

VIŠJA STROKOVNA ŠOLA ACADEMIA
MARIBOR

GRADNJE OBJEKTOV S PREFABRICIRANIMI BETONSKIMI STENAMI IN STROPOVI

Kandidat: Blaž Bračko

Vrsta študija: študent izrednega študija

Študijski program: Gradbeništvo

Mentor predavatelj: Vladimir Dragorajac, univ. dipl. inž. grad.

Mentor v podjetju: Jernej Amon, dipl. inž. grad.

Lektor: dr. Klemen Jelinčič

Maribor, 2025

IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA

Podpisani Blaž Bračko sem avtor diplomskega dela z naslovom »Gradnja objektov s prefabriciranimi betonskimi stenami in stropovi«, ki sem ga napisal pod mentorstvom gospoda Vladimirja Dragorajca, univ. dipl. inž. grad.

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predloženo delo izključno rezultat mojega dela,
- sem poskrbel, da so dela in mnenja drugih avtorjev, ki jih uporabljam v predloženi nalogi, navedena oz. citirana skladno s pravili Višje strokovne šole Academia Maribor,
- se zavedam, da je plagiatorstvo – predstavljanje tujih del oz. misli, kot moje lastne kaznivo po Zakonu o avtorski in sorodnih pravicah (Uradni list RS, št. 16/07 – uradno prečiščeno besedilo, 68/08, 110/13, 56/15 in 63/16 – ZKUASP); prekršek pa podleže tudi ukrepom Višje strokovne šole Academia Maribor skladno z njenimi pravili,
- skladno z 32.a členom ZASP dovoljujem Višji strokovni šoli Academia Maribor objavo diplomskega dela na spletnem portalu šole.

Lenart, september 2025

Podpis študenta:

ZAHVALA

Iskreno se zahvaljujem mentorju, g. Dragorajcu, ki si je kljub zasedenemu urniku vedno vzel čas zame, da sem diplomsko delo vendarle lahko pripeljal do konca. Hvala tudi celotnemu kolektivu Višje strokovne šole Academia, kjer so mi bili vedno na razpolago. Po vaši zaslugi sem prejel ogromno novega znanja in navsezadnje sklenil tudi nova prijateljstva.

Hvala Urški in moji hčeri Zali ter sinu Luku, da sta mi dali čas, energijo in ljubezen. Brez vaju ne bi šlo.

Gor pa en lep pozdrav moji pokojni babici »Pepiki«; zaradi njenih besed sem sklenil, da se ne ustavim pri srednješolski izobrazbi. Babi, to je zate.

Hvala.

POVZETEK

Sprva sem se v diplomskem delu lotil zgodovine betona, in sicer predvsem, kako smo ga začeli uporabljati, zakaj je najbolj primeren, in dejansko začel ugotavljati, kaj nam prinaša prihodnost in zakaj je prihodnost na strani prefabrikatov. Raziskal sem, kateri so najpogostejši prefabricirani betonski elementi na trgu v tem trenutku, in sicer: prednapeti strešni elementi, prednapeti votli stropovi, stropni elementi, T-T stropni elementi, votli stenski elementi, masivni betonski stenski elementi ter »sandwich« stenski elementi.

V nadaljevanju diplomskega dela sem se osredotočil na moj konkretni primer iz prakse, to je večstanovanjski objekt, ki smo ga s podjetjem Gradnje Lenart d. o. o. zgradili v Lenartu na Jurovski cesti 14. Poudarek raziskave je temeljil predvsem na primerjavi stroškov, času izvedbe in ogljičnem odtisu »sandwich« betonskih sten ter stropnih plošč.

Ugotovil sem, da so po osnovnem izračunu golih stroškov betonske prefabricirane stene cca. 20 % dražje, betonski stropni elementi pa približno 15–20% cenejši, seveda brez upoštevanja časovnega vidika izgradnje stavbe ter zmanjšanja delovne sile, ki sta bistveno na strani prefabrikatov, kar dodatno poceni gradnjo. Ogljični odtis prefabriciranih elementov je zaradi manjše manipulacije opaznih elementov, delovne sile ter transporta materiala na gradbišče manjši kot pri klasično izvedenih betonskih konstrukcijah.

Na podlagi teh podatkov lahko sklepamo, da je strošek prefabricirane gradnje v primerjavi s klasično gradnjo približno enak, v nekaterih primerih pa celo cenejši. Seveda je za to gradnjo potrebna določena mehanizacija (avtodvigalo, žerjav ipd.), ter dodatna usposobljenost kadra, kar v praksi ne predstavlja večjega problema, saj lahko dejansko privarčujemo na delovni sili (za njo je znano, da je na trgu tako ali tako primanjkuje), prav tako pa je pri večjih projektih s klasično izvedbo potrebna dodatna gradbena mehanizacija, kot na primer določeno dvigalo.

Prihodnost po mojem mnenju torej pripada prefabrikatom, ki se vse bolj pomikajo v ospredje in se jih gradbeni izvajalci vedno bolj poslužujemo. Izjema pa niso zgolj betonski elementi, saj na trgu vidimo vedno več CLT – križno lepljenega lesa, skeleta in podobnih izdelkov, ki dodatno poenostavijo oz. pospešijo proces gradnje v primerjavi s klasičnim načinom.

Ključne besede: prefabrikati, primerjava stroškov, hitrost gradnje, beton, delovna sila.

ZUSAMMENFASSUNG

BAU VON GEBÄUDEN MIT VORGEFERTIGTEN BETONWÄNDEN UND - DECKEN

Vor einiger Zeit trafen wir auf unserer Geschäftsreise auf „Fertigteile“, die aufgrund des Bautempos, der Zeitpläne und des Mangels an Arbeitskräften immer beliebter werden. Schon zu Beginn meines Studiums wusste ich, dass mir dieses Thema am Herzen liegen würde und ich die Vor- und Nachteile des Bauens noch viel detaillierter analysieren wollte und Hypothesen erforschen möchte.

Zuerst habe ich mich mit der Geschichte des Betons befasst, wie wir angefangen haben, ihn zu verwenden, warum er am besten geeignet ist, und dann habe ich begonnen, herauszufinden, was die Zukunft uns bringt und warum die Zukunft auf der Seite der Fertigteile liegt. Ich habe recherchiert, welche vorgefertigten Betonelemente am häufigsten vorkommen, nämlich: vorgespannte Dachelemente, vorgespannte Hohldecken, Deckenelemente, T-T-Deckenelemente, Hohlwandelemente, massive Betonwandelemente und „Sandwich“-Wandelemente.

Im Folgenden habe ich mich auf meinen konkreten Fall aus der Praxis konzentriert, nämlich das Mehrfamilienhaus, das wir mit der Firma Gradnje Lenart d.o.o. im Lenart gebaut haben. In Diploma-arbeit konzentrierte ich mich auf Vergleiche von Kosten, Ausführungszeit und CO₂-Fußabdruck von „Sandwich“-Betonwänden und Decken-elementen. Ich habe herausgefunden, dass nach der Grundrechnung Betonfertigwände ca. 20 % teurer als klassische Wände sind. Betondeckenelemente sind sogar etwa 15–20 % günstiger als klassische Betondecken. Natürlich ohne Berücksichtigung des Zeitaspekts beim Bau des Gebäudes und der Reduzierung der Arbeitskräfte, die im Wesentlichen auf der Fertigteilseite liegen, was den Bau noch kostengünstiger macht. Der CO₂-Fußabdruck von Fertighäusern ist aufgrund der geringeren Handhabung der Schalungselemente, des Arbeitsaufwands und des Materialtransports zur Baustelle kleiner als der von klassisch gebauten Betonkonstruktionen.

Daraus lässt sich schließen, dass die Kosten für den Fertigbau im Vergleich zum klassischen Bau ungefähr gleich sind, teilweise sogar günstiger. Natürlich erfordert diese Konstruktion eine gewisse Mechanisierung (Auto-Kran, Kran usw.) und eine zusätzliche Schulung des Personals. Was prinzipiell kein großes Problem darstellt, da wir tatsächlich Arbeitskräfte einsparen

können (die ohnehin am Arbeitsmarkt schwer zu kriegen sind) wir müssen auch berücksichtigen das wir bei größeren Projekten in klassischer Bau-ausführung so wie so ein Auto-kran, etc. Brauchen.

Die Zukunft gehört daher den Fertigteilen, die immer mehr in den Vordergrund rücken und immer häufiger von Bauunternehmern eingesetzt werden. Die Ausnahme bilden nicht nur Betonelemente, denn auf dem Markt gibt es immer mehr CLT – Brettsperrholz, Skelette und ähnliche Produkte, die die bzw. weiter vereinfachen den Bauprozess beschleunigen.

Stichworte: Fertigteile, Kostenvergleich, Baugeschwindigkeit, Beton, Arbeitskräfte.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	9
1.1	OPIS PODROČJA IN OPREDELITEV PROBLEMA	9
1.2	NAMEN, CILJI IN OSNOVNE TRDITVE	10
1.3	PREDPOSTAVKE IN OMEJITVE.....	11
1.4	UPORABLJENE RAZISKOVALNE METODE	11
2	DELO V PROJEKTNi SKUPINI.....	13
3	BETONSKI PREFABRIKATI V PRAKSI – ARHITEKTURA, MOŽNOSTI IZVEDBE	19
3.1	PREDNAPETI STREŠNI ELEMENTI	19
3.2	PREDNAPETI VOTLI STROPOVI.....	22
3.3	STROPNI ELEMENTI.....	24
3.4	T-T STROPNI ELEMENT	26
3.5	VOTLI STENSKI ELEMENTI.....	28
3.6	MASIVNI BETONSKI STENSKI ELEMENTI	30
3.7	»SANDWICH« STENSKI ELEMENTI	32
4	PRIMERJAVE STROŠKOV, ČASA IZVEDBE, OGLJIČNEGA ODTISA	34
4.1	STROŠKI	37
4.1.1	<i>Stene</i>	38
4.1.2	<i>Plošča</i>	41
4.2	ČAS IZVEDBE	44
4.3	DRUGE PREDNOSTI PREFABRICIRANIH BETONOV	45
4.4	SLABOSTI PREFABRICIRANIH ELEMENTOV	45
4.5	OGLJIČNI ODTIS	46
5	ENOSTAVEN NAČRT – PRIMER IZVEDBE V PRAKSI.....	49
6	SKLEP	50
7	LITERATURA	54

KAZALO SLIK

SLIKA 1: SHEMA PREDNAPETEGA STREŠNEGA ELEMENTA.....	19
SLIKA 2: PREČNI PREREZ SHEME STREŠNEGA ELEMENTA.....	20
SLIKA 3: PREČNI PREREZ SHEME VOTLEGA STROPA	22
SLIKA 4: FOTOGRAFIJA PREDNAPETEGA VOTLEGA STROPA.....	23
SLIKA 5: PREČNI PREREZ SHEME STROPNEGA ELEMENTA.....	24
SLIKA 6: FOTOGRAFIJA STROPNEGA ELEMENTA.....	25
SLIKA 7: FOTOGRAFIJA T-T PROFILOV.....	26
SLIKA 8: SHEMA T-T PROFILA	27
SLIKA 9: PREREZ SHEME VOTLIH STENSKIH ELEMENTOV	28
SLIKA 10: FOTOGRAFIJA VGRAJENIH STROPNIH IN STENSKIH ELEMENTOV.....	29
SLIKA 11: SHEMA IZGLEDA MASIVNEGA BETONKEGA ELEMENTA	30
SLIKA 12: FOTOGRAFIJA PRIMERA IZVEDBE OGRAJE NA VEČSTANOVANJSKEM OBJEKTU	31
SLIKA 13: SHEMA PRIKAZA »SANDWICH« BETONSKE PLOŠČE	32
SLIKA 14: FOTOGRAFIJA PRIKAZA VIDNIH BETONOV	33
SLIKA 15: POGLED ZAHODNE FASADE VEČSTANOVANJSKEGA OBJEKTA	35
SLIKA 16: TLORIS NADSTROPJA VEČSTANOVANJSKEGA OBJEKTA V LENARTU.....	36
SLIKA 17: PRIMER MONTAŽE »SANDWICH« ELEMENTOV	39
SLIKA 18: STABILIZIRANJE »SANDWICH« ELEMENTOV S PODPORNIKI.....	40
SLIKA 19: PRIMER NALAGANJA STROPNIH ELEMENTOV NA STENSKE »SANDWICH« ELEMENTE..	43

KAZALO TABEL

TABELA 1: PRIKAZ CENIKA IZVEDBE PREFABRICIRANIH »SANDWICH« STEN.....	38
TABELA 2: PRIKAZ CENIKA KLASIČNE IZVEDBE BETONSKIH STEN.....	38
TABELA 3: PRIKAZ CENIKA IZVEDBE PREFABRICIRANIH MONTAŽNIH STROPOV	41
TABELA 4: PRIKAZ CENIKA KLASIČNE IZVEDBE BETONKEGA STROPA	41
TABELA 5: PRIMERJAVA ČASA IZVEDBE NA PODLAGI TABELE PODJETJA DENNER.....	44

KAZALO GRAFIKONOV

GRAF 1: GRAF PRIKAZA PROCENTUALNIH IZPUSTOV ZA PRIMER NEMČIJE	47
---	----

1 UVOD

1.1 Opis področja in opredelitev problema

Beton je danes daleč najbolj uporabljen material na svetu, saj se ga porabi skoraj trikrat več kot vseh ostalih gradbenih materialov skupaj. Njegova vsestranskost in dostopnost ga uvrščata med ključne gradbene materiale modernega časa. Najdbe prvih betonskih elementov segajo v leto približno 7000 pr. n. št., in sicer na jugu današnjega Izraela. Takrat je služil kot tlak v hišah in je bil sestavljen iz zmesi žganega apnenca, kamenja in vode. Beton je tudi eden redkih materialov, ki se je skozi tisočletja stalno razvijal in prilagajal potrebam družbe. Okoli leta 30 pr. n. št. je poimenoval takratni beton znameniti arhitekt in inženir Vitruvij *opus caementicium*, kar predstavlja eno najpomembnejših zapuščin antičnega Rima. Njegova tlačna trdnost je bila primerljiva današnjim betonom, njegova trajnost pa nas prepričuje še danes, saj številne rimske zgradbe stojijo že več kot 2000 let.

Pravo revolucijo sodobnega betona pa je prinesla industrijska revolucija po letu 1756. Do takrat sta bila prevladujoča gradbena materiala kamen in opeka, nato pa je beton zaradi svoje prilagodljivosti začel prevzemati vodilno vlogo. Preboj se je zgodil, ko se je po vzoru rastlinskih struktur (npr. parenhima kaktusov) betonu začela dodajati armatura. To se je zgodilo v drugi polovici 19. stoletja in prav tedaj se je začel pravi razcvet modernega armiranega betona, kot ga poznamo še danes. Njegovi začetki segajo v Francijo, kjer so že leta 1853 skonstruirali prvo štirinadstropno armiranobetonsko stavbo – dogodek, ki je tlakoval pot novi gradbeni dobi.

Uporaba betona se je eksponentno širila ob koncu 19. in v začetku 20. stoletja. Na slovenskem ozemlju se je ta trend pokazal leta 1901, ko je bil v Ljubljani zgrajen prvi armiranobetonski most – znameniti Zmajski most, ki še danes velja za enega od simbolov prestolnice. V drugi polovici 20. stoletja se je beton začel množično uporabljati pri izgradnji visokih stolpnic ter drugih arhitekturno in konstrukcijsko zahtevnih objektov. Vrhunec tega razvoja je zaznamovalo leto 2015, ko je bil v New Yorku dokončan najvišji stanovanjski nebotičnik višine kar 426 m. Pri tem so uporabili visoko zmogljive betone, ki dosegajo tlačne trdnosti do 100 MPa, kar jasno dokazuje meje inovacij v gradbeništvu. Danes je beton veliko več kot zgolj nosilni element – od njega pričakujemo, da bo ekonomičen, estetski, trajen, odporen in trajnostno sprejemljiv.

Ocenjena letna proizvodnja betona na svetovni ravni znaša približno 25 milijard ton (Kuhta, 2017), kar zgovorno priča o njegovi globalni pomembnosti.

Prefabricirane betonske stene in zidovi predstavljajo sodoben nadomestek klasično izvedenih betonskih stropov in zidov, ki jih poznamo že stoletja. Betonski prefabrikati v slovenskem gradbeništvu niso nikakršna novost – uporabljamo jih že več desetletij, predvsem pri gradnji skeletnih betonskih industrijskih objektov, jerseyev in drugih konstrukcij. Vendar pa je zanimanje za njihovo uporabo v individualni stanovanjski gradnji, predvsem pri enodružinskih hišah, še vedno zelo omejeno. To odpira vprašanje, zakaj ljudje ostajajo tako zadržani do t. i. »neklasičnih« gradbenih rešitev ter kateri so najpogostejši pomisleki, ki zavirajo njihovo širšo uporabo. Moj namen je raziskati prav te vzroke in osvetliti potencialne prednosti, ki bi jih prefabricirani betonski elementi lahko prinesli sodobni gradnji.

1.2 Namen, cilji in osnovne trditve

Namen diplomskega dela:

- Samostojno izvesti oz. oceniti smiselnost izvedbe betonskega objekta.
- Ljudi spodbuditi in izpostaviti smiselnost razmisleka o drugih načinih gradnje.
- Preučiti stroške, enostavnost izvedbe, kaj ljudi omejuje pri izbiri drugega načina gradnje.

V diplomskem delu bom odgovoril na naslednje hipoteze:

- H1 Prefabricirana betonska gradnja je dražja od klasične gradnje.
- H2 Investitorjem se klasična gradnja zdi boljša izbira, če upoštevajo kriterije enostavnosti gradnje in usposobljenosti kadra.
- H3 Čas gradnje klasične gradnje je daljši od časa gradnje z betonskimi elementi.
- H4 Gradnje s prefabriciranimi elementi so energetske učinkovite.

1.3 Predpostavke in omejitve

Omejitve v mojem diplomskem delu prepoznavam predvsem v pomanjkanju dostopne literature. Tako na spletu, kot tudi v knjižnicah nisem zasledil veliko virov, tisti, ki so na voljo, pa so večinoma napisani v tujih jezikih in pogosto niso tako natančno opredeljeni, kot bi si sam želel (na primer pri obravnavi betonskih nosilnih elementov, kot so stene in zidovi). Zaradi tega bom pri iskanju ustreznih informacij precej omejen, saj bo potrebno večino podatkov povzeti iz širših raziskav, ki ne obravnavajo nujno specifično mojega področja.

Ker betonske prefabricirane stene v Sloveniji še vedno niso tako zelo razširjene, so omejene tudi praktične izkušnje in strokovno znanje za delo z njimi. Posledično bodo razpoložljivi podatki precej okrnjeni, kar pomeni, da bom zelo težko pridobil mnenja in izkušnje večjega števila oseb, ki bi lahko ponudile celovitejši vpogled v problematiko. To predstavlja določeno metodološko oviro, saj se bo analiza v precejšnji meri naslanjala na omejeno število virov in osebnih pričevanj.

K sreči pa imamo v našem družinskem podjetju že kar nekaj praktičnih izkušenj z vgradnjo betonskih prefabrikatov. To mi omogoča, da bom lahko vključil tudi subjektivno mnenje, dopolnjeno z opažanji in izkušnjami mojih sodelavcev. Na ta način bom kljub pomanjkljivi literaturi lahko ponudil vsaj delno strokovno podprto analizo, ki bo temeljila na lastni praksi in neposrednem stiku z uporabo betonskih prefabriciranih elementov.

1.4 Uporabljene raziskovalne metode

Pri izdelavi diplomskega dela bom uporabil vso razpoložljivo literaturo, tako slovensko kot tudi tujo. Med glavne vire sodijo strokovni članki, gradbeno gradivo, spletni viri, knjižnično gradivo in druga dostopna dokumentacija, ki bo pripomogla k boljši razumevanju tematike. Poseben poudarek bom namenil tudi podatkom, ki jih je mogoče pridobiti na spletnih straneh proizvajalcev, ter informacijam, ki jih bom skušal pridobiti v neposrednem stiku s podjetji. Na ta način nameravam zbrati čim več relevantnih podatkov in natančnih karakteristik o prefabriciranih betonskih elementih.

Pri raziskovanju bom uporabil analitično raziskovalno metodo ter deskriptivno metodo. Ti pristopi mi bodo omogočili sistematično obdelavo podatkov in natančno opisovanje ugotovitev.

Poleg tega bom zaradi lastnih praktičnih izkušenj z materialom v okviru družinskega podjetja lahko vključil tudi dodatna opažanja iz prakse, kar bo prispevalo k bolj celostni predstavitvi in krepitvi uporabne vrednosti diplomskega dela.

2 DELO V PROJEKTNi SKUPNI

Preden začnemo z dejansko izvedbo projekta oz. dela, se moramo vsi vpleteni sestati in sestaviti ekipo. Naloge bomo razdelili med posameznike glede na znanje ter izkušnje, ki jih imamo na svojih področjih. Tako smo na višji strokovni šoli Academia določili, da bomo razdelili delo v projektni skupini; najprej smo vsi udeleženci projekta izvedli Myerssov test osebnosti in Belbinov test za ocenjevanje vlog v skupini.

Meni je bila dodeljena vloga tvorca in zaključevalca v Belbinovem testu ter osebnostni tip protagonist v Myerssovem testu osebnosti.

Za tvorca je značilno, da so zeli napeti, odprti in dinamični. So zelo motivirane osebe, ki v proces vložijo ogromno miselne energije in imajo veliko potrebo po uveljavljanju. Če se tvorcem pojavijo ovire, jih bodo znali obiti, dobri so v obvladovanju soočenj in v njih uživajo, radi sprejmejo potrebno spremembe in se ne bojijo sprejemati nepriljubljenih odločitev.

Zaključevalci so po naravi skrbni, urejeni, vestni ter prizadevni. Zaključevalci se redko lotijo nečesa, česar ne končajo, so neprecenljivi, kjer naloge zahtevajo tesno koncentracijo in visoko stopnjo natančnosti. Njihova moč je, da izpolnijo svoje obljube in delovanje v skladu z najvišjimi standardi.

Na prvem srečanju naše skupine sem preostanku skupine predstavil temo svojega diplomskega dela in izzive ter vprašanja, ki jih prinaša prefabricirana betonska gradnja objektov. Primerjavo klasične ter prefabricirane gradnje sem izvedel na izveden projektu – blok F v Lenartu v slovenskih goricah, kjer smo z lastnim podjetjem Gradnje Lenart d. o. o. v letu 2022/23 izvajali večstanovanjski objekt. Predvsem nas je zanimala primerjava cen med klasično izvedbo ter prefabriciranimi elementi, prednosti, slabosti gradnje in seveda zaključek iz ugotovitev: zakaj se ljudje večkrat ne odločajo za prefabrikate?

Na naslednjem srečanju smo se s člani v skupini pogovarjali še o temah drugih članov skupine in »postavljali temelje« diplomskega dela. Pogovori so potekali predvsem: kako le najboljše v začetku samega diplomskega dela postaviti prava poglavja in vprašanja? Delo v skupinah je v nadaljevanju potekalo zelo »kolegialno«, saj smo si vloge v skupini dobro razdelili. V kolikor je imel kdo izmed nas kakšno odprto vprašanje, smo se obrnili na druge člane skupine, kar je za delo v skupini daleč najbolj pomembno. Le tako smo lahko projekt uspešno zaključili.

TEHNIČNI OPIS OBJEKTA

ZASNOVA

Stanovanjski objekt je načrtovan ob Jurovski cesti, rahlo oddaljen od samega središča mesta Lenart, v neposredni bližini pomembne javne infrastrukture. V okolici objekta se nahajajo: vrtec, osnovna šola ter glasbena šola, dom starejših občanov Lenart, zdravstveni dom, lekarna, trgovine, avtobusna postaja, pokopališče, športni center Polena ter urejen park z otroškimi igrali. Sam objekt se nahaja v urbanem območju s hitrimi dostopi do avtoceste smer Maribor/Murska Sobota.

Objekt bo sestavljen iz naslednjih etaž: klet (K), pritličje (P), tri nadstropja (3N) in mansarda (M). V kleti bodo locirane garaže, shrambe za stanovalce, tehnični prostori in kolesarnica. Celoten objekt ima stanovanjsko namembnost. V pritličju se nahaja 8 stanovanj, po 8 prav tako v prvem, drugem in tretjem nadstropju, v mansardi pa 5 stanovanj.

ARHITEKTURA

Nosilna konstrukcija

Nosilni elementi objekta bodo izvedeni s prefabricirani betonskimi elementi. Nosilne stene bodo sestavljene iz »sandwich« prefabriciranih betonskih elementov. Sredinski sloj bo med montažo dodatno zalit z betonom za doseg trdnosti in stabilnosti objekta. Horizontalni konstrukcijski elementi (stropovi) bodo sestavljali delno prefabricirani betonski elementi z dodatno vgrajeno armaturo, izvedeno na licu mesta, in finalnim zalivanjem s tekočim betonom do predpisane višine.

Fasada

Fasada objekta bo izvedena kot kontaktni fasadni sistem s predpisano toplotno izolacijo v debelini 17,5 cm, kar ustreza toplotnoizolativnemu koeficientu $\lambda \leq 0,034 \text{ W/mK}$. Zaključni sloj bo odporen proti vremenskim vplivom.

Streha

Streha objekta bo razgibna, prezračevana dvokapnica s stranskimi strešinami, izvedena z nakloni od 28 do 35 stopinj. Kritina bo iz visoko odpornih temno sivih ali črnih opečnih strešnikov. Strešna konstrukcija bo omogočala naravno prezračevanje. V mansardi objekta bodo nameščena strešna okna.

SKUPNI PROSTORI

Hodniki, stopnišča in vetrolovi

Vhodni vetrolov bo opremljen z domofonskim sistemom ter poštnimi nabiralniki vsakega posameznega stanovanja. Skupni prostori, vključno s hodniki, stopniščem in vetrolovi, bodo tlakovani z granitogres ploščicami in ustrezno nizkostensko obrobo. Stopnice bodo zaključene z granitogres nastopnimi površinami visoke odpornosti (npr. MARCA CORONA). Dostop do posameznih etaž bo omogočen preko centralnega stopnišča in dvigala.

OPREMA STANOVANJ

Tlaki

Bivalni prostori: troslojni hrastov parket (1. kakovost – ekstra) z lesenimi nizkostenskimi letvicami.

Kopalnice, predprostori, kuhinje: (v odprtem tlorisu) kakovostna talna keramika (kot npr. MARCA CORONA), odporna proti vlagi in obrabi.

Notranje stene

Vse stene bodo zglajene in barvane z disperzijsko barvo v dveh slojih. Predelne stene stanovanj bodo izdelane iz mavčno-kartonskih plošč na kovinski pod konstrukciji (2 x 12, 5mm). Med profili bo nameščena izolacija. Stene bodo finalno barvane v dveh slojih. Predelne stene v kopalnicah bodo izdelane z vodoodpornimi mavčno kartonskimi ploščami na kovinski podkonstrukciji (2 x 12,5 mm). Stenska keramika bo kot npr. MARCO CORONA. Vogalni stiki keramičnih ploščic bodo izvedeni z zaključnimi profili.

Sanitarna oprema

Vsaka kopalnica bo opremljena z:

- visečo straniščno školjko brez notranjega roba (npr. Villeroy/Boch),
- umivalnikom,
- tušem s talno izvedenim linijskim odtokom,
- armaturami višjega kakovostnega razreda (kot npr. Grohe).

Okna in senčenje

Vgrajena bodo PVC okna s 6-komornim profilom in trislojno zasteklitvijo. Senčenje bo izvedeno z električno upravljanimi Alu žaluzijami ali roletami. Tako notranje kakor zunanje okenske police bodo iz naravnega kamna.

Vrata

- **Notranja vrata:** lesena, furnirana (hrastova), z jeklenimi podboji.
- **Vhodna vrata v stanovanja:** protivlomna, protipožarna EI30, toplotno in zvočno izolirana z vgrajenim varnostnim kukalom.

Vhodna vrata v stanovanja

Vhodna vrata bodo protipožarna EI30, varnostna in protivlomna z ustrezno toplotno in zvočno izolacijo, uporabljena bosta pa hrastov furnir in kovinski podboj. Opremljena bodo z varnostno cilindrično ključavnico in vratnim kukalom.

Lože in balkoni

Tlaki balkonov bodo obloženi s proti mrazu odpornim gresom deb. 10 mm. Ograje lož in balkonov bodo iz jeklene pocinkane kovinske konstrukcije s polnilom. Tlaki teras bodo izvedeni s proti mrazu odpornim granitogresom debeline 20 mm na podkonstrukciji, ograje teras pa bodo izvedene enako kot ograje balkonov iz pocinkane kovinske konstrukcije.

Dvigalo

Objekt bo imel osebno dvigalo z velikostjo kabine v skladu s predpisi za to vrsto objektov.

Shrambni prostori

Shrambe bodo v kleti, dostopne iz stopnišč in z dvigalom. Čelne stene shramb bodo polne izvedbe s kovinskimi ali lesenimi vrati in prezračevalno rešetko, stene med shrambami pa iz obojestranske panelne pločevine, polnjene s 4 cm izolacijo. Vrata se bodo odpirala navzven in zaklepala s ključavnico. Tlaki kletnih shramb bodo izvedeni z epoxi premazom.

Parkirna mesta

- V kletni etaži je predvidenih 22 parkirnih mest v garažo.
- Preostala parkirišča (nepokrita) bodo urejena na zunanji površini ob objektu.

Ekološki otok

Prostor za ločeno zbiranje odpadkov bo urejen v zunanjem ekološkem otoku v neposredni bližini objekta, v skladu z občinskimi predpisi.

INSTALACIJE

Električne instalacije – jakotočne

- Objekt bo priključen na javno električno omrežje preko TP postaje.
- Vgrajeni bodo razdelilniki s posameznimi varovalkami in glavno izenačitvijo potencialov.
- V vsako stanovanje bo inštaliran svoj merilni števec električne energije.

Razsvetljava

- V vsakem prostoru je predvidena ena stropna svetilka.
- Skupni prostori (hodniki, shramba, lože) bodo opremljeni s senzorji ali stikali s stopniščnimi avtomati.

Šibkotočne instalacije

- Predviden je optični priključek za internet, IP telefonijo in TV.
- UTP vtičnice v dnevnih prostorih/spalnicah.
- Domofon v predsobi vsakega stanovanja s tipko za zvonec pri vhodnih vratih.

Ogrevanje in hlajenje

Vsaka stanovanjska enota bo imela ločeno toplotno črpalko zrak-voda (kot npr. Panasonic). Ogrevanje bo talno, upravljano s sobnim termostatom. Hlajenje bo omogočeno preko stenskih konvertorjev (split sistem).

Skupni prostori (stopnišča, hodniki ...) ne bodo ogrevani.

Prezračevanje

- Lokalno mehansko prezračevanje v spalnicah in dnevno-bivalnih prostorih (kot npr. Systemair)
- Kopalnice – prisilno odvajanje zraka na streho
- Naravno prezračevanje s pomočjo odpiranja oken

Vodovod in kanalizacija

- Vertikalne vodovodne cevi bodo potekale v inštalacijskih jaških.
- Topla sanitarna voda bo ogrevana s toplotno črpalko.
- Odtoki bodo izvedeni iz PP cevi in fazonskih kosov, z izvedbo smradnih zapor.
- Vodomeri bodo nameščeni pred vsakim stanovanjem.

SKUPNI PROSTORI

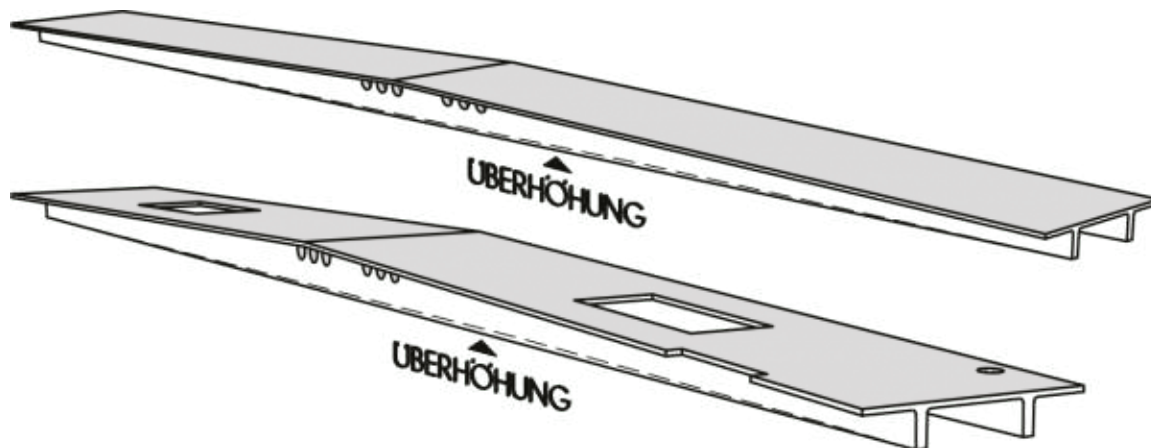
Skupni prostori so: vhod, stopnišča, hodniki, kolesarnica, kotlovnica in prostor za čistila. Razdelilniki skupne rabe, iz katerih se napajajo skupni prostori, so predvideni v hodnikih. Vklapljanje luči je predvideno lokalno s stikali pri vhodu, v stopniščih pa s stopniščnimi avtomati in tipkali z vgrajenimi tlvkami za vsako nadstropje posebej.

3 BETONSKI PREFABRIKATI V PRAKSI – ARHITEKTURA, MOŽNOSTI IZVEDBE

3.1 Prednapeti strešni elementi

Prednapeti strešni elementi so pogosto uporabljeni v industrijskih objektih, kjer je potreba po dosegu večjih razponov strešne konstrukcije, hkrati pa je pomembno zagotoviti hitro in enostavno montažo. Ti elementi omogočajo ustvarjanje strešnih konstrukcij, ki prekrivajo široke površine brez potrebe po dodatnih podpornih stebrih, kar povečuje uporabnost prostora znotraj objekta. Ena izmed glavnih prednosti teh elementov je njihova sposobnost, da zagotovijo večjo stabilnost in nosilnost, kar je izjemno pomembno pri večjih obremenitvah, ki so pogosto prisotne v industrijskih prostorih, kot so skladišča, proizvodne hale in druge podobne strukture.

Poleg tega prednapeti strešni sistemi omogočajo hitro in enostavno montažo, saj so že vnaprej pripravljeni, kar pomeni, da ni potrebe po zapletenih in dolgotrajnih gradbenih postopkih na gradbišču. To ne le skrajša čas gradnje, temveč tudi zmanjša stroške celotnega projekta, saj se zmanjša potreba po dodatnem delu, materialih in opremi. Takšen pristop je še posebej koristen pri večjih gradbenih projektih, kjer je čas ključen dejavnik za ohranjanje konkurenčnosti in zniževanje stroškov. Hkrati pa prednapeti strešni elementi omogočajo večjo fleksibilnost pri oblikovanju notranjih prostorov, saj omogočajo širše odprtine brez dodatnih podpornih struktur, kar prispeva k boljši izrabi prostora.



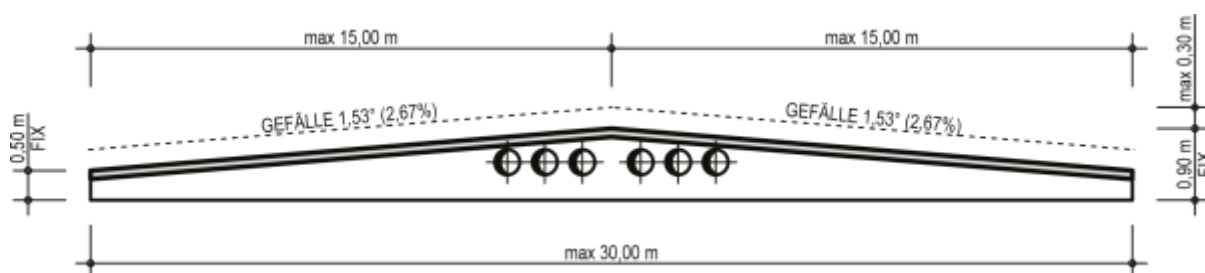
Slika 1: Shema prednapetega strešnega elementa

Vir: (Oberndorfer, Dachelement vorgespannt, Version 13-01, b. d.)

Maksimalni razpon, ki ga lahko dosežejo posamezni prednapeti strešni elementi, znaša kar 30 metrov, kar omogoča prekrivanje zelo širokih območij brez potrebe po dodatnih podporah, kot so stebri ali nosilci. Ta lastnost je še posebej koristna v industrijskih objektih ter drugih velikih gradbenih projektih, kjer so veliki razponi ključnega pomena za optimalno izkoriščanje notranjega prostora in povečanje fleksibilnosti postavitve. Brez dodatnih podpornih struktur je mogoče enostavno oblikovati odprte prostore, ki omogočajo večjo prilagodljivost za različne dejavnosti znotraj objekta.

Poleg tega je maksimalna teža enega elementa lahko do 30 ton, kar omogoča gradnjo izjemno močnih in stabilnih struktur, ki zmorejo prenesti visoke obremenitve in zagotavljajo dolgo življenjsko dobo objekta. Ta visoka nosilnost zagotavlja, da bodo konstrukcije, zgrajene s temi elementi, trajne in odporne na različne vrste obremenitev, bodisi statičnih bodisi dinamičnih, ki se pojavijo med uporabo objekta.

V praksi se pri izdelavi teh prednapetih strešnih elementov najpogosteje uporablja visokokakovostni beton vrste C50/60, ki je znan po svoji izjemni trdnosti in odpornosti na različne zunanje vplive, kot so temperaturne spremembe, vlaga in mehanski pritiski. Takšen beton zagotavlja izredno trajnost elementov, saj je odporen proti obrabi, mehničnim obremenitvam in drugim vremenskim vplivom, kar še dodatno podaljša življenjsko dobo objekta.



Slika 2: Prečni prerez sheme strešnega elementa

Vir: (Oberndorfer, Dachelement vorgespannt, Version 13-01, b. d.)

Kar je prav tako pomembno, je dejstvo, da so ti prednapeti strešni elementi zasnovani tako, da so že ob vgradnji vodotesni. To pomeni, da ne bodo prepuščali vode ali omogočali nastajanja vlage, kar bi lahko ogrozilo strukturo stavbe ter povzročilo morebitne poškodbe materialov in poslabšanje notranje klime. Ta lastnost je še posebej pomembna v okoljih, kjer so vremenski pogoji nepredvidljivi, saj zagotavlja dolgoročno zaščito pred škodljivimi vplivi, kot so dež, snežna voda in druge atmosferske padavine.

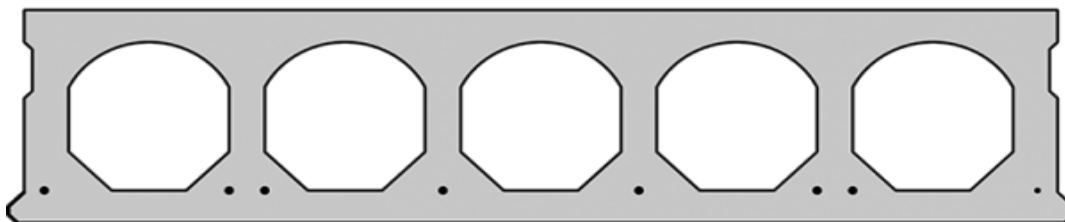
Poleg tega so ti prednapeti strešni elementi že ob vgradnji protipožarno zaščiteni. To pomeni, da so odporni na ogenj in lahko zagotavljajo dodatno varnost v primeru požara. Protipožarna zaščita teh elementov pripomore k večji zaščiti celotne zgradbe in njenih uporabnikov, saj upočasni širjenje požara in poveča čas za evakuacijo ter omogoči učinkovitejše ukrepanje pri gašenju požara. To je še posebej pomembno v industrijskih in javnih objektih, kjer so požari lahko še posebej nevarni zaradi prisotnosti obsežnih materialov in večje gostote ljudi.

3.2 Prednapeti votli stropovi

Prednapeti votli stropovi so napredna vrsta stropnih konstrukcij, zasnovana za doseg velikih razponov, ob tem pa omogočajo optimizacijo prostora z minimalno višino in zmanjšano porabo gradbenih materialov. Ta zasnova omogoča večjo izrabo prostora v zgornjih nadstropjih stavb ter zmanjšanje skupne teže konstrukcije, kar prispeva k večji energetski učinkovitosti objekta. Votli stropovi so del skupine montažnih stropov, kar pomeni, da za njihovo vgradnjo ni potrebnih dodatnih nosilcev. Elementi se preprosto montirajo, stiki med njimi pa se naknadno fugirajo, kar zagotavlja dodatno stabilnost in trdnost celotne konstrukcije.

Te stropne konstrukcije so izdelane v skladu z mednarodnimi standardi, kot je ÖNORM EN 1168, kar zagotavlja skladnost z visokimi kakovostnimi in varnostnimi zahtevami v gradbeni industriji. Ena izmed ključnih prednosti prednapetih votlih stropov je, da omogočajo razpone do 22 metrov, kar omogoča izvajanje novih in inovativnih pristopov pri načrtovanju betonskih objektov. Ta velika fleksibilnost pri razponih omogoča arhitektom in inženirjem oblikovanje večjih, odprtih prostorov brez potrebe po dodatnih podpornih stebrih ali nosilcih, kar povečuje uporabnost prostora v objektih.

Prednapetost, ki se uporablja pri izdelavi teh stropov, zagotavlja, da so stropni elementi že ob vgradnji izjemno stabilni in trdni. Z uporabo prednapetosti se notranje napetosti, ki bi lahko povzročile razpoke ali poškodbe, že vnaprej uravnavajo. Poleg tega prednapeti stropovi omogočajo bistveno manjše upogibe v primerjavi s klasičnimi, neprednapetimi sistemi, kar pomeni večjo trajnost in manjšo verjetnost deformacij tudi pri večjih obremenitvah. Ta lastnost zagotavlja daljšo življenjsko dobo konstrukcije, večjo varnost in stabilnost objekta skozi čas.



Slika 3: Prečni prerez sheme votlega stropa

Vir: (Oberndorfer, VSD Spannbetonhohldielen, Version 13-01, b. d.)



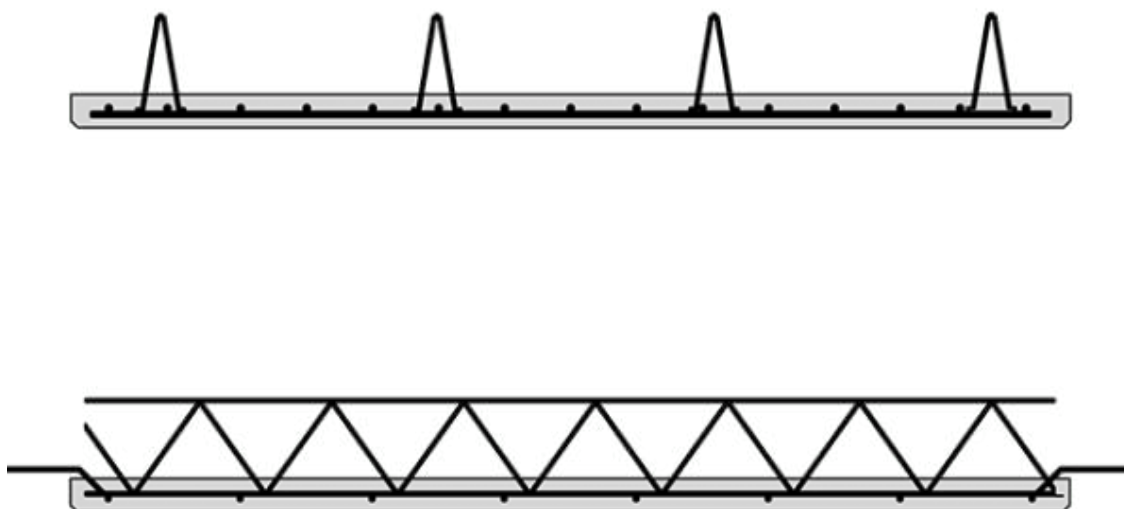
Slika 4: Fotografija prednapetega votlega stropa

Vir: (Oberndorfer, VSD Spannbetonhohldielen, Version 13-01, b. d.)

3.3 Stropni elementi

Stropni elementi so običajno izdelani kot polizdelki v tovarnah, kjer se začetne faze proizvodnje skrbno nadzorujejo, vendar so potrebni še dodatni postopki, da se dosežejo želene konstrukcijske lastnosti. Na gradbišču se elementi dopolnijo z dodatno armaturo, ki je potrebna za doseg ustreznosti nosilnosti in trdnosti konstrukcije. Poleg tega se elementi zalijejo z betonom, ki poveže vse komponente in omogoči, da strop doseže svoje polne statične in mehanske lastnosti. Ta postopek omogoča, da stropni elementi pridobijo optimalno togost, trdnost in odpornost na obremenitve, ki jih bodo prenašali skozi svojo življenjsko dobo.

Stropni elementi, katerih debelina je običajno okoli 5 cm, se proizvajajo v širini do 3 metrov, kar omogoča prilagodljivost pri različnih velikostih in oblikah stropnih konstrukcij. V fazi proizvodnje so že vgrajeni ključni sestavni deli, kot so spodnja armatura in nosilci, ki zagotavljajo, da bodo elementi pravilno povezani z betonom in dosegli svojo maksimalno togost in stabilnost ob vgradnji. Nosilci so bistveni za zagotavljanje trdnosti montaže, saj omogočajo pravilno povezovanje elementov z drugimi deli konstrukcije, kar zagotavlja trajno in varno strukturo.



Slika 5: Prečni prerez sheme stropnega elementa

Vir: (Oberndorfer, Elementdecke, Version 13-01, b. d.)

Stropni elementi so običajno zasnovani kot enosno napeti, kar pomeni, da so napetosti usmerjene v eni smeri. To omogoča enostavno obvladovanje obremenitev in stabilnost konstrukcije. Takšni elementi omogočajo razpone do 7,5 metra, kar jih naredi primerno prilagodljive za širok spekter gradbenih projektov, vključno z industrijskimi objekti, stanovanjskimi zgradbami in komercialnimi prostori. Ti razponi omogočajo večjo prožnost pri načrtovanju, saj omogočajo ustvarjanje večjih odprtih prostorov brez potrebe po dodatnih podporah ali stebrih, kar povečuje funkcionalnost in estetski videz zgradb.



Slika 6: Fotografija stropnega elementa

Vir: (Oberndorfer, Elementdecke, Version 13-01, b. d.)

3.4 *T-T stropni element*

T-T stropni elementi so vrsta stropnih konstrukcij, ki se lahko izvajajo bodisi z uporabo prednapete armature bodisi v klasični izvedbi, odvisno od potreb po nosilnosti in zahtevah projekta. Prednapeti elementi omogočajo večjo stabilnost in zmanjšujejo deformacije pri večjih obremenitvah, medtem ko klasična izvedba zagotavlja enostavnost pri gradnji ter zanesljivost v manjših obremenitvenih pogojih. T-T stropni elementi so še posebej primerni za projekte, ki zahtevajo velike razpone in visoko nosilnost, saj omogočajo optimalno izrabo prostora.

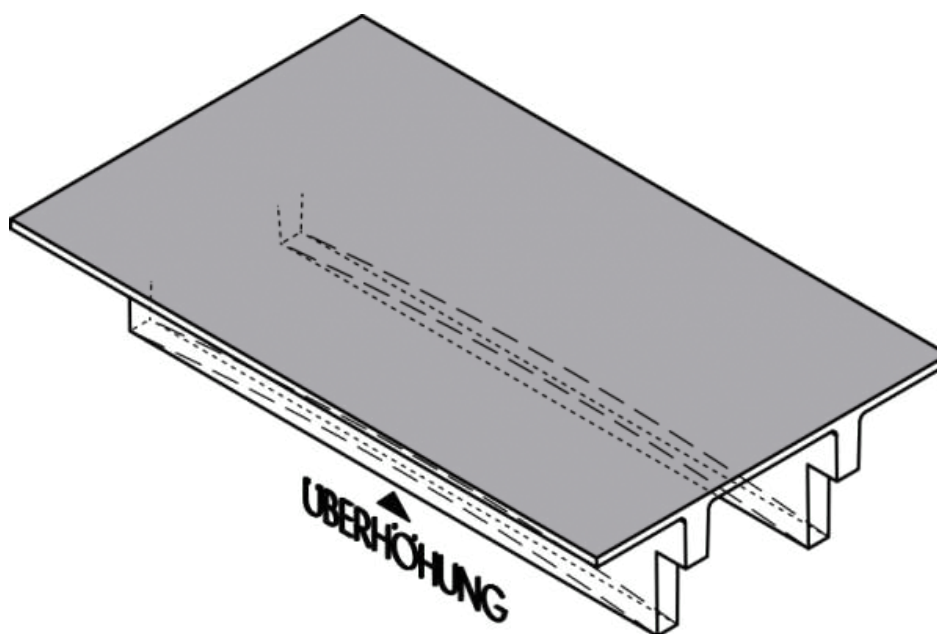
Pogosto se uporabljajo kot talni stropi v industrijskih objektih, kjer so potrebni široki razponi brez dodatnih podpornih stebrih, saj omogočajo nemoten pretok materialov in fleksibilno uporabo prostora. Prav tako so zelo primerni za parkirne hiše, kjer morajo prenašati težke obremenitve vozil, hkrati pa zagotavljati stabilno in varno konstrukcijo. V trgovskih centrih in drugih komercialnih objektih T-T elementi omogočajo doseg širokih razponov, kar omogoča oblikovanje odprtih in prostornih notranjih prostorov.



Slika 7: Fotografija T-T profilov

Vir: (Oberndorfer, TT Typ 1, Version 13-01, b. d.)

Pomembna lastnost T-T stropnih elementov je njihova negorljivost, kar pomeni, da so odporni proti požaru, s čimer zagotavljajo dodatno varnost v primeru nesreč. Ta lastnost je še posebej pomembna v industrijskih in komercialnih objektih, kjer bi posledice požara lahko bile zelo resne. T-T stropni elementi so zato izjemna izbira za projekte, kjer so potrebni veliki razponi in kjer bo konstrukcija izpostavljena težjim obremenitvam, saj združujejo visoko nosilnost, požarno varnost in dolgo življenjsko dobo.



Slika 8: Shema T-T profila

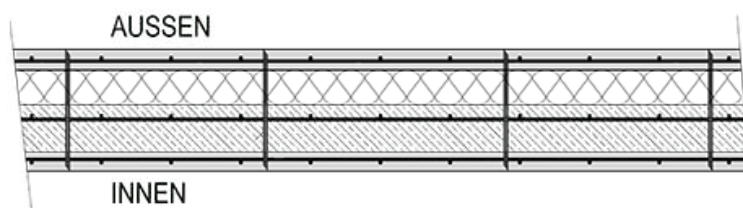
Vir: (Oberndorfer, TT Typ 1, Version 13-01, b. d.)

3.5 Votli stenski elementi

Votli stenski elementi so sestavljeni iz dveh armiranobetonskih lupin, katerih debelina se giblje med 5 in 7 cm. Te lupine so med seboj povezane z armaturnimi palicami, kar omogoča, da so elementi že ob montaži trdno povezani. Po vgradnji se elementi zalijejo z betonom, kar povečuje njihovo trdnost in stabilnost. Dodatne armaturne mreže, nameščene vzdolžno in na vogalih, zagotavljajo še večjo togost in povezanost med elementi, kar omogoča učinkovito prenašanje navpičnih in vertikalnih obremenitev.

Ena ključnih prednosti teh elementov je, da odpravijo potrebo po opazanju in polaganju armature na gradbišču, kar poenostavi gradbeni proces. To pripomore k skrajšanju časa izvedbe in zmanjšanju usklajevanja na gradbišču, saj so elementi že vnaprej pripravljeni in pripravljeni za montažo. Zaradi teh lastnosti so votli stenski elementi priljubljena izbira v številnih gradbenih projektih, saj omogočajo hitrejšo in učinkovitejšo gradnjo.

V zadnjih letih so votli stenski elementi postali še bolj vsestranski z uvedbo novih tehnologij, kot so toplotno izolirani elementi in elementi iz lahkega betona. Te izboljšave so omogočile širšo uporabo teh elementov, saj danes pogosto najdemo takšne elemente v večnadstropnih stavbah, kjer nudijo odlično toplotno in zvočno izolacijo, hkrati pa ohranjajo svojo strukturalno trdnost. Dodatna prednost je, da je sistem popolnoma neodvisen od rastrskih dimenzij, kar omogoča prilagodljivost za specifične zahteve arhitektov in gradbenikov.



Slika 9: Prerez sheme votlih stenskih elementov

Vir: (Oberndorfer, HWE Hohlwandelemente, Version 13-01, b. d.)

Votli stenski elementi se običajno proizvajajo v maksimalnih dimenzijah 12,00 x 3,40 x 0,50 m, kar omogoča fleksibilnost pri načrtovanju različnih vrst objektov. Kakovost betona, ki se uporablja pri proizvodnji teh elementov, je standard C25/30 XC2, kar zagotavlja ustrezno nosilnost in trajnost konstrukcije. Proizvodni postopek vključuje robotsko opažanje, kar zagotavlja izjemno natančnost izvedbe in zmanjšuje možnost napak, s čimer se povečuje kakovost izdelkov.

Uporaba votlih stenskih elementov je zelo široka in sega od klasičnih kletnih sten v enodružinskih hišah do sten v poslovni in stanovanjskih zgradbah ter visoko obremenjenih nosilnih sten v industrijskih objektih. S dodatnimi ojačitvami in zaščitnimi premazi so primerne tudi za zahtevnejše projekte, kot so rezervoarji za gnojnico, hlevi, podporni zidovi in cestni podvozi. Vse te možnosti omogočajo širok spekter uporabe, pri čemer votli stenski elementi zagotavljajo visoko trdnost, odpornost in dolgotrajnost konstrukcij.



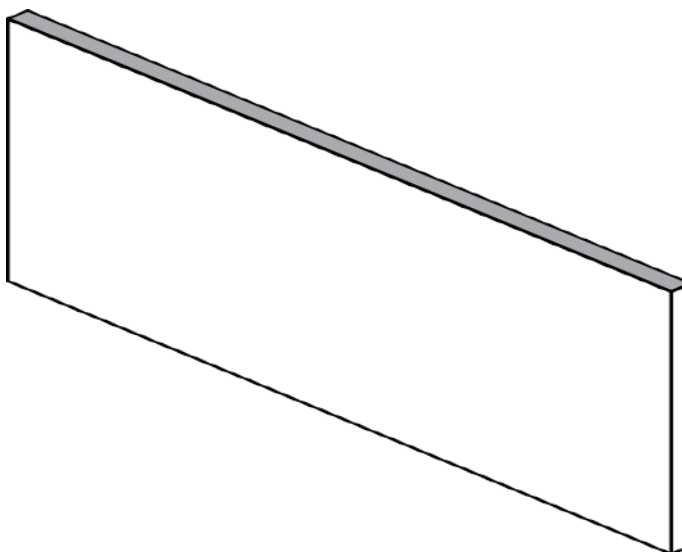
Slika 10: Fotografija vgrajenih stropnih in stenskih elementov

Vir: (Oberndorfer, HWE Hohlwandelemente, Version 13-01, b. d.)

3.6 Masivni betonski stenski elementi

Elementi so široko uporabljeni v različnih aplikacijah, kjer sta potrebni funkcionalnost in estetski videz, kot so fasade, zvočno izolacijske plošče in protipožarne plošče. Zaradi svoje zasnove so ti elementi izjemno prilagodljivi in se lahko vključijo v številne gradbene projekte, kjer so visoke zahteve glede zvočne zaščite, požarne varnosti in vizualne estetike. Z vgradnjo teh plošč nastanejo trdne in trajne stene, ki nudijo zaščito pred hrupom in požarom, obenem pa ohranjajo privlačen videz objektov.

Plošče so med seboj povezane z zatiči, kar omogoča stabilno in varno montažo. Takšna povezava zagotavlja enostavno in hitro vgradnjo brez potrebe po zapletenih postopkih. Plošče so nato pritrjene na nosilce ali vodila, kot so tista, ki jih proizvaja podjetje HALFEN, kar omogoča natančno in stabilno namestitev. Pomembno je, da so pritrditve izvedene na način, da vidna stran plošče ostane optično neprekinjena, s čimer se ohranja estetski videz fasade ali stene brez motenj v vizualni strukturi.



Slika 11: Shema izgleda masivnega betonskega elementa

Vir: (Oberndorfer, Vollbetonwandplatten, Version 13-01, b. d.)

Za dosego željenega videza so na voljo različne možnosti, kot so vgradnja navideznih fug, ki omogočajo ustvarjanje elegantnega, razdeljenega videza na ploščah, podobnega tradicionalnemu zidarskemu delu. Poleg tega je mogoče uporabiti barvni beton, ki omogoča prilagoditev videza plošč glede na arhitekturni stil in zahteve naročnika. To povečuje fleksibilnost pri oblikovanju fasad ali notranjih površin, saj se lahko barva in tekstura betona uskladiata z okoljem in željami strank.

Poleg tega je možno izdelati tudi vdolbine ali odprtine v ploščah, ki se prilagajajo specifičnim potrebam projekta. Te prilagoditve so lahko zasnovane po želji, kar omogoča popolno prilagodljivost pri ustvarjanju prostora za okna, vrata ali druge tehnične elemente, kot so ventilacijski sistemi ali kabli. To povečuje funkcionalnost in estetski videz končne konstrukcije, saj so vsi detajli izvedeni v skladu z zahtevami in željami uporabnikov.



Slika 12: Fotografija primera izvedbe ograje na večstanovanjskem objektu

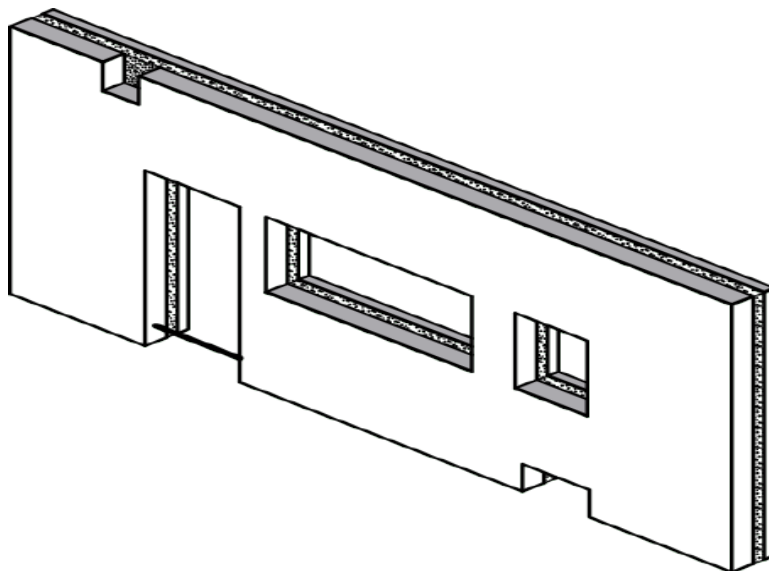
Vir: (Oberndorfer, Vollbetonwandplatten, Version 13-01, b. d.)

3.7 »Sandwich« stenski elementi

Sandwich stenski elementi so izjemno vsestranski in se pogosto uporabljajo kot fasadna zasnova v različnih gradbenih projektih, kjer je ključno združevanje funkcionalnosti z estetskim videzom. Ti elementi so še posebej primerni za aplikacije, kjer sta hkrati pomembna tako toplotna izolacija, kot tudi visokokakovostna betonska površina, ki je vidna na fasadi. Zasnovani so tako, da omogočajo optimalno toplotno zaščito objekta, obenem pa zagotavljajo estetski videz, ki zadostuje sodobnim arhitekturnim zahtevam.

Ena izmed glavnih prednosti teh elementov je možnost prilagoditve debeline posameznih slojev, kot so izolacijski sloj in betonski sloj, glede na specifične zahteve projekta. Tako je mogoče prilagoditi elemente glede na klimatske pogoje, energetske zahteve ali druge tehnične specifikacije objekta. Na ta način je mogoče doseči visoko toplotno izolacijo, medtem ko se ohranja trdnost in estetski videz betonske fasade.

Plošče sandwich elementov so med seboj povezane z zatiči, kar omogoča trdno in stabilno montažo. Elementi so pritrjeni na nosilce, kar omogoča enostavno in hitro montažo ter zagotavlja varnost in trajnost konstrukcije. Če je potrebno, se lahko ti elementi dodatno zaščitijo z fasadno mrežico, kar omogoča izvedbo »demit« fasade. Ta dodatni sloj ne le izboljša zvočno in toplotno zaščito, ampak tudi povečuje trajnost fasade ter ponuja dodatne možnosti za prilagoditev videza zunanosti stavbe.



Slika 13: Shema prikaza sandwich betonske plošče

Vir: (Oberndorfer, Sandwich Fassadenplatten, Version 13-01, b. d.)



Slika 14: Fotografija prikaza vidnih betonov

Vir: (Oberndorfer, Sandwich Fassadenplatten, Version 13-01, b. d.)

»Demit« fasada je priljubljena izbira zaradi svoje funkcionalnosti in estetskega učinka, saj nudi dodatno zaščito pred vremenskimi vplivi ter povečuje energetske učinkovitost objekta. S kombinacijo sandwich stenskih elementov in »demit« fasade lahko dosežemo izjemno energetsko varčnost ter vizualno privlačen končni rezultat, ki izpolnjuje sodobne gradbene standarde.

4 PRIMERJAVE STROŠKOV, ČASA IZVEDBE, OGLJIČNEGA ODTISA

Izbral sem projekt, ki smo ga izvajali v obdobju 2021/2022 in ki predstavlja pomemben mejnik v našem podjetju. Na Jurovski cesti 14a v Lenartu smo zgradili večstanovanjski objekt, ki je obsegal 37 stanovanjskih enot. Ta projekt je bil izjemno zahteven, saj smo se v začetni fazi soočili z različnimi izzivi, predvsem pa z velikim pomanjkanjem delovne sile, kar je postalo ena od glavnih ovir pri zagotavljanju pravočasne izvedbe del. Razmere na trgu so bile takrat precej zahtevne, saj je bila potrebna velika količina usposobljene delovne sile, kar je oteževalo hitrost in kakovost izvedbe.

Vendar pa podjetje Gradnje Lenart d. o. o. vedno stremi k iskanju novih tehnologij in rešitev, ki bi izboljšale produktivnost in kakovost izvedbe. Ko smo se soočili s težavami v zvezi z delovno silo, smo se odločili poiskati inovativne načine za optimizacijo gradbenih procesov. Tako smo naleteli na rešitev v betonskih prefabrikacijskih elementih, ki so predstavljali odlično alternativo tradicionalnim gradbenim metodam.

Uporaba betonskih prefabrikacijskih elementov nam je omogočila hitrejšo in bolj učinkovito izvedbo projekta, saj so ti elementi že vnaprej izdelani in pripravljeni za montažo na gradbišču. To nam je omogočilo, da smo znatno skrajšali čas gradnje in zmanjšali potrebo po obsežnem usklajevanju z različnimi izvajalci. Hkrati pa so betonski prefabrikati omogočili večjo natančnost in kakovost gradnje, saj so bili vsi elementi že vnaprej izdelani pod strogo nadzorovanimi pogoji v tovarni, kar je pripomoglo k večji trajnosti in stabilnosti objekta.

S tem pristopom smo uspeli premagati začetne težave s pomanjkanjem delovne sile, hkrati pa povečali produktivnost in kakovost gradnje. Projekt na Jurovski cesti v Lenartu je tako postal primer dobre prakse, kjer smo z uporabo novih tehnologij uspeli optimizirati gradbeni proces in dosegli visoke standarde kakovosti, kar je še posebej pomembno pri večstanovanjskih objektih, ki zahtevajo natančnost, trajnost in učinkovitost.



Slika 15: Pogled zahodne fasade večstanovanjskega objekta

Vir: (Lastni vir)

Skozi zbiranje ponudb za »klasično« izvedbo in primerjave različnih gradbenih materialov smo se poglobljeno seznanili z vsemi prednostmi in slabostmi posameznih rešitev. Ob pregledu različnih možnosti in upoštevanju zahtev projekta smo prišli do jasnega spoznanja, da so prefabricirani elementi edina prava izbira za naš projekt.

Ob upoštevanju dejavnikov, kot so časovni okvir, kakovost izvedbe, stroški in predvsem dolgotrajna trajnost objekta, so prefabricirani elementi izkazali največje prednosti v primerjavi z bolj tradicionalnimi metodami gradnje. Z njihovo uporabo smo znatno skrajšali čas gradnje, saj so ti elementi že vnaprej izdelani pod strogim nadzorom v tovarni, kar omogoča hitro in enostavno montažo na gradbišču. Hkrati pa so ti materiali omogočili večjo natančnost izvedbe in visoko kakovost končne konstrukcije, saj so izdelani pod kontroliranimi pogoji in brez tveganja za napake, ki se lahko pojavijo pri gradnji na licu mesta.

Z uporabo prefabriciranih elementov smo dosegli tudi večjo energetske učinkovitost in manjšo potrebo po dodatnem vzdrževanju objektov v prihodnosti, kar je dolgoročno prineslo številne prednosti. Poleg tega so ti elementi omogočili večjo fleksibilnost pri oblikovanju in prilagodljivosti arhitekturnih rešitev, saj so bili zasnovani tako, da ustrezajo različnim zahtevam tako glede funkcionalnosti kot estetike.

Na koncu smo prišli do zaključka, da so prefabricirani elementi edina prava izbira, saj ponujajo optimalno kombinacijo kakovosti, hitrosti izvedbe, ekonomičnosti in trajnosti, ki so ključnega pomena za uspešno realizacijo zahtevnega gradbenega projekta.



Slika 16: Tloris nadstropja večstanovanjskega objekta v Lenartu

Vir: (Lastni vir)

4.1 Stroški

Spoznali smo, da uporaba prefabriciranih elementov omogoča izjemne prihranke v smislu delovne sile, ki jo je bilo na trgu izjemno težko pridobiti. Tako v smislu redne zaposlitve, kot tudi najemanja zunanjih izvajalcev delovne sile smo se soočali z resnimi težavami. Z uporabo prefabriciranih elementov pa smo se izognili večini teh težav, saj smo na gradbišču potrebovali le minimalno število delavcev za montažo, kar je bilo ključno za doseg želeno produktivnosti.

Poleg prihranka na delovni sili smo se zavedli, da lahko privarčujemo tudi ogromno časa in zmanjšamo obseg logistike znotraj podjetja. Procesi so postali bistveno enostavnejši in bolj obvladljivi, saj smo morali zagotoviti le zanesljivega partnerja za dobavo elementov, organizirati prevoz na gradbišče ter imeti na voljo dovolj zmogljivo dvigalo za montažo elementov. Te osnovne zahteve so bile enostavno izvedljive, saj so bili vsi ti postopki dostopni, kar je močno poenostavilo celoten gradbeni proces.

V nadaljevanju diplomskega dela bom poskušal strniti vso dokumentacijo, ki je pripomogla k odločitvi za izbiro gradnje s prefabriciranimi elementi. Kljub temu da so cene materialov v zadnjem času precej narasle in za današnje razmere morda niso najbolj aktualne, pa cenovna razlika med klasično izvedbo in izvedbo s prefabriciranimi elementi ostaja približno enaka. Pomembno je poudariti, da so tudi argumenti, zakaj izbrati prefabricirane elemente, še vedno veljavni. Poleg časovnih in logističnih prihrankov ponujajo te rešitve tudi visoko kakovost, večjo energetsko učinkovitost ter manjšo potrebo po dodatnem vzdrževanju v prihodnosti, kar dolgoročno pripomore k večji ekonomski smiselnosti.

V prvem delu primerjalnih tabel se bom lotil primerjave cen betonskih sten debeline 20 cm in maksimalne višine 2,99 m, ki so bile uporabljene pri gradnji večstanovanjskega objekta v Lenartu. Prva tabela, ki jo bom predstavil, vsebuje cene podjetja Preklade d. o. o., naslovljene na Gradnje Lenart d. o. o., in bo služila kot osnova za primerjavo različnih gradbenih pristopov in materialov, ki smo jih upoštevali pri tem projektu. Na ta način želim prikazati, kako se je izbrana tehnologija prefabriciranih elementov izkazala kot najbolj stroškovno učinkovita in optimalna izbira za realizacijo tega kompleksnega gradbenega projekta.

4.1.1 Stene

Cena €/m² za posamezne elemente je bila izračunana na podlagi skupne površine, ki znaša 1.990,00 m², ter skupne teže armature, ki je znašala 32.088,00 kg. Pri tem smo upoštevali, da ima armatura povprečno gostoto, kar pomeni, da vsak kvadratni meter elementov nosi približno 16,23 kg armature. Ta podatek je ključen za določitev stroškov materialov in za bolj natančno primerjavo med različnimi gradbenimi rešitvami.

S tem izračunom smo pridobili natančno predstavo o tem, koliko teže in armature je potrebno za posamezen element ter kakšen vpliv ima ta podatek na skupne stroške izvedbe. Gostota armature v elementih je pomemben faktor, saj neposredno vpliva na ceno materialov in posledično tudi na celoten strošek gradnje. Zaradi tega smo pri izračunih natančno upoštevali vse relevantne spremenljivke, da bi zagotovili čim bolj realen in natančen pregled stroškov.

Tabela 1: Prikaz cenika izvedbe prefabriciranih »sandwich« sten

<i>Element/izvedba</i>	<i>Cena za m²</i>
Prefabricirana betonska »sandwich stena« C25/30 s 6 cm betonsko lupino	29,82 €
Armatura mreža (16,23 kg/m ²)	23,54 €
Betoniranje »dvojnih sten« z betonom kakovosti C25/30; debelina 8 cm	9,80 €
Montaža prefabriciranih betonskih sten, vključno s pritrdilnim materialom ter oporniki	6,90 €
Skupaj cena v €/m²:	70,05 €

Vir: (Lastni vir)

Tabela 2: Prikaz cenika klasične izvedbe betonskih sten

<i>Element/izvedba</i>	<i>Cena za m²</i>
Dvostranski opaz ravni armiranobetonskih obodnih zidov nad kletjo iz montažnih opaznih plošč	18,00 €
Armatura mreža (16,23 kg/m ²)	20,25 €
Betoniranje AB notranjih sten z betonom kakovosti C25/30; debelina 20 cm cena na m ²	20,00 €
Skupaj cena v €/m²:	58,25 €

Vir: (Lastni vir)

V zgornjih tabelah so prikazane cene tako za prefabricirane stene, kot tudi za stene klasične izvedbe. Na podlagi teh primerjav lahko sklenemo, da so prefabricirane stene v osnovi približno 20 % dražje od klasične izvedbe betonskih sten. Vendar pa je pri takšnih izračunih ključno, da ne pozabimo vključiti tudi časovnih faktorjev, saj je čas eden od najpomembnejših dejavnikov pri gradbenih projektih.

Nemški proizvajalec Dennert trdi, da je izvedba prefabriciranih sten »sandwich« sistema kar 30 % hitrejša od klasične izvedbe betonskih sten, kar ni zanemarljiv podatek. Ta hitrost izvedbe pomeni, da se celoten projekt zaključi prej, kar omogoča hitrejši prihod do zaključenega objekta, s tem pa tudi hiter zagon dejavnosti ali prodaje enot. Povečana hitrost gradnje pomeni tudi nižje stroške, povezane z najemom opreme, plačilom za delovno silo in drugimi stroški, ki se kopičijo z vsakim dodatnim dnevom gradnje.

Poleg časovne prednosti pa prefabricirani elementi prinašajo tudi številne druge prednosti, ki prepričajo v izbiro te rešitve. Ena izmed glavnih prednosti je natančnost izvedbe posameznih elementov, saj se le-ti izdelajo v nadzorovanih tovarniških pogojih, kar zmanjšuje možnost napak pri montaži. Nič več ni treba skrbeti za nepravilnosti v gradbenih materialih, saj so prefabricirani elementi že pripravljeni za montažo in pravilno umeščeni na gradbišču.



Slika 17: Primer montaže »sandwich« elementov

Vir: (Lastni vir)



Slika 18: Stabiliziranje »sandwich« elementov s podporniki

Vir: (Lastni vir)

Pomembno je tudi, da pri uporabi prefabriciranih sten ni potrebe po dodatni izvedbi cementnega ometa, kar zmanjša potrebo po dodatnem delu in materialih na gradbišču. Prav tako so okenske in vratne odprtine že pripravljene v samih elementih, kar zmanjšuje potrebo po dodatnem delu, kot so izseki in prilagoditve, kar običajno traja dlje pri klasični izvedbi.

Dodatna prednost so že predpripravljene elektro dozice in niše za strojne inštalacije. To pomeni, da so vse potrebne instalacije že vnaprej pripravljene, kar bistveno skrajša čas za izvedbo elektro inštalacij in drugih priključkov. Prav tako je zaradi standardizacije in predpriprave elementov na gradbišču potrebnih precej manj opaznih materialov, kar zmanjša stroške in čas izvedbe.

V primeru, da objekta ne gradimo z lastniškimi opaži ali drugimi materiali, je najem teh materialov bistveno cenejši, saj zaradi večje hitrosti izvedbe potrebujemo manj časa za montažo, kar zmanjša tudi stroške najema opreme. Skupaj s skrajšanim časom gradnje – kar je ocenjeno na približno 30 % hitreje v primerjavi z običajnim postopkom – se celoten projekt izvede hitreje in z manj stroški, kar pomeni, da je izbira prefabriciranih elementov dolgoročno stroškovno učinkovita kljub začetni višji ceni materialov.

Vse te prednosti, od hitrejše izvedbe, večje natančnosti in manj potrebnega dela na gradbišču, pa do zmanjšanja stroškov najema in materialov, prepričajo, da so prefabricirani elementi še

vedno najboljša izbira za številne gradbene projekte, saj omogočajo večjo produktivnost, boljšo kakovost izvedbe in nižje stroške na dolgi rok.

4.1.2 Plošča

Preračunane enote so bile izračunane na podlagi skupne površine 656,00 m², pri čemer je bila upoštevana skupna količina armirnega jekla v višini 7.544,00 kg. Cena armature znaša 1,45 € na kilogram. Na podlagi teh podatkov smo izračunali, da znaša skupna količina armature na kvadratni meter plošče nad kletjo 20,87 kg/m².

Ta podatek nam pomaga natančneje oceniti količino potrebnega materiala za izvedbo armiranobetonske plošče ter omogoča boljšo kalkulacijo stroškov gradnje. Tako lahko ocenimo ne samo stroške materiala, ampak tudi količino armature, ki bo potrebna za zagotavljanje strukturalne trdnosti in stabilnosti celotne konstrukcije. Takšni izračuni so ključni pri določanju celotne cene projekta, saj omogočajo natančne in realne ocene potrebnih količin materialov ter pripomorejo k boljši obvladovanju stroškov.

Tabela 3: Prikaz cenika izvedbe prefabriciranih montažnih stropov

<i>Element/izvedba</i>	<i>Cena za m²</i>
Prefabricirana betonska plošča C25/30 z 6 cm betonsko lupino	13,46 €
Armatura mreža (11,5 kg/m ²)	16,68 €
Vgradnja dodatne armature na gradbišču (20,87 kg/m ²)	24,83 €
Betoniranje plošče z betonom kakovosti C25/30. Debelina cca. 14 cm	17,40 €
Montaža prefabriciranih betonskih plošč, vključno z vsem pritrdilnim materialom ter oporniki	6,10 €
Skupaj cena v €/m²:	62,47 €

Vir: (Lasten)

Tabela 4: Prikaz cenika klasične izvedbe betonskega stropa

<i>Element/izvedba</i>	<i>Cena za m²</i>
Opaž AB plošče nad kletjo, debeline 30 cm, obračunano na m ² opaža	17,00 €
Armature mreže (16,23 kg/m ²)	23,54 €
Betoniranje AB plošče z betonom kakovosti C25/30. Deb. 30 cm, cena na m ²	32,00 €
Skupaj cena v €/m²:	71,54 €

Vir: (Lasten)

Po pregledu zgornjih tabel lahko sklenemo, da so prefabricirani stropni elementi približno 15 % cenejši v primerjavi s klasično izvedbo. Vendar pa je pri teh izračunih pomembno, da ne pozabimo vključiti tudi kalkulacije časa, saj je ta dejavnik izjemno pomemben za celoten stroškovni izračun. Čeprav so prefabricirani elementi na prvi pogled cenejši, skrajšanje gradbenega časa pripomore k večjim prihrankom, saj zmanjšamo stroške, povezane z najemom opreme, delovno silo ter drugimi nepredvidenimi stroški, ki nastanejo zaradi daljšega trajanja gradnje.

Poleg stroškovnih prednosti pa prefabricirani stropni elementi prinašajo tudi številne druge prednosti, ki prepričajo pri izbiri te rešitve. Ena od teh prednosti je visoka natančnost izvedbe elementov. Ker so ti elementi izdelani v nadzorovanih tovarniških pogojih, je kakovost in natančnost izdelave precej višja kot pri klasični izvedbi, kar pripomore k manj napakam in popravilom med montažo na gradbišču.

Pomembno je tudi, da pri uporabi prefabriciranih stropnih elementov ni potrebe po izvedbi cementnega ometa, saj so ti elementi že predpripravljeni in ustrezno obdelani, kar zmanjša količino potrebnega dela in materialov. Prav tako so ti elementi pogosto že predpripravljeni za vgradnjo elektro dozic, kar pomeni, da ni potrebe po dodatnem delu za izseke ali montažo električnih priključkov.

Poleg tega je pri uporabi prefabriciranih elementov potrebna bistveno manjša količina opaznega materiala. To pripomore k večjemu prihranku pri nakupu ali najemu potrebnih materialov. Če gradbeni projekt ne vključuje lastniških opazev ali drugih materialov, je najem tega materiala bistveno cenejši, saj je gradnja hitrejša in s tem tudi manjša potreba po dolgoročnem najemu opreme.

Vse te prednosti, vključno z večjo hitrostjo gradnje – ki se ocenjuje na približno 30 % hitreje v primerjavi z običajnim postopkom –, pripomorejo k večjim prihrankom pri gradbenih stroških. To pomeni, da so prefabricirani stropni elementi dolgoročno stroškovno učinkovitejši, saj zmanjšajo potrebo po daljšem trajanju gradnje, s tem pa tudi znižajo stroške obratovanja in povečajo produktivnost projekta.



Slika 19: Primer naleganja stropnih elementov na stenske »sandwich« elemente

Vir: (Lastni vir)

4.2 Čas izvedbe

Čas izvedbe z uporabo prefabriciranih elementov se v primerjavi s klasično gradnjo bistveno skrajša, kar je ena izmed ključnih prednosti tovrstnega pristopa. Ena od glavnih značilnosti prefabriciranih elementov je, da je njihova montaža možna takoj po ustrezni predpripravi, saj so vsi potrebni deli že vnaprej natančno izdelani in izrezani v tovarni pod kontroliranimi pogoji. To pomeni, da se lahko gradbeni proces začne takoj in brez nepotrebnega čakanja na izdelavo posameznih elementov neposredno na gradbišču, kot je to običajno pri klasični gradnji.

Pri uporabi prefabriciranih elementov odpade tudi potreba po izvedbi stenskih in stropnih opažev, kar dodatno pospeši gradnjo. Opaži so namreč pri klasični gradnji obvezni, saj je z njimi potrebno ustvariti nosilno strukturo, v katero se vlije beton. V primeru prefabriciranih elementov pa so stene in stropi že vnaprej pripravljeni v tovarni, zato ni potrebe po dolgotrajnem delu z opaži. Na ta način se čas gradnje občutno skrajša, hkrati pa se zmanjša tudi potreba po dodatnem materialu za opažanje, kar pomeni prihranek tako v času kot v stroških.

Zaradi odprave postopkov opaževanja se zmanjša tudi število potrebnih delovnih ur na gradbišču, saj ni več potrebno ročno sestavljanje in razstavljanje opaža. To neposredno prispeva k večji produktivnosti in večji učinkovitosti dela. Hitrejša montaža pomeni, da se lahko projekt zaključi bistveno prej, kar posledično zmanjšuje tudi stroške obratovanja gradbišča in omogoča hitrejši prehod na naslednje faze gradnje, kot so elektroinštalacije, strojne instalacije ali zaključna dela. V nemški reviji *Punktum Betonbauteile* (Verband Österreichischer Betonfertigteilewerke, 2025) celo navajajo, da se lahko celoten čas izvedbe pri uporabi prefabriciranih elementov razpolovi v primerjavi s klasično izvedbo betonskih del.

Tabela 5: Primerjava časa izvedbe na podlagi tabele podjetja Denner

Elementi	Hitrost izvedbe na m²
Prefabricirani elementi s polnim betonom	5 min/m ²
Prefabricirane stene iz »sandwich« konstrukcije	70 min/m ²
Opažni beton	100 min/m ²

Vir: (Dennert, Base – der Fertiggeller, b. d.)

4.3 Druge prednosti prefabriciranih betonov

Druge prednosti prefabriciranih betonov so:

- integrirane elektro požirke in elektro doze za razvode elektrike;
- predpripravljene okenske ter vratne odprtine (skrajša čas izvedbe ter število gradbenih izvajalcev na gradbišču, okna/vrata se lahko predčasno naročijo in s tem skrajšamo čas gradnje),
- podjetje ne potrebuje ne stenskih in ne stropnih opažev;
- ni potrebe po stenskem ometu;
- enostavnejša izvedba del;
- suhi končni produkti;
- visoka kvaliteta končnih materialov;
- natančno doseganje časovnih okvirjev (predvidimo lahko tako produkcijo kot lahko lažje predvidimo terminski plan – manj možnosti za zakasnitev in krajši čas izvedbe);
- lažje predvidljiva končna cena;
- manj dela z vgrajevanjem armature.

4.4 Slabosti prefabriciranih elementov

Slabosti prefabriciranih elementov so:

- težje prilagajanje spremembam, ko so elementi že izdelani;
- potreba po zmogljivejšem žerjavu/avtodvigalu;
- potreben dodaten prostor za dovoz in skladiščenje elementov do vgradnje;
- vgradnja zahteva usposobljen kader;
- zaradi usposobljenosti kadra in potrebe po dodatnih dvigalih je gradnja manj primerna za »etapno« gradnjo enostanovanjskih hiš v lastni režiji.

4.5 Ogljični odtis

Proizvodnja cementa velja za enega najbolj emisijsko intenzivnih industrijskih procesov, saj pri vsakem koraku – od pridobivanja surovin do žganja klinkerja pri zelo visokih temperaturah – nastajajo velike količine ogljikovega dioksida. Zato je podnebna škoda, ki jo povzroča uporaba cementa, precejšnja: ocenjuje se, da proizvodnja cementa prispeva kar 8 % vseh svetovnih izpustov toplogrednih plinov, kar jo uvršča med ključne posamezne vire emisij na globalni ravni.

Kljub temu pa se pričakuje, da bo povpraševanje po cementu po vsem svetu še naprej naraščalo. Glavni razlog za to je izjemna uporabnost cementa v gradbeništvu, saj njegove gradbeno-fizikalne lastnosti omogočajo izdelavo trdnih, trajnih in prilagodljivih konstrukcij. S povečevanjem urbanizacije, rasti prebivalstva in potrebe po novi infrastrukturi ostaja cement nepogrešljiv material za gradnjo stanovanjskih, poslovnih in industrijskih objektov po vsem svetu.

To je problem za podnebje, ker proizvodnja cementa povzroča visoke emisije toplogrednih plinov. To se zgodi prednostno skozi dva procesa. Prvič zaradi procesa gorenja surovine – apnenec se žge v (cementni) klinker pri visoki temperaturi (1450 °C). To vodi do visoke porabe goriva in s tem visoke z energijo povezane emisije. Po drugi strani pa kemična reakcija med žganjem povzroči sproščanje CO₂, ker se apnenec razkisa (VDZ / IBU, 2017; v WWF Deutschland, Klimaschutz in der Beton- und Zementindustrie, Hintergrund und Handlungsoptionen, 2019).

Poleg tega nastanejo emisije zaradi porabe električne energije med mletjem ter prevozom surovin in končnih izdelkov. Vsota toplogrednih plinov v Nemčiji recimo znaša 587 kg ekvivalenta CO₂ na 1000 kg cementa. Med proizvodnim procesom cementa oz. betona se sproščajo številne druge snovi, ki neposredno in posredno vplivajo na emisije toplogrednih plinov. 50 % emisij nastane pri razkisu klinkerja med procesom gorenja v plavžu, tako imenovane procesne emisije. Preostale emisije povzroča energija: zagotavljanje toplote za proces gorenja v plavžu (goriva) in poraba električne energije za postopke mletja, rezkanja in transporta ter transport surovin (VDZ / IBU, 2017; v WWF Deutschland, Klimaschutz in der Beton- und Zementindustrie, Hintergrund und Handlungsoptionen, 2019).

Zaradi betona je cement nepogrešljiva surovina za razvoj infrastrukture in zgradb. Z vidika varstva podnebja je torej nujno iskanje in izvajanje možnosti za proizvodnjo cementa z nizkimi emisijami CO₂ do proizvodne brez CO₂.

Cementarnam brez CO₂ odpirajo nova poslovna področja. Tehničnih pristopov je veliko, nekateri so že na trgu, nekatere pa še raziskujejo. Vendar pa obstaja veliko ovir za uporabo podnebju prijaznejših cementov in betonov. Po eni strani manjkajo ustrezni regulativni okvirni pogoji za uporabo podnebju prijaznejših cementov in betonov. Po drugi strani pa obstoječi prostor za ukrepanje ni izkoriščen. Na primer, pri javnih naročilih se za varstvo podnebja ne upošteva merilo, uporabljeno v postopkih oddaje naročila (WWF Deutschland, Klimaschutz in der Beton- und Zementindustrie, Hintergrund und Handlungsoptionen, 2019).

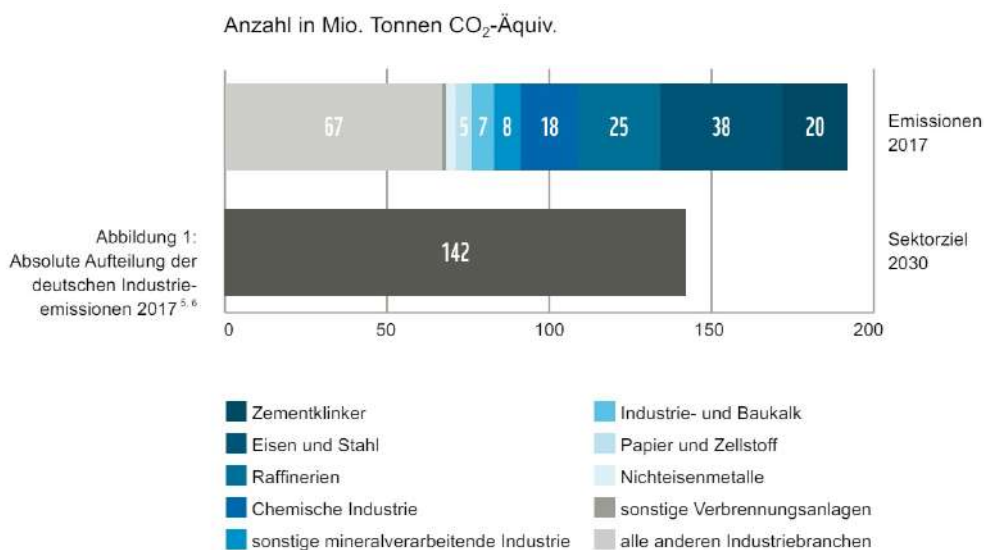
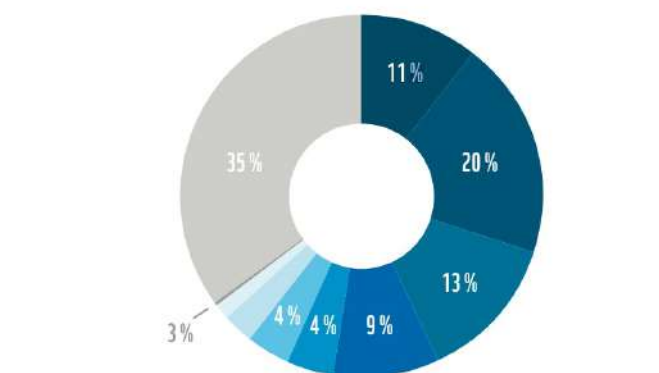


Abbildung 2:
Prozentuale Aufteilung der deutschen Industrieemissionen 2017^{5,6}



⁵ UBA (2016): Pressemitteilung zur ersten Treibhausgas-Prognose-Berechnung 2017

⁶ UBA (2016): Deutsche Emissionshandelsstelle, Treibhausgasemissionen 2017 (VET-Bericht 2017)

⁷ Beyond Zero Emission (2017): Zero Carbon Industry Plan – Rethinking Cement

Graf 1: Graf prikaza procentualnih izpustov za primer Nemčije

Vir: (WWF Deutschland, Klimaschutz in der Beton- und Zementindustrie, Hintergrund und Handlungsoptionen, 2019)

Avtorji spodaj omenjenega dela so izvedli LCA (*Life Cycle Assessment*) fasadnih sistemov v Hong Kongu, da bi primerjali »precast« fasadne betonske panele in »cast in situ« fasadne panele z vidika ogljičnega odtisa. Primerjava je bila opravljena na podlagi ogljičnega odtisa na kvadratni meter fasade, kar omogoča neposredno primerljivost med obema sistemoma.

Izkupiček ogljičnega odtisa prefabricirane fasade je znašal 647 kg CO₂ na enoto, medtem ko je ogljični odtis betonske fasade, izvedene neposredno na gradbišču, dosegel 708 kg CO₂ na enoto. Iz teh rezultatov lahko sklepamo, da prefabricirani elementi prispevajo k zmanjšanju ogljičnega odtisa za približno 6,3 %. Največji delež emisij je posledica proizvodnje cementa in jekla, medtem ko transport in montaža predstavljata razmeroma manjši del celotnega ogljičnega odtisa.

Analiza je prav tako pokazala, da lahko z optimizacijo zasnove, uporabo učinkovitih materialov in recikliranjem odpadkov dodatno zmanjšamo okoljski vpliv obeh tipov fasad. Čeprav razlika v ogljičnem odtisu med prefabricirano in klasično gradnjo ni drastična, je statistično pomembna in potrjuje, da prefabricirana gradnja lahko učinkovito prispeva k zmanjšanju ogljičnega odtisa v gradbeništvu. Rezultati jasno kažejo, da izbira gradbenega sistema lahko vpliva na trajnost objekta skozi celoten življenjski cikel (Dong, Jaillon, Chu & Poon, 2021).

5 ENOSTAVEN NAČRT – PRIMER IZVEDBE V PRAKSI

Enostaven primer izvedbe, ki ponazarja uporabo prefabriciranih elementov, je že omenjeni projekt na strani 19 – blok v Lenartu. Objekt je zasnovan kot večnadstropna stavba s kletjo, pritličjem, tremi nadstropji in mansardo, skupaj s 37 stanovanji. V kletnih prostorih so poleg tehničnega prostora in shramb tudi parkirišča, ki zagotavljajo dovolj prostora za parkiranje prebivalcev in uporabnikov objekta, s čimer se izboljša funkcionalnost in udobje bivanja.

Dimenzije zunanjih gabaritov stavbe v bivalnem delu so približno 35,6 m v dolžino in 17,37 m v širino, kar omogoča precej prostorne in udobne bivalne enote. Zaradi svoje kompleksnosti in kombinacije standardnih ter zahtevnejših konstrukcijskih elementov je ta projekt primeren za analizo in primerjavo različnih gradbenih metod. Ponuja namreč realen vpogled v to, kako se prefabricirani elementi vključujejo v sodobno stanovanjsko gradnjo in kako se obnašajo v praksi.

V tabelah sem upošteval cene različnih vrst elementov, vključno s ploščami in stenami, izvedenimi iz prefabriciranih elementov, ter jih primerjal s »klasično« gradnjo objekta. Namen tega je bil prikazati morebitne razlike v stroških ter oceniti ekonomičnost posameznih gradbenih metod. Na ta način sem želel pridobiti boljšo predstavo o prednostih in slabostih uporabe prefabriciranih materialov v primerjavi s tradicionalno gradnjo, hkrati pa analizirati, kako te razlike vplivajo na celoten projekt tako z vidika časa izvedbe, kot tudi finančnih in praktičnih vidikov gradnje.

6 SKLEP

S pomočjo internih tabel primerjave stroškov izvedbe sem ugotovil, da je klasična opažna plošča po mojih izračunih dražja od prefabricirane plošče, in to za približno 15 %, kar predstavlja precejšnjo razliko v stroških. Ta razlika ni zanemarljiva, saj lahko že z izbiro prefabriciranih elementov prihranimo pomembne zneske pri izvedbi projekta, hkrati pa še vedno ohranimo visoko kakovost izvedbe.

Pri votlih betonskih stenah (sandwich sistem) pa sem ugotovil, da je prefabricirana stena približno 15 % dražja od klasične izvedbe stene. Kljub temu ta razlika ni velika, še posebej ob upoštevanju vseh prednosti, ki jih prinaša uporaba prefabriciranih elementov, kot so hitrejša montaža in manjša potreba po dodatnem delu na gradbišču.

Seveda pri izvedbi prefabriciranih elementov ne smemo pozabiti na dodatne pogoje, kot so potreba po primernem dvigalu za montažo, dodatna usposobljenost kadra, privarčevanje delovne sile ter prihranek pri opažnem materialu. Pomembna prednost je tudi hitrejši čas izvedbe, saj je montaža prefabriciranih elementov bistveno hitrejša, kar vodi v skrajšanje celotnega časa gradnje.

Sklenemo lahko, da se ob primerni opremljenosti s potrebno mehanizacijo prefabricirani elementi definitivno lahko kosajo s klasično izvedbo, predvsem pri betonski plošči, ki je v osnovi že cenejša. Tudi cena prefabricirane stene se stroškovno močno približa klasični izvedbi, predvsem zaradi hitrosti izvedbe in ostalih prednosti, kot so manjša potreba po dodatnem materialu in delovni sili.

Težko je neposredno primerjati čas izvedbe, vendar je po podatkih podjetja Dennert izvedba sandwich sistema 30 % hitrejša od klasične izvedbe betonskih sten, kar bi zagotovo znatno pocenilo gradnjo, predvsem za izvajalca. Hitrejša gradnja pomeni manj dni za izvedbo in posledično nižje stroške na gradbišču, kar še dodatno prispeva k stroškovnim prihrankom pri uporabi prefabriciranih elementov.

Sklepamo lahko, da so investitorji, glede na zgoraj navedene ugotovitve, še vedno relativno slabo izobraženi ali morda celo premalo informirani o prednostih uporabe prefabriciranih elementov. Kot pri vseh novih gradbenih rešitvah, tudi pri prefabrikatah pogosto obstaja strah pred neznanim. Vendar pa sem prepričan, da bo uporaba prefabriciranih elementov v prihodnosti naraščala, saj se bodo prednosti, ki jih prinašajo, vse bolj prepoznavale. Kljub

začetnemu skepticizmu pa se bodo prednosti v obliki hitreje izvedenih projektov, nižjih stroškov ter večje natančnosti izvedbe vedno bolj uveljavile.

Kar zadeva usposobljenost kadra, menim, da je to manjši problem, kot se morda zdi na prvi pogled. Namreč, prefabricirani elementi so v svoji naravi izdelani tako, da jih montaža bolj spominja na montažna dela, kot pa na klasična obrtniška dela. Dela z prefabriciranimi elementi so relativno enostavna in jih je mogoče hitro priučiti. Za montažo teh elementov je običajno potrebna specifična usposobljenost, vendar je ta proces ob ustreznem usposabljanju in uporabi primerne mehanizacije zelo obvladljiv. Z natančnim in sistematičnim pristopom lahko tudi manj izkušeni delavci hitro osvojijo potrebne spretnosti, da postanejo učinkoviti pri montaži prefabriciranih elementov.

Seveda pa je treba priznati, da ni verjetno, da bi prefabricirani elementi postali zelo priljubljeni v manjših projektih, kot so individualne stanovanjske hiše. Pri takšnih projektih so običajno zahteve bolj specifične in prilagojene, prefabricirani elementi pa so lahko včasih preveč standardizirani za te vrste gradnje. Vendar pa se definitivno pričakuje, da bodo prefabricirani elementi vse bolj pogosti v večjih projektih z večjimi zahtevami po hitri izvedbi. Primeri tovrstnih projektov vključujejo večstanovanjske objekte, telovadnice, šole, bolnice, nakupovalna središča in druge javne ali komercialne zgradbe, kjer so prefabricirani elementi idealna rešitev za hitro in učinkovito izvedbo. Pri teh vrstah objektov so prednosti prefabriciranih elementov še posebej očitne, saj omogočajo krajši čas gradnje, večjo natančnost ter zmanjšanje napak in stroškov.

Ob vsem tem pa se zdi, da je prihodnost prefabriciranih elementov svetla, saj omogočajo napreden pristop k gradnji, ki bo v prihodnosti še bolj prepoznan kot standard v industriji gradnje.

Čas gradnje prefabriciranih elementov je, kot navajajo podatki podjetja Dennert, hitrejši od klasične izvedbe in to celo za 30 % ali več. Seveda pa je treba opozoriti, da tega podatka brez resnih študij in primerljivih pogojev ni mogoče v celoti potrditi. Vendar pa se, glede na dosedanje izkušnje in opazovanja pri različnih projektih, definitivno strinjam, da je gradnja s prefabriciranimi elementi bistveno enostavnejša in hitrejša v primerjavi s klasičnimi metodami gradnje.

Prednosti, ki jih prinaša hitrejša montaža, so očitne: zaradi predpriprave elementov v tovarni so vsi sestavni deli že pripravljeni za takojšnjo uporabo na gradbišču, kar pomeni, da je čas, potreben za samo montažo, bistveno krajši. Poleg tega odpadejo številna opravila, kot so

opažanje, dolgotrajno sušenje betona in različne druge faze klasične gradnje. S tem se zmanjša tudi potreba po večji delovni sili, zmanjšajo pa se napake tudi pri izvedbi, kar vodi v večjo produktivnost in manjše stroške.

Vse te prednosti omogočajo, da gradnja s prefabriciranimi elementi postane izjemno učinkovita in ugodna, predvsem pri večjih projektih, kjer je čas izvedbe ključnega pomena. Zato, tudi če ni možno povsem potrditi specifičnih podatkov o 30-odstotni hitrejšem času gradnje, je jasno, da prefabricirani elementi omogočajo bistveno skrajšanje celotnega trajanja gradnje in zmanjšanje potrebnega napora. V nemški izdaji revije *Punktum Betonteile* (Verband Österreichischer Betonfertigteilwerke, 2025) celo navajajo, da se čas vgradnje razpolovi.

Hipotezo, da je gradnja s prefabriciranimi elementi energetsko učinkovita, lahko deloma potrdim. Pri tej vrsti gradnje odpadejo številni koraki, ki so sicer potrebni pri tradicionalnem načinu gradnje, kar prispeva k večji energetski učinkovitosti. Ena izmed ključnih prednosti je, da se izognemo večjim transportom tekočega betona na gradbišču, saj so elementi že vnaprej pripravljeni v tovarni. S tem se zmanjša potreba po transportu, kar posledično pomeni manjšo porabo goriva in zmanjšanje izpustov toplogrednih plinov. Poleg tega se čas gradnje drastično skrajša, kar pripomore k večji učinkovitosti pri porabi energije na gradbišču, saj so dela opravljena hitreje in z manjšo porabo sredstev za ogrevanje, hlajenje in delovanje gradbiščne opreme.

Pri uporabi prefabriciranih elementov je tudi bistveno manj manipulacije s opažnimi materiali, kar pripomore k zmanjšanju porabe energije in potrebnega dela na terenu. Manjša količina transporta materiala in potrebne opreme vodi v nižje stroške za prevoz, hkrati pa zmanjša porabo energije, kot sta elektrika in voda na gradbišču, kar pripomore k večji energetski učinkovitosti celotnega procesa.

Kljub tem prednostim pa moramo upoštevati, da beton, kot smo razbrali iz diplomskega dela, ostaja eden izmed najbolj »potratnih« materialov z vidika porabe energije, predvsem cement, za katerega potrebujemo ogromne količine energije za proizvodnjo. V primeru gradnje s prefabriciranimi elementi sicer ne zmanjšamo potrebe po cementu kot materialu, saj so prefabricirani elementi še vedno izdelani iz armirano-betonske konstrukcije. S tem se ohranja potreba po cementu, kar pomeni, da ne moremo povsem omejiti vpliva na okolje, ki ga povzroča proizvodnja cementa. Torej, kljub temu da se je tehnologija izdelave in vgradnje spremenila in s tem omogočila večjo energetsko učinkovitost v fazi gradnje, pa objekt še vedno vključuje elemente, ki zahtevajo visoke energetske vložke v fazi proizvodnje materialov. To pomeni, da

se energetskim stroškom in vplivom na okolje, povezanim z betonom, v osnovi ne moremo povsem izogniti, vendar pa z večjo učinkovitostjo pri sami izvedbi in vgradnji lahko v veliki meri zmanjšamo skupni energetski odtis gradnje.

7 LITERATURA

- Dennert, Base – der Fertigkeller (b. d.). Pridobljeno s
<https://www.dennert.de/fileadmin/daten/pdf/broschueren/Broschuere-BASE-Fertigkeller.pdf>
- Dong, Y. H., Jaillon, L., Chu, P. in Poon, C. S. (2021). Comparing carbon emissions of precast and cast-in-situ construction methods – A case study of high-rise building façades in Hong Kong. *Journal of Cleaner Production*, 278, 123–134.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020>.
- Kuhta, M. (2017). Beton - avantgardna klasika. V M. Kuhta (ur.), Beton Maribor 2017 (str. 8–20). Ljubljana : ZBS Združenje za beton Slovenije, Ljubljana.
- Oberndorfer, Dachelement vorgespannt, Version 13-01 (b. d.). Pridobljeno s
<https://www.oberndorfer.com/deckensysteme/leichtdachelemente/dachelement-vorgespannt>
- Oberndorfer, Elementdecke, Version 13-01 (b. d.). Pridobljeno s
<https://www.oberndorfer.com/deckensysteme/ed-elementdecke/elementdecke>
- Oberndorfer, HWE Hohlwandelemente, Version 13-01 (b. d.). Pridobljeno s
<https://www.oberndorfer.com/wandsysteme/hwe-hohlwandelemente/hwe-hohlwandelemente>
- Oberndorfer, Sandwich Fassadenplatten, Version 13-01 (b. d.). Pridobljeno s
<https://www.oberndorfer.com/wandsysteme/sandwich-fassadenplatten/sandwich-fassadenplatten>
- Oberndorfer, TT Typ 1, Version 13-01 (b. d.). Pridobljeno s
<https://www.oberndorfer.com/deckensysteme/tt-elemente-vorgespannte-tt-elemente/tt-typ-1>
- Oberndorfer, Vollbetonwandplatten, Version 13-01 (b. d.). Pridobljeno s
<https://www.oberndorfer.com/wandsysteme/vollbetonwandplatten/vollbetonwandplatten>
- Oberndorfer, VSD Spannbetonhohldielen, Version 13-01 (b. d.). Pridobljeno s
<https://www.oberndorfer.com/deckensysteme/vsd-vorgespannte-hohldiele/vsd-spannbetonhohldielen>

- Verband Österreichischer Betonfertigteilewerke. (2025). Vergleich Fertigteil vs. Ortbeton. *Punktum Betonbauteile*, 25–31. Pridobljeno s https://www.voeb.com/service/punktum-betonbauteile/01-2025/2025_1_punktum.betonbauteile.pdf
- WWF Deutschland, Klimaschutz in der Beton- und Zementindustrie, Hintergrund und Handlungsoptionen. (2019). Pridobljeno s https://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publicationen-PDF/WWF_Klimaschutz_in_der_Beton-_und_Zementindustrie_WEB.pdf