VIŠJA STROKOVNA ŠOLA ACADEMIA

MARIBOR

LESENA MEDETAŽNA PLOŠČA KOT ALTERNATIVA ARMIRANOBETONSKI MEDETAŽNI PLOŠČI

Kandidatka: Breda Zorec

Vrsta študija: študentka izrednega študija

Študijski program: Gradbeništvo

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

Mentor v podjetju: David Majcen, dipl. gosp. inž. grad.

Lektor: Milena Žuran, uni. dipl. prof. ang. in slo. jezika

Maribor, 2025

IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA

Podpisana Breda Zorec sem avtorica diplomskega dela z naslovom »Lesena medetažna plošča kot alternativa armiranobetonski medetažni plošči«, ki sem ga napisala pod mentorstvom Vladimirja Dragorajca, univ. dipl. inž. grad.

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predloženo delo izključno rezultat mojega dela,
- sem poskrbel/a, 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.

Ptuj, januar 2026 Podpis študenta:

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju g. Vladimirju Dragorajcu za strokovno pomoč, podporo in strokovne nasvete. Prav tako se zahvaljujem podjetju M. Z. GRADBENIŠTVO d. o. o., tako direktorju kot vsem zaposlenim za vso strokovno pomoč, nasvete in svetovanje ob oblikovanju diplomske naloge ter za omogočanje dostopa do podatkov in gradiv v arhivu podjetja. Zahvaljujem se tudi svoji družini za razumevanje in spodbude.

POVZETEK

V diplomski nalogi se obravnava tehnološka, ekonomska, časovna in akustična primerjava dveh medetažnih konstrukcij: lesene medetažne plošče in armiranobetonske medetažne plošče. Glavni cilj naloge je primerjati in preučiti razlike med konstrukcijskima sistemoma, ju časovno in stroškovno ovrednotiti in oceniti ter ugotoviti, ali obstaja možnost širše uporabe lesene medetažne plošče v sodobnem gradbeništvu.

V uvodu je zajeta predstavitev posameznih gradbenih materialov, kjer so naštete glavne lastnosti materialov, ki vplivajo na delovanje konstrukcij. Diplomska naloga je oblikovana na že izvedenih primerih. Ob tem je armiranobetonska plošča, ki je bolj razširjena v uporabi, prilagojena obstoječemu primeru lesene medetažne plošče, za lažjo primerjavo. Za oba konstrukcijska sistema je predstavljen tehnološki pristop izvedbe s podrobnimi opisi faz in materialov. Po tehnološki predstavitvi izvedbe obeh sistemov sledi stroškovna analiza izvedbe obeh medetažnih plošč. Za oba primera je oblikovan popis s cenami. S pomočjo popisov je oblikovana analiza cene, v sklopu katere je nato razdelana primerjava stroškov gradnje obeh konstrukcijskih sistemov. Poleg stroškovne analize naloga obsega tudi časovno analizo izvedbe gradnje. Ob tem so upoštevane vse tehnološke faze, ki so potrebne za izvedbo plošče. V sklopu časovne analize se ugotavlja, ali je izvedba podanega primera lesene medetažne plošče hitrejša kot izvedba klasične armiranobetonske. Sledi akustična analiza obeh konstrukcij. V sklopu te je izvedena analiza prevajanja zvoka na osnovi mase, pri čemer sta obravnavana dva primera. Ob tem se postavi vprašanje, ali je mogoče z leseno medetažno ploščo doseči akustične lastnosti, ki so primerljive tistim pri armiranobetonskih ploščah. V tem poglavju se pregleda tudi elaborat hrupa, ki je potreben za medetažne konstrukcije. Nadalje se obravnava problematika zagotavljanja dostopnih stanovanj, s fokusom na obnovo v starih mestnih jedrih. Obnova z lesenimi medetažnimi ploščami po eni strani lahko izpolni kulturno zgodovinske pogoje obnove in zaščite, po drugi strani pa lahko zagotovi hitro in konstrukcijsko lahko alternativo.

Naloga ponuja celovit vpogled v primerjavo dveh konstrukcijskih sistemov in predstavlja uporabno izhodišče za odločanje v procesu načrtovanja energetsko in okoljsko učinkovitih objektov.

Ključne besede: lesena medetažna plošča, armiranobetonska medetažna plošča, strošek izvedbe, časovnica izvedbe, zvočna izolativnost.

ABSTRACT

Wooden intermediate floor slab as an alternative to reinforced concrete intermediate floor slab

The thesis addresses the technological, economic, time-related, and acoustic comparison of two intermediate floor structures: a wooden floor slab and a reinforced concrete floor slab. The main goal is to compare and analyse the differences between the two structural systems, to evaluate and assess them in terms of time and cost, and to determine whether there is potential for wider use of the wooden intermediate floor slab in modern construction.

The introduction presents the construction materials, outlining the main properties that influence structural performance. The thesis is based on already executed case studies. For easier comparison, the reinforced concrete slab, more common in use, is adapted to the existing case of the wooden floor slab. For both systems, the technological approach of execution is described in detail, including phases and materials. Following this, a cost analysis of both intermediate floor slabs is carried out. Bills of quantities with prices are prepared for each case, forming the basis for a price analysis and construction cost comparison between the two systems. In addition to the cost analysis, the thesis also includes a time analysis of construction, taking into account all technological phases required for slab execution. The time analysis investigates whether the execution of the given wooden intermediate floor slab case is faster than that of the conventional reinforced concrete slab. An acoustic analysis of both structures follows, focusing on sound transmission based on mass, with two case studies examined. The question is raised whether the wooden intermediate floor slab can achieve acoustic properties comparable to those of reinforced concrete slabs. Furthermore, the thesis discusses the issue of providing affordable housing, with a focus on renovation in historic city centres. Renovation using wooden intermediate floor slabs can, on the one hand, meet cultural and historical requirements for preservation, while on the other hand offering a fast and structurally lightweight alternative.

The thesis offers a comprehensive insight into the comparison of two structural systems and provides a useful basis for decision-making in the planning process of efficient and environmentally sustainable buildings.

Keywords: wooden intermediate floor slab, reinforced concrete intermediate floor slab, construction cost, construction timeline, sound insulation.

KAZALO VSEBINE

1 UVOD 10

1.1 Opis področja in opredelitev problema 10
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 12

2.1 Varstvo pri delu 14

3 LASTNOSTI MATERIALOV 17

3.1 Lastnosti armiranega betona 17
3.1.1 Beton 17
3.1.2 Armaturno jeklo 20
3.1.3 Kompozit armirani beton 20
3.2 Lastnosti lesa 21
3.2.1 Masivni konstrukcijski les 21
3.2.2 Prefabriciran les 24
3.3 Primerjava materialov 26

4 IZVEDBA LESENE MEDETAŽNE KONSTRUKCIJE IN ARMIRANOBETONSKE MEDETAŽNE KONSTRUKCIJE 29

4.1 Izvedba betonske medetažne plošče 29
4.2 Izvedba lesene medetažne plošče 34
4.3 Primerjava izvedbe obeh medetažnih plošč 40

5 STROŠEK IZVEDBE LESENE IN ARMIRANOBETONSKE MEDETAŽNE KONSTRUKCIJE 41

5.1 Lesena konstrukcija 41
5.2 Armiranobetonska konstrukcija 42
5.3 Primerjava stroška izvedbe konstrukcij 44

6 ČASOVNA IZVEDBA LESENE IN ARMIRANOBETONSKE MEDETAŽNE KONSTRUKCIJE 45

7 ZVOČNA PREVODNOST LESENE IN ARMIRANOBETONSKE MEDETAŽNE KONSTRUKCIJE 47

7.1 PRIMERJAVA KONSTRUKCIJ GLEDE NA MASO 49
7.1.1 Armiranobetonska medetažna plošča 49
7.1.2 Lesena medetažna plošča 50
7.1.3 Primerjalna analiza armiranobetonske in lesene medetažne plošče glede na maso 51
7.2 IZBOLJŠANJE ZVOČNE IZOLACIJE 51
7.3 IZKAZ ZAŠČITE PRED HRUPOM 52
8 OBNOVA STARIH MESTNIH JEDER ZA NAMENE ZAGOTAVLJANJA DOSTOPNIH STANOVANJ 55
8.1 ZGODOVINA GRADNJE 55
8.2 PRISTOP K OBNOVI 55
8.3 PREDNOSTI IN SLABOSTI OBNOVE V STARIH MESTNIH JEDRIH 56
9 SKLEP 58
10 BIBLIOGRAFIJA 60

KAZALO SLIK

SLIKA 1: TEMELJNI NAČRT ZA IZVEDBO POPISOV IN KALKULACIJ ZA LESENO MEDETAŽNO PLOŠČO. 13
SLIKA 2: ZAŠČITNA ČELADA. 15
SLIKA 3:VAROVALNI – DRŽALNI PAS 15
SLIKA 4: POSTAVITEV DELOVNEGA ODRA, Z ZAŠČITNO OGRAJO, DOSTOPI IN ROBNIMI DESKAMI 16
SLIKA 5: PRIKAZI OBREMENITEV OZ. NAPETOSTI, KI VPLIVAJO NA LES. 22
SLIKA 6: PRIKAZ SESTAVE KONSTRUKCIJSKO KOMPOZITNEGA LESA. 24
SLIKA 7: KRIŽNO LAMINIRAN LES (CLT). 25
SLIKA 8: IZVEDBA SPODNJE KONSTRUKCIJE ZA PODPIRANJE MEDETAŽNE PLOŠČE S PODPORNIKI, H NOSILCI IN OPAŽNIMI PLOŠČAMI. 29
SLIKA 9: ARMATURNI NAČRT SPODNJE CONE ZA IZVEDBO MEDETAŽNE PLOŠČE 30
SLIKA 10: POLOŽENA ARMATURA PLOŠČE, Z VIDNIMI DISTANČNIKI, ARMATURNIMI PALICAMI IN OJAČITVAMI IN ARMATURNIMI MREŽAMI. 31
SLIKA 11: IZVEDENA ARMIRANOBETONSKA PLOŠČA. 32
SLIKA 12: ARHITEKTURNI PREREZ OBJEKTA Z ARMIRANOBETONSKO PLOŠČO, Z VIDNO SESTAVO MEDETAŽNE PLOŠČE 33
SLIKA 13: NAČRT IZVEDBE KONSTRUKCIJE STROPNIKOV 34
SLIKA 14: VIDNE ODPRTINE ZA STROPNIKE V IZVEDENIH ZIDOVIH NADSTROPJA. 35
SLIKA 15: VIDNI STROPNIKI IN OPAŽ. 35
SLIKA 16: PREREZ Z VIDNO SESTAVO MEDETAŽNE PLOŠČE 36
SLIKA 17: VIDNI LESENI OPAŽ. 37
SLIKA 18: IZVEDBA PODKONSTRUKCIJE IN INSTALACIJ. 38
SLIKA 19: VIDNE OSB PLOŠČE PRED POLAGANJEM ZAKLJUČNEGA TLAKA. 39

KAZALO TABEL

TABELA 1: TRDNOSTNE IN DEFORMACIJSKE LASTNOSTI BETONA. 18
TABELA 2: STOPNJE IZPOSTAVLJENOSTI. 19
TABELA 3: OSNOVNI PODATKI ARMATURE GLEDE NA RAZRED DUKTILNOSTI. 20
TABELA 4: TABELA STANDARDNIH DIMENZIJ REZANEGA LESA. 22
TABELA 5: KARAKTERISTIČNE TRDNOSTI IN TOGOTNE LASTNOSTI MASIVNEGA LESA IGLAVCEV IN TOPOLOVINE. . 23
TABELA 6: RAZREDI TRAJNOSTI LESA GLEDE NA VRSTO LESA. 24
TABELA 7: KARAKTERISTIČNE TRDNOSTI IN TOGOTNE LASTNOSTI LEPLJENEGA LESA. 25
TABELA 8: PRIMERJAVA MATERIALOV. 27
TABELA 9: UPORABLJENI MATERIALI PRI ARMIRANOBETONSKI MEDETAŽNI PLOŠČI. 33
TABELA 10: UPORABLJENI MATERIALI PRI LESENI MEDETAŽNI PLOŠČI. 39
TABELA 11: PRIMERJAVA OBEH TIPOV MEDETAŽNIH PLOŠČ. 40
TABELA 12: POPIS ZA LESENO MEDETAŽNO PLOŠČO. 41
TABELA 13: STROŠEK MATERIALA IN STROŠEK DELA LESENA MEDETAŽNA PLOŠČA. 42
TABELA 14: STROŠEK MATERIALA IN STROŠEK DELA ARMIRANOBETONSKA MEDETAŽNA PLOŠČA. 43
TABELA 15: STROŠEK MATERIALA IN STROŠEK DELA ARMIRANOBETONSKA KONSTRUKCIJA 44
TABELA 16: FAZE IN ČASOVNICA IZVEDBE LESENE MEDETAŽNE PLOŠČE. 45
TABELA 17: FAZE IN ČASOVNICA IZVEDBE ARMIRANOBETONSKE MEDETAŽNE PLOŠČE. 46
TABELA 18: MEJNE VREDNOSTI ZVOČNEGA TLAKA UDARNEGA HRUPA ZA MEDETAŽNE KONSTRUKCIJE PO KLASIFIKACIJI CC-SI 112 IN 113. 48
TABELA 19: MEJNE VREDNOSTI ZRAČNEGA IN UDARNEGA HRUPA ZA MEDETAŽNE KONSTRUKCIJE PO KLASIFIKACIJI CC-SI 122,123,1241,1262 48
TABELA 20: IZRAČUN VREDNOSTI R_W IN $L_{N,W}$ ZA DVA IZVEDENA PROJEKTA. 53

1 UVOD

Tema diplomske naloge je vprašanje, ali lahko lesena medetažna plošča predstavlja alternativo armiranobetonski medetažni plošči. V okviru naloge bosta zajet pregled in analiza izvedbe obeh tipov konstrukcij.

Armiranobetonske medetažne plošče imajo dobre lastnosti in tudi pomanjkljivosti, zato je koristno poznati druge možnosti. Zaradi tega bo v nalogi lesena medetažna plošča predstavljena kot alternativa, ki temelji na tradicionalni gradnji pred pojavom betona.

1.1 Opis področja in opredelitev problema

Gradbeništvo se razvija pod vplivom tehnološkega razvoja, okoljske ozaveščenosti in trajnostnih zahtev. V sodobni gradnji so najpogostejše armiranobetonske medetažne plošče. Zaradi pozornosti na zmanjšanje ogljičnega odtisa in rabe obnovljivih virov se vse bolj uveljavljajo leseni konstrukcijski sistemi.

Naloga raziskuje, ali je lahko lesena medetažna plošča v primerjavi z armiranobetonsko primerljiva iz stroškovnega in časovnega vidika ter hkrati doseže primerljivo raven zvočne prevodnosti. Izvedena je tudi analiza, ali lahko z izvedbo lesenih medetažnih plošč izvedemo obnovo starih mestnih jeder in s tem zagotovimo dostopna stanovanja.

1.2 Namen, cilji in osnovne trditve

Namen diplomske naloge je preučiti leseno medetažno ploščo kot tehnično, ekonomsko in trajnostno primerljivo alternativo armiranobetonski medetažni plošči.

V okviru raziskave bodo obravnavani naslednji cilji:

- Ali je smiselna izvedba lesenih medetažnih plošč namesto armiranobetonskih?
- Primerjati različne izvedbe medetažnih plošč glede na uporabo materialov, tehnologije izvajanja in načinov gradnje.
- Preučiti razlike in izvesti primerjavo med lesenimi in armiranobetonskimi medetažnimi ploščami.

Na podlagi zastavljenih ciljev so oblikovane naslednje hipoteze:

⇒ **H1** – Armiranobetonska medetažna konstrukcija je za 10 % cenejša v izvedbeni fazi od lesene medetažne konstrukcije.

⇒ **H2** – Izvedba lesene medetažne konstrukcije je za 20 % hitrejša kot armiranobetonska konstrukcija.

⇒ **H3** – V objektih armiranobetonska konstrukcija bolje duši prehajanje zvoka preko medetažnih plošč kot lesena medetažna konstrukcija.

⇒ **H4** – Lesene medetažne konstrukcije omogočajo hitro in ekonomično obnovo stanovanj v starih mestnih jedrih za namene zagotavljanja dostopnih stanovanj.

Osnovna trditev v diplomski nalogi je, da lahko lesena medetažna plošča ob ustrezni zasnovi predstavlja kakovostno, hitro in trajnostno alternativo armiranobetonski medetažni plošči, saj omogoča skrajšanje časa gradnje, zmanjša okoljski vpliv ter omogoča večjo prilagodljivost.

1.3 Predpostavke in omejitve

Diplomska naloga temelji na tehničnih podatkih, izračunih in analizah, ki so delno povzete iz praktičnih primerov in delno iz dostopne strokovne literature ter standardov. Predpostavlja se zanesljivost in primerljivost podatkov ter objektivna ocena tehničnih podatkov.

Omejitev pri pisanju naloge predstavlja pomanjkanje podatkov o realnih izvedbah lesenih medetažnih plošč v objektih v Sloveniji in po Evropi.

1.4 Uporabljene raziskovalne metode

Pri izdelavi naloge bodo uporabljena opisna, primerjalna in analitična raziskovalna metoda. Teoretični del je sestavljen iz pregleda lastnosti materialov in gradbene tehnologije konstrukcij. Aplikativni del vključuje izračune stroškov in izvedbo časovnic za oba sistema. Na osnovi zbranih podatkov bo opravljena primerjalna analiza, stroška, časovnice in prevodnosti zvoka.

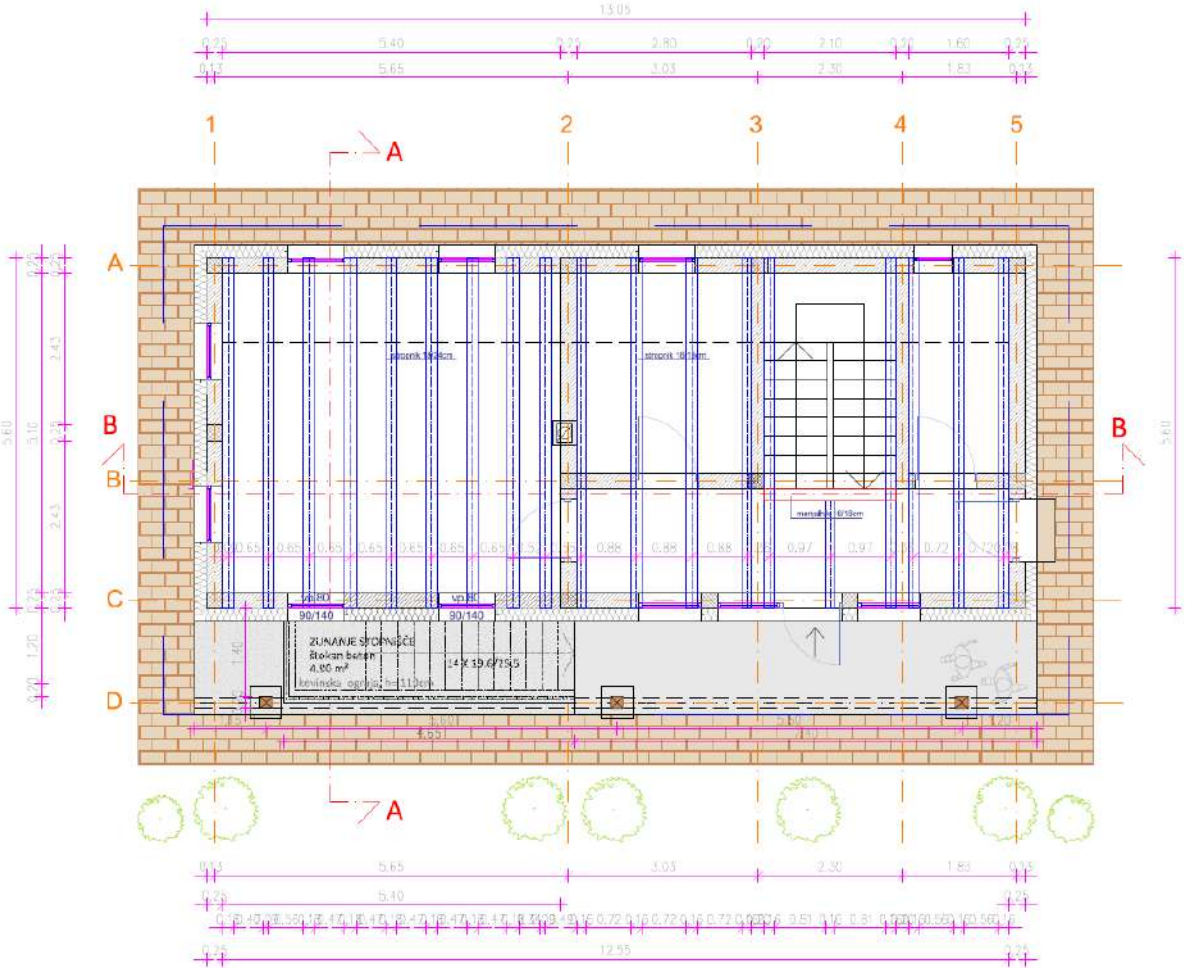
2 DELO V PROJEKTNI SKUPINI

Gradnja je kompleksen proces, ki je organiziran kot projektno delo, ki povezuje različne poklice v gradbeništvu. V sklopu izvedbe je potrebno povezovanje in sodelovanje. V okviru študija se osredotočamo na razumevanje procesov projektnega dela in na razvijanje kompetenc, potrebnih za delo v skupini. V sklopu tega smo na uvodnem srečanju za diplomsko nalogo opravili dva osebnostna testa: Belbinov test in Myers Briggsov test. Prvi je pokazal, da sem v vlogi zaključevalca. Značilnosti le-tega so skrbnost, urejenost, vestnost, prizadevnost. Zaključevalci praviloma dokončajo zadeve, niso brezbrižni, izpolnijo obljube, ne prelagajo zadolžitev. So sposobni visoke koncentracije in visoke stopnje natančnosti, držijo se rokov, pri vodenju imajo visoke standarde. Njihova slabost je skrb zaradi malenkosti in nenaklonjenost. Drugi test je pokazal, da sem introvertirana, domiselna, radovedna in odprta za novo znanje, objektivna in realna, načrtna, odločna, temeljita, organizirana, cenim jasnost in predvidljivost, odločena, samozavestna, mirna in odporna na stres. Na podlagi pridobljenih rezultatov je sledila razporeditev v projektne skupine z jasno opredeljenimi vlogami. V skupini so bile določene naslednje vloge: vodja projekta, projektant, komercialist, kalkulant, oseba za pripravo dela in varnostni koordinator. Razporejene vloge so bile oblikovane na osnovi primerljivih razporeditev vlog na resničnem gradbenem projektu.

Na prvem srečanju skupine smo predstavili izhodiščne ideje za diplomske naloge. Predstavila sem temo, ki se osredotoča na poskus zagotoviti alternativo armiranobetonski medetažni plošči z izvedbo lesene medetažne plošče. Glavni motiv za izbiro teme je bilo iskanje sodobne trajnostne alternative klasični armiranobetonski konstrukciji. V sklopu naloge sem zasnovala celovito primerjalno analizo stroškovne učinkovitosti in časovne izvedbe. S projektno skupino smo oblikovali hipotezo o primerjavi razlike v zvočni prevodnosti medetažnih plošč.

Sledilo je oblikovanje popisov del za obe medetažni konstrukciji, kar je predstavljalo temelj za izdelavo predračuna. Za lažjo izvedbo popisov sem določila, da bo obravnavana medetažna plošča v objektu dimenzije 13,05 x 5,60 m. Pri armiranobetonski plošči smo določili, da se vgradi beton trdnostnega razreda C25/30, z armaturo v količini 150 kg/m^3, nanj se položi EPS toplotna izolacija in izvede cementni estrih. Pri leseni konstrukciji smo posebno pozornost namenili zasnovi slojev in natančno definirali, kako jo izvesti. Konstrukcija vključuje vidne stropnike in opaže, inštalacije in zvočno izolacijo iz mineralne volne, umeščeno znotraj podkonstrukcije. Na podkonstrukcijo je izvedena hodna površina iz OSB plošč.

V sklopu drugega srečanja skupine smo izvedli kalkulacijo cen po oblikovanem popisu. Analiza cene je bila oblikovana po gradbenih normah in je vključevala strošek dela in materiala, po uradnih cenikih dobaviteljev.



Slika 1: Temeljni načrt za izvedbo popisov in kalkulacij za leseno medetažno ploščo.

Vir: (TMD INVEST d. o. o., november 2023)

V okviru tretjega srečanja smo oblikovali terminski načrt, pripravljen v programu Excel v obliki gantograma. Načrt je bil sestavljen na podlagi gradbenih norm, ki so bile osnova za kalkulacijo cene. Načrt je obsegal samo delovne dni, da bi natančno prikazal časovni razpon posamezne faze dela. Za učinkovit potek dela smo preučili, kako analizirati zvočno prevodnost plošče. Zastavili smo, da se preučita tako zračni hrup kot udarni hrup. Zaradi kompleksnosti teme smo se osredotočili izvesti primerjavo na osnovi mase konstrukcije in vključiti analizo podatkov iz dostopne PZI dokumentacije že izvedenih projektov.

Delo v projektni skupini je bilo učinkovito in usklajeno. Jasno razdeljene vloge so omogočile dobro organizacijo dela. Skupinsko delo je pomembno prispevalo k oblikovanju strukture diplomskega dela in prispevalo k razumevanju ključnih vidikov, pomembnih za analizo medetažnih konstrukcij.

2.1 Varstvo pri delu

Izvedba medetažne plošče vključuje delo na višini, uporabo težke gradbene opreme, premeščanje materialov ter izvajanje del, ki pogosto potekajo v spremenljivih vremenskih razmerah. Zaradi kombinacije dejavnikov so delavci izpostavljeni povečanim tveganjem za nastanek poškodb. Zato je pomembno zagotavljanje varnosti in zdravja pri delu. Upoštevanje varnostnih ukrepov je obvezno po Zakonu o varnosti in zdravju pri delu (ZVZD-1) in na osnovi podzakonskih aktov, ki urejajo delo na gradbiščih.

Vse faze izvedbe medetažne konstrukcije predstavljajo specifično tveganje:

– Tveganje padca delavca v globino. Je najpogostejši in najnevarnejši dogodek pri delu na višini, ki lahko povzroči hude poškodbe, trajne zdravstvene posledice in tudi smrt. Do tveganj pride zaradi neuporabe ali nepravilne uporabe osebne varovalne opreme, nestabilne delovne površine, spolzke podlage, čezmernih obremenitev, pomanjkanje ograj, ki preprečujejo padec in zaradi neustrezne organizacije poti in dostopov. Preprečitev padcev je najpomembnejša v sklopu varstva pri delu na gradbišču.

– Tveganje padca in zdrs predmetov (orodje, opaži, armatura …). Padec predmetov je nevaren za delavca, ki opravlja delo na nižjih ravneh ali mimoidoče. Povzroči lahko težke poškodbe ali vodi celo v smrt. Pogost vzrok je slabo varovanje orodja in materiala pred padci, ne-vgradnja ali odstranitev robnih plošč, prepolno delovišča, vibracije ali premikanje delovnega odra, malomarnost in neupoštevanje predpisov.

Da bi se takšnim tveganjem izognili, je treba dosledno upoštevati predpise in zagotoviti uporabo osebne varovalne opreme.

Ukrepi, ki so potrebni na gradbišču:

o Uporaba **varnostne čelade**. Čelada ščiti glavo pred padajočimi predmeti, udarci in poškodbami, ki lahko nastanejo zaradi padajočih predmetov, zdrsov ali izgube ravnotežja. Ob izvajanju dela na višini je treba uporabljati čelado z bradnim trakom, ki prepreči, da čelada ob padcu ali udarcu zdrsne z glave.



Slika 2: Zaščitna čelada.

Vir: (https://www.schloffer.si/osebna-varovalna-oprema)

- Uporaba **varovalnih pasov, namestitvenih pasov in vrvi s spojnimi elementi**. Preprečujejo padec ali ublažijo udarec ob morebitnem padcu.



Slika 3: Varovalni – držalni pas

Vir: (https://www.schloffer.si/osebna-varovalna-oprema)

- Dobra **organizacija gradbišča** je pomembna, ker primerno urejeno gradbišče omogoča boljšo preglednost, zmanjšuje prenatrpanost in pomaga preprečiti nastanek nevarnih dogodkov. Poti, po katerih se delavci gibljejo, morajo biti brez ovir, jasno označene in stabilne. Material mora biti urejen in zložen.

- Pravilna uporaba **delovnega odra** različnih oblik. Oder mora biti pravilno sestavljen, stabilno postavljen in redno pregledan. Zagotavlja varno delovno površino. Omogoča varno gibanje, prehode in dostope, ob tem zagotavlja varnostne ukrepe. Mora imeti vgrajene pokrivne

lopute za prehajanje med nadstropji, zaščitno ograjo, robne deske, varovalne zapore in mreže. Preprečuje padce v globino, tako materiala kot delavcev.

- 

Slika 4: Postavitev delovnega odra z zaščitno ograjo, dostopi in robnimi deskami

Vir: (Lastni vir)

- **Redno usposabljanje delavcev**. Redno morajo biti opravljena izobraževanja in ozaveščanja o varnosti pri delu, pravilih dela na višini in o pravilni uporabi osebne varovalne opreme. Usposabljanje je obvezno. V skladu z načeli varstva pri delu je pomembno, da delavci prepoznajo nevarnosti.

Poleg nevarnosti dela na višini se pri izvedbi armiranobetonske plošče pojavi tveganje, povezano z uporabo opažev in armature. Opažni sistem mora biti stabilno podprt, saj lahko pride pod obremenitvijo do premikov ali se poruši. Pri delu z armaturnim jeklom obstaja tveganje ureznin, udarcev ali zagozditev. Za zmanjšanje nevarnosti morajo delavci uporabljati rokavice in skrbeti za varno odlaganje. Ob betoniranju je treba posvetiti pozornost nevarnosti zdrsov, saj je svež beton spolzek.

Pri lesenih medetažnih ploščah je ob nevarnosti dela na višini prisotna še velika nevarnost ob uporabi krožnih žag in vrtalnikov. Nepravilna uporaba ali neurejeno delovišče lahko povzroči resne ureznine ali poškodbe rok. Ob izvedbi stropnikov je pomembno, da smo pozorni na zdrse materiala, saj lahko povzroči hude poškodbe ali vodi celo v smrt.

Varstvo pri delu je nujen del dela na gradbišču. Ob upoštevanju predpisov, ureditvi gradbišča in pravilni uporabi osebne varovalne opreme se tveganje za nastanek nesreč zmanjša. Zato je potreben stalni nadzor. Ukrepi zagotovijo, da se delo izvaja varno in kakovostno, brez delovnih nesreč.

3 LASTNOSTI MATERIALOV

Gradbeni materiali imajo različne lastnosti. Na osnovi le-teh se določi njihova uporaba. Pomembno je, da se lahko za posamezni projekt določi ustrezen material, ki zadošča zahtevam objekta, obremenitvam in namenu uporabe.

V gradbeništvu je med najpogosteje uporabljenimi materiali beton, ki je ojačan z gradbeno armaturo. Pri armiranobetonski konstrukciji beton prispeva k visoki tlačni trdnosti, uporabljena armatura pa ojača natezno trdnost. Beton ima tudi dobro obstojnost, posebej ob kakovostni izvedbi in zaščiti proti vlagi, mrazu, kemičnim vplivom.

Z ozaveščanjem o velikem ogljičnem odtisu armiranobetonskih konstrukcij se te velikokrat nadomeščajo z naravnimi materiali, ki so trajnostni, imajo manjši ogljični odtis in dajejo toplejši vtis.

3.1 Lastnosti armiranega betona

Armirani beton je sestavljen material iz betonske mešanice in armaturnega jekla, ki se medsebojno dopolnjujeta s svojimi različnimi mehanskimi lastnostmi.

3.1.1 Beton

Beton je mešanica cementa, vode, finega in grobega agregata ter zračnih mehurčkov. V beton se lahko dodajajo različni dodatki: aeranti, plastifikatorji, pospeševala, zavlačevala, gostila, mikrosilika, elektrofiltrski pepel, granulirana plavžna žlindra (Žitnik, Slak, Vratuša, & Berdajs, 2012).

Pozitivni vidik betona je njegova razširjenost, zaradi česar je tudi cenovno dostopen. Najpomembnejša pozitivna lastnost je njegova visoka tlačna trdnost.

Ob navedenih pozitivnih lastnostih ima veliko pomanjkljivosti. Velika pomanjkljivost je, da je zaradi svoje znatno manjše natezne (lahko tudi samo 10 % tlačne) in strižne trdnosti krhek material. V konstrukcijah ga iz tega razloga ojača armaturno jeklo. Armatura in beton predstavljata idealen kompozit za prevzemanje napetosti zaradi svojega identičnega koeficienta temperaturnega raztezka (Šavli, 2025).

Slaba lastnost betona je tudi, da ima zaradi sestave visoko gostoto, posledično ima konstrukcija visoko lastno težo, ki predstavlja velik delež celotne obtežbe konstrukcije.

V zadnjem času se kot njegovo slabost izpostavlja zelo visok ogljični odtis. Do slednjega pride že pri proizvodnji materialov, ki sestavljajo betonsko mešanico.

Pri izbiri betona za vgradnjo upoštevamo njegove mehanske (tlačno, upogibno in natezno trdnost) in reološke (deformacije zaradi obremenitve, krčenje in lezenje) lastnosti. Beton doseže svojo trdnost v 28 dneh.

Kot omenjeno, ima beton visoko tlačno trdnost, ki jo uporabljamo kot ključno merilo za razvrščanje v razrede. Tako je oblikovana tabela trdnostnih razredov, ki zajema tudi druge parametre, kot so upogibna trdnost, natezna trdnost, modul elastičnosti …

Tabela 1: Trdnostne in deformacijske lastnosti betona.

	TRDNOSTNI RAZREDI BETONA														analitični izraz / pojasnilo
	C12/15	C16/20	C20/25	C25/30	C30/37	C35/45	C40/50	C45/55	C50/60	C55/67	C60/75	C70/85	C80/95	C90/105	
f_{ck} (MPa)	12	16	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90	
$f_{ck,cube}$ (MPa)	15	20	25	30	37	45	50	55	60	67	75	85	95	105	
f_{cm} (MPa)	20	24	28	33	38	43	48	53	58	63	68	78	88	98	$f_{cm} = f_{ck} + 8$ (MPa)
f_{ctm} (MPa)	1,6	1,9	2,2	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,1	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0	$f_{ctm} = 0{,}30 \cdot f_{ck}^{(2/3)}$ ≤ C50/60 $f_{ctm} = 2{,}12 \cdot \ln(1 + (f_{cm}/10))$ > C50/60
$f_{ctk,0,05}$ (MPa)	1,1	1,3	1,5	1,8	2,0	2,2	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,2	3,4	3,5	$f_{ctk,0,05} = 0{,}7 \cdot f_{ctm}$ 5% fraktila
$f_{ctk,0,95}$ (MPa)	2,0	2,5	2,9	3,3	3,8	4,2	4,6	4,9	5,3	5,5	5,7	6,0	6,3	6,6	$f_{ctk,0,95} = 1{,}3 \cdot f_{ctm}$ 95% fraktila
f_{cd} (γ_c = 1,5) (MPa)	**8,00**	**10,67**	**13,33**	**16,67**	**20,00**	**23,33**	**26,67**	**30,00**	**33,33**	**36,67**	**40,00**				
f_{cd} (γ_c = 1,2) (MPa)	10,00	13,33	16,67	20,83	25,00	29,17	33,33	37,50	41,67	45,83	50,00				
E_{cm} (GPa)	27	29	30	31	33	34	35	36	37	38	39	41	42	44	$E_{cm} = 22\,[(f_{cm})/10]^{0,3}$ (f_{cm} in MPa)
ε_{c2} (‰)					2,0					2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	za $f_{ck} \geq 50$ MPa $\varepsilon_{c2}(‰) = 2{,}0 + 0{,}085\,(f_{ck} - 50)^{0,53}$
ε_{cu2} (‰)					3,5					3,1	2,9	2,7	2,6	2,6	za $f_{ck} \geq 50$ MPa $\varepsilon_{cu2}(‰) = 2{,}6 + 35\,[(90 - f_{ck})/100]^4$
n					2,0					1,75	1,6	1,45	1,4	1,4	za $f_{ck} \geq 50$ MPa $n = 1{,}4 + 23{,}4\,[(90 - f_{ck})/100]^4$

Vir: (Žitnik, Slak, Vratuša, & Berdajs, 2012)

Zgornja tabela prikazuje razlike med mehanskimi lastnostmi betona med različnimi trdnostnimi razredi. Gre za celovit pregled, ki predstavlja tehnične smernice za razumevanje mehanskih lastnosti. Smernice so namenjene pomoči pri projektiranju.

Pri projektiranju in izvedbi betonskih mešanic je pomembno upoštevati tudi vplive izpostavljenosti okolju. Sicer je beton izjemno odporen, a se v različnih pogojih obnaša različno. Zato se v tehničnih normativih uporablja natančno definiran in določen sistem oznak izpostavljenosti, ki so standardizirane.

Tabela 2: Stopnje izpostavljenosti.

Oznaka izpostavljenosti	Vrsta izpostavljenosti	Skupina vpliva
X0	Ni nevarnosti korozije ali agresivnega delovanja.	Neagresivno okolje.
XC1 **XC2** **XC3** **XC4**	Suho okolje. Vlažno okolje. Zmerno vlažno. Izmenično mokro/suho.	Korozija zaradi karbonizacije.
XD1 **XD3** **XD3**	Zmerno vlažno stika z morsko vodo. Stalno mokro. Izmenično mokro/suho.	Korozija zaradi kloridov, ki ne izvirajo iz morske vode.
XS1 **XS2** **XS3**	Zrak. Trajno potopljeno. Plimovanje, škropljenje in pršenje.	Korozija zaradi kloridov iz morske vode.
XF1 **XF2** **XF3** **XF4**	Zmerna nasičenost, brez sredstev za tajanje. Zmerna nasičenost, s sredstvi za tajanje. Visoka nasičenost z vodo, brez sredstev za tajanje. Visoka nasičenost z vodo, s sredstvi za tajanje.	Zmrzovanje oz. taljenje.
XA1 **XA2** **XA3**	Blago. Zmerno. Močno.	Kemično delovanje.

Vir: (Žitnik, Slak, Vratuša, & Berdajs, 2012)

Zgoraj navedene stopnje so ključne pri določanju zahtev za obstojnost. Ob določitvi izpostavljenosti betona se izbere ustrezen razred betona, debelina zaščitnega sloja in se po potrebi definira dodatna zaščita. Upoštevanje in prilagajanje betonske mešanice vplivom omogoča dolgo življenjsko dobo konstrukcije.

3.1.2 Armaturno jeklo

Armaturno jeklo uporabljamo skupaj z betonom. V konstrukciji prevzema natezne in strižne napetosti.

Najpogosteje se uporablja rebrasto armaturno jeklo v palicah, ki zaradi svoje površinske oblike omogoča dober mehanski oprijem z betonom in s tem zanesljiv prenos sil med obema materialoma.

Armaturno jeklo je izdelano iz jekla z dodatki, ki izboljšajo njegove mehanske lastnosti, kot so duktilnost, varivost in odpornost proti koroziji. V konstrukcijah se najpogosteje uporabljajo jekla kakovosti B500A in B500B.

Tabela 3: Osnovni podatki armature glede na razred duktilnosti.

Armatura	E_s	f_{vk}	f_{yd}	$\sigma_s(\sigma_s = \varepsilon_{ud})$	ε_{ud}	$\varepsilon_{yd} = f_{yd}/E_s$
	(kN/cm^2)	(kN/cm^2)	(kN/cm_2)	(kN/cm^2)	0/00	0/00
S500A	20.000	50	43,5	45,4	22,5	2,17
S500B	20.000	50	43,5	46,6	45,0	2,17

Vir: (Žitnik, Slak, Vratuša, & Berdajs, 2012)

Tabela prikazuje primerjavo mehanskih lastnosti najpogosteje uporabljenih vrst armaturnega jekla.

Armaturno jeklo po obliki delimo tudi na:

– Armaturno jeklo v palicah, večinoma premera od 6 mm do 32 mm, ki se uporablja za vzdolžno in prečno armiranje.

– Armaturne mreže, ki so sestavljene iz varjenih armaturnih palic in se uporabljajo za plošče, stene in tlake.

3.1.3 Kompozit armirani beton

Kot že omenjeno v uvodu poglavja, so armiranobetonske konstrukcije sestavljene iz betona in armaturnega jekla. Beton ima visoko tlačno trdnost, a nizko natezno in strižno trdnost, medtem ko ima jeklo visoko natezno trdnost in duktilnost. Zaradi teh dopolnjujočih se lastnosti delujeta beton in jeklo v konstrukciji kot ena celota, sposobna prenašati kompleksne obremenitve in zagotavljati trajnost ter stabilnost konstrukcije čez celotno življenjsko dobo. Jeklo prevzema natezne in strižne sile, medtem ko beton prenaša tlačne obremenitve.

Za učinkovito delovanje armiranega betona je bistvena dobra adhezija med betonom in armaturo, ki se doseže z:

– ustrezno obliko in razporeditvijo armaturnih palic,

– pravilno vgradnjo,

– zadostno debelino zaščitnega sloja.

Pomemben dejavnik kakovostne izvedbe armiranobetonske konstrukcije je tudi kakovost betona, zlasti agregata v betonu. Na zalitje armaturnih palic vpliva tudi smer in način vgradnje betona, zato je pri izvedbi treba zagotoviti, da beton dobro obdaja vso armaturo brez zračnih žepov in praznin.

3.2 Lastnosti lesa

Les je najstarejši gradbeni material. V objektih je uporabljen za različne konstrukcijske elemente (piloti, stene, strešna konstrukcija, medetažne konstrukcije …). Odlikuje ga predvsem nizka lastna teža in visoka trdnost. Z obdelavo se lahko njegove lastnosti še dodatno izboljšajo. Zato je pri izbiri lesa v gradbeništvu nujno upoštevati, da se uporabljajo različni tipi lesa: masivni konstrukcijski les in prefabricirani les.

3.2.1 Masivni konstrukcijski les

Ker je les naraven material, ima zelo različne fizikalne in mehanske lastnosti, ki jih je treba poznati za pravilno izbiro. Lastnosti se razlikujejo tako med različnimi drevesnimi vrstami kot tudi znotraj iste vrste. Les ima plastno, heterogeno, variabilno in anizotropno strukturo (Gorišek, 2008). Pri obdelavi in vgradnji je nujno upoštevati, da je močno anizotropen, kar pomeni, da je trdnost odvisna od reza lesa.

Masivni les lahko razdelimo po tipu obdelave:

- obli les, ki ni obdelan,
- tesan les,
- žagan les.

V gradbeništvu se največkrat uporablja žagan les iglavcev (smreka, jelka, macesen). Tega razvrščamo glede na vrsto reza: deske, plohi, letve, tramiči, trami. Vrsta reza je definirana z debelino in širino, ki predstavlja standardizirane mere.

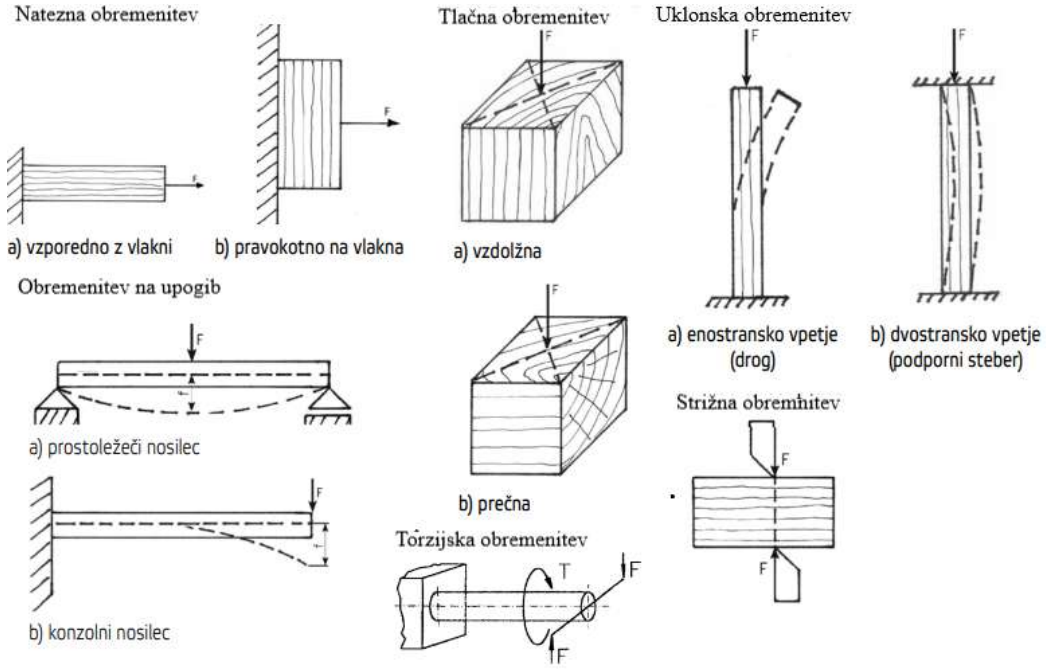
Tabela 4: Tabela standardnih dimenzij rezanega lesa.

Vrsta rezanega lesa	Debelina (mm)	Dimenzije prereza (mm)	Širina (cm)	Dolžina (m)
deske	12, 18, 24, 28, 38		najmanj 8	3,00 do 6,00
plohi	48, 76, 96		najmanj 10	3,00 do 6,00
letve		6/24		1,00 do 1,75
		12/38		
		12/48		
		18/38		2,00 do 2,75
		18/48		
		24/24		3,00 do 6,00
		24/38		
		24/48		
		28/28		
		28/38		
		28/48		
tramiči		38/48		2,00 do 2,75
		38/76		3,00 do 6,00
		48/48		
		48/76		
		76/76		
		76/100		
		100/100		
tramovi		po naročilu nad 100/100		

Vir: (Gruden, 2010)

Najpomembnejša lastnost lesa, ki jo moramo upoštevati pri uporabi, je trdnost. Ta predstavlja odpor materiala proti delovanju zunanjih sil, natančneje odpor proti spremembam oblike in njihovi porušitvi (Geršak, 2018). Konstrukcijski les mora biti odporen na natezno napetost, tlačno napetost, upogibno napetost, strižno napetost, torzijsko napetost in uklonsko napetost.

Slika 5: Prikazi obremenitev oz. napetosti, ki vplivajo na les.



Vir: (Geršak, 2018)

Razdeljen je v trdnostne razrede na osnovi odpornosti na posamezne napetosti. Ti so prikazani v tabelah karakteristične trdnosti (C oznake za iglavce in topole, D oznake za listavce), v katerih razberemo normirano vrednost mehanskih lastnosti različnih vrst lesa.

Tabela 5: Karakteristične trdnosti in togotne lastnosti masivnega lesa iglavcev in topolovine.

Trdnostni razredi		C14	**C16**	C18	C20	C22	**C24**	C27	**C30**	C35	C40	C45	C50	enote
upogib	$f_{m,k}$	14	**16**	18	20	22	**24**	27	**30**	35	40	45	50	MPa = N/mm^2
nateg	$f_{t,0,k}$	8	**10**	11	12	13	**14**	16	**18**	21	24	27	30	
	$f_{t,90,k}$	0,4	**0,5**	0,5	0,5	0,5	**0,5**	0,6	**0,6**	0,6	0,6	0,6	0,6	
tlak	$f_{c,0,k}$	16	**17**	18	19	20	**21**	22	**23**	25	26	27	29	
	$f_{c,90,k}$	2	**2,2**	2,2	2,3	2,4	**2,5**	2,6	**2,7**	2,8	2,9	3,1	3,2	
strig	$f_{v,k}$	1,7	**1,8**	2	2,2	2,4	**2,5**	2,8	**3**	3,4	3,8	3,8	3,8	
modul elastičn.	$E_{0,mean}$	7000	**8000**	9000	9500	10000	**11000**	11500	**12000**	13000	14000	15000	16000	
	$E_{0,05}$	4700	**5400**	6000	6400	6700	**7400**	7700	**8000**	8700	9400	10000	10700	
	$E_{90,mean}$	230	**270**	300	320	330	**370**	380	**400**	430	470	500	530	
strižni modul	G_{mean}	440	**500**	560	590	630	**690**	720	**750**	810	880	940	1000	
	$G_{0,05}$	294	**338**	375	400	419	**463**	481	**500**	544	588	625	669	
gostota	ρ_k	290	**310**	320	330	340	**350**	370	**380**	400	420	440	460	kg/m^3
	ρ_{mean}	350	**370**	380	390	410	**420**	450	**460**	480	500	520	550	

Vir: (Žitnik, Slak, Vratuša, & Berdajs, 2012)

Na zgoraj navedeno trdnost lesa vplivajo tudi naslednje lastnosti:

- Vlažnost: vpliva na dimenzijske spremembe, predvsem na krčenje ali nabrekanje in tudi na pojav razpok in gnitja. Les je higroskopičen, zato lahko vlago vpija ali oddaja. Zaradi teh dejavnikov je treba vgraditi primerno suh les. Suh les je bolj dimenzijsko stabilen, s tem pa se zmanjša tveganje deformacij in poškodb.

- Gostota lesa: je pomembna lastnost, saj gostejši les z večjim deležem kasnega lesa dosega višjo trdnost.

- Orientiranost smeri vlaken: je lastnost, ki jo je treba upoštevati. Les ima izrazito višjo nosilnost in togost v vzdolžni smeri kot v prečni smeri.

Da zagotovimo dolgo življenjsko dobo, moramo upoštevati njegovo trajnost. Ta predstavlja časovno obdobje, v katerem les ohrani svoje naravne lastnosti (Geršak, 2018). Na to vpliva vrsta lesa, čas sečnje (najprimerneje pozimi), neživi dejavniki (padavine, temperature, svetloba)

in živi dejavniki (glive, insekti). Na osnovi teh je les razvrščen tudi v trajnostne razrede, ki določajo, kako trajen je in za kaj ga lahko uporabimo.

Tabela 6: Razredi trajnosti lesa glede na vrsto lesa.

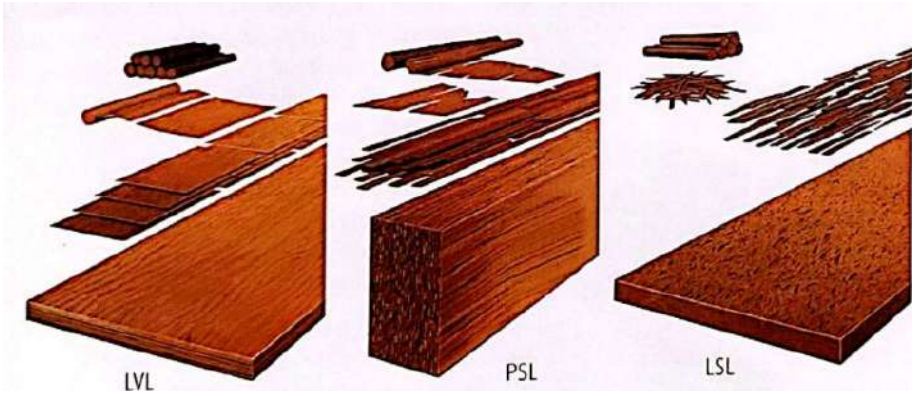
Razred 1	Zelo trajen	Tik, robinija
Razred 2	Trajen	Hrast, kostanj, tisa
Razred 3	Zmerno trajen	Bor, macesen, oreh
Razred 4	Kratko trajen	Smreka, jelka
Razred 5	Ni trajen	Bukev, breza, javor, topol

Vir: (Srpčič & Rožen, 2010)

Pomembna lastnost lesa je lahko tudi njegova akustičnost. To lastnost mu težko določimo, kljub temu pa poznamo vrste lesa, ki so bolje akustične – resonančni les. Takšen les ni primeren za gradbene konstrukcije. Za uporabo v gradbenih konstrukcijah moramo uporabiti lesne vrste, ki zvok dušijo oz. ki zmanjšajo jakost zvoka in njegovo širjenje.

3.2.2 Prefabriciran les

Prefabriciran les je industrijsko izdelan gradbeni element, ki je pogosto sestavljen iz več slojev lesa. S predelavo in obdelavo lesa lahko izboljšamo njegove lastnosti, mu prilagodimo strukturo, določimo preseke in oblike (Šernek, 2008). Značilnost takšnih elementov je, da so sestavljeni iz različnih lesnih vlaken oziroma furnirjev, ki so medsebojno povezani z lepili. Poznamo linijske elemente, ki se vgrajujejo kot konstrukcijsko kompozitni les: slojnat furniran les (LVL – Laminated veneer lumber), pasovno razrezan furnirni les (PSL – Parallel strand lumber) in les z dolgimi traki usmerjenih iveri (LSL – Laminated strand lumber).

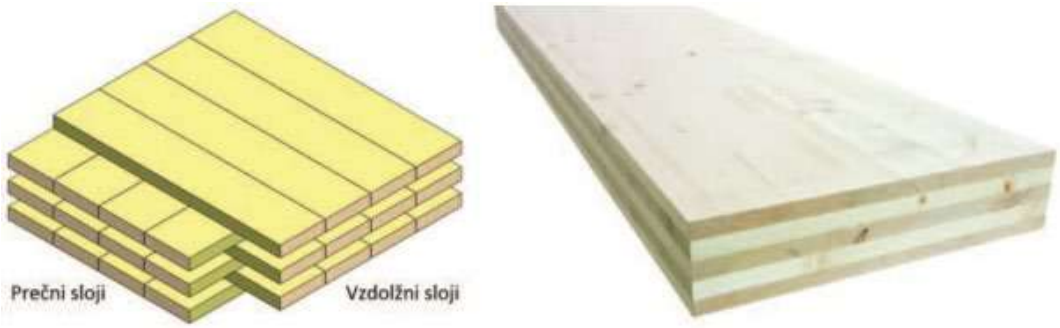


Slika 6: Prikaz sestave konstrukcijsko kompozitnega lesa.

Vir: (Šernek, 2008)

Vlakna so vzporedna z dolžino in so medsebojno zlepljena z lepili, ki imajo visoko trdnost in trajnost, ob tem pa so odporna proti vlagi, vodi, temperaturi in biološkim dejavnikom (Šernek, 2008).

Druga oblika prefabriciranih elementov so ploščasti elementi, kot je križno lepljen laminiran les (CLT – Cross laminated timber, BSH – Brettschichtholz). To obliko prefabriciranega lesa lahko uporabimo kot debelejše elemente za nosilne konstrukcije. Sestavljeni so iz več slojev desk, ki so pravokotno orientirane in povezane z lepili. Križna sestava izboljša dimenzijsko stabilnost in omogoča enakomernejšo razporeditev lastnosti v vzdolžni in prečni smeri, kar se odraža v visoki trdnosti in togosti (Šega & Šernek, 2018).



Slika 7: Križno laminiran les (CLT).
Vir: (Šega & Šernek, 2018)

Prednost kompozitno prefabriciranega lesa je njegova visoka nosilnost v primerjavi s težo, ima dobro dimenzijsko stabilnost in prilagodljivost ter ima povečano požarno odpornost (Šernek, 2008).

Tabela 7: Karakteristične trdnosti in togotne lastnosti lepljenega lesa.

Trdnostni razredi		GL24h	GL28h	GL32h	GL36h	GL24c	GL28c	GL32c	GL36c	enote
upogib	$f_{m,g,k}$	24	28	32	36	24	28	32	36	MPa = N/mm^2
nateg	$f_{t,0,g,k}$	16,5	19,5	22,5	26	14	16,5	19,5	22,5	
	$f_{t,90,g,k}$	0,4	0,45	0,5	0,6	0,35	0,4	0,45	0,5	
tlak	$f_{c,0,g,k}$	24	26,5	29	31	21	24	26,5	29	
	$f_{c,90,g,k}$	2,7	3	3,3	3,6	2,4	2,7	3	3,3	
strig	$f_{v,g,k}$	2,7	3,2	3,8	4,3	2,2	2,7	3,2	3,8	
modul elastičn.	$E_{0,g,mean}$	11600	12600	13700	14700	11600	12600	13700	14700	
	$E_{0,g,0.05}$	9400	10200	11100	11900	9400	10200	11100	11900	
	$E_{90,g,mean}$	390	420	460	490	320	390	420	460	
strižni modul	$G_{g,mean}$	720	780	850	910	590	720	780	850	
	$G_{g,0.05}$	582	632	687	737	582	632	687	737	
gostota	$\rho_{g,k}$	380	410	430	450	350	380	410	430	kg/m^3
	$\rho_{g,mean}$	456	492	516	540	420	456	492	516	

Vir: (Žitnik, Slak, Vratuša, & Berdajs, 2012)

Zgornja tabela prikazuje mehanske in fizikalne lastnosti lepljencev različnih trdnostnih razredov, pri enakih parametrih kot v prejšnjem podpoglavju za masivni konstrukcijski les. Pri tem imamo podane podatke za tipe lepljencev s horizontalno lepljenimi lamelami (h) in kombiniranimi lamelami (c). Iz tabele razberemo, da imajo lepljenci visoko nosilnost, hkrati pa ostajajo lahki in prožni.

Iz analize obeh tipov lesa lahko poudarimo, da imajo lepljenci boljše mehanske lastnosti in večjo dimenzijsko stabilnost, zato so izjemno primerni za sodobne konstrukcije. Njihova prednost je predvsem v večji nosilnosti, možnosti premostitve večjih razponov in v manjši možnosti pojava razpok in deformacij.

3.3 Primerjava materialov

Pri načrtovanju nosilne konstrukcije moramo poznati uporabljene materiale. Izbira vpliva na nosilnost, trajnost, težo konstrukcije, okoljski vpliv in estetiko. Vsi materiali imajo svoje prednosti in slabosti. V fazi načrtovanja se upoštevajo mehanske lastnosti, fizikalne lastnosti, transportne poti in možnosti montaže. Vsi našteti dejavniki vplivajo na čas izvedbe in njen strošek.

V spodnji tabeli je izvedena primerjava treh pogostih sistemov medetažne plošče: armiranobetonska konstrukcija, konstrukcija iz lepljenega lesa GL24h in konstrukcija iz masivnega lesa smreke C24. Pregled vključuje fizikalne in mehanske lastnosti, maso konstrukcije, estetski videz, okoljski vpliv in zahtevnost izvedbe. Vsi podatki, povzeti v tabeli, so namenjeni celoviti oceni primernosti materiala za izvedbo medetažne plošče. Tabela je oblikovana tako, da omogoča hitro primerjavo med materiali.

Pri analizi tabele je pomembno upoštevati, da višje vrednosti mehanskih lastnosti pomenijo boljšo nosilnost, medtem ko nižje vrednosti mase pomenijo manjše gradbene obremenitve.

Tabela 8: Primerjava materialov.

LASTNOST	ARMIRANOBETONSKA KONSTRUKCIJA	KONSTRUKCIJA IZ LEPLJENEGA LESA GL24h	KONSTRUKCIJA IZ LESA C24
Gostota (kg/m3)	2400	456	420
Tlačna trdnost (MPa)	25 (beton C25/30) 500 (jeklo)	24	24
Natezna trdnost (MPa)	2,6 (beton), 500 (jeklo)	16,5	14
Modul elastičnosti	30.000 (beton), 200.000 (jeklo)	11.600	11.000
Masa (kg)	2400 (beton), 150 (armatura).	456	420
Estetika	robustno, masivno, hladno, moderni videz	Topel in naraven videz, homogeno	Topel in naraven videz, ki je raznolik (vozli, razpoke)
Okoljski vpliv	Visok ogljični odtis, težko reciklirati	Nizke emisije	Okolju prijazen, naraven material
Obdelava	Zahtevna (podporniki, opaž, zagladitev, …)	Preprosta (prefabricirano, strojno obdelano, potreben nanos zaščite)	Preprosta (strojno obdelano, potreben nanos zaščite)

Vir: (Lastni vir)

Slaba lastnost armiranobetonske konstrukcije je zelo visoka gostota, posledično tudi visoka masa in visoka lastna teža. Slednja vpliva na visoko obtežbo konstrukcije. Dobra lastnost visoke mase je visoka nosilnost in togost, prav tako dobra zvočna in požarna odpornost. Zaradi svojih lastnosti je armiranobetonska konstrukcija primerna za masivne, trajne konstrukcije, ki ne potrebujejo veliko vzdrževanja. Slaba lastnost je tudi visok ogljični odtis, ki nastane v proizvodnji

osnovnih materialov (cement in jeklena armatura), pri vgradnji (veliko vode in agregata) in v fazi rušitve oziroma predelave. Estetski vidik betona navduši predvsem s svojim hladnim in modernim videzom, ki deluje robustno.

Ugodno razmerje med tlačno trdnostjo in nizko maso odlikuje konstrukcije iz lepljenega lesa. Zaradi te lastnosti je material prožnejši in manj krhek pri obremenitvi na upogib. Velika prednost lepljencev je, da so prefabricirani, strojno obdelani in homogeni. S tem ima material manj napak, je stabilnejši in odpornejši na delovanje torzije, tlaka, natega (se ne zvija, poka, upogiba). Ogljični odtis je bistveno manjši, kot ga ima armiranobetonska konstrukcija. Za dolgotrajnost lesa je nujno uporabiti zaščitna sredstva pred vlago, insekti in glivami. Lesene konstrukcije imajo topel in naraven videz, ki vpliva na prijetno bivalno okolje.

Masivni konstrukcijski les ima zadovoljivo nosilnost. Njegove pomanjkljivosti so nehomogenost, raznolika struktura z vozli, razpoke in druge nepravilnosti, ki lahko vplivajo na nosilnost. Pomanjkljivost je tudi njegova občutljivost, na zunanje vplive, zato je treba les zaščititi s premazi in redno vzdrževati nanose. Velika prednost masivnega lesa je njegova naravnost oziroma nepredelanost. Med primerjanimi materiali ima zelo majhen ogljični odtis, je popolnoma obnovljiv in razgradljiv. Masivni les ima, podobno kot lepljen les, topel in naraven videz, ki vpliva na prijetno bivalno okolje.

4 IZVEDBA LESENE MEDETAŽNE KONSTRUKCIJE IN ARMIRANOBETONSKE MEDETAŽNE KONSTRUKCIJE

4.1 Izvedba betonske medetažne plošče

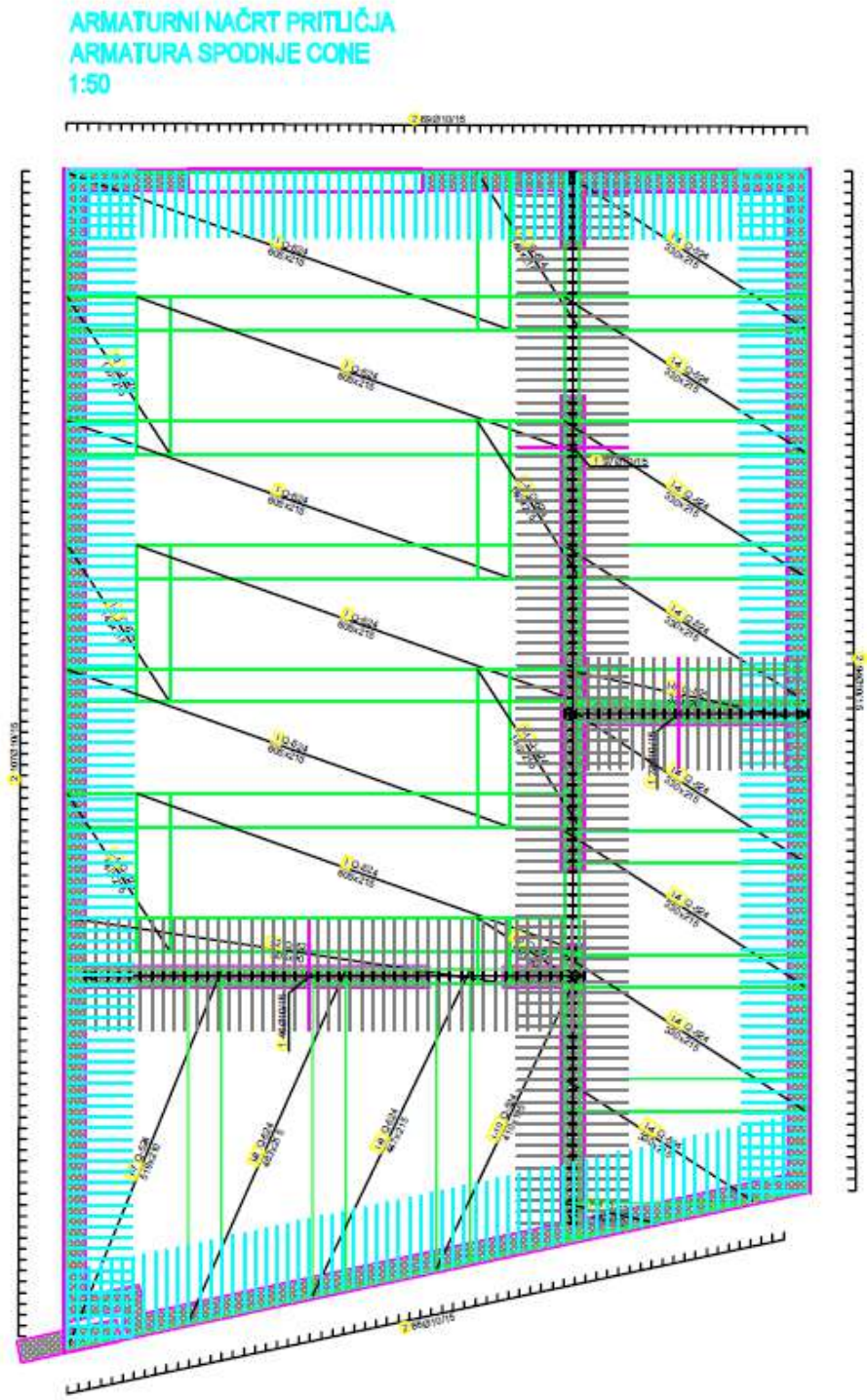
Za izvedbo armiranobetonske medetažne plošče je neizogibna izvedba podporne konstrukcije, ki je namenjena izvedbi in podpiranju betonske plošče vse do dosega njene polne trdnosti. Podporna konstrukcija vključuje po višini nastavljive podpornike in H nosilce, ki so položeni v vzdolžni in prečni smeri. S tem se zagotovi stabilna osnova, na katero položimo opažne plošče, ki so osnova za polaganje armature nanjo. Sočasno s horizontalnim polaganjem opažnih plošč se izvede robni opaž v višini debeline plošče.



Slika 8: Izvedba spodnje konstrukcije za podpiranje medetažne plošče s podporniki, H nosilci in opažnimi ploščami.

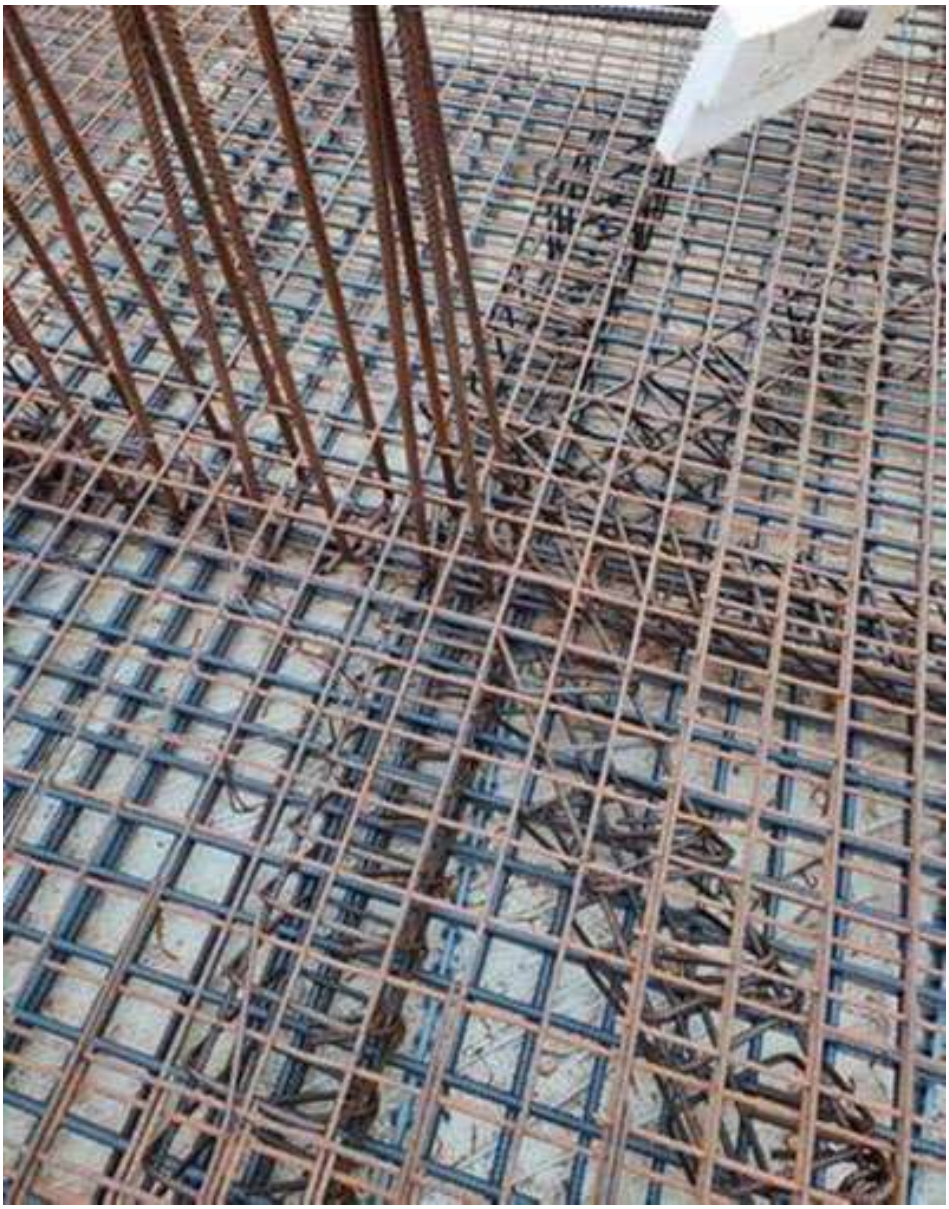
Vir: (Lastni vir)

Armaturne mreže položimo na distančnike, ki zagotavljajo ustrezen zaščitni sloj betona. Sledi izvedba, položitev in vezanje armaturnih palic, robnih vencev, ojačitev, položitev distančnih kač in zgornje cone armaturnih mrež. Izvedba armature je natančno določena v armaturnem načrtu, ki je del načrta gradbenih konstrukcij.



Slika 9: Armaturni načrt spodnje cone za izvedbo medetažne plošče

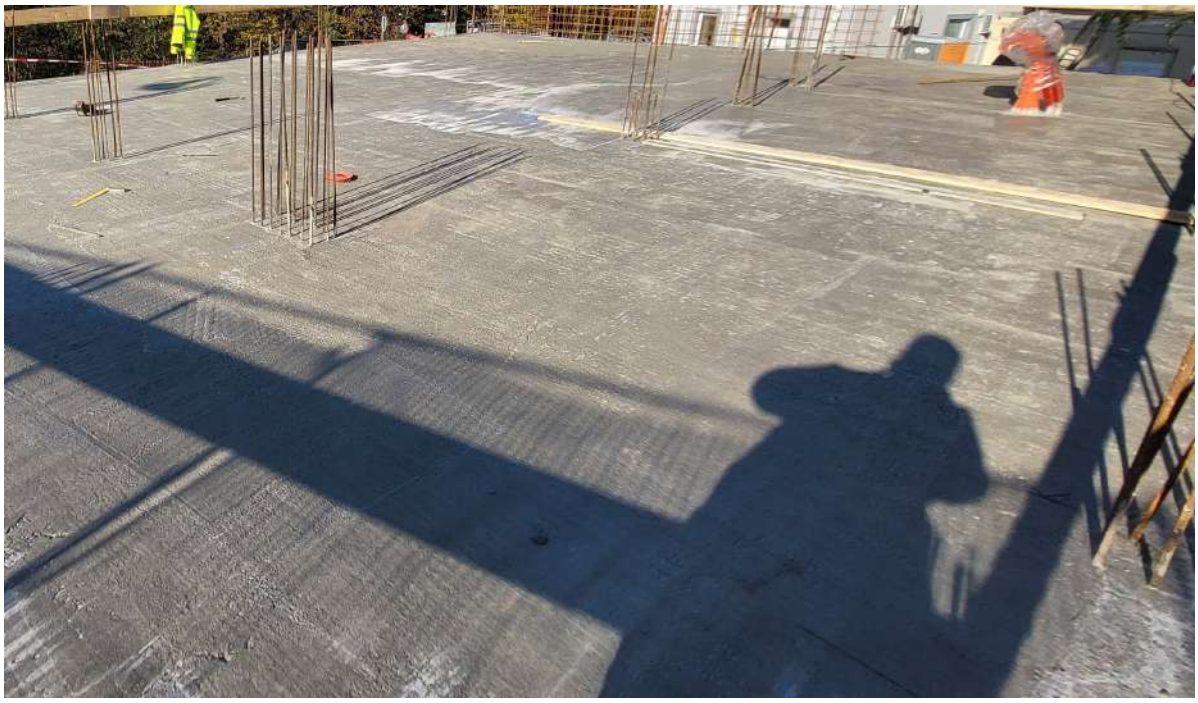
Vir: (AGJ d. o. o., November 2024)



Slika 10: Položena armatura plošče, z vidnimi distančniki, armaturnimi palicami in ojačitvami in armaturnimi mrežami.

Vir: (Lastni vir)

Po zaključenem polaganju armature se izvede betoniranje plošče. Za medetažno ploščo se uporabi beton trdnosti C25/30. Beton je ob vgradnji treba vibrirati, da se iz mase iztisnejo zračni mehurčki in se s tem zagotovi enotna struktura. Na zgornji strani se površino zagladi.

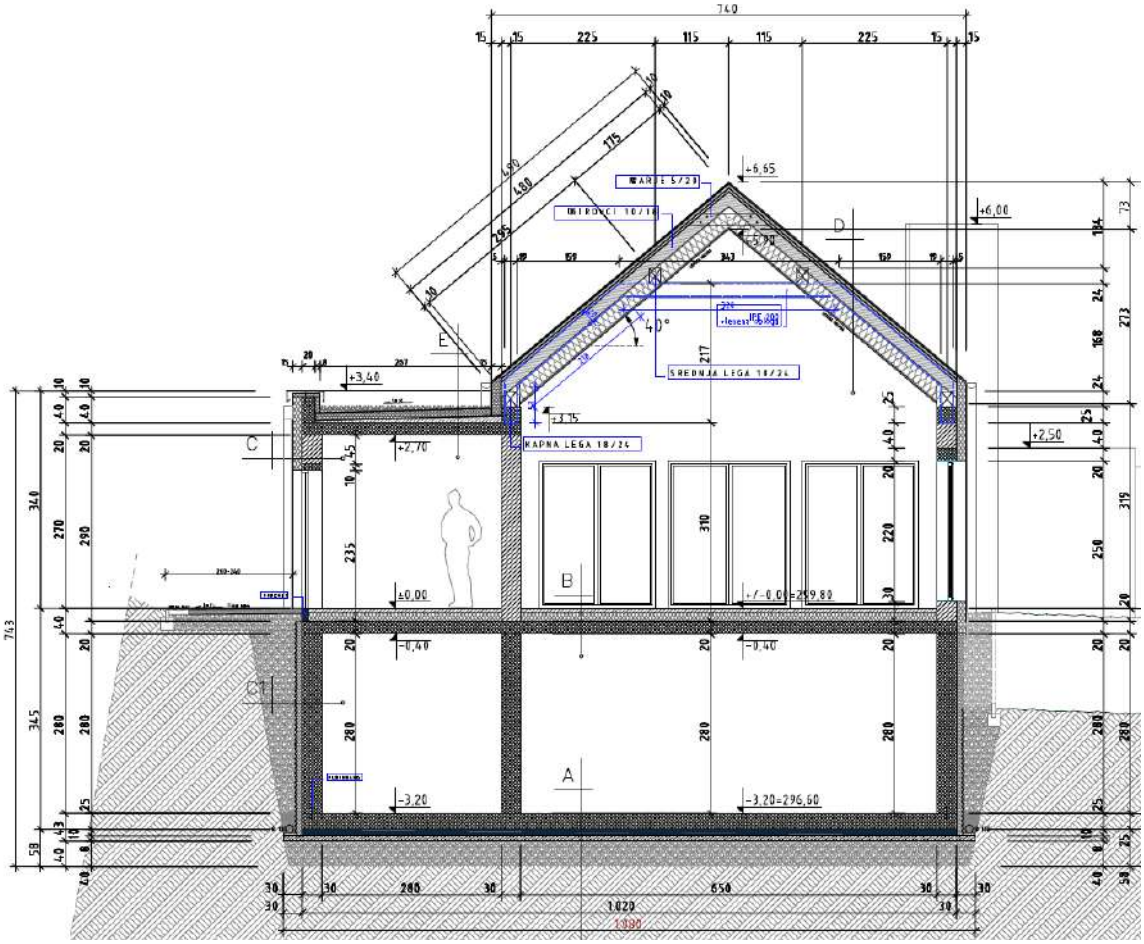


Slika 11: Izvedena armiranobetonska plošča.

Vir: (Lastni vir)

Armiranobetonska konstrukcija potrebuje čas, da se strdi in doseže svoje mehanske lastnosti, zato je pomembno, da se podpornike odstrani postopoma. Ko beton doseže svojo karakteristično trdnost (predvidoma po 28 dneh), se odstranijo vsi podporniki.

Pred izvedbo zaključnega tlaka se na izvedeno medetažno ploščo položi toplotna in zvočna izolacija iz EPS plošč. Med njimi se namestijo razvodi elektro instalacij in strojnih instalacij. Ob robu zidov in stebrov izvedemo robni trak, ki preprečuje širjenje hrupa. Na EPS položimo ločilno folijo, nato se izvede cementni estrih debeline 6 cm.



Slika 12: Arhitekturni prerez objekta z armiranobetonsko ploščo, z vidno sestavo medetažne plošče

Vir: (AGJ d. o. o., November 2024)

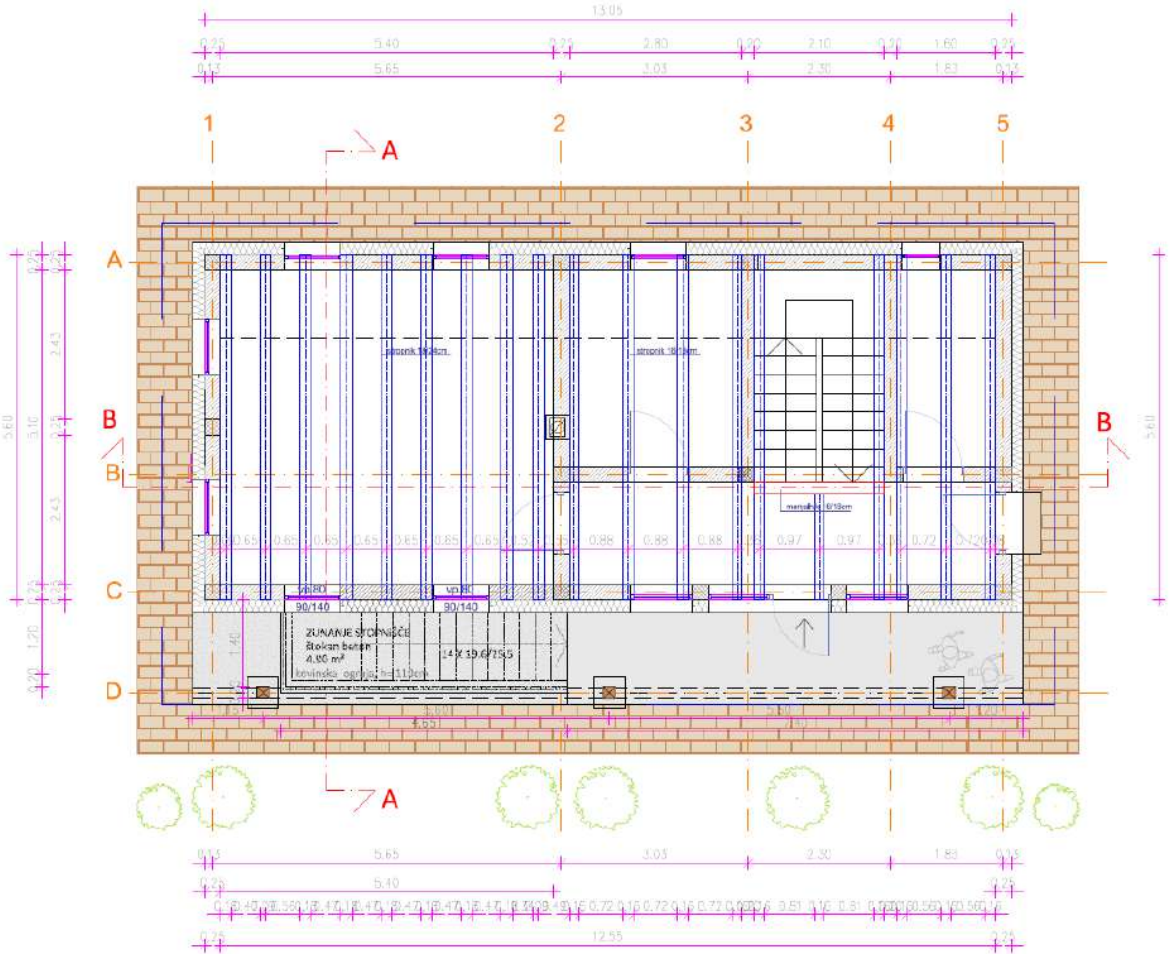
Pred polaganjem talne obloge mora estrih doseči primerno relativno vlažnost. Ko je ta pogoj dosežen, se lahko izvede polaganje talne obloge. Sama izvedba plošče je relativno preprosta, z majhno količino materiala.

Tabela 9: Uporabljeni materiali pri armiranobetonski medetažni plošči.

Sestavni deli plošče	Element konstrukcije	Uporabljen material
Nosilni element	Armiranobetonska plošča	Armaturno jeklo in beton C25/30
Izolacija	Zvočna in protihrupna zaščita	Ekspandiran polistiren
Hodna površina	Estrih	Mešanica cementa, agregata, vode in dodatkov

4.2 *Izvedba lesene medetažne plošče*

Nosilna konstrukcija lesene medetažne plošče sestoji iz lesenih tramov oziroma stropnikov, ki so orientirani pravokotno na daljšo stran objekta oziroma vzporedno s krajšo stranjo objekta.



Slika 13: Načrt izvedbe konstrukcije stropnikov

Vir: (TMD INVEST d. o. o., november 2023)

Za izvedbo stropnikov se uporabi BSH lepljenec. Izvajanje medetažne plošče poteka po zaključeni pozidavi nadstropja in izvedbi strehe. Da namestimo stropnike, se pri izvajanju zidarskih in armiranobetonskih del v zidovih oblikujejo niše za vstavljanje stropnikov. Vsi stropniki so vpeti v opečni zid. Ob vpetju so zaliti z betonom, za stabilizacijo stropnika.



Slika 14: Vidne odprtine za stropnike v izvedenih zidovih nadstropja.

Vir: (Lastni vir)

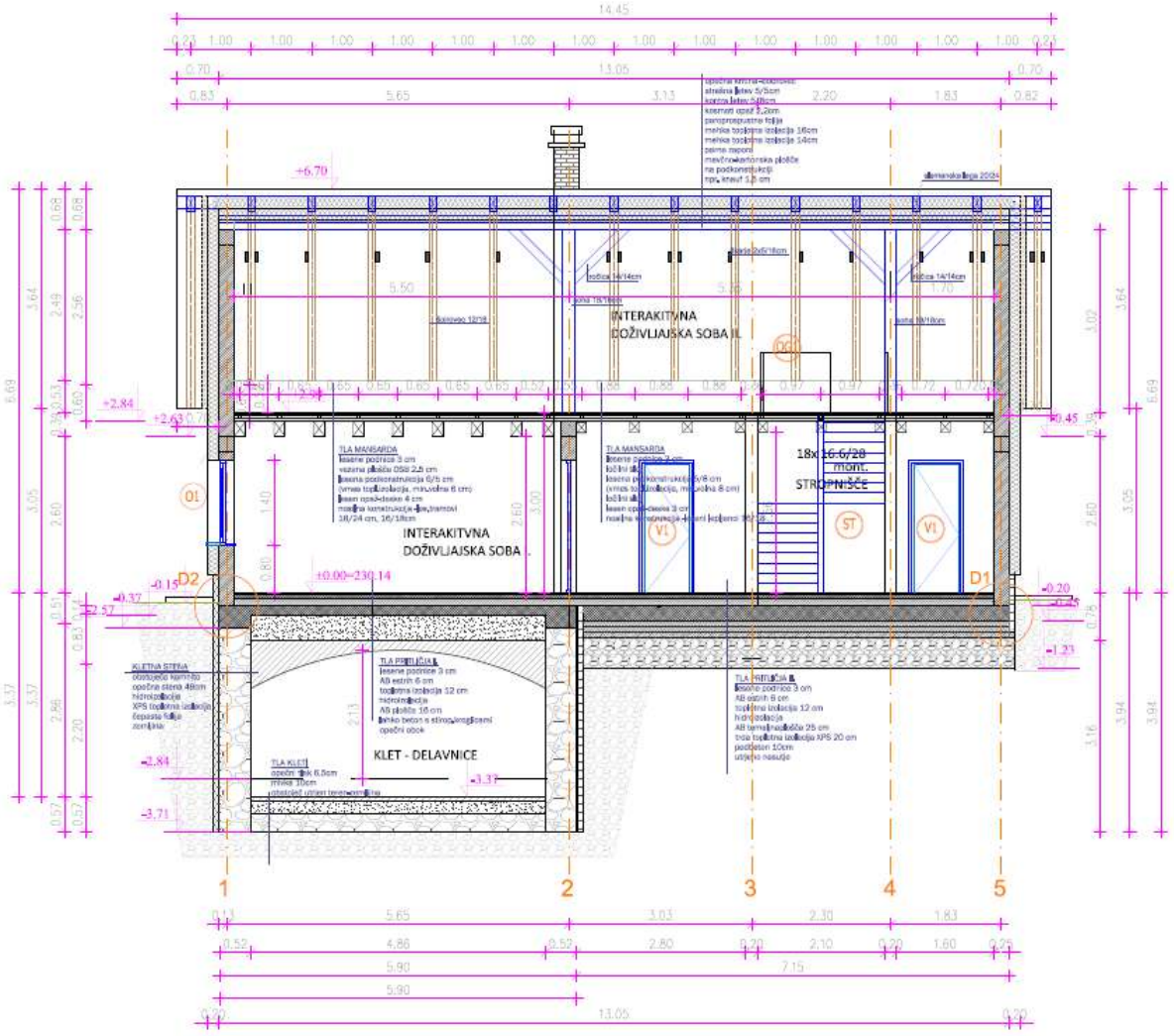


Slika 15: Vidni stropniki in opaž.

Vir: (Lastni vir)

Na stropnike se položi zatično profilirane deske oziroma leseni opaž, širine 0,12 m, debeline 0,04 m in dolžine 4,00 m, ki oblikujejo vidni strop. Vsi elementi nosilne konstrukcije in leseni

opaž so zaščiteni z zaščitnim sredstvom proti insektom in zaščiteni pred vlago. Za pritrditev lesenega opaža uporabimo lesne vijake.



Slika 16: Prerez z vidno sestavo medetažne plošče

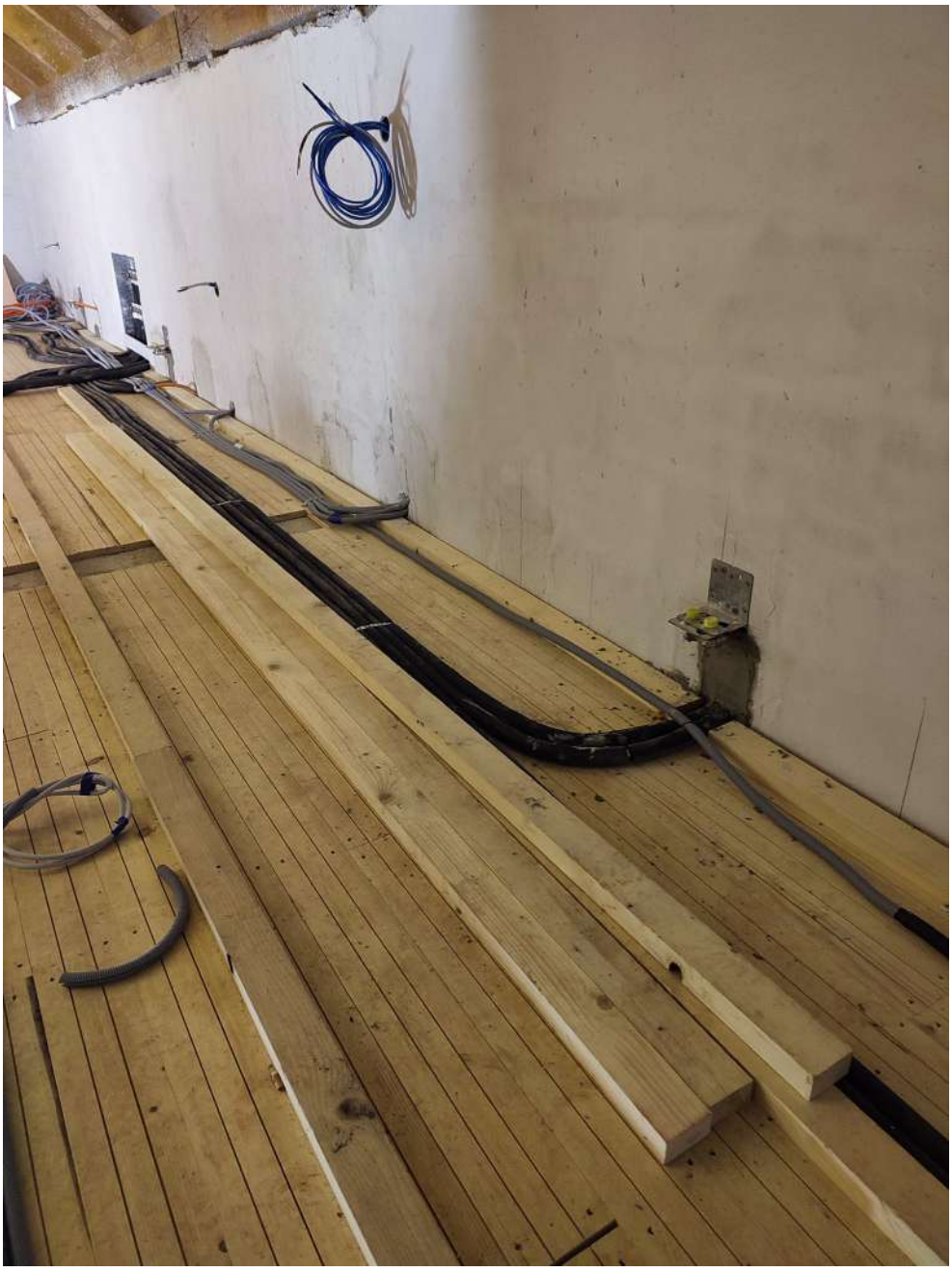
Vir: (TMD INVEST d. o. o., november 2023)



Slika 17: Vidni leseni opaž.

Vir: (Lastni vir)

Na leseni opaž se izvede lesena podkonstrukcija, ki je oblikovana iz vzdolžnih in prečnih letev, velikosti 6 x 5 cm. Letve se položijo v enakomernem rastru kot nosilni stropniki. Vzdolžne letve so dolžine 4,00 m, prečne letve pa so izvedene med vzdolžnimi letvami, v dolžini 0,55 m. Izveden raster zagotavlja močno osnovo za hodno površino. Vzdolžne in prečne letve se medsebojno pritrdijo. Prav tako se pritrdijo v leseni opaž. Za pritrditev se uporabi pnevmatsko zabite žeblje.



Slika 18: Izvedba podkonstrukcije in instalacij.

Vir: (Lastni vir)

V medprostor plošče se izvedejo elektro inštalacije in strojne inštalacije. Preostali medprostor se zapolni s toplotno in zvočno izolacijo iz mineralne volne, debeline 6 cm.

Na postavljeno podkonstrukcijo se položi in pritrdi OSB plošča, debeline 2,5 cm, ki tvori hodno površino, na katero se izvede talna obloga.



Slika 19: Vidne OSB plošče pred polaganjem zaključnega tlaka.

Vir: (Lastni vir)

Lesena medetažna plošča je sestavljena konstrukcija iz več elementov, ki so potrebni za stabilnost in trdnost.

Tabela 10: Uporabljeni materiali pri leseni medetažni plošči.

Sestavni del plošče	Element konstrukcije	Uporabljen material
Nosilni element	Stropniki	BSH lepenjci iz lesa
Stropna konstrukcija	Lesen opaž oziroma zatično profilirane deske	Les
Podkonstrukcija	Vzdolžne in prečne letve	Les
Izolacija	Zvočna in protihrupna zaščita	Mineralna volna
Hodna površina	OSB plošče	Lepljene tanke lesene iveri

Vir: (Lastni vir)

4.3 Primerjava izvedbe obeh medetažnih plošč

Razlika med izvedbama medetažnih plošč je tako v uporabljenem materialu kot tudi v tehnologiji gradnje. V spodnji razpredelnici so predstavljeni ključni koraki izvedbe obeh tipov plošč.

Tabela 11: Primerjava obeh tipov medetažnih plošč.

Korak	**Armiranobetonska plošča**	**Lesena plošča**
Podporna konstrukcija	Podporniki, H nosilci in	Stropniki vpeti med zidove
Opaž	OSB opaž, ki se odstrani po odstranitvi podpornikov	Profilirane deske, vidni strop
Armatura	Položena in zalita z betonom	/
Podkonstrukcija	/	Vzdolžne in prečne letve
Betoniranje	Beton C25/30	/
Izolacija	EPS	Kamena volna
Hodna površina	Estrih	OSB plošče

Vir: (Lastni vir)

Iz tabele je razvidno, da izvedbi nimata skupnih točk. Skupna lastnost obeh medetažnih plošč je, da imata na osnovno konstrukcijo položeno izolacijo, ki je različnega tipa. Armiranobetonska plošča zahteva pripravo podporne konstrukcije, postavitev opaža in polaganje armature ter betoniranje. Pri leseni medetažni plošči podporna konstrukcija ni potrebna, saj so stropniki vpeti v prej pripravljene odprtine. Opaž pri leseni medetažni plošči se izvede iz profiliranih desk, saj tvori vidni strop, medtem ko so pri armiranobetonski plošči opažne plošče namenjene podpori in zadržanju betona. Pri leseni plošči ni armature in betona, saj nosilno vlogo prevzemajo leseni gradbeni elementi. Kot omenjeno, je skupna lastnost obeh tipov medetažnih plošč vgrajena izolacija. Pri leseni plošči je uporabljena kamena volna zaradi boljših požarnih in izolacijskih lastnosti, pri armiranobetonski se uporabi EPS izolacija. Zaključni element konstrukcije je pri armiranobetonski plošči je estrih, medtem ko pri leseni medetažni plošči položimo OSB plošče, ki ohranjajo nizko težo konstrukcije.

5 STROŠEK IZVEDBE LESENE IN ARMIRANOBETONSKE MEDETAŽNE KONSTRUKCIJE

5.1 Lesena konstrukcija

Za izračun stroškov izvedbe bodo uporabljeni stropniki iz lepljenega lesa, zaradi boljših nateznih in tlačnih odpornosti. Uporabljeni lepljenec je predvidoma 40 % dražji, kot bi bila nosilna konstrukcija iz žaganega masivnega lesa. V nadaljevanju sledi tabela s popisi in kalkulacijo stroškov za leseno medetažno ploščo, v skladu z opisom sestavljenosti plošče iz prejšnjega poglavja.

Tabela 12: Popis za leseno medetažno ploščo.

	Enota mere	Količina	Skupaj cena	Skupna vrednost
Dobava in montaža lesenih tramov, iz lepljenega lesa CLT, dim 18/24 in 16/18, položenega na osnovi načrta tlorisa.	m^2	64,01	57,61 €	3687,62 €
Dobava in izvedba zaščitnega premaza na osnovi čebeljega voska.	m^2	64,01	5,50 €	352,06 €
Dobava in montaža lesenih opažnih desk oziroma zatično profiliranih desk, debeline 4,00 cm.	m^2	64,01	28,61 €	1832,33 €
Dobava in montaža lesene podkonstrukcije, dimenzij 6/5 cm.	m^2	64,01	10,83 €	693,23 €
Dobava in montaža zvočne izolacije med podkonstrukcijo iz mineralne volne debeline 6 cm, zvočna izolativnost AF ≥ 5kPa. s/m2.	m^2	64,01	19,00 €	1.216,19 €
Dobava in montaža vezane OSB plošče, debeline 2,5 cm, ki se zmontira kot hodna površina na podkonstrukcijo.	m^2	64,01	26,64 €	1.705,23 €
SKUPAJ izvedba				**9.485,64 €**

Vir: (Lastni vir)

Za primerjavo med različnimi konstrukcijskimi materiali je najboljše upoštevati izračun za m^2 izvedene plošče. Izvedba lesene medetažne plošče stane 148,19 €/m^2, kot je razvidno iz izračuna spodaj:

$$9.485{,}64\ € \quad / \quad 64{,}01\ \text{m2} \quad = \quad 148{,}19\ €/m^2$$

Ob tem predstavlja strošek materiala 68 % vrednosti del in delo 32 %, razvidno iz razpredelnice spodaj.

Tabela 13: Strošek materiala in strošek dela lesena medetažna plošča.

	STROŠEK MATERIALA	**STROŠEK DELA**
Leseni tramovi 18/24 in 16/18 (m^2)	43,53 €	14,08 €
Zaščitni premaz na osnovi čebeljega voska (m^2)	3,90 €	1,60 €
Lesene opažne deske, debeline 4 cm (m^2)	20,83 €	7,78 €
Lesena podkonstrukcija 6/5 cm (m^2)	3,32 €	7,51 €
Zvočna izolacija iz mineralne volne, debeline 6 cm, zvočna izolativnost AF ≥ 5 kPa. s/m^2 (m^2)	15,00 €	4,00 €
Vezana plošča OSB 2,5 cm (m^2)	13,86 €	12,78 €

Vir: (Lastni vir)

5.2 Armiranobetonska konstrukcija

Pri armiranobetonski plošči, kot navedeno že v sklopu prejšnjega poglavja, je za izračun stroška izvedbe poleg konstrukcije nujno upoštevati podporni in opažni material, da omogočimo oblikovanje same medetažne plošče. Tako je treba v ceni upoštevati tudi ves opažni material, ki se uporablja za izvedbo.

Tabela 14: Strošek materiala in strošek dela armiranobetonska medetažna plošča.

	Enota mere	Količina	Skupaj cena	Skupna vrednost
Dobava in vgradnja betona C25/30, debeline 20 cm. Presek konstrukcije 0,2 m3/m^2.	m^3	14,61	140,00 €	2.045,40 €
Dobava, rezanje in krivljenje armature.				
Rebrasta armatura.	kg	776,60	1,40 €	1.087,24 €
Armaturne mreže.	kg	1084,60	1,34 €	1.453,36 €
Dobava in polaganje distančnikov.	m^2	64,01	1,30 €	83,21 €
Izvedba in odstranitev opaža plošče s podpiranjem, potrošnim materialom, čiščenjem opaža, z vsemi pomožnimi deli in prenosi. Višina podpiranja do 3,00 m.	m^2	64,01	22,79 €	1.458,79 €
Izvedba in odstranitev enostranskega opaža, s prenosom materiala, čiščenjem opaža, z vsemi pomožnimi deli in prenosi.	m^2	7,46	23,08 €	172,18 €
Dobava in položitev 10 cm toplotne izolacije EPS 150.	m^2	64,01	15,77 €	1.009,44 €
Dobava in položitev ločilnega sloja PVC folija po celotni površini.	m^2	64,01	1,47 €	94,09 €
Dobava in izdelava 6,00 cm cementnega estriha. Fino zaglajen. Ob stiku s steno se vgradi protihrupni EPS trak.	m^2	64,01	15,64 €	1.001,12 €
SKUPAJ izvedba				**8.404,83 €**

Vir: (Lastni vir)

Za izvedbo armiranobetonske medetažne plošče potrebujemo 131,10 €/m^2, kot vidno iz izračuna spodaj:

$$8.404{,}83\ € \quad / \quad 64{,}01\ m^2 \quad = \quad 131{,}30\ €/m^2$$

Pri tem strošek materiala za izvedbo predstavlja 54 % celotnega stroška, strošek dela pa predstavlja 46 %.

Tabela 15: Strošek materiala in strošek dela armiranobetonska konstrukcija

	STROŠEK MATERIALA	STROŠEK DELA
Beton C25/30, debeline 20 cm. Presek konstrukcije 0,2 m^3/m^2. (m^3)	100,00 €	40,00 €
Rebrasta armatura. (kg)	0,81 €	0,59 €
Armaturne mreže. (kg)	1,02 €	0,32 €
Distančniki/kače. (m^2)	1,05 €	0,25 €
Opaženje stropne plošče, s podpiranjem do 3 m. (m^2)	3,34 €	19,45 €
Opaženje roba plošče, debeline 20 cm. (m^2)	5,76 €	17,32 €
EPS 150 (m^2), debeline 10 cm.	11,77 €	4,00 €
Zaščitna folija. (m^2)	0,90 €	0,57 €
Estrih 6,00 cm. (m^2)	3,04 €	12,60 €

Vir: (Lastni vir)

5.3 Primerjava stroška izvedbe konstrukcij

Če primerjamo strošek izvedbe obeh konstrukcij, razberemo, da ima armiranobetonska medetažna plošča občutno višji strošek dela, medtem ko ima lesena medetažna plošča večji strošek nabave materiala. Kljub preprostejši izvedbi lesenega sistema, ki ima nizek strošek dela, so uporabljeni materiali veliko dražji, kar vpliva na končno ceno konstrukcije na kvadratni meter.

Pri primerjavi cene izvedbe na m^2 ugotovimo, da je lesena medetažna plošča dražja od armiranobetonske.

Izračun razlike v ceni:

$$lesena\ plošča - AB\ plošča \quad = \quad 148{,}19 - 131{,}30 \quad = 16{,}89\ €$$

Izračun odstotka razlike v ceni:

$$\frac{razlika}{Cena\ lesne\ plošče} \quad = \quad \frac{16{,}89}{148{,}19}\ x\ 100 \quad = \quad 11{,}47\ \%$$

Na osnovi izračuna lahko povzamemo, da je lesena medetažna plošča za 16,89 € dražja. Kar predstavlja približno 11,47 % višjo ceno v primerjavi z armiranobetonsko medetažno ploščo.

6 ČASOVNA IZVEDBA LESENE IN ARMIRANOBETONSKE MEDETAŽNE KONSTRUKCIJE

Na izbiro tipa medetažne plošče lahko močno vpliva tudi časovnica izvedbe. Za analizo porabljenega časa za izvedbo bo uporabljena vzorčna medetažna plošča v objektu, ki ima dimenzije 13,05 x 5,60 m in je izvedena v skladu s popisi v poglavju 5.

Izvedba lesene medetažne plošče v zidani konstrukciji omogoča prilagodljivost pri organizaciji in vseh fazah gradnje. Zaradi zaščite konstrukcijskih elementov je leseno ploščo najbolje izvesti po končanju grobih gradbenih del (zidanje, betoniranje vezi) in po izvedbi strešne konstrukcije. S tem pristopom se zmanjša tveganje izpostavljenosti lesa vremenskim vplivom, preprečijo se mehanske poškodbe konstrukcije, ki bi lahko vplivale na stabilnost in estetiko, hkrati pa se prepreči tudi umazanje elementov med gradnjo.

Tabela 16: Faze in časovnica izvedbe lesene medetažne plošče.

Faza	Število delovnih dni (8ur) za izvedbo in tednov: 1. delovni teden (5.dni)																			
	1 teden					2 teden					3 teden					4 teden				
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.
Montaža lesih stropnikov																				
Izvedba lesenega zatičnega opaža																				
Izvedba podkonstrukcije																				
Strojne inštalcije																				
Elektro inštalacije																				
Izolacija medetažne plošče																				
Izvedba hodne površine OSB																				

Vir: (Lastni vir)

Za montažo lesenih stropnikov, z upoštevanjem dviga, potiska v odprtine v zidu in zapolnitve odprtin, sta potrebna dva delavca in en upravljalec dvigala dva delovna dni. Položitvi stropnikov sledi izvedba lesenega zatičnega opaža. Delo izvajata dva delavca dva delovna dni. Sledi izvedba podkonstrukcije, pri tem sta prav tako potrebna dva delavca, ki bosta delo opravljala dva dni. Hkrati s polaganjem podkonstrukcije se izvedejo inštalacije. Po končanih inštalacijskih delih dva delavca položita izolacijo iz kamene volne v dveh delovnih dneh. Sočasno z zaključevanjem polaganja izolacije se prične zapiranje podkonstrukcije z OSB ploščami. Delo izvajata dva delavca tri delovne dni.

Izvedbo lesene medetažne plošče lahko zaključimo v 11 delovnih dneh. Če upoštevamo zamik del zaradi izvedbe nadstropja, potrebujemo 22 dni.

Pri izvedbi armiranobetonske plošče je treba upoštevati, da se ta izvede pred izvedbo nadstropja in strešne konstrukcije. Tako je v terminskem načrtu razviden premor 11 delovnih dni, toliko dni se predvideva za dokončanje nadstropja nad objektom.

Tabela 17: Faze in časovnica izvedbe armiranobetonske medetažne plošče.

Faza	Število dni za izvedbo in tednov: 1. delovni teden (5.dni)																												
	1 teden					2 teden					3 teden					4 teden					5 teden					6 teden				
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.	27.	28.	29.	30.
Izvedba podpornikov in opaž plošče																													
Izvedba čelnega opaža plošče																													
Montaža in vezanje armature																													
Betoniranje																													
Strojne inštalcije																													
Elektro inštalacije																													
Izvedba toplotne izoalcije																													
Izvedba estriha																													
Odstranitev podpornikov in razopaž																													

Vir: (Lastni vir)

Za postavitev opažnih podpornikov in namestitev opažnih plošč na podpornike potrebujemo dva delavca, ki za delo potrebujeta tri delovne dni. Po zaključenem opažu plošče se izvede čelni enostranski opaž plošče. Dva delavca delo opravljata en delovni dan. Po izvedbi opažev trije delavci izvedejo pripravo armature in njeno položitev. To skupaj traja štiri delovne dni. Sočasno z izvedbo armature se izvedejo strojne in elektro inštalacije, ki se nahajajo v plošči. Sledi betoniranje, delo izvajajo trije delavci en delovni dan. Sledi premor za izvedbo nadstropja in strehe. 21. delovni dan začnemo polagati toplotno izolacijo na ploščo. Delo izvedeta dva delavca v dveh delovnih dneh. Sočasno z izvedbo izolacije se izvedejo strojne in elektro inštalacije, ki se ne nahajajo v plošči. 23. delovni dan se izvede estrih. Za to delo potrebujemo dva delavca in en delovni dan. Ploščo je treba tudi razopažiti, kar storimo 30. delovni dan.

Izvedba armiranobetonske plošče traja približno 13 delovnih dni, pri čemer je treba upoštevati prekinitve del zaradi izvedbe nadstropja in odstranitve podpornikov ter opažev, vse skupaj potrebujemo 30 delovnih dni.

Iz časovnega načrta lahko razberemo, da je izvedba lesene medetažne plošče hitrejša, saj za njeno postavitev potrebujemo 11 delovnih dni, medtem ko armiranobetonska plošča zahteva 13 delovnih dni aktivne izvedbe. Razlika nastane predvsem zaradi večjega števila delovnih procesov pri armiranobetonski plošči ter dodatnega časa, potrebnega za doseganje zadostne trdnosti betona pred odstranitvijo podpornikov.

7 ZVOČNA PREVODNOST LESENE IN ARMIRANOBETONSKE MEDETAŽNE KONSTRUKCIJE

Zvok predstavlja mehansko energijo, ki nastane, ko izvor zvoka povzroči nihanje delcev elastičnega medija, ki se širijo v obliki longitudinalnega valovanja (Bilban, 2005). Zaznava zvoka je lahko nevtralna ali celo prijetna, medtem ko ga ob previsoki glasnosti ali nezaželenosti opredelimo kot hrup. Razlika torej ni v fizikalnem delovanju, temveč v učinku na človeka. V gradbeništvu je zato pri analizi medetažnih konstrukcij ključno ločiti med zvokom kot nevtralnim pojavom in hrupom kot motečim zvočnim vplivom, ki učinkuje na bivalno okolje.

V gradbenih analizah razlikujemo med dvema osnovnima vrstama hrupa:

– **Zračni hrup (R)** – nastane pri govorjenju, glasbi, z ropotom … Širi se v obliki zvočnih valov, ki ob trku v konstrukcijo povzročijo vibriranje in nihanje pregradnega elementa. Del vibracijske energije se preko konstrukcije prenese v sosednji prostor, kjer se ponovno pretvori v zvok.

– **Udarni hrup ($L_{n,w}$)** – nastane pri hoji, padanju predmetov, premikanju pohištva, tresljajih naprav … Povzročajo ga mehanske vibracije, ki se neposredno prenašajo po konstrukciji kot strukturni valovi. Konstrukcija jih prenaša v spodnje prostore, kjer vibracije zrak v prostoru zanihajo in zatresejo in s tem prenesejo zvok.

Pri preučevanju vpliva mase gradbenih elementov na zvočno prevodnost je pomembno razumeti, kako zvok prehaja skozi material. Del zvoka, ki zadene površino konstrukcije, se odbije nazaj v prostor, del povzroči vibracije konstrukcij. Slednji se deloma absorbira, preostanek pa preide na drugo stran elementa in se znova oblikuje v zvok. Večji kot je delež zvoka, ki se odbije ali absorbira, boljša je zvočna izolacija konstrukcije.

Ob tem moramo biti pozorni, da so bistvene razlike v akustiki med različnimi medetažnimi konstrukcijami. Ključen dejavnik pri tem je masa elementa, težji elementi se zaradi večje mase lažje upirajo vibracijam in tako bolje dušijo zvok (Medved, 2014). Masivnejše, bolj homogene armiranobetonske plošče z večjo površinsko maso običajno bolje preprečujejo prenos zračnega hrupa. Lesene medetažne plošče so lažje in nehomogene, zato same po sebi ponujajo slabšo zaščito pred hrupom. Vsem konstrukcijam lahko z ustrezno slojevitostjo in uporabo izolacijskih materialov zmanjšamo zmožnost prenosa hrupa in dosežemo boljšo zvočno zaščito, kar je pomembno pri primerjavi različnih konstrukcijskih rešitev.

Pri načrtovanju gradbenih konstrukcij je ključnega pomena upoštevanje minimalnih zahtev po standardih in tehničnih smernicah za zaščito pred hrupom TSG-1-005:2012, ki določajo minimalne mejne vrednosti zvočne izolacije notranjih medetažnih konstrukcij (Žarnić, 2012). Po standardu je treba upoštevati razlike med različnimi klasifikacijami objektov in različnimi tipi prostorov v objektu.

Tabela 18: Mejne vrednosti zvočnega tlaka udarnega hrupa za medetažne konstrukcije po klasifikaciji CC-SI 112 in 113.

Zap. št.	Funkcija ločilnega elementa	Izolacija (dB)	
4.15	Medetažna konstrukcija med stanovanjema[1]	R'_w $L'_{n,w}$	52 55
4.16	Medetažna konstrukcija med stanovanjem[1] in prostori, ki niso varovani ali poslovnimi prostori pod njim	R'_w $L'_{n,w}$	52 58
4.17	Stopnišča, podesti, hodniki	$L'_{n,w}$	58
4.18	Medetažna konstrukcija med stanovanjem[1] in nestanovanjskim[4] delom stavbe pod njim	R'_w $L'_{n,w}$	57 58
4.19	Medetažna konstrukcija med stanovanjem[1] in nestanovanjskim[4] delom stavbe nad njim	R'_w $L'_{n,w}$	57 48
4.20	Medetažna konstrukcija med stanovanjem in garažo ali uvozom do nje pod stanovanjem	R'_w $L'_{n,w}$	57 58
4.21	Medetažna konstrukcija med stanovanjem[1] in teraso ali balkonom nad stanovanjem	$L'_{n,w}$	58
4.22	Medetažna konstrukcija med stanovanjem[1] in manj hrupno restavracijo pod njim	R'_w $L'_{n,w}$	57 58
4.23	Medetažna konstrukcija med stanovanjem[1] in manj hrupno restavracijo nad njim	R'_w $L'_{n,w}$	57 58
4.24	Medetažna konstrukcija med stanovanjem[1] in hrupno restavracijo pod njim	R'_w $L'_{n,w}$	62 58
4.25	Medetažna konstrukcija med stanovanjem[1] in hrupno restavracijo nad njim	R'_w $L'_{n,w}$	62 43
4.26	Medetažna konstrukcija med stanovanjem[1] in manj hrupno strojnico pod njim	R'_w $L'_{n,w}$	57 58
4.27	Medetažna konstrukcija med stanovanjem[1] in manj hrupno strojnico nad njim	R'_w $L'_{n,w}$	57 43
4.28	Podna konstrukcija manj hrupne strojnice ali nestanovanjskega dela stavbe, ki je poleg stanovanja1 ali pod njim	$L'_{n,w}$	43
4.29	Medetažna konstrukcija med stanovanjem[1] in hrupno strojnico[2]	R'_w $L'_{n,w}$	6 člen
4.30	Medetažne konstrukcije v vrstnih hišah	$L'_{n,w}$	55
4.31	Stopnišča, podesti in hodniki v vrstnih hišah	$L'_{n,w}$	55

Vir: (Žarnić, 2012)

Tabela 19: Mejne vrednosti zračnega in udarnega hrupa za medetažne konstrukcije po klasifikaciji CC-SI 122,123,1241,1262.

Zap. št.	Funkcija ločilnega elementa	Izolacija (dB)	
7.6	Medetažne konstrukcije med poslovnimi, trgovskimi, postajnimi, terminalskimi, muzejskimi in knjižničnimi deli stavbe.	R'_w $L'_{n,w}$	52 58
7.7	Medetažne konstrukcije med poslovnimi, trgovskimi, postajnimi, terminalskimi, muzejskimi in knjižničnimi deli stavbe in preddverji, hodniki, vhodnimi prostori ter podobnimi prostori nad njimi.	R'_w $L'_{n,w}$	52 53
7.8	Medetažna konstrukcija med poslovnimi, trgovskimi, postajnimi, terminalskimi, muzejskimi in knjižničnimi deli stavbe in manj hrupnimi strojnicami pod njimi	R'_w $L'_{n,w}$	57 58
7.9	Medetažna konstrukcija med poslovnimi, trgovskimi, postajnimi, terminalskimi, muzejskimi in knjižničnimi deli stavbe in manj hrupnimi strojnicami nad njimi	R'_w $L'_{n,w}$	57 43
7.10	Medetažne konstrukcije proti zelo hrupnim strojnicam[1]	R'_w $L'_{n,w}$	6. člen

[1] Pri novogradnjah hrupna strojnica ne sme mejiti na poslovne prostore in prostore, kjer se daljši čas zadržujejo uporabniki.

Vir: (Žarnić, 2012)

7.1 Primerjava konstrukcij glede na maso

Za oceno zvočne prevodnosti različnih medetažnih konstrukcij lahko uporabimo poenostavljeno primerjavo glede na maso posameznih elementov. Težji in gostejši materiali zaradi večje površinske mase bolje dušijo mehanske vibracije in s tem zmanjšajo prenos zvoka. Takšno obnašanje izhaja iz empiričnega zakona mase po Bergerju, ki opisuje, da se zvočna izolativnost elementa povečuje z njegovo maso.

Uporaba zakona mase omogoča izdelavo grobe, vendar uporabne analize, s katero lahko že pred podrobnimi akustičnimi meritvami ocenimo potencialno zvočno izolativnost različnih konstrukcijskih sklopov.

Za izračun površinske mase posameznega gradbenega elementa uporabimo preprosto enačbo:

$$m' = \rho \cdot t$$

kjer je:

m' – površinska masa (kg/m^2)

ρ – gostota materiala (kg/m^3)

t – debelina materiala (m)

Na osnovi zgoraj opisane metode se lahko izvede izračun površinske mase posameznih medetažnih konstrukcij, zajetih v nalogi. S tem bo omogočena primerjava njihove potencialne zvočne izolativnosti.

Za analizo sta uporabljeni opisani konstrukciji.

7.1.1 Armiranobetonska medetažna plošča

Medetažna plošča je sestavljena iz naslednjih slojev:

- Armiranobetonska plošča, debeline 20 cm:

$$m' = 2400 \cdot 0{,}20 = 480 \frac{kg}{m^2}$$

- Izolacija EPS, debeline 10 cm:

$$m' = 100 \cdot 0{,}10 = 10 \frac{kg}{m^2}$$

- Plavajoči mikroarmirani estrih, debeline 6 cm:

$$m' = 2000 \cdot 0{,}06 = 120 \frac{kg}{m^2}$$

$$m'_{skupaj} = 480 + 10 + 120 = 610{,}00 \frac{kg}{m^2}$$

Zaradi velike prostorninske in površinske mase se armiranobetonska konstrukcija že v osnovi dobro obnese pri zmanjševanju prenosa zračnega zvoka. Masivnost elementa omejuje njegovo nihanje pod vplivom zvočnega tlaka, kar posledično zmanjša količino zvočne energije, ki se prenese na drugo stran konstrukcije.

Dodatni sloji, kot so toplotna izolacija EPS, plavajoči estrih in talna obloga, dodatno izboljšajo zvočno zaščito ter pripomorejo k boljši akustični ugodnosti prostora.

7.1.2 Lesena medetažna plošča

Medetažna plošča je sestavljena iz naslednjih slojev:

- Stropniki iz lepljenca:

$$m' = 456 \cdot 0{,}18 = 82{,}08 \frac{kg}{m^2}$$

- Leseni opaž, debeline 4 cm:

$$m' = 420 \cdot 0{,}04 = 16{,}80 \frac{kg}{m^2}$$

- Izolacija iz kamene volne, debeline 6 cm:

$$m' = 120 \cdot 0{,}10 = 12 \frac{kg}{m^2}$$

- Plošče OSB, debeline 2,5 cm:

$$m' = 600 \cdot 0{,}025 = 15{,}00 \frac{kg}{m^2}$$

$$m'_{skupaj} = 82{,}08 + 16{,}80 + 12 + 15 = 125{,}88 \frac{kg}{m^2}$$

Lesena medetažna plošča ima zelo nizko površinsko maso, kar poveča občutljivost na prenos zvoka in vibracij. Zaradi tega morajo biti lesene konstrukcije za doseganje ustrezne zvočne zaščite zasnovane s posebno pozornostjo. Ključni dejavniki, ki izboljšujejo zvočno izolativnost lesenih sistemov, so pravilna kombinacija slojev, uporaba dušilnih materialov, masa dodatnih slojev ter ustrezno medsebojno razmaknjene in ločene konstrukcijske povezave.

7.1.3 Primerjalna analiza armiranobetonske in lesene medetažne plošče glede na maso

Na osnovi površinske mase obeh obravnavanih medetažnih konstrukcij je mogoče jasno opaziti velike razlike v njihovi osnovni sposobnosti dušenja zvoka. Armiranobetonska konstrukcija doseže površinsko maso 610,00 kg/m^2, medtem ko lesena medetažna plošča doseže zgolj 125,88 kg/m^2. Razlika v površinski masi med konstrukcijama je več kot štirikratna.

Lesena medetažna plošča ima zaradi svoje nizke površinske mase izrazito slabše akustično izhodišče. Ker je lesena medetažna plošča nehomogena, se pod vplivom zvočnih valov in mehanskih vibracij zvok hitreje prenaša. To še posebej velja za udarni hrup. Na zvočno prevodnost močno vplivajo tudi dodatni sloji konstrukcije. Tako je pri armiranobetonski medetažni plošči vidno izboljšanje zaščite, na katero vpliva plavajoči estrih.

7.2 Izboljšanje zvočne izolacije

Prevodnost hrupa skozi konstrukcijo lahko zmanjšamo z dodajanjem dodatnih slojev k osnovnemu gradbenemu elementu. Ti sloji so lahko neposredno pritrjeni na nosilno konstrukcijo ali posredno pritrjeni z nosilci, tako da med osnovnim elementom in dodatnim slojem ostane majhna zračna ali elastična plast.

Med najučinkovitejše ukrepe za zmanjšanje prenosa zvoka sodi izvedba ločene konstrukcije, kar pomeni, da med posamezne konstrukcijske elemente vgradimo elastične sloje. Ti sloji delujejo kot blažilci vibracij in preprečujejo neposredno širjenje hrupa z enega elementa na drugega, na primer med steno in medetažno ploščo.

Posebno učinkovita rešitev pri medetažnih konstrukcijah je plavajoči estrih, kjer estrih ni neposredno povezan z nosilno ploščo, temveč leži na elastični podlagi, ki je ponavadi toplotno-zvočna izolacija (EPS, kamena volna, steklena volna). Ob robu prostora je običajno nameščen robni trak (PE trak), ki preprečuje neposreden stik estriha s stenami in preprečuje nadaljnje prenašanje vibracij. Takšna kombinacija slojev in elastičnih materialov omogoča znatno zmanjšanje prenosa udarnega hrupa.

Pri dvojnih ali večslojnih konstrukcijah, kjer med osnovno ploščo in dodatnim slojem ostane zračna votlina, je treba votlino zapolniti z izolacijo, ki ima akustične lastnosti (mineralna volna). Ta ukrep je nujen, ker neizolirana votlina lahko deluje kot resonančni kanal, kar lahko poveča prenos hrupa. Ukrep zmanjša resonanco med sloji, poveča dušenje vibracij in izboljša zvočno izolacijo.

Poleg izvedbe plavajočega estriha se lahko izolativnsot poveča še z izvedbo dvojnega stropa, pri čemer je spodnji sloj (mavčna plošča, plošča OSB) ločen od nosilne konstrukcije. Medprostor je zapolnjen z absorpcijsko plastjo izolacije (mineralna volna). Ta izvedba dodatno vpliva na nižanje resonančne frekvence konstrukcije.

7.3 Izkaz zaščite pred hrupom

Za zagotavljanje ustrezne kakovosti bivalnega in delovnega okolja je pri načrtovanju večstanovanjskih in javnih objektov ključnega pomena izkaz zaščite pred hrupom. Hrup v objektih lahko izvira iz zunanjih virov (promet, industrija …) in notranjih virov (inštalacije, ljudje …). Z izkazom se določijo potrebni ukrepi, ki zagotovijo predpisane vrednosti hrupa, in izvede se preverjanje skladnosti objekta s predpisi in standardi.

V izkazu se običajno obravnavajo:

- zunanje stene za analizo prenosa zvoka iz zunanjih virov,
- notranje stene in medetažne konstrukcije za ugotavljanje prenosa zvoka iz notranjih virov.

Pri analizi je upoštevan zračni zvok (R) in udarni zvok ($L_{n,w}$), ki sta ključna parametra za oceno zvočne zaščite in določitev učinkovitosti konstrukcijskih rešitev. Analiza omogoča tudi identifikacijo kritičnih mest, na katerih je treba izboljšati sestavo konstrukcije.

Za lažjo primerjavo zvočne zaščite različnih konstrukcijskih plošč so v spodnji tabeli prikazani rezultati dveh izvedenih projektov.

Prvi primer predstavlja armiranobetonsko ploščo debeline 20 cm. Na ploščo je položena izolacija EPS v debelini 6 cm, z ločilnim slojem iz PVC folije. Nato je izveden cementni estrih debeline 6 cm. Ob robovih zidov je izveden robni trak. Zaključni tlak v objektu je keramika, debeline 2 cm. Drugi primer predstavlja rezultate za leseno medetažno ploščo. Izvedena je z vidnimi stropniki različnih dimenzij (24/18 in 16/18). Na stropnike je položen leseni opaž, debeline 4 cm, ki oblikuje strop. Medprostori v plošči so zapolnjeni z mineralno volno debeline 6 cm. Na podkonstrukcijo in mineralno volno so položene plošče OSB, debeline 2,5 cm. Zaključni tlak v objektu je parket debeline 2 cm. Oba primera sta izvedena po opisu izvedbe konstrukcij v 4. poglavju. Na osnovi že izvedenih primerov in njihove PZI dokumentacije lahko primerjamo zvočno zaščito oziroma zvočno izolacijo za oba tipa medetažnih plošč.

Tabela 20: Izračun vrednosti R_w in $L_{n,w}$ za dva izvedena projekta.

Tip plošče	Debelina (cm)	Klasifikacija po CC-SI	R_w (dB)	$L_{n,w}$ (dB)
Armiranobetonska plošča	38	12722	57	43
Lesena medetažna plošča	14,50	12610	55	58

Vir: (Lastni vir)

Za lažje razumevanje in pravilno interpretacijo tabele je treba razumeti, da se zračni in udarni hrup ocenjujeta na različne načine.

- Zračni hrup (R): višja izmerjena vrednost (dB) pomeni bolj učinkovito preprečevanje prenosa zvoka, ki nastane v zraku. To pomeni, da višja vrednost R pomeni boljšo zvočno izolativnost konstrukcije.
- Udarni hrup ($L_{n,w}$): nižja izmerjena vrednost (dB) pomeni boljše dušenje vibracij, ki se širijo po konstrukciji zaradi mehanskih obremenitev. To pomeni, da nižja vrednost L pomeni boljšo zvočno zaščito za udarni hrup.

Iz tabele je razvidno, da armiranobetonska plošča, kot masivna nosilna konstrukcija, doseže višjo izolativnost za zračni hrup, in sicer 57 dB. Lesena medetažna plošča, ki ima zaradi manjše površinske mase praviloma slabše akustične lastnosti, doseže nekoliko nižjo vrednost, in sicer 55 dB. Obe konstrukciji tako ustrezata zahtevam za zaščito med stanovanjskimi in med izključno poslovnimi prostori, pri katerih je minimalna vrednost 52 dB. Ne ustreza pa zaščita lesene medetažne plošče v primerih, kjer je medetažna konstrukcija izvedena med stanovanji in nestanovanjskimi prostori.

Pri zaščiti pred udarnim hrupom opazimo izrazitejšo razliko. Armiranobetonska plošča doseže vrednost 43 dB, medtem ko lesena medetažna plošča doseže 58 dB. To pomeni približno 25 % slabšo zaščito pri leseni konstrukciji, kar potrjuje splošno predpostavko. Razlika je pričakovana, saj masivne konstrukcije zaradi svoje večje mase in togosti precej bolje dušijo vibracije. Glede skladnosti s standardi lahko povzamemo, da lesena nosilna konstrukcija v obravnavani sestavi ne zadošča zahtevam za medetažno konstrukcijo med stanovanji, lahko pa se uporabi med stanovanji in nestanovanjskimi deli stavbe ter med poslovnimi prostori.

Iz rezultatov tabele lahko povzamemo, da je pri zagotavljanju zvočnega prepuščanja ključna pravilna izbira konstrukcijskega sistema. Masivne konstrukcije dosegajo boljšo zaščito pred obema tipoma zvoka. Lahke konstrukcije lahko ob primerni zasnovi dosežejo primerljive vrednosti pri zračnem hrupu, vendar pri udarnem hrupu običajno zaostajajo. Pri obravnavani leseni medetažni plošči so dodatne izboljšave zvočne prevodnosti mogoče z optimizacijo sestave.

8 OBNOVA STARIH MESTNIH JEDER ZA NAMENE ZAGOTAVLJANJA DOSTOPNIH STANOVANJ

V Sloveniji se stara mestna jedra pogosto soočajo s težavami, kot so neposeljenost, dotrajanost, slabo vzdrževanje in neurejene lastniške razmere. Velik delež stanovanj je neprimernih za uporabo, čeprav bi lahko predstavljala potencial za zagotovitev dostopnih stanovanj. Ker so številna takšna stanovanja v lasti občin ali države, bi prav celovita prenova starega stavbnega sklada lahko predstavljala strateški ukrep pri reševanju stanovanjske problematike.

8.1 Zgodovina gradnje

Uporaba armiranega betona kot gradbenega materiala izhaja s konca 19. stoletja, ko je bil sprva namenjen za gradnjo železnice in industrijskih objektov. Za gradnjo mestne stanovanjske arhitekture se začne uporabljati v začetku 20. stoletja.

Hiše starih mestnih jeder, ki so grajene pred uporabo betona, imajo velikokrat kamnite in opečnate zidove kleti, ob tem je uporabljeno apno kot vezivo, strop pa je iz obokane opeke. Zgornja nadstropja so grajena iz opeke in apna kot veziva. Oblikovane so medetažne plošče iz lesa. Streha hiš je oblikovana iz lesenega ostrešja in prekrita z opečnimi strešniki.

8.2 Pristop k obnovi

Lesena medetažna plošča predstavlja konstrukcijsko lahek in arhitekturno privlačen element, vendar je kot naravni material občutljiv na vlago, biološke škodljivce, deformacije in propadanje. Posledično je v starejših objektih velikokrat močno poškodovana. Tudi dobro ohranjene plošče imajo slabo zvočno prevodnost in toplotno izolacijo. Zaradi teh dejavnikov je pogosto potrebna njihova zamenjava, da zagotovimo udobje bivanja.

Učinkovit pristop je, da se v sklopu celotnih sanacij objektov vzpostavi ravnovesje med ohranjanjem dediščine in zagotovitvijo sodobnih bivalnih standardov. V sklopu obnove se odstranijo stare medetažne plošče in se zamenjajo z novo leseno medetažno ploščo.

Novo ploščo izvedemo tako, da uporabimo obstoječe niše starih stropnikov ali izvedemo nove niše za postavitev in sidranje novih nosilnih stropnikov, ki jih oblijemo z betonom. Obstoječi zidovi se ob oceni statika, če je to potrebno, statično ojačajo s sidri ali s karbonskimi traki. S tem ukrepom zagotovimo konstrukcijsko stabilnost in varnost objekta, ki je potrebna za izpolnjevanje obstoječih standardov. Po postavitvi stropnikov začnemo zapiranje stropa z opaži ozi-

roma oblanimi deskami. V novo izvedeno medetažno ploščo položimo elektro in strojne inštalacije. V konstrukciji medetažne plošče izvedemo tudi zvočno in toplotno izolacijo, da zagotovimo dobro zaščito pred prehajanjem zvoka. V konstrukcijo je priporočljivo položiti izolacijo iz kamene volne, da je medetažna plošča bolj požarno odporna.

8.3 Prednosti in slabosti obnove v starih mestnih jedrih

Pri izvedbi je treba upoštevati tudi nekatere slabosti in omejitve lesenih medetažnih plošč. Zaradi uporabe naravnega materiala jih je treba skrbno načrtovati, izvesti in redno vzdrževati. V vseh fazah je pomembno uporabiti zaščito lesa pred zunanjimi vplivi (vlaga, glive, insekti …). Ta je nujno potrebna in jo moramo redno obnavljati. Pomanjkljivost tovrstne obnove je tudi nekoliko višji strošek izvedbe v primerjavi z armiranobetonsko medetažno ploščo.

Glavna prednost za uporabo lesene medetažne plošče je, da je njena zamenjava zelo hitra. Tako za izvedbo plošče porabimo le 11 delovnih dni, kar omogoča skrajšanje časa del. Velika prednost ponovne izvedbe lesene medetažne plošče je tudi nižja lastna teža konstrukcije, v primerjavi z armiranobetonsko. Izvedba takšne plošče je hitra in prispeva k najkrajšemu možnemu roku za izvedbo obnove. Ohrani se tudi estetska skladnost in zgodovinski značaj s prvotnim videzom objekta, ki daje toplino. Zelo velika prednost na novo izvedene plošče je izvedba strojnih in elektro inštalacij v plošči, njena zvočna in toplotna izolativnost med stanovanji.

Z zamenjavo medetažne plošče omogočamo kakovostno gradnjo, ki je po karakteristikah primerljiva z novogradnjami oziroma obstoječimi objekti z armiranobetonskimi ploščami. Zaradi pozitivnih lastnosti lesenih medetažnih konstrukcij bi morali v starih mestnih jedrih ohranjati prvoten videz. Takšna konstrukcija ne obremenjuje obstoječe konstrukcije, njena izvedba pa je zelo hitra, kar lahko skrajša čas obnove. Zaradi svojih pozitivnih lastnosti lahko zanemarimo nekoliko višji strošek v izvedbi, ki se lahko povrne z energetsko učinkovitostjo obnovljenega objekta.

Velika prednost obnove takšnih stanovanj je lahko ta, da postanejo pomemben vir dostopnih in trajnostnih stanovanj. S tem bi v mestnih jedrih ustvarili poseljena urbana središča, ki ne bi bila izpraznjena. Obnovo podpira tudi sodobni urbanizem, v katerem so se oblikovale usmeritve ponovne rabe obstoječih objektov. S tem bi pripomogli k ohranjanju kulturne dediščine, zmanjšanju prostorskega pritiska in ogljičnega odtisa.

Zaradi varnosti, obremenitev in trajnosti naravnih materialov, je treba hiše obnoviti. Ob obnovi lahko ohranimo pristop obnovitve lesenih medetažnih plošč. Ohranitev teh je koristna iz več vidikov.

9 SKLEP

V diplomski nalogi je bila opravljena celovita analiza primerjave lesene medetažne plošče in armiranobetonske medetažne plošče. Poudarek je bil na tehnologiji, stroških, času izvedbe in na analizi zvočne prevodnosti. Namen diplomske naloge je bil ugotoviti, ali lahko lesena medetažna plošča predstavlja enakovredno ali morda celo optimalnejšo alternativo armiranobetonski plošči. Analiza je bila opravljena na podlagi točnih izračunov, teoretičnega pregleda literature in analize že izvedenih projektov.

Analiza je temeljila na štirih hipotezah. V okviru primerjave stroška izvedbe je bila preverjena hipoteza 1, ki je trdila, da je armiranobetonska medetažna konstrukcija v izvedbeni fazi za 10 % cenejša od lesene medetažne konstrukcije. Izračuni na primeru popisov za obe medetažni plošči so pokazali, da izvedba lesene medetažne plošče znaša 148,19 €/m^2, izvedba armiranobetonske plošče pa 131,30 €/m^2. Z rezultati je bilo ugotovljeno, da je armiranobetonska plošča za 11,47 % cenejša. S tem se je potrdila zastavljena hipoteza.

Preverjen je bil tudi časovni vidik izvedbe obeh medetažnih plošč, v sklopu preverjanja hipoteze 2 – Izvedba lesene medetažne konstrukcije je za 20 % hitrejša kot armiranobetonska konstrukcija. Z izvedbo terminskega načrta smo ugotovili, da izvedba lesene medetažne plošče traja 11 delovnih dni, armiranobetonska plošča pa se izvaja 13 delovnih dni. Ob tem je bilo ugotovljeno, da je pri armiranobetonski plošči treba upoštevati tudi čas, ki preteče od izvedbe betoniranja, s čimer se podaljša realni čas izvedbe. Analiza števila delovnih dni je pokazala, da je izvedba lesene medetažne plošče 18,18 % hitrejša od izvedbe armiranobetonske, če se ne upošteva čas za vezavo betona. Analiza torej potrjuje hipotezo, čeprav je odstotek hitrosti izvedbe nekoliko nižji.

V sklopu analize zvočne prevodnosti je bila preverjena hipoteza 3 – V objektih armiranobetonska konstrukcija bolje duši prehajanje zvoka preko medetažnih plošč kot lesena medetažna konstrukcija. Iz analize površinske mase konstrukcije in pregleda že izvedenih primerov je mogoče povzeti, da armiranobetonska medetažna plošča slabše prepušča tako zračni hrup kot tudi udarni hrup. Hipoteza, da armiranobetonska plošča bolje duši prehajanje zvoka, je tako potrjena.

Hipoteza 4 se je nanašala na zagotavljanje dostopnih stanovanj – Lesene medetažne konstrukcije omogočajo hitro in ekonomično obnovo stanovanj v starih mestnih jedrih za namene zagotavljanja dostopnih stanovanj. Z analizo je bilo ugotovljeno, da bi bilo mogoče razširiti sklad dostopnih stanovanj z obnovo objektov, ki so v lasti občine in države. Pri analizi so bile upoštevane predhodne analize v sklopu diplomske naloge. Hipoteza se je potrdila le delno. Glede

hitre zagotovitve dostopnih stanovanj hipoteza drži. Ekonomskega vidika hipoteze pa ni mogoče potrditi, ker gre za dražji način izvedbe.

Iz opravljenih analiz v sklopu diplomskega dela je ugotovljeno, da lahko lesena medetažna konstrukcija predstavlja alternativo armiranobetonski medetažni konstrukciji. Kljub nekoliko višji ceni in nekoliko večji prevodnosti zvoka v primerjavi z armiranobetonsko gradnjo predstavlja konkurenčno rešitev, ki izstopa zaradi svoje hitrosti izvedbe. Dobra lastnost konstrukcije je tudi njena majhna površinska masa v primerjavi z armiranobetonsko konstrukcijo, zato lahko predstavlja dobro zamenjavo ob specifičnih pogojih obremenitve. Zaradi teh lastnosti bi lahko lesena medetažna plošča prevzela pomembno vlogo pri prenovi starejših objektov, nadzidavah in rekonstrukcijah, kjer moramo izbrati nižjo težo konstrukcije zaradi nosilnosti obstoječega objekta.

V času, ko težimo k trajnostnim rešitvam, ki zmanjšujejo vpliv na okolje, je pričakovati, da bo uporaba lesa v gradbeništvu naraščala. V oziru trajnosti ima lesena medetažna plošča veliko prednost pred armiranobetonsko, ker je les naraven in obnovljiv material, katerega obdelava ima nizek ogljični odtis.

10 BIBLIOGRAFIJA

AGJ d. o. o. (November 2024). *PZI dokumetnacija: Kulturno sakralni objekt Vitomarci.* Lenart.

Ballagh, K. (2004). Accuracy of Prediction Methods for Sound Transmission Loss. *Inter-Noise 2004, the 33rd International Congress and Exposition on Nois Control Engineering* (str. 3095-3102). Prague: Institute of Noise Control Engineering. Pridobljeno iz https://ince.publisher.ingentaconnect.com/contentone/ince/incecp/2004/00002004/00000004/art00044

Bilban, M. (2005). Hrup kot spremljevalec sodobnega življenja. *Delo + varnsot: revija za varnsot pri delu in varsnot pred požarom., Letn. 50, št. 5*, 8-12.

Cvikl, B. (2002). *Gradbena fizika. Delovno gradivo.* Maribor: Fakulteta za gradbeništvo. Katedra za aplikativno fiziko.

Erghelegiu, B., Sandu, M. A., & Iordan, D. (2024). THE INFLUENCE OF TEMPERATURE ON SOUND WAVES. *Scientific Papers. Series E. Land Reclamation, Eart Observation & Surveying, Environmental Engneering. Vol. XIII* , 93-100. Pridobljeno iz https://landreclamationjournal.usamv.ro/pdf/2024/Art11.pdf

Geršak, M. (2018). *Les in tvoriva. Lesarska tehnologija 1.* Ljubljana: Samozaložba Miroslav Geršak.

Gorišek, Ž. (2008). Fizikalno-tehnološke karakteristike lesa. *Gradnja z lesom - izziv in priložnost za Slovenijo*, 78-82.

Gruden, T. (2010). *Lesene in jeklene konstrukcije. Za višje strokovne šole - program GRADBENIŠTVO.*

Medved, S. (2014). *Gradbena fizika.* Ljubljana: Fakulteta za arhitekturo.

Mosley, B., Bungey, J., & Hulse, R. (2012). *Reinforced Concrete Design to Eurocode 2.* PALGRAVE MACMILLAN. Pridobljeno iz https://www.academia.edu/43123370/Reinforced_concrete_design_to_Eurocode_2

Nassar, R. R., & Al-Qasem, I. A. (2020). Comparative Cost Study for A residential Building Using Different Types of Floor System. *International Journal of Engineering Research and Technology (IJERT). Volume 13, Number 8.*, 1983-1991. Pridobljeno iz http://www.irphouse.com/volume/ijertv13n8.htm

Nussholz, J. L., & Whalen, K. (2019). Financial assessment of reusing materials in buildings: comparing financial potential of wood, concrete and glass reuse. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volume 225*, 1-8. Pridobljeno iz https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/225/1/012042

Oyedepo, O. J., & Olanitori, L. M. (2021). Compaative Cost Analysis of Reinforced Concrete and Timber Floor System for Effective Lov Housing Scheme. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Volume 1036*, 1-8. Pridobljeno iz https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1036/1/012022

Saje, D. (2015). *Gradbene konstrukcije. Izbrana poglavja iz masivnih konstrukcij.* Ljubljana: Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.

SCHLOFFER d. o. o. (8. December 2025). Pridobljeno iz Osebna varovalna oprema: https://www.schloffer.si/osebna-varovalna-oprema

Srpčič, J., & Rožen, M. (2010). *Tehnični pogoji za zagotavljanje kakovosti pri izvajanju objektov stanovanjske gradnje - TPSG.* Pridobljeno iz SSRS: https://ssrs.si/wp-content/uploads/2019/04/2.8-tesarska_dela_modul-II-6-LOW.pdf

Šavli, R. (2025). *Primerjava obstoječega in prihajajočega pristopa k projektiranju betona ter njun vpliv na ogljični odtis betona. Diplomska naloga.* Ljubljana. Pridobljeno iz https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=173169&lang=slv

Šega, B., & Šernek, M. (24. 10 2018). Križno laminirani les - lsatnosti in zahteve. *Les/wood, vol. 67, No. 2.*, 33-42. Pridobljeno iz https://journals.uni-lj.si/les-wood/article/view/12170

Šernek, M. (2008). Konstrukcijski kompozitni les. *Gradnja z lesom - izziv in priložnost za Slovenijo*, 84-88.

Tajnik, M., Premorv, M., & Šilih, E. K. (2015). *Lesene konstrukcije: rešeni primeri.* Ljubljana: Fakulteta za gradbeništvo, prometno inženirstvo in arhitekturo.

TMD INVEST d. o. o. (november november 2023). *PZI dokumentacija: Vicus Fortunae – Stičišče srečnih doživetij.* Ptuj.

Unuk, Ž., Premrov, M., & Leskovar, V. Ž. (2019). Timber Floors and Strenghrening Techniques (Illustrated With a Numerical Example). *Teknik Dergi*, 9261-9288. Pridobljeno iz https://dergipark.org.tr/en/pub/tekderg/issue/40564/408857

URSA.Žepni priročnik. Zvočna izoalcija v gradbeništvu. (brez datuma). Pridobljeno iz URSA. : https://ursa.tmedia.biz/si/pdf/prirocnik/zvocna_izolacija_v_gradbenistvu.pdf

Wesrthyzen, F. V., & Wium, J. (2021). A development cost comparison between a multi-story mass timber and reinforced concrete building in South Africa. *Journal of the South African Institution of Civil Engineering. Vol. 3 No. 4*, 35-44. Pridobljeno iz https://www.researchgate.net/publication/358239192_A_development_cost_comparison_between_a_multi-storey_mass_timber_and_reinforced_concrete_building_in_South_Africa

Žarnić, R. (2012). *Tehnične smernice TSG -1-005:2012. Zaščita pred hrupom v stavbah.* Ljubljana: Ministrstvo za okolje in prostor.

Žitnik, D., Slak, T., Vratuša, S., & Berdajs, A. (2012). *Gradbeni priročnik. Peta, dopolnjena izdaja.* Ljubljana: Tehniška založba Slovenije.