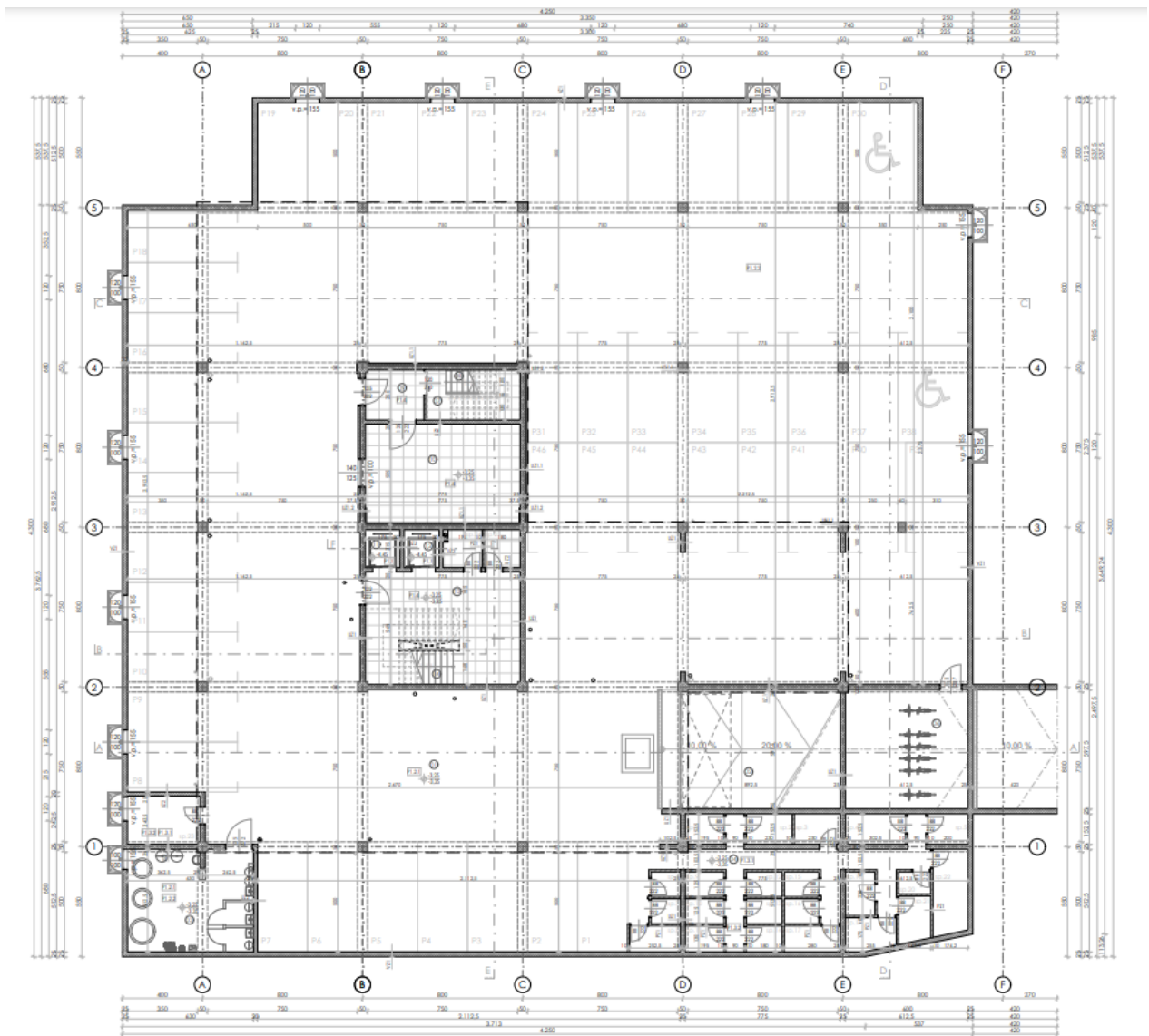
Tablica 1. Klase zahtjeva prema namjeni objekta.....	13
Tablica 2. Klase tlaka vode	15
Tablica 3. Klase konstrukcije	16
Tablica 4. Materijali za trake za fuge i principi brtvljenja	18
Tablica 5. Klase brtvenih traka	20
Tablica 6. Razredi opterećenja	22
Tablica 7. Razredi korištenja.....	22
Tablica 8. Minimalne debljine građevnih elemenata	23
Tablica 9. Širine razdjelnih pukotina za razred korištenja B (dopušten ograničeni prodor vlage)	24
Tablica 10. Razredi vodonepropusnosti betona	25
Tablica 11. Karakteristike VDP-a	26
Tablica 12. Svojstva i prednosti VDP-a	26
Tablica 13. Sustavi brtvljenja.....	28
Tablica 14. Mjere spravljanja, ugradnje i njege betona pri visokim i niskim temperaturama .	30
Tablica 15. Problemi i postupci sanacije kod vodonepropusnih konstrukcija od betona	33
Tablica 16. Prednosti i mane "bijeke kade" i klasične metode	81

Prilozi

Prilog 1. Tlocrt podruma



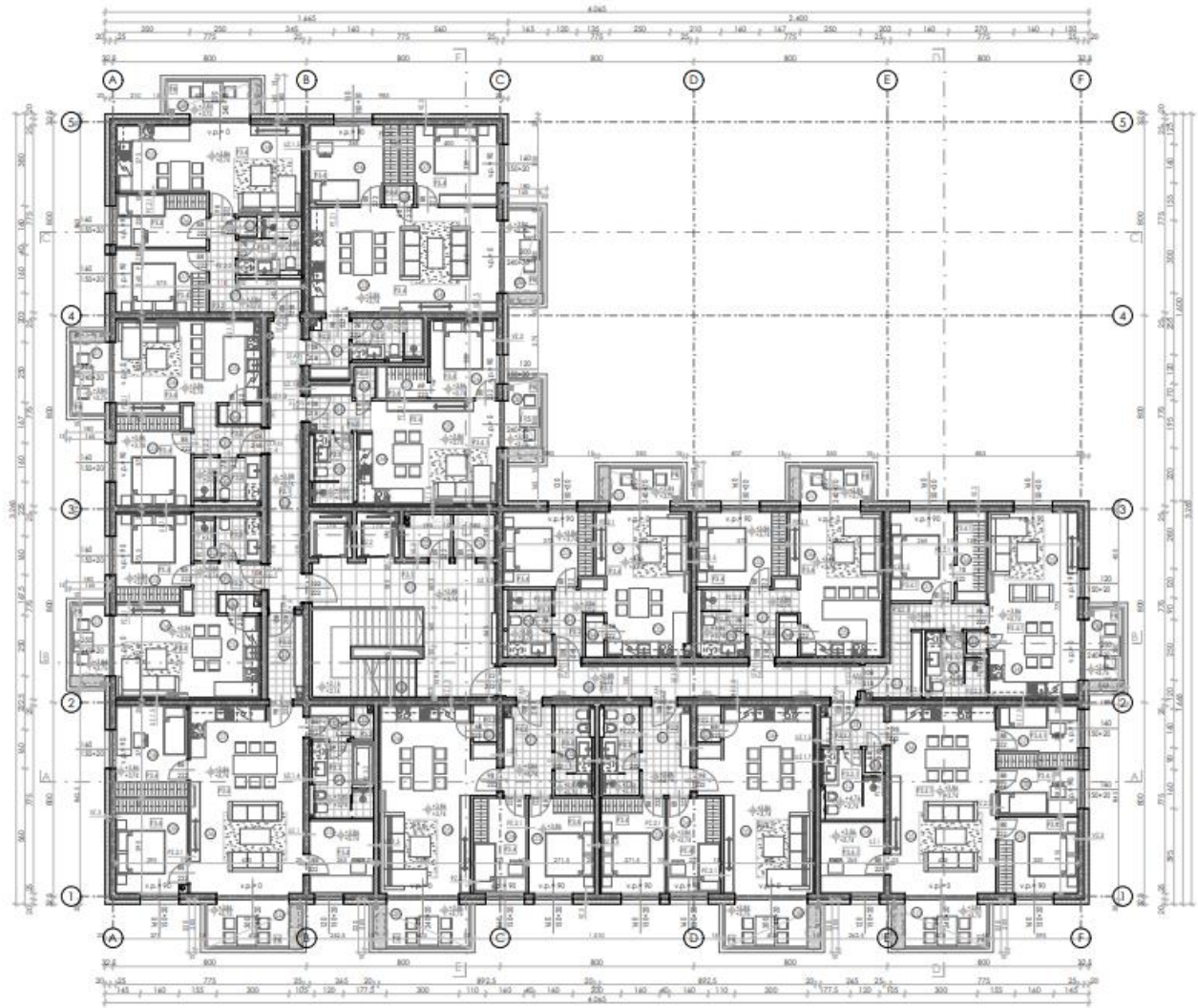
Prilog 2. Tlocrt podruma



Prilog 3. Tlocrt prizemlja



Prilog 4. Tlocrt prvog kata



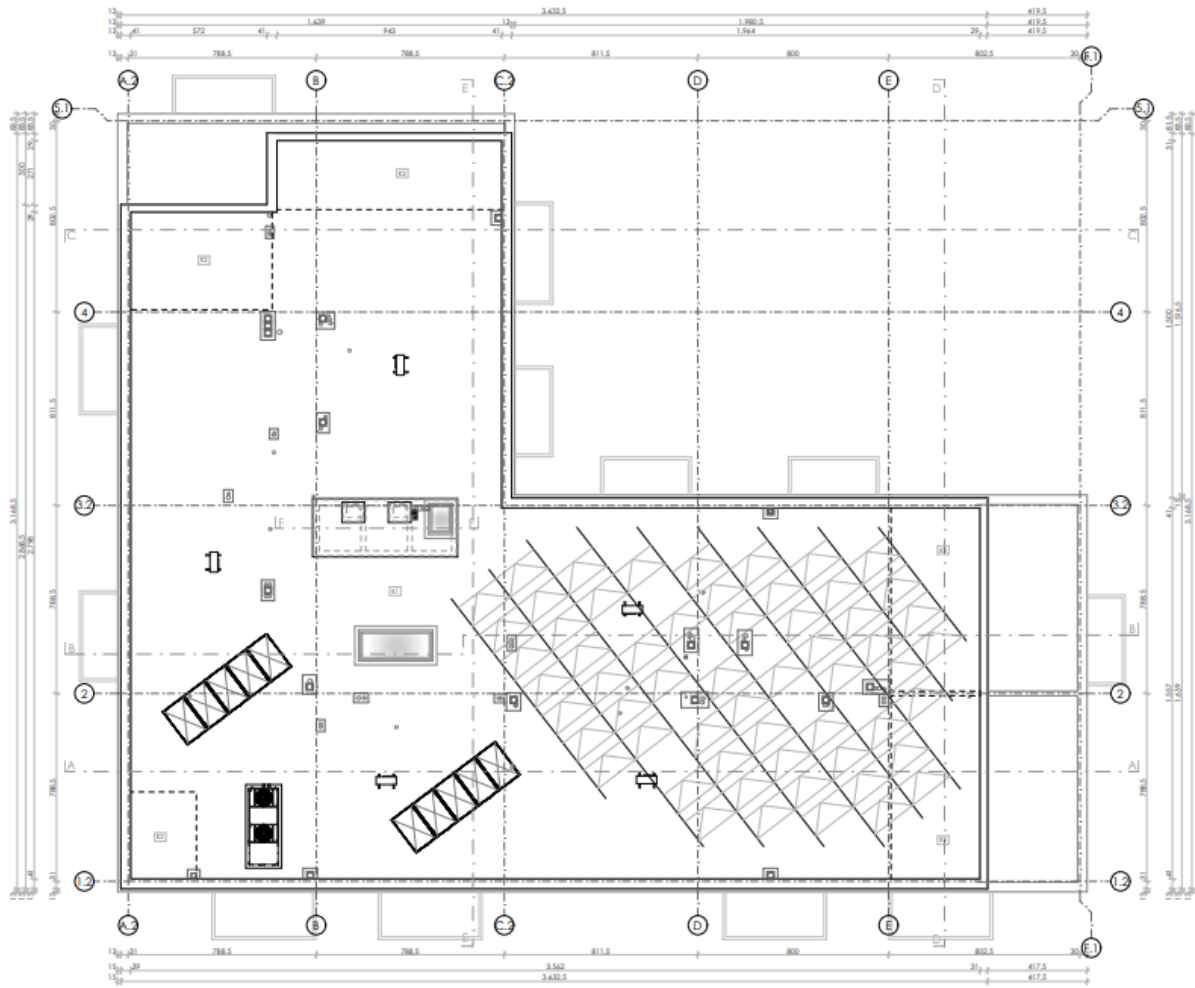
Prilog 5. Tlocrt drugog kata



Prilog 6. Tlocrt trećeg kata



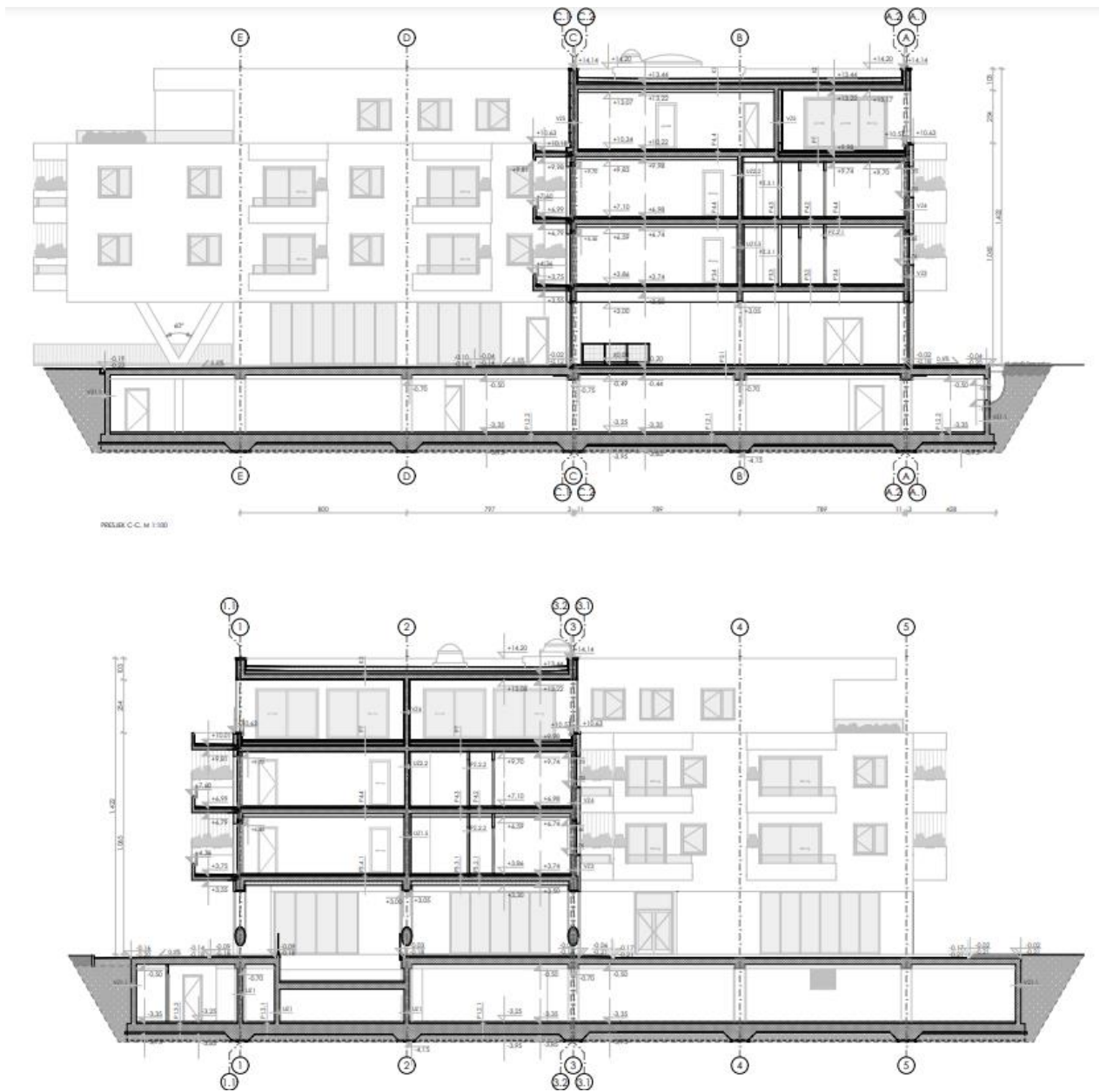
Prilog 7. Tlocrt krovne plohe



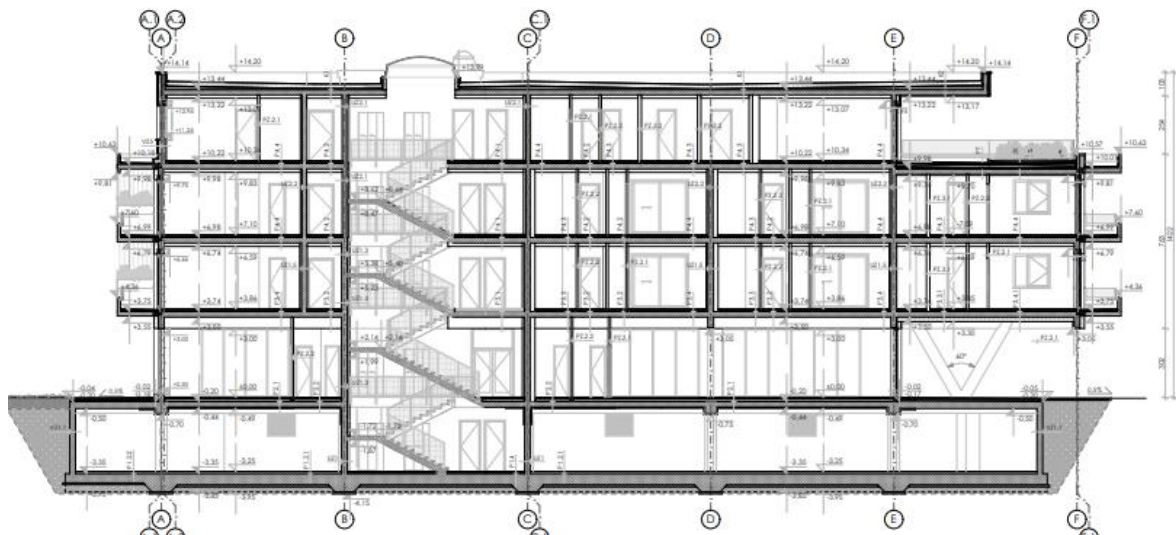
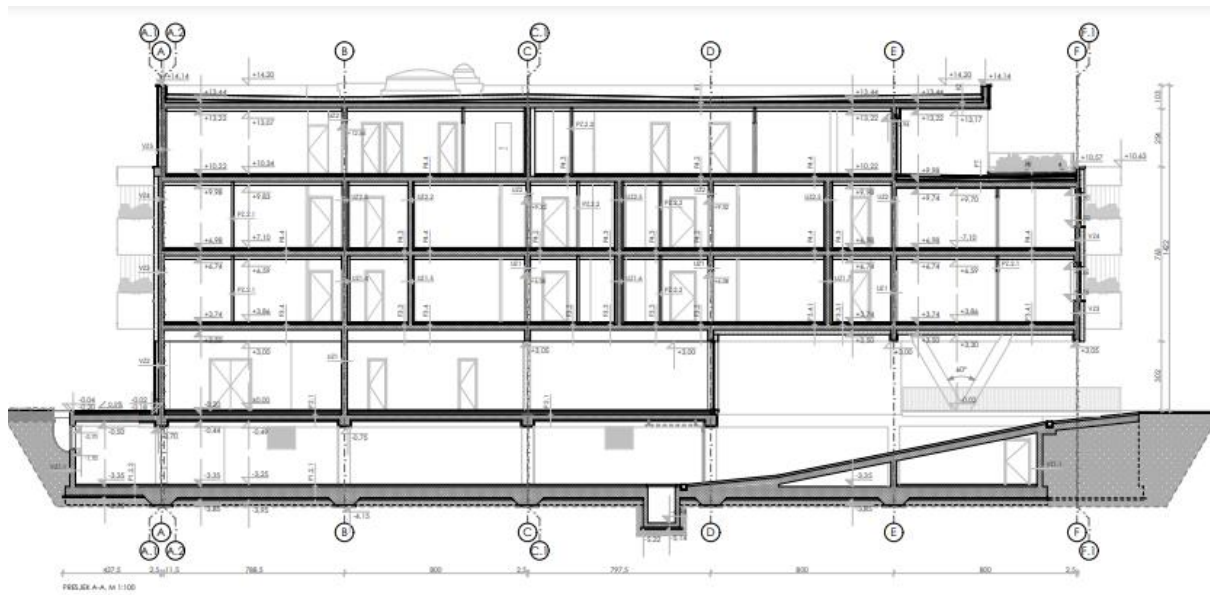
Prilog 8. Presjek E-E, F-F



Prilog 9. Presjek C-C, D-D



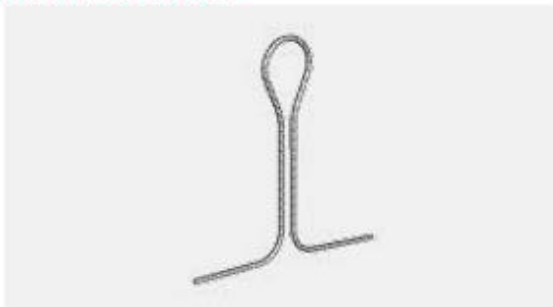
Prilog 10. Presjek A-A, B-B



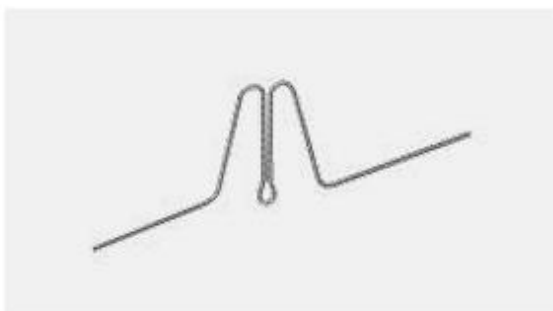
Prilog 11. Pročelja zgrade



Prilog 12. Pentaflex držači

PENTAFLEX® DRŽAČI**OMEGA DRŽAČ**

Omega držač može se uvijek koristiti. Pomoću njega se PENTAFLEX® može sigurno fiksirati na gornjem sloju armature.

**M-DRŽAČ**

Pomoću M držača PENTAFLEX KB® može se još jednostavnije i brže montirati na gornjem sloju armature.

**DRŽAČ-STEZALJKA**

Držači stezaljke od opružnog čelika samostalno se zatežu s elementima PENTAFLEX®. Sustav reški stoji slobodno na armaturi i samo se točkasto fiksira.

**KB 80 DRŽAČ**

Držač KB 80 osmišljen je za fiksiranje elemenata PENTAFLEX KB® 80 u spojnom području zid/strop. On se fiksira na unutarnju armaturnu mrežu.

Prilog 13. Slikovni prikaz ugradnje Pentaflex brtvenog lima

