

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
za gradbeništvo
in geodezijo



Jamova cesta 2
1000 Ljubljana, Slovenija
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

DRUGG – Digitalni repozitorij UL FGG
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Lisjak, L., 2014. Stroškovna primerjava variantnih zasnov enostanovanjskega objekta. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentorica, Šelih, J., somentor Srđić, A.): 86 str.

Datum arhiviranja: 01-07-2014

University
of Ljubljana

Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



Jamova cesta 2
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

DRUGG – The Digital Repository
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Lisjak, L., 2014. Stroškovna primerjava variantnih zasnov enostanovanjskega objekta. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljani, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Šelih, J., co-supervisor Srđić, A.): 86 pp.

Archiving Date: 01-07-2014

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



Jamova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si

UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI
PROGRAM GRADBENIŠTVO
KONSTRUKCIJSKA SMER

Kandidat:

LUKA LISJAK

**STROŠKOVNA PRIMERJAVA VARIANTNIH ZASNOV
ENOSTANOVANJSKEGA OBJEKTA**

Diplomska naloga št.: 3393/KS

**FAMILY HOUSE DESIGN ALTERNATIVES: COST
ANALYSIS**

Graduation thesis No.: 3393/KS

Mentorica:

izr. prof. dr. Jana Šelih

Predsednik komisije:

izr. prof. dr. Janko Logar

Somentor:

viš. pred. dr. Aleksander Srđić

Član komisije:

prof. dr. Franc Steinman

izr. prof. dr. Franc Saje

Ljubljana, 17. 06. 2014

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani **LUKA LISJAK** izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom:

» **STROŠKOVNA PRIMERJAVA VARIANTNIH ZASNOV**

ENOSTANOVANJSKEGA OBJEKTA «.

Izjavljam, da je elektronska različica v vsem enaka tiskani različici.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalni repozitoriju.

Ljubljana, maj 2014

(podpis)

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	69.003(043.2)
Avtor:	Luka Lisjak
Mentor:	izr. prof. dr. Jana Šelih, univ. dipl. inž. grad.
Somentor:	viš. pred. dr. Aleksander Srđić, univ. dipl. inž. grad.
Naslov:	Stroškovna primerjava variantnih zasnov enostanovanjskega objekta
Tip dokumenta:	Dipl. nal. - UNI
Obseg in oprema:	86 str., 15 pregl., 43 sl.
Ključne besede:	Gradbeni predračun, popis del, primerjava konstrukcijskih sistemov, cena gradbenega dela

Izveček

Z napredkom gradbeništva dobivamo uporabniki nove tehnologije gradnje in nove gradbene materiale. Novosti na gradbenem tržišču lahko novega investitorja kaj hitro postavijo v zadrego. Z željo po sodobnem projektiranju in poenostavitvi izbire konstrukcijskih sklopov sem v diplomski nalogi preučil različne možnosti projektiranja in izvedbe dvoetažne enostanovanjske hiše. Enako arhitekturno zasnovo sem konstrukcijsko zasnoval s tremi različnimi konstrukcijskimi sistemi; na betonsko hišo z opečnimi polnili, eksoskeletno in na endoskeletno leseno hišo. Za navedene alternativne izvedbe objekta sem analiziral stroškovni vidik izvedbe del ter zanje izdelal ponudbene predračune za posamezni primer.

V začetnem delu diplomske naloge sem predstavil izhodišča oblikovanja cen gradbenega dela ter na kratko povzel značilne faze projektiranja.

V nadaljevanju sem za obravnave alternative izdelal ponudbene predračune ter jih analiziral s finančnega ter kakovostnega vidika, ki upošteva še druge vidike gradnje, kot so kvaliteta bivanja, čas izdelave konstrukcije, površina tlorisa bivalne površine.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC:	69.003(043.2)
Author:	Luka Lisjak
Supervisor:	prof. Jana Šelih, Ph. D.
Co-supervisor:	assist. Aleksander Srđić, Ph. D.
Title:	Family house design alternatives: cost analysis
Document type:	Graduation Thesis – University studies
Notes:	86 p., 15 tab., 43 fig.,
Key words:	Construction estimation, bill of quantities, comparison of structural assemblies, price of building work

Abstract

With the progress of building construction, every year we obtain new building technology and new building materials. Such developments result in new products, which may increase the complexity of the decision an investor needs to make .

With a desire to promote modern design and facilitate investor's decision-making, in my thesis I examined various possibilities for designing a two-storey dwelling house. In particular, I designed the same floor plan and the same architectural basis using three different structural assemblies. The first was a concrete house with brick filling, the second was an exoskeleton wooden house, while the third was an endoskeleton wooden house. In all three cases, I emphasized the economic aspects of the project by estimating the cost for each construction.

In the initial part of my thesis I reviewed the main concepts in pricing building work, described the typical phases involved in construction, and introduced basic formula for dimensioning structural elements.

Next, I applied the reviewed concepts to design and price a two-storey dwelling house using three different structural assemblies.

Finally I compared the structures from a technical and financial perspective.

ZAHVALA

Iskrena hvala mentorici izr. prof. dr. Jani Šelih, univ.dipl. inž. grad., in somentorju viš. pred. dr. Aleksandru Srdiću, univ.dipl. inž.grad., za vso pomoč pri nastajanju diplomske naloge.

Še posebej se zahvaljujem svojim staršem, ki so mi omogočili študij in me vseskozi podpirali, ter sestri Moniki za njeno vzpodbudo in vsa potrpežljiva posvetovanja. Hvala tudi moji puncu Manci in prijateljem, ki so verjeli vame in mi pomagali uresničiti moj cilj.

1. UVOD	1
1.1 Namen in cilji diplomskega dela	2
1.2 Predmet in zgradba diplomskega dela	2
2. PROJEKTIRANJE GRADBENEGA OBJEKTA	3
2.1 Predstavitev faz gradbenega projekta	3
2.2 Načrtovanje gradbenega objekta	8
2.2.1 Obtežba oziroma vplivi na konstrukcijo	9
2.2.2 Kombinacija vplivov	14
2.2.3 Dimenzioniranje	16
2.2.3.1 Dimenzioniranje lesenih elementov	17
2.2.3.2 Dimenzioniranje armiranega betona	18
2.3 Oblikovanje cen gradbenih del	19
2.3.1 Projektantski popis del	21
2.3.2 Predizmere za projektatski popis del	23
2.3.3 Projektna ocena stroškov	24
2.3.3.1 Splošno o stroških gradbenih storitev	24
2.3.3.2 Posredni stroški	25
2.3.3.3 Neposredni stroški	26
2.3.3.4 Kalkulacija cen gradbenega dela	30
3. STROŠKOVNA PRIMERJAVA OPEČNE, ENDOSKELETNE IN EKSOSKELETNE KONSTRUKCIJE ZA IZBRANI OBJEKT	32
3.1 Opis konstrukcije	33
3.1.1 Predstavitev lokacije in značilnosti okolja	33
3.1.2 Arhitekturna zasnova in opis konstrukcije	34
3.2 Predstavitev konstrukcijskih sistemov	37
3.2.1 Betonska konstrukcija z opečnimi polnili	37
3.2.2 Lesena endoskeletna konstrukcija	38
3.2.3 Lesena eksoskeletna konstrukcija	40
3.3 Vplivi na konstrukcijo	41
3.4 Dimenzioniranje	49
3.4.1 Dimenzioniranje opečno betonske konstrukcije	49

3.4.1.1	Streha	49
3.4.1.2	Plošča	54
3.4.2	Dimenzioniranje lesene endoskeletne konstrukcije	57
3.4.2.1	Dimenzioniranje špirovca:	58
3.4.2.2	Dimenzioniranje trama	59
	Dimenzioniranje trama	59
3.5	PREDRAČUN HIŠ Z VSEMI POSTAVKAMI	61
3.5.1	Predračun za skupni del	62
3.5.2	Predračun opečno betonske hiše	69
3.5.3	Predračun endoskeletne okvirnate hiše	79
3.5.4	Predračun eksoskeletne masivne konstrukcije	83
4.	ANALIZA IN KOMENTARJI	84
5.	ZAKLJUČKI	88

Kazalo slik

- Slika 1: Faze gradbenega projekta v odvisnosti od časa (Pšunder, Gradbeno poslovanje ,2009)
- Slika 2: Razporeditev nenakopičenega snega (primer I), nakopičenega (primer II, III) za dvokapno streho (Slika 5.2 v SIST EN 1991-1-3:2004)
- Slika 3: Primer obračunavanja slikopleskarskih del na steni z odprtino
- Slika 4: Zemljevid Piranskega zaliva in lokacija objekta označena s črko A
- Slika 5: Tloris pritličja
- Slika 6: Tloris prvega nadstropja
- Slika 7: Prečni prerez objekta
- Slika 8: Virtualni prikaz objekta
- Slika 9: Primer vertikalne vezi na opečnem zidu (vir: <http://www.wienerberger.si/e4-dom/elementi>)
- Slika 10: Detajl križanja konstrukcijskih sklopov streha-stena, opečna konstrukcija
- Slika 11: Detajl križanja konstrukcijskih sklopov stena-medetažna plošča, opečna konstrukcija
- Slika 12: Detajl križanja konstrukcijskih sklopov streha-stena pri endoskeletni konstrukciji
- Slika 13: Detajl križanja konstrukcijskih sklopov stena-medetažna plošča pri endoskeletni konstrukciji
- Slika 14: Primer lesene skeletne nosilne konstrukcije (<http://www.jaris.si/slo/kako-bo-rasla-vasa-hisa/skelet/>)
- Slika 15: Detajl stikanja Xlam plošč na medetažni konstrukciji (http://www.cbd.si/index.php?option=com_content&view=article&id=91&Itemid=54&lang=sl)
- Slika 16: Detajl stikanja Xlam plošč na temelj (http://www.cbd.si/index.php?option=com_content&view=article&id=91&Itemid=54&lang=sl)
- Slika 17: Detajl križanja konstrukcijskih sklopov streha-stena pri eksoskeletni konstrukciji
- Slika 18: Detajl križanja konstrukcijskih sklopov medetažna plošča-stena pri eksoskeletni konstrukciji
- Slika 19: Cone za določanje obtežbe s snegom (SIST EN 1991-1-3:2004/A101:2008,

str. 4)

- Slika 20: Cona za določanje obtežbe vetra (SIST EN 1991-1-4:2005/A101:2007 str. 5)
- Slika 21: Razdelitev con strehe pri prečni smeri vetra
- Slika 22: Razdelitev con strehe pri vzdolžni smeri vetra
- Slika 23: Razdelitev stene na cone pri horizontalni smeri vetra
- Slika 24: Razdelitev stene na cone pri horizontalni smeri vetra
- Slika 25: Statični model 3D betonske strehe
- Slika 26: Notranje statične količine za upogibni moment M11 pri kombinaciji 3 pri vzdolžnem vetru
- Slika 27: Notranje statične količine za upogibni moment M22 pri kombinaciji 3 pri vzdolžnem vetru
- Slika 28: Notranje statične količine za upogibni moment M12 pri kombinaciji 3 pri vzdolžnem vetru
- Slika 29: Interakcijski diagram za osno silo in upogibnim momentom (Bratina, S. 5. vaja: Trietažna poslovna stavba)
- Slika 30: Armaturni načrt strehe, spodnja stran
- Slika 31: Armaturni načrt strehe, zgornja stran
- Slika 32: Model betonske plošče
- Slika 33: Upogibni momenti M11 pri kombinaciji 1
- Slika 34: Upogibni momenti M22 pri kombinaciji 1
- Slika 35: Upogibni momenti M12 pri kombinaciji 1
- Slika 36: Armaturni načrt plošče, spodnja armatura
- Slika 37: Armaturni načrt plošče, zgornja armatura
- Slika 38: Statični model špirovca z obtežbo snega, obtežbo vetra in lastno težo
- Slika 39: Upogibni momente pri kombinaciji 3 statičnega modela špirovca
- Slika 40: Palični leseni nosilec z osnimi notranjimi salami
- Slika 41: Palični leseni nosilec z izbranimi dimenzijami prerezov
- Slika 42: Načrt ostrešja
- Slika 43: Tloris prvega nadstropja

Kazalo preglednic

- Preglednica 1: Kategorija uporabe koristne obtežbe SIST EN 1991-1-1-2004
- Preglednica 2: Vrednost oblikovnih koeficientov μ (preglednica 5.2 v SIST EN 1991-1-3:2004)
- Preglednica 3: Koeficienti izpostavljenosti C_e za različne vrste terena (preglednica 5.1 v SIST EN 1991-1-3:2004)
- Preglednica 4: Kategorija terena (preglednica 4.1 v SIST EN 1991-1-4:2005)
- Preglednica 5: Delni varnostni faktorji za obtežbo
- Preglednica 6: Pomožni faktorji Ψ (SIST EN 1990:20004, 39 str.)
- Preglednica 7: Opis del z vsemi oznakami (Pšunder, 2008)
- Preglednica 8: Predanaliza cen za enoto mokre mešanice
- Preglednica 9: Glavna analiza cen za enoto vgrajevanja betona v temelj
- Preglednica 10: Koeficient zunanega tlaka pri dvokapnicah za veter v prečni smeri (pregl. 7.4a v SIST EN 1991-1-4:2005)
- Preglednica 11: Koeficient zunanega tlaka pri dvokapnicah za veter v vzdolžni smeri (pregl. 7.4b v SIST EN 1991-1-4:2005)
- Preglednica 12: Priporočene vrednosti koeficientov zunanega tlaka za navpične stene stavb s pravokotnim tlorisom (SIST EN 1991-1-4:2005 pregl. 7.1)
- Preglednica 13: Cena lesene CLT konstrukcije z vsemi stroški
- Preglednica 14: Cena gradbenih in obrtniških del skupaj + 9,5% DDV
- Preglednica 15: Postavke gradbenih, obrtniških in inštalacijskih del

1. UVOD

Z napredovanjem tehnike in gradbene tehnologije so na razpolago vse bolj napredni konstrukcijski materiali in nove tehnologije gradnje, na tržišču pa lahko izbiramo med paleto različnih konstrukcij iz različnih materialov. Na področju enostanovanjskih objektov prevladujeta v Sloveniji dva konstrukcijska sistema, klasična opečna in lesena montažna gradnja.

Večino enostanovanjskih novogradenj v Sloveniji predstavlja klasična opečna hiša (več kot 50%) (Kilar, 2004), narejena iz opečnih zidov z betonskimi vertikalnimi vezmi in betonske plošče. Taka gradnja se je v preteklosti razširila zaradi trajnosti konstrukcije ter relativno velike toplotne akumulativnosti.

Zadnja leta smo v Sloveniji priča povečanemu številu gradenj montažnih hiš (Kuzman, 2008), število lesenih montažnih novogradenj pa je nasproti številu v severozahodnih evropskih državah še zmeraj skromno. Po pričevanju izvajalcev gradenj lesenih montažnih hiš na Slovenskem se na leto v Sloveniji zgradi manj kot 380 primerov (Kitek Kuzman, 2008), kar znaša 12,2 % vseh novogradenj (Statistični urad RS, 2008, število enostanovanjskih novogradenj - 3110).

Montažna gradnja se vrši v dveh korakih: predhodno v delavnici izdelamo elemente, ki so nato montirani v objekt na gradbišču. S tem se količina dela na gradbišču zmanjša, kar skrajša fazo gradnje ter omogoči množično izdelavo elementov, cena elementov stavbe a posledično zniža.

Še pred nekaj leti so bile montažne hiše skromno oblikovane in so imele manjšo trajnost od ostalih klasičnih konstrukcij (Gradim, 2014). Danes s pomočjo novih materialov temu ni več tako. Sama trajnost je lahko primerljiva s klasično gradnjo, nosilnost materialov pa nudi večjo svobodo pri oblikovanju in omogoča detajle, ki jim opečna konstrukcija ni kos.

Obe vrsti konstrukcij združuje velika poraba materiala in veliko ročnega dela, kar je značilnost gradbeništva in gradbene proizvodnje. Loči pa ju različen pristop dimenzioniranja, predvsem zaradi fizikalno-gradbenih lastnosti, občutljivosti do okolja in načina grajenja.

V diplomskem delu želimo zato oceniti lastnosti obeh načinov gradnje še s stroškovnega vidika. Da lahko takšno primerjavo izvedemo, moramo zagotoviti, da so rešitve posameznih konstrukcij v skladu s pravilniki, tako na področju statične presoje, kakor tudi pri določevanju energetske učinkovitosti stavbe. Upoštevati je torej potrebno veljavne relevantne pravilnike,

(Evrokod standarde SIST EN in pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah Ur. List RS št. 52/2010) pri primerjavi sistemov pa moramo upoštevati enaka izhodišča.

Določanje skupne ponudbene cene objekta predstavlja za ponudnika gradbenih del (potencialnega izvajalca) enega večjih izzivov, saj predstavlja ponudbena cena ključni parameter, na podlagi katerega naročnik izbere izvajalca. Z vidika ponudnika (izvajalca) je ponudbena cena torej element, na katerem sloni uspešnost ponudbe. Ponudnik mora v okviru priprave ponudbe dobro oceniti izvedbene stroške in poznati cene svojih del. Na ramenih kalkulanta, ki pripravlja osnove za ponudbo, sloni torej odgovorno in zahtevno delo, ki zahteva poznavanje tako operativnega dela, kakor tudi določanja ponudbenih cen za posamezne postavke, ki ga izvede komercialna služba gradbenega podjetja.

1.1 Namen in cilji diplomskega dela

Namen diplomskega dela je predstavitev postopka določanja ponudbenih cen za izbrani gradbeni objekt in primerjava cen med različnimi nosilnimi sistemi, s katerimi lahko objekt izvedemo. Prikazati želim gradbena in obrtniška dela, ki so potrebna za izdelavo tipske enostanovanjske stavbe in kakšne so potrebne količine in cene za izdelavo. Posredno želim ugotoviti, kakšna nosilna konstrukcija je trenutno najbolj ugodna in v čem so njene prednosti. Določiti želim, koliko stane odstranitev starega in postavitev novega objekta in kakšne možnosti ponujajo projektanti investitorjem pri odločanju o gradnji. Pri tem obravnavam stanovanjski objekt, ki leži na polotoku Seča.

1.2 Predmet in zgradba diplomskega dela

Naročnik se pogosto sprašuje, kakšno vrsto nosilne konstrukcije naj izbere, da bo gradnja stroškovno kar najbolj učinkovita. V diplomskem delu bom določil ponudbeno ceno za tri različne vrste nosilne konstrukcije stanovanjskega objekta, pri čemer sta arhitekturna zasnova in tloris v vseh primerih enaki. Nosilna konstrukcija bo v prvem primeru armiranobetonska z opečnimi polnili, v drugem bo lesena endoskeletna in v zadnjem primeru lesena eksoskeletna gradnja.

Diploma je razdeljena na teoretični in računski del. V teoretičnem delu bom predstavil potek gradnje ter vse štiri standardne faze, predstavil bom postopek dimenzioniranja nosilnih elementov, pripravo popisa del ter nato izdelavo ponudbenega predračuna. Sledi priprava opisov vrst del za posamezno konstrukcijo in določanje njihovih cen s pomočjo gradbenih norm in trenutnih razmer na trgu. Popisi bodo sledili zaporedju gradnje in bodo razvrščeni v posamezne vrste del (zemeljska dela, pripravljalna dela, zidarska dela, slikopleskarska dela...). Sledil bo še računski del, v katerem bom najprej predstavil projektno konstrukcijo, dimenzioniral detajle posameznih konstrukcij in predstavil ponudbene predračune posameznih hiš.

Na koncu diplome, v analizi in zaključkih, bom predstavil rezultate primerjav konstrukcij in dognanja na izbranem primeru.

2. PROJEKTIRANJE GRADBENEGA OBJEKTA

2.1 Predstavitev faz gradbenega projekta

Graditev gradbenega objekta poteka v štirih fazah, ki potekajo od začetka do konca gradnje. To so faza koncipiranja, faza konstruiranja, faza priprave in faza izvedbe. Faze gradbenega projekta izvajamo skladno z ustreznim delom gradbene dokumentacije, ki se imenuje gradbeni elaborat. Ta je sestavljen iz investicijske, tehnične in pravne dokumentacije. V nadaljevanju bom bolj podrobno opisal vsako izmed štirih faz načrtovanja gradbenega objekta in pripadajočo dokumentacijo.

Faza koncipiranja

Faza koncipiranja se začne s prvim srečanjem investitorja in projektanta, na katerem investitor seznanj projektanta z namenom gradnje. Po ogledu obstoječe situacije na terenu in pogovoru z investitorjem projektant preuči želje investitorja in omejitve okolice.

V tej fazi projektant investitorju predstavi različne predinvesticijske dokumente, med katerimi so predhodne študije o okoliščinah gradnje, investicijski program in kasneje še idejni načrt. Vsi trije dokumenti so za investitorja izjemno pomembni, saj mu podajo prve informacije o upravičenosti in ekonomičnosti gradnje.

Predhodne študije podrobno preučujejo tehnološko plat projekta. To so pogoji gradnje, geološke in geomehanske analize. Investicijski program preučuje različne idejno gradbene rešitve, smotrnost tehnološkega procesa pri upoštevanju energetskih in surovinskih virov, prometnih urbanističnih osnov ter delovne sile. Podrobno preučujejo tudi ekonomsko plat z rentabilnostjo gradnje.

Po odobritvi zasnove s strani investitorja prične projektant izdelovati idejni načrt, ki služi kot začetna faza projektiranja pred izdelavo glavnega projekta. Glavna vloga idejnega projekta je podati dovolj jasno sliko o višini potrebnih finančnih sredstev, kar omogoči investitorju, da jih v danem trenutku zagotovi dovolj. Idejni projekti stanovanjskih in poslovnih stavb so namenjeni določanju najugodnejših zasnov objekta in so zato pogosto predmet natečajnih razpisov z nagradami za najboljše rešitve.

Potrebno je dodati, da (za zasebnega naročnika) navedena dokumentacija ni zakonsko določena. V primeru financiranja s strani bank oziroma drugih finančnih inštitucij je potrebno upoštevati pravila posojilodajalca. V primeru objektov, namenjenim državnim službam, organom, skladom in zavodom, ki se gradijo z javnimi sredstvi, pa je obvezno spoštovanje Uredbe o enotni metodologiji za izdelavo programov (UL RS82/1998). Ta določa vsebino in vrsto investicijske dokumentacije ter postopke in kriterije za ugotavljanje učinkovitosti pri odločanju o investicijah na področju javnih financ. Javni naročnik, država ali lokalna skupnost, je obvezana sprejeti najprimernejšo rešitev z javnim natečajem, dela pa se oddajajo skladno z zakonom o javnem naročanju (UL RS 82/1998). V primeru zasebnega naročnika pa je to prepuščeno posamezniku. Skupen cilj tako zasebnemu, kot javnemu naročniku je izbrati najboljšo projektno rešitev v dani situaciji.

Faza konstruiranja

Po končanem zbiranju vseh informacij za investicijsko dokumentacijo, se začne izdelava tehnične dokumentacije, ki je del faze konstruiranja. Najpomembnejši dokument te faze je izdelava glavnega projekta. Za lažjo obravnavo projekta se le-ta razdeli na dva dela.

Prvi del projekta vsebuje tehnično poročilo, ki pojasnjuje način izvedbe posameznih vrst dela, specifikacijo konstrukcij, materialov, opreme, posebnih tehničnih pogojev in prikaz zmogljivosti oz. kapacitete objekta. Poleg navedene dokumentacije obsega prvi del projekta tudi opis številnih situacij, iz katerih je razviden geodetski prikaz obstoječega stanja terena z

obstoječimi komunikacijami, instalacijami in drugimi značilnostmi. Prav tako prvi del projekta sestavljajo načrti tlorisov, značilni prerezi fasade ter razni prerezi v merilu 1 : 100 ali v merilu 1 : 50. Vsi načrti so dopolnjeni s statičnimi izračuni strukturnih delov, kot so nosilnosti tal, nosilnost zidov in nosilnost ostalih konstrukcij ter po potrebi s hidravličnimi, energetskimi, geotehničnimi in toplotnimi izračuni.

V drugem delu se projekt razvija bolj detajlno in v večjem merilu. Načrti prikazujejo podrobno izvedbo opečnih in betonskih zidov, ostrešij in drugih delov stavbe. Detajlne načrte za armiranobetonske konstrukcije in opaže rišemo v merilih 1 : 10, 1 : 20, 1 : 25, 1 : 50. Razne druge gradbene detajle, kot na primer detajle stopnic, dilatacij, oken in vrat, pa rišemo tudi v večjem merilu, kot so 1 : 10, 1 : 15, 1 : 2 ali 1 : 1.

Poleg gradbenega projekta je v fazi konstruiranja objekta potrebno izpeljati tudi spremljevalne projekte, katerih namen je pridobiti državno-občinska soglasja. 3 stopnje projektne dokumentacije nastajajo v naslednjem zaporedju: Projekt za pridobitev gradbenega dovoljenja (PGD), Projekt za razpis (PZR), Projekt za izvedbo (PZI) (Pšunder, Gradbeno poslovanje). V nadaljevanju bom opisal vsakega izmed njih.

Projekt za pridobitev gradbenega dovoljenja (PGD) in dokaz o lastninski oz. stvarni pravici (služnostni pravici ali pravici uporabe) sta predpogoja, da upravni organ (Ministrstvo za okolje in prostor) izda gradbeno dovoljenje. Projekt za gradbeno dovoljenje je sestavljen iz vodilne mape, načrtov in elaboratov. Vsi ti sistematično urejeni dokumenti omogočajo pristojnemu organu, da presodi vse okoliščine in izda soglasje za gradbenega dovoljenja. Okoliščine, ki jih pristojni organ preverja so: 1) skladnost projekta s prostorskimi akti; 2) izpolnitev bistvenih zahtev (mehanska odpornost in stabilnost, varnost pred požarom, higienska in zdravstvena zaščita, zaščita okolice, varnost pri uporabi, zaščita pred hrupom); 3) zagotovitev minimalne komunalne oskrbe objekta in 4) zaščita pravic prizadetih oseb in varovanje javne koristi (Rakar, 2008). Potrebno je predložiti tudi vsa soglasja vpletenih in dokaz, da so zagotovljena vsa finančna sredstva za gradnjo.

Gradbeno dovoljenje je zakonsko določeno pri gradnji novega objekta, rekonstrukciji oziroma adaptaciji objekta, spreminjanju konstrukcijskih delov, zunanjega videza, velikosti ali namena objekta, odstranitvi objekta in spremembi namembnosti objekta. Za vsa ostala dela, v katerih se ne spreminjajo konstrukcijski deli, zunanost, velikost ali namen obstoječih objektov, pa potrebujemo le priglasitev občinskemu pravnemu organu.

Gradbeno dovoljenje v vseh slovenskih občinah izdaja pristojni upravni organ občinske skupščine. Z izdajo gradbenega dovoljenja občinski upravni organ potrjuje zadoščanje predpisanim pogojem in pravno dovoljuje gradnjo gradbenega objekta.

Pomembno je še, da gradbeno dovoljenje preneha veljati, če se ne prične z gradnjo, določeno v odločbi.

Projekt za razpis (PZR) je projekt za pridobitev gradbenega dovoljenja, dopolnjen z dokumenti predizmer objekta za sklepanje in oddajanje ponudb. Ponudniki gradbenih storitev na podlagi teh dokumentov izdelajo svojo ponudbo. V projektu za razpis najdemo tudi opis tehničnih značilnosti in kakovosti gradbenih del, storitev, inštalacij, naprav, opreme in podrobnosti posameznih načrtov.

Investitor priloži še razpisno dokumentacijo s podatki o razpisnih pogojih naročnika za izvedbo del, pogoje, ki vplivajo na izvajanje del (transport, podnebne razmere...), okvirni terminski plan izvajanja del ter plan porabe finančnih sredstev.

Projekt za izvedbo (PZI) je projektantski izdelek, v katerem so zabeleženi izvedbeni detajli. Po podpisu pogodbe s strani investitorja je projekt za izvedbo izročen izvajalcu. Vsebuje tehnično poročilo načrtov s popisom količine materiala in opreme, popis del za posamezne načrte projekta za izvedbo in različne načrte detajlov v manjšem merilu.

Poleg vseh naštetih projektov pa je v fazi konstruiranja ključna tudi pravna dokumentacija, ki sestoji iz različnih soglasij, pritrditvev in dovoljenj pristojnih prizadetih organov, lokacijskega dovoljenja ter gradbenega dovoljenja. Pod razna soglasja se šteje odobravanje posredno ali neposredno vpletenih posameznikov ali javnosti z novogradnjo ali rekonstrukcijo. Investitor potrebuje tudi soglasja za priključke oz. odvzem energije, kot na primer vodovod, kanalizacijo, elektriko in plin.

Faza priprave

V fazi priprave sledijo trije ključni dogodki: pridobitev gradbenega dovoljenja s strani državnega organa, podpis pogodbe z glavnim izvajalcem in podpis pogodbe z glavnim nadzornikom gradbišča. V tej fazi se tudi ureja gradbišče za pričetek gradbenih del.

Faza izvedbe

Izvedbena faza se prične z gradnjo objekta (izvedba gradbenih, obrtniških in inštalacijskih del ter tehnični pregled). V nadaljevanju sledi primopredaja med naročnikom in izvajalcem ter na koncu poskusno obratovanje. Pri vsaki gradnji lahko izvajalec prične z gradnjo, ko izpolni naslednje pogoje: pridobljeno pravnomočno gradbeno dovoljenje (razen v primeru enostavnih objektov in investicijsko vzdrževalnih delih), sklenjena pisna pogodba z nadzornikom s strani investitorja in izpolnjeni pogoji po 29. členu ZGO-1.

Te pogoje izvajalec izpolni z izdelanim načrtom organizacije gradbišča in varnosti, gradbišče prijavi inšpekciji za delo, uredi ga z ograjo, tablo, gradbenim dnevnikom in PZI.

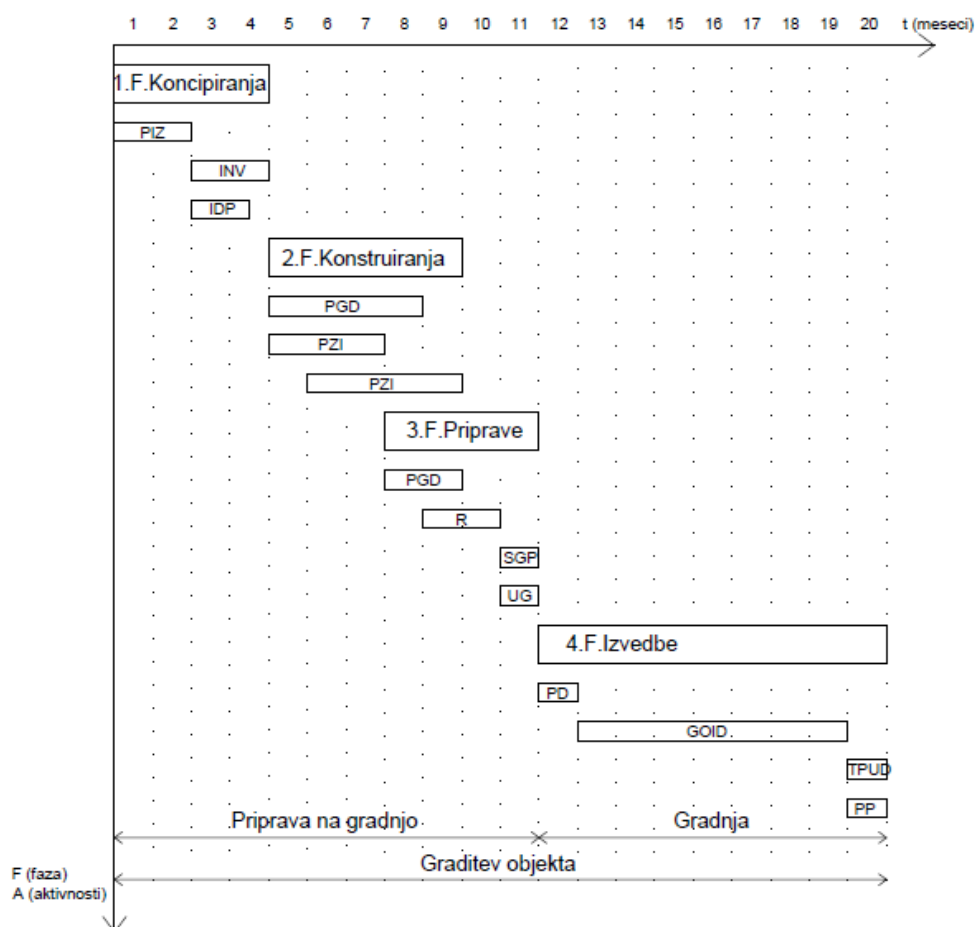
Dokumentacija, ki nastaja v tej fazi je projekt izvedenih del (PID) in izvleček iz glavnega projekta za etažne lastnike (IPEL).

Projekt izvedenih del (PID) je dokument, ki ga ustvari izvajalec. Sestavljen je iz obračunskih obrazcev, ki z gradbenim dnevnikom sestavljajo gradbeno knjigo.

Ti dokumenti obsegajo prikaz morebitnih sprememb in načrtov vseh izvedenih del na objektu. Projekt izvedenih del je zelo pomemben, saj služi kot podlaga pri tehničnem pregledu. Ta dokument mora investitor oz. oseba, odgovorna za upravljanje objekta, hraniti do konca uporabe objekta.

Izveček iz glavnega projekta za etažne lastnike (IPEL). Po dokončanju del investitor naroči odmero objekta na zemljišču oziroma delitev etažne lastnine v notranjosti objekta pri pooblaščenemu geodetu. Zakonodaja s področja geodetske dejavnosti obvezuje tako investitorja kot projektanta, da na podlagi izvedenih geodetskih mer izdelata elaborate vpisa stavbe v kataster, ki služi kot strokovna podlaga pri upravnem postopku vpisa stavbe v kataster stavb.

Na sliki 1 je prikazano zaporedje gradbenih faz in zaporedje spremljevalnih dokumentov. Zaporedje faz in dogodkov je pri vsaki gradnji enako, časovni roki se lahko skrajšajo ali podaljšajo v odvisnosti od zahtevnosti objekta.



Slike 1: Faze gradbenega projekta v odvisnosti od časa (Pšunder, 2009)

PIZ-predinvesticijska zasnova, INV-investicijski program, IDP-idejni projekt, PGD-projekt za pridobitev gradbenega dovoljenja, PZI-projekt za izvedbo, R-razpis, SGP-sklenitev gradbene pogodbe, PD-pripravljalna dela, GOID-gradbena, obrtniška in inštalacijska dela, TPUD-tehnični pregled in uporabno dovoljenje in P-primopredaja.

2.2 Načrtovanje gradbenega objekta

Projektant načrtuje gradbeni objekt na podlagi zahtev investitorja ter zahtev relevantne zakonodaje. Ključni zakonski dokument, ki ureja tehnične lastnosti konstrukcij, je Pravilnik o bistvenih zahtevah za gradbene objekte (ZGO – 1E). Pravilnik opredeljuje 6 bistvenih zahtev, ki morajo veljati za gradbene objekte v vseh fazah življenjskega cikla. Bistvene zahteve so:

- **Mehanska odpornost in stabilnost**
Predvideva varnost konstrukcije pred morebitno obremenitvijo, ki bi lahko povzročila porušitev dela ali celote objekta, nedopustne deformacije, škodo na drugih delih objekta ali napravah in nesorazmerno veliko škodo glede na osnovni vzrok.
- **Varnost pred požarom**
Predvideva ohranitev nosilnosti konstrukcije za določen čas med požarom, omejitev širjenja požara in dima, omejitev širjenja požara na sosednje objekte, možnost hitre evakuacije udeleženih ljudi oziroma reševanje oseb in upoštevanje varnosti reševalnih ekip.
- **Higienska in zdravstvena zaščita**
Predvideva zaščito zdravja ljudi pred uhajanjem strupenih plinov, prisotnostjo nevarnih delcev ali plinov v zraku, emisijami nevarnega sevanja, onesnaževanjem ali zastrupitvijo vode in tal, napačnim odstranjevanjem odpadnih voda, dima, trdih ali tekočih odpadkov ter pred prisotnostjo vlage v delih objekta.
- **Varnost pri uporabi**
Predvideva preprečitev tveganja nezgod zaradi padcev, zdrsov, trčenj, opeklin, udarcev električnega toka in poškodb zaradi eksplozij.
- **Zaščita pred hrupom**
Predvideva zmanjšanje človeško zaznavne ravni hrupa na raven, ki ne bo ogrožala njihovega zdravja in jim bo omogočila zadovoljive razmere za spanje, počitek in delo.
- **Varčevanje z energijo in ohranjanje toplote**
Predvideva nizko porabo energije pri ogrevanju, hlajenju, pripravi tople vode in prezračevanju.

Gradbena stroka se posveča predvsem mehanski odpornosti in stabilnosti, energetski učinkovitosti ter varnosti pred požarom.

2.2.1 Obtežba oziroma vplivi na konstrukcijo

Vsaka konstrukcija je med obratovalno dobo podvržena različnim vplivom. Nekateri vplivi oziroma obtežbe so stalno prisotni na objektu, nekateri pa samo začasno ali za krajše obdobje. Tako ločimo stalne, spremenljive in nezgodne vplive. Med splošnimi vplivi največkrat

upoštevamo prostorninsko težo, lastno težo, koristno obtežbo stavbe, vpliv požara na konstrukcijo, obtežbo snega, obtežbo vetra, toplotni vpliv, vplive med gradnjo in nezgodne vplive (predavanja statika linijskih konstrukcij I.). V nadaljevanju bom predstavil najbolj merodajne vplive, izračunane po SIST EN 1991-1-1.

Lastna teža

Lastna teža konstrukcije je tipičen primer stalne obtežbe na objektu. Njena količina predstavlja težo nosilne konstrukcije in jo izračunamo tako, da pomnožimo prostornino (volumen) elementa s specifično težo materiala (g). Pri tem predpostavimo, da se prostorninska teža materiala znotraj konstrukcije ne spreminja. Pod lastno težo konstrukcije upoštevamo tudi vse nenosilne elemente, kot so strešniki, toplotna izolacija, stopnice in drugi, ki so sestavni del konstrukcije in jih ni mogoče fizično ločiti ali premikati.

Koristna obtežba

Koristna obtežba kot spremenljivi pomični vpliv nastane zaradi vsesplošne uporabe konstrukcije. V njej upoštevamo težo ljudi, pohištva, vozila, težo predvidenih dogodkov zaradi koncentracije ljudi oziroma kopičenje stvari zaradi reorganizacije (pr. pleskanje).

Koristno obtežbo lahko modeliramo kot koncentrirano obtežbo ali kot enakomerno porazdeljeno ploskovno obtežbo. Koncentrirana obtežba lahko deluje kjerkoli na tleh, balkonu ali stopnicah.

Kot smo že omenili, nastane koristna obtežba zaradi uporabe konstrukcije, zato jo ločimo glede na opis uporabe.

Preglednica 1: Kategorije uporabe koristne obtežbe SIST EN 1991-1-1-2004

Kategorija	Opis uporabe	q_k (kN/m ²)	Q_k (kN)
A: -tla na splošno -stopnice -balkoni	Bivalni prostor	1,5 - 2,0	2,0 - 3,0
		2,0 - 4,0	2,0 - 4,0
		2,5 - 4,0	2,0 - 3,0
B	Pisarne	2,0 - 3,0	1,5 - 4,5
C: -C1 -C2 -C3 -C4 -C5	Zbirališča ljudi	2,0 - 3,0	3,0 - 4,0
		3,0 - 4,0	2,5 - 7,0 (4,0)
		3,0 - 5,0	4,0 - 7,0
		4,5 - 5,0	3,5 - 7,0
		5,0 - 7,5	3,5 - 4,5

D: -D1 -D2	Trgovine	4,0 - 5,0 4,0 - 5,0	3,5 - 7,0 (4,0) 3,5 - 7,0
E1	Skladišča (kopičenje blaga)	7,5	7,0
H	Streha	0,0 - 1,0 (0,4)	0,9 - 1,5 (1,0)

Preglednica 1 je sestavljena iz štirih stolpcev, prva dva opisujeta kategorijo in opis uporabe, zadnja dva pa interval količine predpisane obtežbe za enakomerno porazdeljeno obtežbo in koncentrirano obtežbo.

Obtežba snega

Obtežba snega je kot spremenljiva nepomična obtežba, katere računsko vrednost določimo skladno s standardom SIST EN 1991-1-3:2004. Obtežba snega ni samo odvisna od verjetnosti snežnih padavin, temveč tudi od temperaturnega nihanja ter prisotnosti vetra. Na lokalni ravni pa je obtežba snega odvisna od oblike, hrapavosti in toplotnih lastnosti strehe, kot tudi od okolice objekta. Računsko vrednost te vrste obtežbe določimo z izrazom (SIST EN 1991-1-3:2004, poglavje 5.2 porazdelitev obtežbe, str. 13):

$$S = \mu_i * C_e * C_t * S_k \quad (2.1)$$

μ_i = oblikovni koeficient obtežbe snega

C_e = koeficient izpostavljenosti

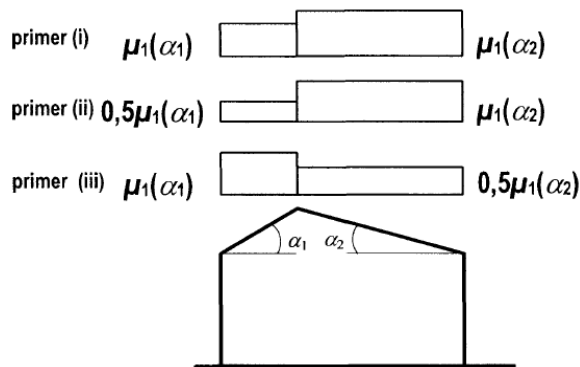
C_t = toplotni koeficient

S_k = karakteristična obtežba snega na tleh

Preglednica 2: Vrednost oblikovnih koeficientov μ (preglednica 5.2 v SIST EN 1991-1-3:2004)

Naklon strehe α	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$ v SIST EN	$30^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$	$60^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$
μ_1	0,8	$0,8 (60 - \alpha) / 30$	0
μ_2	$0,8 + 0,8 \alpha / 30$	1,6	/

Odčitamo iz tabele $\mu_1 = 0,8$



Slika 2: Razporeditev nenakopičenega snega (primer I), nakopičenega (primer II, III) za dvokapno streho (Slika 5.2 v SIST EN 1991-1-3:2004)

Preglednica 3: Koeficienti izpostavljenosti C_e za različne vrste terena (preglednica 5.1 v SIST EN 1991-1-3:2004)

Teren	C_e
Izpostavljen vetru (ravne površine brez ovir, izpostavljene vetru z vseh strani ali z majhnimi zakloni, višji objekti ali drevje)	0,8
Običajen (površine, kjer veter ne prenaša snega na objektih, ker so zaščiteni zaradi terena, drugih objektov ali dreves).	1,0
Zaščiten pred vetrom (površine, kjer je obravnavani objekt občutno nižji kot okoliški teren, visoko drevje ali drugi objekti)	1,2

C_e = koeficient izpostavljenosti

C_t = toplotni koeficient. Toplotni koeficient se upošteva za zmanjšanje obtežbe snega pri strehah z veliko toplotno prevodnostjo ($\geq 1 \text{ W/m}^2\text{K}$). Za naš primer bomo izbrali $C_t = 1$.

S_k = karakteristična obtežba snega na tleh. Karakteristična snežna obtežba S_k (kN/m^2) je določena glede na območje in nadmorsko višino.

Obtežba vetra

Obtežbo vetra upoštevamo kot spremenljivo nepomično obtežbo. Veter se spreminja s časom in deluje neposredno kot tlak ali srk na zunanje površine konstrukcije. Če je ovoj prepusten, deluje tudi na notranje površine. Obtežbo vetra upoštevamo skladno s standardom SIST EN 1991-1-4:2005 (točka 4.2(2)P) in nacionalnega dodatka SIST EN 1991-1-4:2005/A101:2008. Obtežbo vetra poračunamo postopoma, najprej moramo določiti osnovno hitrost vetra, intenziteto turbulence, srednjo hitrost vetra, standardno deviacijo in karakteristični največji

tlak vetra, da lahko pridemo do tlaka, ki ga veter povzroči. Postopek je izpeljan v nadaljevanju.

Osnovno hitrost vetra izračunamo z izrazom (SIST EN 1991-1-4:2005, 4.2 Osnovne vrednosti, str.16):

$$V_b = C_{dir} * C_{season} * V_{b,0} \quad (2.2)$$

pri čemer je C_{dir} smerni faktor (priporočena vrednost je 1), C_{season} faktor letnega časa (priporočena vrednost je 1) in $V_{b,0}$ temeljna hitrost vetra (Priročnik za projektiranje gradbenih konstrukcij po Evrokod standardih, preglednica 1-23, str. 1-69) ($V_{b,0}(Cona 3) = 30 \text{ m/s}$).

$$V_b = 1 * 1 * 30 \text{ m/s} = 30 \text{ m/s}$$

Referenčna višina za privetrne stene stavb s pravokotnim tlorisom je odvisna od razmerja b/h. V nadaljevanju določim kategorijo hrapavosti terena II (področje z nizkim rastlinjem (trava) in posameznimi ovirami (drevesi, stavbami) na razdalji najmanj 20 višin ovir). Iz Preglednice 4 odčitam vrednosti za koeficienta z_0 in z_{min} .

Preglednica 4: Kategorija terena (preglednica 4.1 v SIST EN 1991-1-4:2005)

Kategorija terena		Z_0	Z_{min}
0	Morsko ali obalno področje, izpostavljeno odprtemu morju	0,003	1
I	Jezersko ali ravninsko področje z zanemarljivim rastlinjem in brez ovir	0,01	1
II	Področje z nizkim rastlinjem (trava) in posameznimi ovirami (drevesi, stavbami) na razdalji najmanj 20 višin ovir	0,05	2
III	Področje z običajnim rastlinjem ali stavbami ali s posameznimi ovirami na razdalji največ 20 višin ovir (podeželsko okolje, stalni gozd)	0,3	5
IV	Področje, kjer je najmanj 15 % površine pokrite s stavbami s povprečno višino več kot 15 m	1,0	10

Med računom moramo določiti tudi vrednosti dveh koeficientov, ki ju potrebujemo v nadaljevanju računa. Prvi je faktor hrapavosti terena c_r , drugi je faktor terena k_r (SIST EN 1991-1-4:2005, 4.3.2 Hrapavost terena, str. 17).

$$C_r = k_r * \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \quad z_{max} \leq z \leq z_{min} \quad (2.3)$$

$$k_r = 0,19 * \left(\frac{z_0}{z_{0II}}\right)^{0,07} \quad z_{0II} \text{ je hrapovostna dolžina v kategoriji II.} \quad (2.4)$$

Karakteristični največji tlak pri sunkih vetra q_p določimo z izrazom (SIST EN 1991-1-4:2005, 4.5 Tlak pri največji hitrosti ob sunkih vetra, str. 20).

$$q_p(z) = [1 + 7I_v(z)] * \frac{1}{2} * \rho * V_m^2(z) = kN/m^2 \quad (2.5)$$

Intenziteta turbulence:

$$I_v = \frac{\sigma_v}{V_m(z)} \quad (2.6)$$

Srednja hitrost vetra

$$V_m(z) = C_r(z) * C_0(z) * V_b = m/s \quad (2.7)$$

Standardna deviacija

$$\sigma_v = k_r * V_b * k_i = m/s \quad (2.8)$$

Zunanji tlak vetra izračunamo tako, da največji tlak pri sunkih vetra $q_p(z)$ pomnožimo s koeficientom zunanjih pritiskov (c_{pe}) za dvokapne strehe oz. zunanje stene. Oznaka “z” označuje referenčno višino objekta.

$$w_e = q_p(z) * c_{pe} \quad (2.9)$$

Določanje koeficienta zunanjega tlaka bom prikazal v poglavju 6.

2.2.2 Kombinacija vplivov

Kombinacijo vplivov v mejnih stanjih nosilnosti tvorimo z izrazom (2.10). Za osnovno obtežno kombinacijo velja:

$$E_d = \sum \gamma_{G,j} * G_{k,j} + \gamma_{Q,1} * Q_{k,1} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} * \Psi_{0,i} * Q_{k,i} \quad (2.10)$$

Izraz (2.10) omogoča, da različne vplive, ki delujejo na isti element, seštejemo. Pri tem osnovne količine pomnožimo z varnostnim faktorjem. Izbira varnostnega faktorja je pogojena z ugodnim oz. neugodnim vplivom na element oziroma konstrukcijo (SIST EN 1990:2004, 6.4.3.2 Kombinacija vplivov za stalna in začasna projektna stanja, str. 34) .

$\gamma_{G,j}$ je varnostni faktor za stalne vplive na konstrukcijo

$\gamma_{Q,1}$ je varnostni factor za prevladujoči spremenljivi vpliv

$\gamma_{Q,i}$ je varnostni factor zaostale spremenljive vplive

$G_{k,j}, Q_{k,1}, Q_{k,i}$ so vrednosti stalne, glavne spremenljive in ostale spremenljive obtežbe

$\Psi_{0,i}$ je koeficient, kateri določa kombinacijsko vrednost

$\Psi_{1,i}$ je koeficient, kateri določa pogosto vrednost

$\Psi_{2,i}$ je koeficient, kateri določa kvazi stalno vrednost

Karakteristična vrednost za mejno stanje uporabnosti je določena z izrazom (SIST EN 1990:2004, 6.5.3 Kombinacija vplivov, str. 36).

$$E_d = \sum G_{k,j} + Q_{k,1} + \sum_{i>1} \Psi_{0,i} * Q_{k,i} \quad (2.11)$$

V nadaljevanju prikazujemo vrednosti varnostnih faktorjev, kot jih določa (SIST EN 1990, A.1.3 Mejna stanja nosilnosti, str. 40) .

Preglednica 5: Delni varnostni faktorji za obtežbo

Projektna situacija	Mejno stanje nosilnosti (MSN)		Mejno stanje uporabnosti (MSU)	
	gG	gQ	gG	gQ
Osnovna:				
- ugoden vpliv	1,0	0	1,0	0
- neugoden vpliv	1,35	1,5	1,0	1,0
Nezgodna	1,0	1,0	-	-

Preglednica 6: Pomožni faktorji Ψ (SIST EN 1990:20004, 39 str.)

Vrsta vpliva	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
Koristna obtežba v stavbah:			
-stanovanja	0,7	0,5	0,3
- pisarne	0,7	0,5	0,3
- stavbe, kjer se zbirajo ljudje	0,7	0,7	0,6
- trgovine	0,7	0,7	0,6
- skladišča	1,0	0,9	0,8
Obtežba s snegom	0,6	0,2	0,0
Obtežba z vetrom	0,6	0,2	0,0

Obtežba mejnega stanja nosilnosti je določena z izrazi:

$$q_d = 1,35 * g + 1,5 * q + 1,5 * 0,7 * s + 1,5 * 0,6 q_w \quad (2.12)$$

$$q_d = 1,35 * g + 1,5 * 0,7 * q + 1,5 * s + 1,5 * 0,6 * q_w \quad (2.13)$$

$$q_d = 1,35 * g + 1,5 * 0,7 * q + 1,5 * 0,7 * s + 1,5 * q_w \quad (2.14)$$

Obtežba mejnega stanja uporabnosti:

$$q_d = 1,0 * g + 1,0 * q + 0,7 * s + 0,6 q_w \quad (2.15)$$

$$q_d = 1,0 * g + 0,7 * q + 1,0 * s + 0,6 * q_w \quad (2.16)$$

$$q_d = 1,0 * g + 0,7 * q + 0,7 * s + 1,0 * q_w \quad (2.17)$$

2.2.3 Dimenzioniranje

Pri dimenzioniranju upoštevamo osnovne zakonitosti mehanike trdnih teles. Ta pravi, da mora biti za vzpostavljanje ravnotežnega stanja odpornost materiala na določeno silo ali moment večja od obremenitve. Zagotovitev ravnotežnega stanja preverimo s kontrolami napetosti prereza, te se razlikujejo v odvisnosti od lastnosti izbranega materiala.

Lastnosti trdnostnega razreda betona C25/30 so: $f_{ck} = 2,5 \text{ kN/cm}^2$ (karakteristična tlačna trdnost 28dni starega betona, določena na valju), $f_{ck,cube} = 3,0 \text{ kN/cm}^2$ (karakteristična tlačna trdnost 28dni starega betona, določena na kocki), $f_{ctm} = 0,26 \text{ kN/cm}^2$ (nazivna natezna trdnost betona), $E_{cm} = 3100 \text{ kN/cm}^2$ (elastični modul 28 dni starega betona), $\epsilon_{c2} = 2,0 \text{ ‰}$ (tlačna deformacija betona pri največji napetosti f_{ck}) in $\epsilon_{cu2} = 3,5 \text{ ‰}$ (mejna tlačna deformacija

betona) (Beg, 2009). Lastnosti trdnostnega razreda lesa C30 so: $f_{m,k} = 3 \text{ kN/cm}^2$ (karakteristična upogibna trdnost), $f_{t,0,k} = 1,8 \text{ kN/cm}^2$ (karakteristična natezna trdnost v smeri vlaken lesa), $f_{c,0,k} = 2,2 \text{ kN/cm}^2$ (karakteristična tlačna trdnost v smeri vlaken), $f_{v,k} = 0,3 \text{ kN/cm}^2$ (karakteristična strižna trdnost), $E_{0,\text{mean}} = 1,2 \text{ kN/cm}^2$ (povprečna vrednost modula elastičnosti), $E_{0,05} = 0,8 \text{ kN/cm}^2$ (5-odstotna kvantila vrednosti modula elastičnosti), $\rho_k = 380 \text{ kg/m}^3$ (karakteristična vrednost godtote) in $\rho_{\text{mean}} = 460 \text{ kg/m}^3$ (povprečna vrednost gostote) (lesene konstrukcije I, vaje).

2.2.3.1 Dimenzioniranje lesenih elementov

Kontrola centričnega natega v smeri vlaken lesa (lesene konstrukcije I, vaje):

$$\sigma_{t,0,d} = f_{t,0,d} \quad (2.18)$$

$\sigma_{t,0,d}$ = projektna natezna napetost

$f_{t,0,d}$ = projektna natezna trdnost

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_d}{A_{\text{neto}}} \quad (2.19)$$

$$f_{t,0,d} = k_{\text{mod}} * \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_m} \quad (2.20)$$

Kontrola centričnega tlaka z upoštevanjem uklona (lesene konstrukcije I, vaje):

$$1. \quad \sigma_{c,0,d} \leq k_{c,y} * f_{c,0,d} \quad (2.21)$$

$$2. \quad \sigma_{c,0,d} \leq k_{c,z} * f_{c,0,d} \quad (2.22)$$

Zgoraj prikazi neenačbi vsebujeta uklonska korelacijska faktorja $k_{c,y}$ in $k_{c,z}$, ki zmanjšata vrednost tlačne trdnosti lesa. Korelacijska faktorja sta si različna zaradi različne osi uklona.

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{A_{\text{neto}}} \quad (2.23)$$

$$f_{c,0,d} = k_{\text{mod}} * \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_m} \quad (2.24)$$

Relativna vitkost pri upogibu:

$$\lambda_{\text{rel}} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{\text{crit}}}} \quad (2.25)$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 + \lambda_{\text{rel},y}^2}} \quad (2.26)$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 + \lambda_{rel,z}^2}} \quad (2.27)$$

$$k_y = 0,5 * (1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2) \quad (2.28)$$

$$k_z = 0,5 * (1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2) \quad (2.29)$$

$\beta_c = 0,2$ za masivni les, $\beta_c = 0,1$ za lepljeni lamelirani les.

Kontrola upogibne napetosti v obeh oseh (lesene konstrukcije I, vaje):

$$\sigma_{m,y,d} \leq f_{m,y,d}, \sigma_{m,z,d} \leq f_{m,z,d} \quad (2.30)$$

$$\sigma_{m,y,d}(z) = \frac{M_{y,d}}{I_y}(z) \text{ in } \sigma_{m,z,d}(z) = -\frac{M_{z,d}}{I_z}(y) \quad (2.31)$$

Enačbe upogiba veljajo za vse elemente, razen za vitke elemente, katerih dimenzija ene stranice prereza je bistveno manjša od ostale. Za vitke prereze obstaja nevarnost bočne zvrnitve in zato moramo upoštevati nekoliko manjše napetosti.

$$\lambda_{rel,m} > 0,75 \quad (2.32)$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} \quad (2.33)$$

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 * E_{0,05} * b^2}{L_{ef} * h} \quad (2.34)$$

$\sigma_{m,crit}$ je kritična napetost za pravokotne prereze.

2.2.3.2 Dimenzioniranje armiranega betona

Pri dimenzioniranju armiranega betona bom dimenzioniral predvsem armiranobetonske plošče. Pri takih elementih so najbolj merodajni upogibni momenti. Notranji upogibni moment plošč določim z uporabo Hahnovih tabel ali metodo končnih elementov. Dimenzioniranje AB plošč poteka na nivoju prereza, kjer notranji upogibni moment izenačim z dvojico sil med tlačno rezultanto v betonu in natezno rezultanto v armaturi. Tako ploščo dimenzioniram z enačbami za dimenzioniranje nosilca, ki jih bom prikazal v naslednjih formulah (masivne konstrukcije I, teorija):

$$M_{Eds} = M_{Ed} - N_{Ed} * z_s \quad (2.35)$$

Moment predstavim iz težišča v težišče natezne sile v armaturi.

$$k_d = \frac{M_{Eds}}{f_{cd} * b * d^2} \quad (2.36)$$

Koeficient izkoriščenja betona.

$$A_s = k_s * \frac{M_{Eds}}{d * f_{yd}} + \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} \quad (2.37)$$

Potrebna količina armature.

2.3 Oblikovanje cen gradbenih del

Določanje ponudbenih cen za gradnjo objektov je kompleksen postopek, saj moramo z gradnjo pokriti različne stroške, ki se pojavijo pred, med in po projektu. Predvideti moramo še ustrezen kalkulativni dobiček ki omogoča nadaljni razvoj podjetja (Pšunder, 2008). Obenem je tudi pomembno, da smo cenovno ugodni, saj bo le na ta način podjetje pridobilo posel.

Ponudbeni predračun za gradbeni objekt razvijamo v treh korakih, od začetne ocene skupnih stroškov gradbenih del, do ponudbenega predračuna, ki jo pripravimo na osnovi projektantskega popisa del. Določanje ponudbene cene poteka v fazi oddajanja del oz. v fazi priprave na gradnjo. S sprejetjem ponudbenega predračuna se šteje, da je pogodba med investitorjem in glavnim izvajalcem del že sklenjena čeprav še nima dokončne oblike. Vsaka sprememba pomeni ustvarjanje nove pogodbe (Reflak, 2007). Velja tudi omeniti, da je ponudbeni predračun sestavni del gradbene pogodbe. Gradbena pogodba je pravno definirana v Obligacijskem zakoniku (OZ, UL RS 97/2007). S podpisom gradbene pogodbe se izvajalec zaveže za naročnika zgraditi oziroma rekonstruirati objekt v skladu s projektno dokumentacijo in pravili stroke. Po drugi strani pa je naročnik obvezan, da po korektno opravljenim delu po gradbeni pogodbi, plača pogodbeno določeno ceno (Modrijan, 2009).

S podpisom gradbene pogodbe del se obe omenjeni stranki zavežeta, da bo cena v predračunu ostala nespremenjena, razen v primeru spreminjanja cen nekaterih elementov (cene materialov, cene nafte, železa, plače, dobavni roki ipd.)(Reflak, 2007).

Ocena skupnih stroškov objekta

Najprej potrebujemo finančno grobo oceno objekta, da ocenimo velikostni razred investicije. Na podlagi te ocene se investitor odloči, ali bo s projektom nadaljeval ali opustil ali skušal priti do kompromisa. Oceno stroškov naredi projektant z veliko izkušnjami, pri čemer uporabi že znane podatke o cenah in količinah na podobno zgrajenih objektih. Ceno objekta pogojuje z lokacijo predvidenega objekta, urbanističnimi in upravnimi pogoji, možnostjo izbire materialov ter na podlagi zahtev investitorja (Pšunder, 2008).

Projektantski popis del

Naročnik se na osnovi preliminarne ocene stroškov odloči, ali bo projekt nadaljeval. V primeru nadaljevanja se na osnovi investitorjeve zamisli izdela podrobnejša projektna dokumentacija (projekt za pridobitev gradbenega dovoljenja, projekt za razpis). Na osnovi teh načrtov izdela projektant projektantski popis, v katerem je podan spisek del ter pripadajoče količine. Natančnost projektantskega popisa s pravilnimi količinami in točnimi opisi del je zelo pomembna, saj v nasprotnem primeru pride do zavajanja tako izvajalca, podizvajalca kot investitorja, saj se jim onemogoča realno predstavo gradnje objekta (Žemva, 2006).

Projektni predračun

Projektni predračun sestoji iz popisov del, točnih predračunskih količin (izdelanih na osnovi projektantskega popisa) in cene, določene na podlagi popisov.

Pri izdelavi ponudbe izvajalec ponudnik ne sme spreminjati opisov del ali količin iz popisa. V nasprotnem primeru se šteje za spremembo projekta. Če pa pride do netočnega popisa in tako do neželene preslepitve izvajalca, se lahko le-ta izgovarja na projektni opis in poveča ceno za količino opravljenega dela (Žemva, 2006).

V nadaljevanju bom predstavil tri že zgoraj omenjene ključne elemente vsakega predračuna: projektantski popis, količine popisa in ceno postavke.

2.3.1 Projektantski popis del

Vsi gradbeni objekti so sestavljeni iz elementov, kot na primer: streha, plošča, temelji... Vsak gradbeni element ima svoje značilnosti in pogoje gradnje in zato tudi svojo ceno izdelave. Da bi razlikovali cene izdelave različnih elementov, potrebujemo opise izdelave za vsakega od njih. Pri vsakem opisu določimo vrste dela, material, pogoje dela in enoto mere. Takemu opisu pravimo postavka. Celotni seznam postavk, ki predstavljajo objekt, imenujemo popis del (Žemva, 2006).

Popise običajno izdelajo projektanti ali projektanti-popisovalci, v izjemnih primerih to lahko naredi ponudnik na osnovi projektne dokumentacije (Reflak, 2007). Za pripravo kakovostnega popisa del mora projektant pred pričetkom izdelave izvršiti ogled lokacije, ugotoviti možnost dostopne ceste, možnost priključka vode, elektrike in kanalizacije. Za najbolj učinkovito obratovanje gradbišča pa mora določiti še potrebno mehanizacijo, deponije odvečnega materiala in pripraviti organizacijo gradbišča, iz katere bodo razvidne lokacije pomožnih objektov (Reflak, 2007). Pri izdelavi popisov mora projektant biti izjemno natančen tako pri opisu postavk, kakor pri določanju ocene količin postavk. Z napačnimi količinami in nejasnim popisom lahko pride do zavajanja tako investitorja kakor tudi izvajalca oziroma podizvajalca, kar lahko povzroči spore med udeleženci gradbenega projekta.

Za vsako vrsto del pripravimo ločen popis del: popis gradbenih del, popis obrtniških del in popis inštalacijskih del. Popise izdelajo projektanti tako, da razdelijo posamezna dela v skupine standardnih opisov (zemeljska, betonska, zidarska, tesarska, krovska, fasaderska, zunanja dela...), nato pa na osnovi načrtov določijo še količino posameznih del.

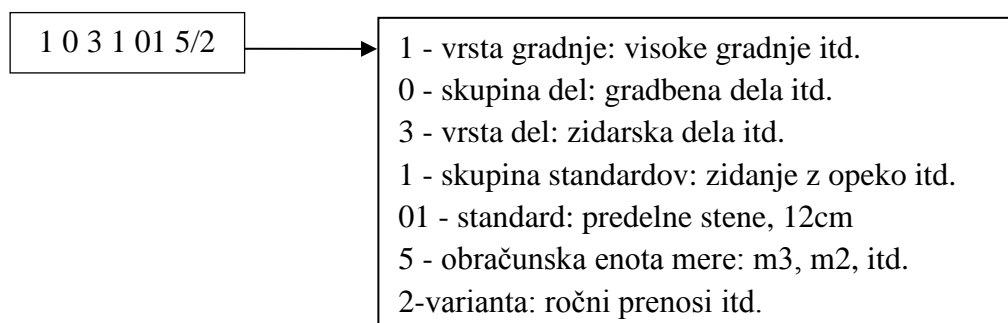
Pri izdelavi vsebine opisa postavk morajo projektanti kratko in nedvoumno opisati tehnološki proces, natančno morajo določiti tehnične značilnosti posameznega materiala, določiti vrste in dimenzije elementa in omogočiti cenovno razlikovanje postavk. Zajemati morajo naslednje elemente dobre prakse:

1. Vrsto dela oz. storitve (rušenje, izkop, zidanje, izdelava, montaža),
2. vrsto proizvoda ali elementa (steber, jarek, zid, estrih),
3. vrsto oz. kvaliteto materiala (betonski zid, modularna opeka, v zemlji kategorije III),
4. končni izgled proizvoda (zaribana površina, dimenzije proizvoda, širina dna do 1 m),
5. pogoje izdelave (v vodi, ročno, strojno, z napravo delovnih odrov, v prostoru do 5m²),
6. navedbo transportnih pogojev ali lokacije (z nakladanjem in odvozom na stran),

7. navedb drugih podatkov, ki precizirajo delo (standardi, tip, proizvajalec),
8. enoto mere, s katero bomo merili količino (m, m², m³, kg, kos, pavšal).

Vsebina načrtov poda projektu večjo preglednost glede delovnih aktivnosti, kakovosti izvedbe elementa objekta, sestave elementa, pogojev dela in kakovosti materiala. Če je mogoče, tudi opise razvrstimo tako, da sledijo tehnološkemu procesu (npr. rušenje, odvoz, odlaganje v deponiji). V postavkah ne opisujemo načina dela, saj izvajalec prosto izbira resurse za opravljena dela. To pomeni, da lahko isto delo opravi na različne načine.

Vsaka postavka ima lahko tudi svojo sklicno številko, ki jo uporabljamo pri razlikovanju postavk. To številko kasneje uporabimo pri prenosu iz predračunskih postavk na obračunske obrazce, kar nam omogoča hitrejše in bolj učinkovito ločevanje postavk. Postavke lahko oštevilčimo z zaporednimi številkami ali s številkami standardiziranih opisov gradbenih norm. V naslednjem primeru bom obrazložil pomen zaporednih številk pri opisu postavk z opisi gradbenih norm (Pšunder, 2008).



Preglednica 7: Opis del z vsemi oznakami (Pšunder, 2008)

Šifra pozicije	Opis del	Količina	Cena za enoto EUR	Cena za celoto EUR
1031015/2	ZID IZ POLNE OPEKE M50 v apneni malti 1 : 3, opeka po SIST EN 771-1:2004 z vsemi pomožnimi deli po opisu iz točke 04 splošnih določil za zidarska dela, napravo malte in prenose na objektu z višino 2 ali 3 etaže.	m ³		

V preglednici 7 imamo primer sistematično urejenega popisa del. V prvem stolpcu tako najdemo šifro pozicije, ki opozarja na določeno postavko. Namesto šifre pozicije najdemo v praksi tudi zaporedno številko, kar je sicer manj natančno, a bistveno bolj enostavno za

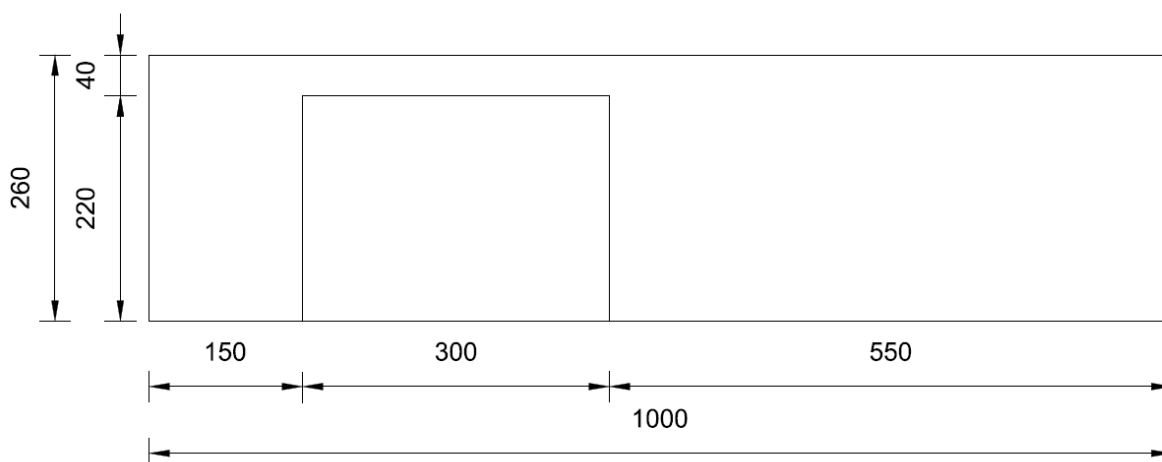
uporabnike. Drugi stolpec je namenjen opisu del z vsemi predhodno omenjenimi karakteristikami. Sledi še količina, cena za enoto in cena za celoto.

2.3.2 Predizmere za projektatski popis del

Kot smo že omenili, so predizmere za projektantski opis pomemben sestavni del postavk. Osnovni namen predizmer je podati količino, opisano v postavki in tako natančno oceniti predviden obseg dela oziroma velikost elementa. Enote, uporabljene pri predizmerah, so lahko različne. Osnovne enote so na primer meter (m), kilogram (kg), komad (kom), ura (h), liter (l) idr. Sestavljene enote so na primer m², m³, kgm, posebne enote pa na primer kartuša, doza, ducat ipd. Projektanti izberejo tiste merske enote, ki jih poznajo iz prakse in s katerimi najlažje in nedvoumno opišejo količine dela oziroma procese. Količine se določa na dve decimalni mesti natančno, razen v primeru manjših števil, kjer projektanti izberemo večjo mersko enoto (primer: iz m³ preidemo na m²). V tem primeru je potreben dogovor z investitorjem.

V projektantskih opisih vsebovane predizmere velikokrat opisujejo tisto plat projekta, ki je načrti in tehnični opisi ne vsebujejo. Projektanti mnogokrat pozabijo na pomembnost natančnih predizmer in opisov, saj se z natančnimi predizmerami lahko izognemo marsikateremu sporu med investitorjem, glavnim izvajalcem del in podizvajalci, če že na začetku poskrbimo za realno predstavo gradnje objekta (Žemva, 2006).

Primer izračunavanja predizmer s »pešč« metodo:



Slika 3: Primer obračunavanja slikopleskarskih del na steni z odprtino

Izračun površine slikopleskarskih del na steni z odprtino večjo od 3 m². Površine odprtine ne odbijamo v celoti, ampak priznamo 3 m², ostalo odbijemo, kakor je prikazano v spodnjem primeru:

$$(10 \text{ m} \times 2,6 \text{ m}) - [(2,2 \text{ m} \times 3 \text{ m}) - 3 \text{ m}^2] = 22,4 \text{ m}^2$$

2.3.3 Projektna ocena stroškov

Na osnovi izdelanih opisov in podlagi načrta izračunanih predizmer moramo določiti še ceno, ki je tretja ključna točka ponudbenega predračuna. Višina cene je odvisna od vsakega izvajalca posebej, vendar morajo ceno oblikovati tako, da se ustvari ravnovesje med ponudbo in povpraševanjem..

»Prava cena« (Žemva, 2006) je tista cena, s katero si izvajalec zagotovi zadosten obseg dela in istočasno krije vse stroške, optimalno izkoristi delovne resurse in si zagotovi sredstva za lasten razvoj in dobiček (Žemva, 2006).

V nadaljevanju bom obrazložil potek kalkulacije cen gradbenih in obrtniških del.

2.3.3.1 Splošno o stroških gradbenih storitev

Ceno postavke oblikujemo tako, da seštejemo vse nastale stroške, vkalkuliramo še dobiček in tako dobimo končno ceno postavke (Pšunder, 2008). Največji izziv pri določanju cene je prepoznavanje in seštevanje vseh stroškov. Stroške gradbenih storitev delimo v dve veliki skupini: neposredne (direktne) in posredne (indirektne) stroške.

Neposredni stroški so tisti, ki jih že v trenutku nastanka razporedimo na stroškovne nosilce opravljene dejavnosti (na primer les, cement, opeka). Neposredne stroške razvrstimo na osnovne neposredne stroške (pesek, apno, les, železo), sestavljene neposredne stroške (malta, beton, opaž, armatura), zunanje in notranje neposredne transportne stroške (zunanji-transport od skladišča do gradbišča, notranji - transport od deponije na gradbišču do mesta vgraditve), neposredne stroške strojnih storitev in neposredne stroške dela (plače delavcev, ki delajo na gradbišču oziroma stroški delovnega časa). Skupek vseh teh stroškov poimenujemo tudi temeljni stroški.

Podobno razvrstitev imamo tudi pri posrednih stroških. V gradbenem procesu imamo posredne materialne stroške (gorivo za osnovna sredstva, material za čiščenje, pomožni

material, material za varstvo pri delu), posredne transportne stroške (vzdrževanje strojev in naprav, naprave za ogrevanje, črpanje vode), posredne stroške dela (terenski dodatek delavcem, nadomestilo za bolniško odsotnost, plača delovodje, skladiščnika, tajnice) in amortizacija (kot stošek obrabnine oziroma uporabe osnovnih sredstev, ki jih po določenem številu uporab prenesemo na posamezni stroškovni nosilec). Neposredne stroške (material, stroji) je razmeroma lahko predvideti, medtem ko so posredni (stroški delavcev, bolniške, upravni stroški) razmeroma težje določljivi (Pšunder, 2008).

Takšna klasifikacija nam pomaga pri analiziranju nastanka področja stroškov in zagotovitev popolnejšega obračuna po stroškovnih izdelkih oziroma stroškovnih nosilcih. Na ta način lahko lažje poiščemo cenejše resurse ter zgornjo in spodnjo mejo cen postavk.

V nadaljevanju bom opisal glavne značilnosti posrednih in neposrednih stroškov.

2.3.3.2 Posredni stroški

Razdelimo jih v tri skupine: stroški režije gradbišča, stroški režije poslovne enote in stroški režije podjetja (Pšunder, 2008).

Stroški režije gradbišča so stroški bruto osebnih dohodkov režijskih delavcev gradbišča (plače, letni dopust, terenski dodatek, regres, bolniška, potni stroški) ter njihovi materialni stroški, vezani na pisarno gradbišča (stroški kurjave, razsvetljave, poštnina, vzdrževanje začasnih objektov na gradbišču), in stroški, vezani na gradbišče kot celoto (gasilske in čuvajske službe, stroški za zavarovanja začasne objekte, stroški inventarja orodja na gradbišču).

Stroški režije poslovne enote podjetja so stroški bruto osebnih dohodkov delavcev (plače, dopust, regres, bolniška, potni stroški) v poslovni enoti in objekta poslovne enote (tekoči stroški, stroški investicijskega vzdrževanja). Vse stroške režije poslovne enote določamo na letni ravni.

Z vsako gradnjo se pokrije stroške celotne poslovne enote ter del stroškov podjetja. V gradbenem podjetju slednji stroški predstavljajo določen odstotek od vrste bruto osebnih dohodkov proizvodnih delavcev. Stroške režije poslovne enote za potrebe gradbene proizvodnje izračunamo enkrat letno. Tako je v praksi uveljavljeno, da gradnjo objekta

moramo pokriti 125 % BOD (bruto osebni dohodek) za režijske stroške vseh gradbišč, 100 % BOD za režijske poslovne enote in 35 % za režijske stroške podjetja (Pšunder, 2008) Za velika in oddaljena gradbišča pa moramo režijske stroške posebej poračunati.

Režijski stroški in dobiček so poslovna skrivnost vsakega podjetja. Skupaj s produktivnostjo in ekonomičnostjo proizvodnje kažejo na uspešnost podjetja in vplivajo na cene gradbenih objektov.

2.3.3.3 Neposredni stroški

Podobno kot v prejšnjem primeru neposredne oz. direktne stroške razvrstimo v tri skupine: v posredne materialne stroške oziroma v porabljena materialna sredstva (cement, opeka, les), bruto osebne dohodke delavcev in pripravljala dela. Za gradbišča, ki so zelo oddaljena od sedeža podjetja, moramo upoštevati še terenske dodatke za zaposlene.

Stroški materiala oziroma porabljenih sredstev so stroški vgrajenega materiala, stroški pomožnega in pogonskega materiala in amortizacija osnovnih sredstev. Stroški bruto osebnih dohodkov so stroški za delo delavcev in predstavljajo razne davke in prispevke.

Stroški pripravljanih del gradbišča so stroški označevanja gradbišča s tablo, montaža ograje, odstranjevanje vegetacije.

Določanje cen postavk je dolgotrajen proces, ki ga opravi izkušen kalkulant z dvema korakoma. Na osnovi predkalkulacij se določi prvotne stroške, ki služijo kot nadaljna osnova za glavno analizo cen (Pšunder, 2008).

Predkalkulacije

S pomočjo predkalkulacij določimo stroške amortizacije osnovnih sredstev, nabavne cene materialov, stroške notranjega transporta in stroške izdelave mokrih mešanic.

Amortizacija je strošek, s katerim izražamo izrabo določenega sredstva. Izračunamo jo v odvisnosti porabe osnovnega sredstva v časovnem obdobju ali po dejanski uporabi. Najbolj uveljavljena je naslednja enačba računanja amortizacije po časovnem obdobju:

$$A = \frac{N_v}{U} * \left(1 + \frac{p}{100}\right)^L \quad (2.38)$$

A = amortizacija osnovnega sredstva na uro
 N_v = nabavna cena osnovnega sredstva
U = doba trajanja osnovnega sredstva v urah
L = doba trajanja osnovnega sredstva v letih
p = obrestna mera

Nabavne cene materialov so strošek nakupa materiala v trgovini, povečanega za strošek transporta na gradbišča. Zaradi velike količine materialov je transportni strošek nezanemarljiv. Poleg transportnega stroška je potrebno vključiti še stroške razkladanja, nakladanja in morebitnega skladiščenja.

Če je gradbišče veliko, imamo tudi notranje transportne stroške. To so stroški premikanja materiala z začasne lokacije na gradbišču do mesta vgrajevanja. Sledi glavna analiza cen.

Ne gre pozabiti tudi na strošek mokrih mešanic, ki se pojavlja v različnih postavkah kot materialni strošek in kot strošek bruto osebnega dohodka. To so malte, betoni, asfalti, lepila idr (Pšunder, 2008).

Glavna analiza cen

Ko imamo enkrat izdelan popis del z izbrano mersko enoto postavke in pravilno izračunanimi količinami, je potrebno določiti še ceno postavke. Zaradi nastanka različnih stroškov postavke naredimo glavno analizo cen. Tako si zagotovimo, da pregledno vključimo vse nastale stroške. Stroške, ki so vneseni v analizo cen, razvrstimo po principu nastanka:

- A) . stroški materiala za izdelavo, transport in porabljen energija,
- B) . stroški mehanizacije in opreme,
- C) . stroški za plače neposrednih delavcev in
- D) . posredni stroški, ki zajamejo režijske stroške in plače režije, splošne stroške, obresti in dobiček, carine ipd.

Prvi trije stroški so direktnega nastanka, medtem ko se stroški D). predvidijo za vsa gradbena, obrtniška in inštalacijska dela in se preko faktorja na neposredne plače prenesejo v ceno na enoto.

V procesu gradnje se srečamo tudi z materiali, elementi, ki jih pred vgradnjo moramo pripraviti, bodisi v obratih ali na gradbišču (beton, opaž). Oblikovanje cen takih materialov pripravljenih na gradbišču potrebuje posebno analizo, ki jo imenujemo predkalkulacija

oziroma pomožna analiza. S takim načinom poenostavimo postopek oblikovanja cene za enoto, ki pa nam omogoči tudi spremljanje in kontrolo stroškov v posamezni fazi delovnega procesa. Predanalize lahko razvrstimo v naslednje skupine: 1) predanaliza mokrih mešanic (beton, malta, gašenje apna). 2) predanaliza delovnih priprav (delovni pod, sestava opažnih tabel, sestava odrov) 3) predanaliza polizdelkov (izdelava armature, betonski montažni elementi) 4) predanaliza pogojev dela ali načinov vgrajevanja betonskih mešanic 5) predanaliza posamezne faze izdelave izdelka (izkop, opaž, armatura, beton za jašek)

V preglednici 8 bomo prikazali primer predanalize cen za pripravo mokre mešanice.

Preglednica 8: Predanaliza cen za enoto mokre mešanice

Oznaka norme	Opis postavke, materiala, dela	Enota mere EM	Količina	Cena za enoto EUR		Cena za celoto EUR	
				Material v €	Plače v €	Material v €	Plače v €
M - 10	Izdelava grobe malte za zidanje iz izdelane suhe mešanice Mauer Mörtel 50	m ³					
O. N.	Suha mešanica malte-vreča	kg	1600	0,12	0,01	192	16
	voda	m ³	0,3	0,38		0,11	
	Mešanje:						
	Ročni električni mešalnik	ur	1,5	6,51		9,77	
	Električna energija	kWh	1,9	0,27		0,51	
	PK-delavec	ur	1,5		2,34		3,51
M-10	Groba malta za zidanje MM50	m ³	1			202,39	19,51
		F	3,519			68,66	
M-10	GMM50	m ³	1			271,05	

V naslednji preglednici bomo prikazali primer glavne analize vgrajevanja betona v temelj. Pri izdelavi glavne analize razdelimo opise postavk razdelimo na posamezne elemente dela. Ločimo jih na stroške materiala, stroške mehanizacije in stroške plač. Po možnosti posamezne elemente storitve razvrstimo po kronološkem zaporedju. Naslednji primer prikazuje razdelitev elementov storitev (Žemva, 2006).

1. prenos cementa v vrečah iz skladišča na gradbišče do mešalca
2. vmet gramoza v mešalec za malto

3. mešanje z mešalcem za beton 100l
4. prevoz (transport) betona s samokolnico na 25m horizontalno
5. vgrajevanje (vmet in vibriranje) betona MB 20 v armirano konstrukcijo temelje preseka nad 0,12 do 0,20 m³/m
6. negovanje betona s polivinilom

Preglednica 9: Glavna analiza cen za enoto vgrajevanja betona v temelj

Glavna analiza cen za enoto							
Označba postavke, norme	Opis postavke, materiala, dela	Enota mere EM	Količina	Cena za enoto EUR		Cena za celoto EUR	
				material	Plače	material	Plače
II - 16	Vgrajevanje betona MB 20 v armirane temelje prereza nad 0,12 do 0,20 m³/m¹ izdelavo betona v mešalniku na gradbišču, prevoz s samokolnico 25m in negovanjem.	m ³					
A:	Prenos cementa v vrečah H = 20 m						
GNG:	Nk – delavec						
7.111	[(0,44 + 0,42 + 2x 0,16) x 0,31t] x 1,03 m ³	ur	0,3768		2,09		0,7875
B:	1x premet gramoza NK - delavec						
7.614	(0,90 ur/m ³ x 1,20 m ³) x 1,03m ³	ur	1,1124		2,09		2,3249
C:	Mešanica MB 20 iz naravne frakcije						
2.313	Cement 42.5 – vreče ()310 kg 1,03 m ³ =	kg	3190,00	0,07	0,0045	22,35	1,4368
	Gramoz naravna mešanica 1,20 x 1,03 =	m ³	1,236	10,69	0,0054	13,21	0,0066
	Voda; 0,13 x 1,03 =	m ³	0,1339	0,38		0,05	
D:	Mešanje: učinek mešalnika 1 m ³ /uro						
2.341	Mešalnik – najemnina 1 ura/m ³ x 1,03 =	ur	1,03	0,86		0,89	

	Električna energija 2,58kWh / m ³ x 1,03 =	kWh	2,6574	0,27		0,69	
	Olje za mazanje 0,008kg/m ³ x 1,03 =	kg	0,0082	1,35		0,01	
	Strojnik mešalnika PK – delavec 1 x 1,03 =	ur	1,03		2,34		2,4102
	PK – delavec: 2,0 ure x 1,03 =	ur	2,06		2,34		4,8204
E:	Prevoz betona s samokolnico H = 25 m						
7.355	NK – delavec)0,15 + 0,30 + 2,5 x 0,34) x 1,03 =	ur	1,339		2,09		2,7985
F:	Vgrajevanje strojno v prerez						
V - 5	0,12 – 0,20 m ³ /m ¹	m ³	1,00	6,32	6,16	6,32	6,16
G:	Negovanje močenje betona 3x dnevno						
2.711	Voda	m ³	0,04	0,38		0,02	
	NK - delavec	ur	0,15		2,09		0,3135
	Vgrajevanje betona MB 20 v temelje					43,54	21,0584
	Posredni stroški + plače idel.	F	3,519			74,10	
II – 16	Vgrajevanje betona MB 20 v temelje prereza 0,12 – 0,20	m³	1,00			117,64	
	zaokroženo	m³	1,00			118,00	

2.3.3.4 Kalkulacija cen gradbenga dela

V tem poglavju bom opisal tri različne tehnike in metode za določanje gradbenih cen za posamezne postavke. Vsaka metoda temelji na stroških, le da sta uporaba in razvrščanje stroškov različni. Pri vsaki kalkulaciji cen za postavko je priporočljiva uporaba vseh treh metod. Na tak način se izognemo napakam in lažje spremljamo razlikovanje cen v različnih obdobjih (Pšunder, 2008).

Ponudbeno ceno za gradbeni element oblikujemo na osnovi kalkulacije. To je seštevek vseh stroškov z minimalnim primerno planiranim dobičkom na proizvod elementa. Ceno lahko oblikujemo tudi na podlagi izkušenj realiziranih projektov. Pri tem razčlenimo stroške na

stroške materiala za izdelavo, transportne stroške, stroške storitve soizvajalcev in na kalkulativni faktor posrednih stroškov:

$$KC = M + P + Kpl * F + S * Fm \quad (2.39)$$

KC = kalkulativna cena

M = material za izdelavo

P = transportni stroški in strojne storitve

Kpl = kalkulativne izhodiščne cene

S = storitve soizvajalcev

F = kalkulativni faktor za posredne stroške

Fm = faktor za manipulativne stroške

Kalkulacija cen na podlagi bruto osebnih dohodkov s faktorjem posrednih stroškov

Druga metoda je metoda faktorja oz. s faktorjem bruto plače neposrednih delavcev. S to metodo pomnožimo bruto plače delavcev in tako dobimo v celoti zajete posredne stroške.

$$\sum PC_S = \sum m + \sum BOD * f \quad (2.40)$$

PC_S = ponudbena cene gradbene storitve

m = materialni strošek storitve

BOD = bruto osebni dohodek kot strošek storitve

f = faktor posrednih stroškov

Kalkulacija cen na podlagi razlike med posrednimi in neposrednimi stroški

Tretji način pa uporablja razmerje med posrednimi in neposrednimi stroški. Ta delež imenujemo delež pokritja.

$$PC = \sum NS + \sum PS + DOB \quad (2.41)$$

NS = vsota neposrednih stroškov

PS = vsota vseh posrednih stroškov

DOB = dobiček

Ponudbeno ceno za gradnjo gradbenega objekta izračunamo po obeh metodah tako, da slednji enačbi izenačimo:

$$PC = \sum NS + \sum PS + DOB = \sum m + \sum bod * f \quad (2.42)$$

Na tak način imamo večjo preglednost in manjšo verjetnost napak. V praksi se uporabljajo vse metode, vendar so za drugo metodo s posrednim faktorjem pomembne izkušnje z izvedenimi objekti.

Obe formuli podobno izračunata ponudbeno ceno gradbenih storitev, vendar na nekoliko drugačen način. Prva upošteva materialni strošek (m) storitve kot fiksni del enačbe in bruto osebni dohodek delavcev (BOD) kot člen, ki je multiplikativen s faktorjem posrednih stroškov (f). Prva dva člena sta sorazmeroma enostavno določljiva že s spremljanjem računovodskih kontov. Faktor posrednih stroškov je težje določljiv in ga določimo za vsak gradbeni objekt posebej. Odvisen je od objekta (zahteven, manj zahteven), gradbišča (posredni stroški gradbišča), pripravljalnih del ter terenskih dodatkov delavcem. Velikost faktorja posrednih stroškov je odvisna od velikosti posrednih stroškov, ki se jih določa na osnovi mase plač med trajanjem projekta ali v celotnem poslovnem letu. Formula za izračun je:

$$F = \frac{\sum \text{posredni stroški} + \sum \text{bruto plače}}{\sum \text{neposredne bruto plače}} \quad (2.43)$$

Natančnost faktorja je odvisna od sposobnosti in organiziranosti računovodje ter od izbire nivoja spremljanja stroškov. Faktor posrednih stroškov izračunamo, ko poznamo predvidene stroške terenskih dodatkov, predvidene stroške pripravljalnih del, odstotke na bruto osebne dohodke za pokrivanje posrednih stroškov in dobička.

3. STROŠKOVNA PRIMERJAVA OPEČNE, ENDOSKELETNE IN EKSOSKELETNE KONSTRUKCIJE ZA IZBRANI OBJEKT

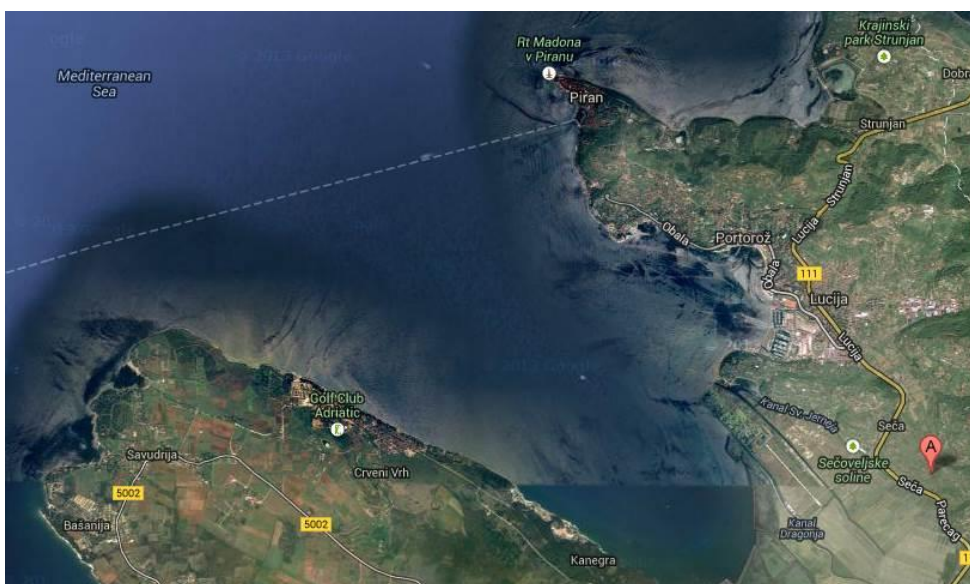
Glavni cilj diplomskega dela je izvedba primerjave stroškov gradbenih del za izbrano stavbo, pri čemer upoštevamo različne vrste nosilne konstrukcije. Zato bomo najprej opisali objekt,

za katerega bomo v nadaljevanju izdelali projektantske predračune za posamezno vrsto nosilne konstrukcije.

3.1 Opis konstrukcije

3.1.1 Predstavitev lokacije in značilnosti okolja

Novi objekt je predviden na polotoku Seča v neposredni bližini Sečoveljskih solin (slika 4). Parcela se nahaja na sončni legi pod vrhom hriba, obkrožena z nizkim rastjem in oljčnimi nasadi. Zaradi njene lege blizu morja je v celoti izpostavljena jugovzhodnim vetrovom in nekoliko manj severozahodnim.



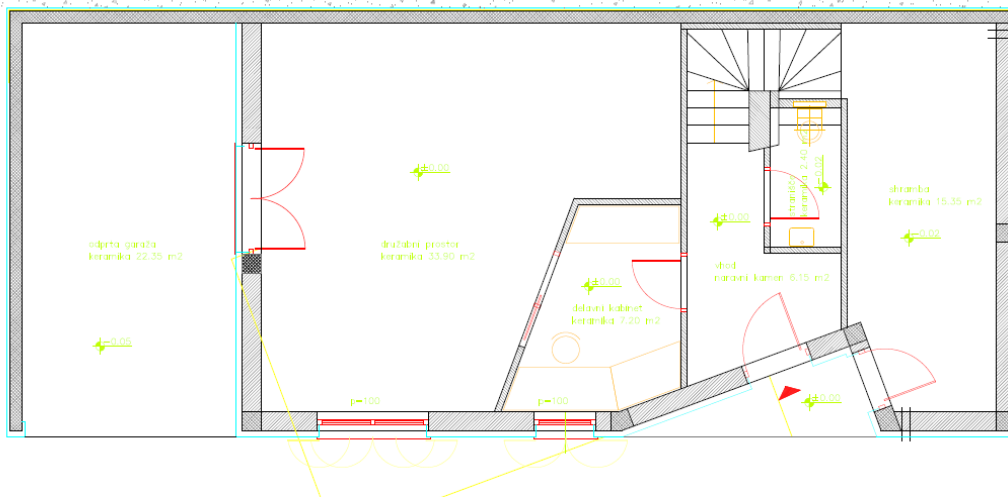
Slika 4: Zemljevid Piranskega zaliva in lokacija objekta označena s črko A

Investitor želi na omenjeni lokaciji zrušiti obstoječi objekt in zgraditi povsem novega. Zidovi obstoječega objekta so izdelani iz kamna, medetažna plošča iz tramov in desk, streha iz lesenih špirovcev in tramovi ter opečnimi strešniki kot kritino. Pri takšni sestavi opisa objekta ni pričakovati večjih težav z odstranitvijo in rušenjem. Tramove in lesene elemente bomo odvrgli na kompost, kamne pa bomo zmleli in uporabili kot nasutje za gradnjo temeljev in dostopnih površin.

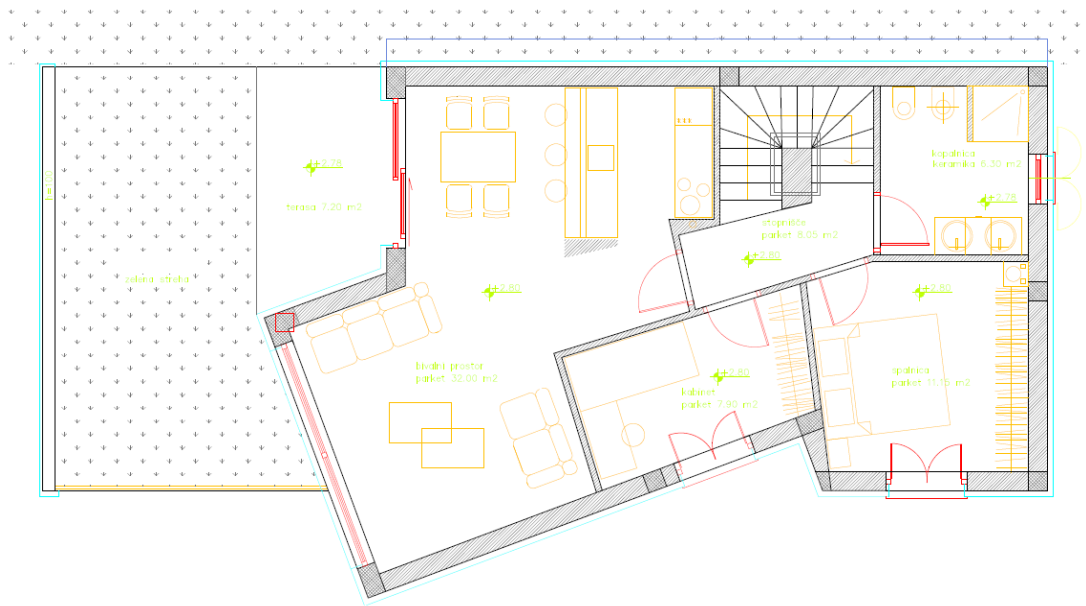
3.1.2 Arhitekturna zasnova in opis konstrukcije

Bodoča nova stavba bo ravno tako kot starejši objekt sestavljena iz pritličja in prvega nadstropja. Tlorisne dimenzije zunanjih gabaritov objekta bodo 16,2 m v dolžino, 6,8 m v širino ter 6,8m v višino. Tako ostanemo znotraj gabaritov stare stavbe in v mejah občinskega prostorskega načrta.

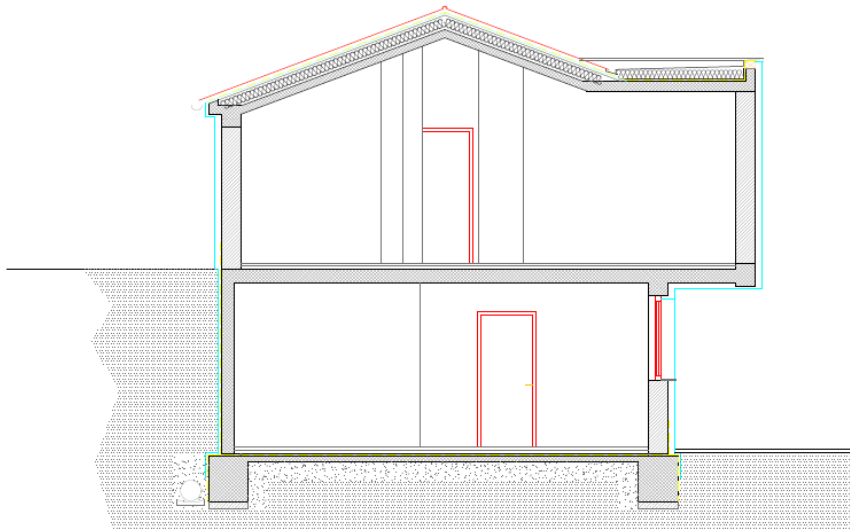
Nov objekt bo za razliko od starega objekta s severne strani pritlično vkopan v zemljinu. Pritlična etaža bo sestavljena iz odprte garaže, družabnega prostora, delovnega kabineta in shrambe ter vhodnega predprostora. Bruto tloris na površine pritlične etaže znaša 110,9 m², od tega je 88,88 m² koristne stanovanjske površine, kar lahko preverimo tudi z empirično enačbo: $KSP = 0,8 \text{ BEP}$ ($KSP =$ koristna stanovanjska površina, $BEP =$ bruto etažna površina) (Rakar, 2008). Za razliko od pritlične etaže je prva etaža nekoliko večja, tukaj je bruto tlorisna površina 117,28 m². Je pa zaradi prisotnosti terase KSP nekoliko manjši in sicer znaša 62,7 m². Skupaj tako bruto etažna površina znaša 228,18 m², od tega pa je samo 151,6 m² koristne stanovanjske površine. Moram še poudariti, da sem koristno stanovanjsko površino izmeril za opečno-betonsko zgradbo in se kot taka nanaša na to zgradbo. V naslednjih slikah bom prikazal tlorisa, prerez bodočega objekta ter zunanji videz.



Slika 5: Tloris pritličja



Slika 6: Tloris prvega nadstropja



Slika 7: Prečni prerez objekta

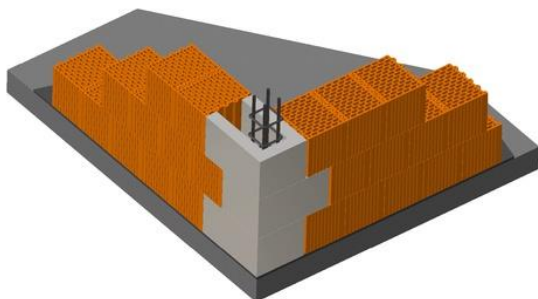


Slika 8: virtualni prikaz objekta

3.2 Predstavitev konstrukcijskih sistemov

3.2.1 Betonska konstrukcija z opečnimi polnili

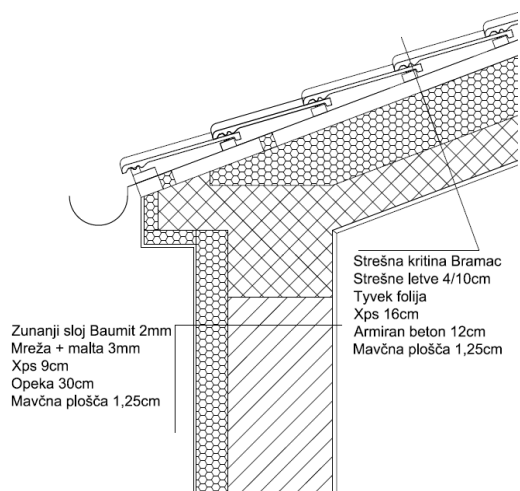
Navadna betonska konstrukcija z opečnimi polnili je najbolj razširjena gradnja stanovanjskih hiš v Sloveniji. Zidovi so zidani iz opeke in malte, plošče pa narejene iz betona in armature. Ker celotna Slovenija leži na potresnem območju, moramo po SIST EN 1998 uporabljati tudi vertikalne vezi. Takšne vezi, ki preprečujejo velike horizontalne premike in porušitev, so narejene iz armiranega betona. Vertikalne vezi povezujejo temelje z medetažno ploščo oz. medetažne plošče med seboj, zato jih zidamo na vogalih hiše.



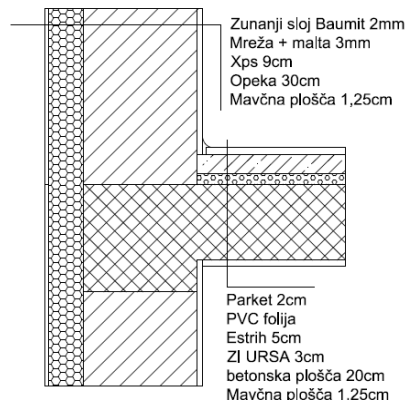
Slika 9: Primer vertikalne vezi na opečnem zidu (vir: http://www.wienerberger.si/servlet/Satellite?pagename=Wienerberger/Page/CallArticle10&cid=1330001348633&sl=wb_si_home_sl..&c=Page)

Debelino zidu in debelino strešne plošče z armaturo bomo določili s statičnim izračunom. Debelino toplotne izolacije in sestavo konstrukcijskih sklopov pa bomo določili z upoštevanjem tehnične smernice TSG-1-004:2010 (Učinkovita raba energije). Slednja narekuje maksimalno toplotno prevodnost vertikalnih sten proti neogrevanim prostorom z $0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$ in maksimalno toplotno prevodnost poševnih streh proti neogrevanim prostorom z $0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$. Ta dva kriterija bom z debelino toplotne izolacije izpolnil in vzel kot merilo za naslednje primere. Tako za toplotno izolacijo sten izberemo ekstrudiran polistiren Xps = 9cm, pritrjen na zunanjem obodu sten. Zaključni sloj nad toplotno izolacijo je sestavljen iz mrež in finalnega ometa. Tak konstrukcijski sklop izpolnjuje kriterije toplotne prehodnosti z $0,262 \text{ W/m}^2\text{K}$. Za streho je kriterij strožji, zato potrebujemo večjo debelino toplotne izolacije. S 16 cm ekstrudiranega polistirena, ploščo debeline 12cm in mavčno kartonsko oblogo na notranji strani, dobimo $0,194 \text{ W/m}^2\text{K}$. Kriterija zvočne izolativnosti TSG-1-005:2012 (Zaščita pred hrupom) tako pri stehah kot pri stenah, ne bomo upoštevali, saj se objekt nahaja v naravi, kjer ni hrupa, zato ni potrebe po tem. V spodnjih slikah bom za lažjo predstavbo prikazal dva

detajla konstrukcijskih sklopov. Prvi je križanje med streho in zunanjo steno ter križanje medetažne plošče z zunanjo steno.



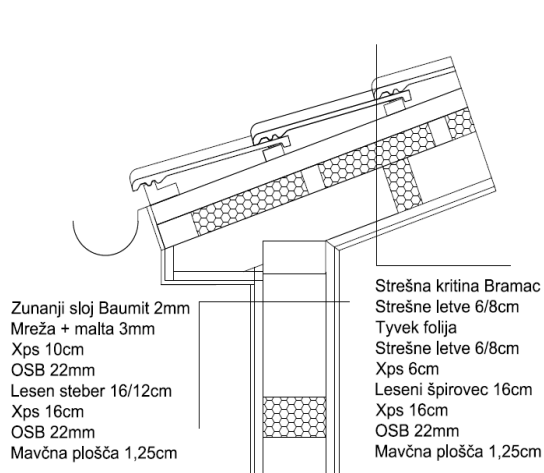
Slika 10: Detajl križanja konstrukcijskih sklopov streha-stena opečna konstrukcija.



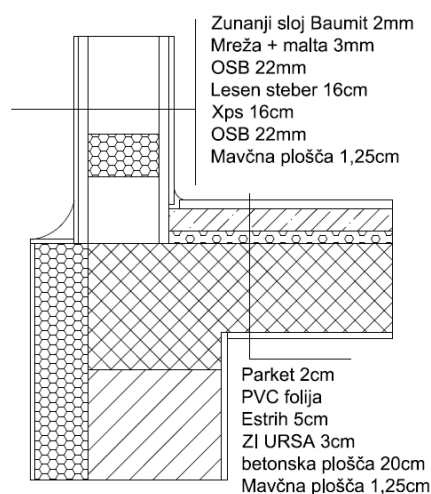
Slika 11: Detajl križanja konstrukcijskih sklopov stena-medetažna plošča opečna konstrukcija.

3.2.2 Lesena endoskeletna konstrukcija

Lesena endoskeletna konstrukcija oz. lesena okvirna konstrukcija v zadnjih 10 letih doživlja razcvet. Gre za montažno gradnjo, ki jo odlikujejo dobre toplotno izolacijske lastnosti. Leseno ogrodje je sestavljeno iz lesenih stebrov in prečk, ki prevzamejo tako vertikalne kot horizontalne vplive. Kot polnilo ogrodju se lahko uporabljajo različne plošče: mavčno kartonske, OSB plošče, iverne, lesno cementne plošče..., ki nudijo tudi dodatno odpornost pri horizontalnih strižnih vplivih. Prostor med ploščami zapolnimo s toplotno izolacijo. Na spodnjih dveh slikah sta prikazana dva detajla križanja konstrukcijskih sklopov.



Slika 12: Detajl križanja konstrukcijskih sklopov streha-stena pri endoskeletni konstrukciji



Slika 13: Detajl križanja konstrukcijskih sklopov stena-medetažna plošča pri endoskeltni konstrukciji

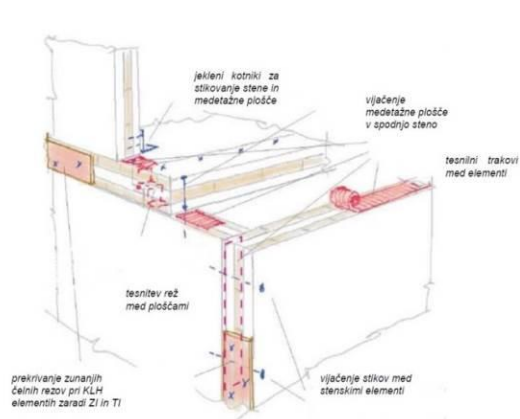
Pri izpolnitvi pogojev po tehnični smernici TSG-1-004:2010 potrebujemo za streho 6 cm izolacije na zunanjem obodu in 16 cm izolacije med špirovci. Zaradi različne debeline toplotne izolacije na posameznih mestih konstrukcijskega sklopa bomo dobili različne toplotne prevodnosti. Tehnična smernica TSG-1-004:2010 (standard SIST EN ISO 14683) predpisuje, da v takih primerih, ko je največja razlika med dvema toplotnima tokovoma manjša od $\Psi_e < 0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$, uporabljamo poenostavljen postopek. Tak postopek narekuje povečanje toplotne prehodnosti celotnega ovoja stavbe za $0,06 \text{ W/m}^2\text{K}$. To smo tudi naredili in izračunana toplotna prevodnost znaša $0,1795 \text{ W/m}^2\text{K}$. Na enak način smo določili še toplotno prevodnost skozi stene, ki znaša $0,236 \text{ W/m}^2\text{K}$.



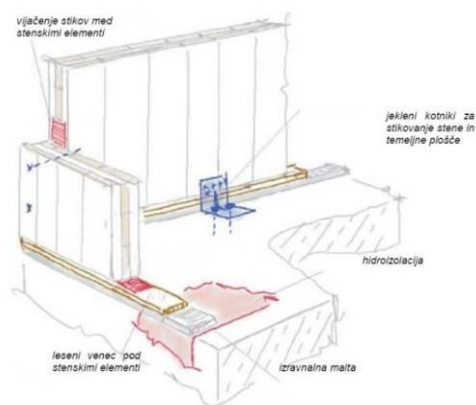
Slika 14: Primer lesene skeletne nosilne konstrukcije (<http://www.jaris.si/slo/kako-bo-rasla-vasa-hisa/skelet/>)

3.2.3 Lesena eksoskeletna konstrukcija

Lesena eksoskeletna konstrukcija je v zadnjih nekaj letih doživela razcvet z Xlam tehnologijo. Ta tehnologija omogoča križno lepljenje lesenih elementov pod visokim pritiskom v celovit kompozitni element. Tak element, sestavljen iz tehnično sušenega smrekovega lesa (vlažnost $12\% \pm 2\%$), ima zelo dobre homogene mehanske lastnosti in malo število grčastih napak. V delavnici narejene elemente, kot so stene in plošče, na gradbišču samo sestavijo. Tak sistem gradnje je izjemno hiter, enostaven za delavce, ne potrebuje dodatnih strojev in po končani gradnji nima odpadkov. Na slikah 15 in 16 lahko predstavljamo dve značilni križanji konstrukcijskih sklopov z detajli.

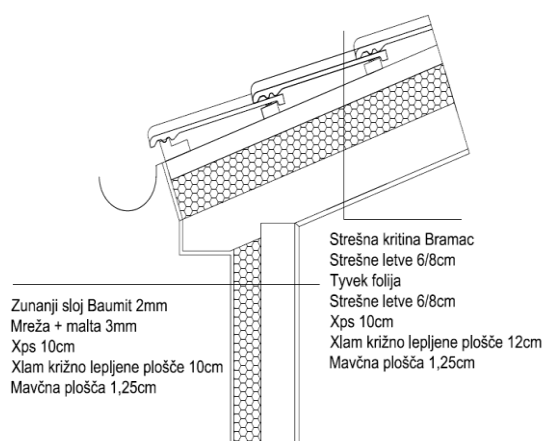


Slika 15: Detajl stikanja Xlam plošč na medetažni konstrukciji
(<http://www.cbd.si/dejavnosti/izvedba#!prettyPhoto>)

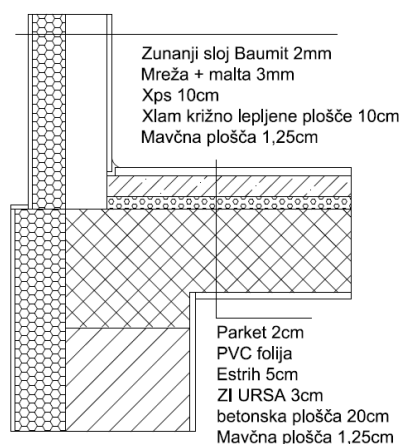


Slika 16: Detajl stikanja Xlam plošč na temelj
(<http://www.cbd.si/dejavnosti/izvedba#!prettyPhoto>)

Kot je prikazano na slikah, so Xlam elementi priviti na notranji strani stene in med seboj vijačeni na vogalih. Stik Xlam elementa in betona zaščitimo z izravnalno maso. V tem primeru toplotna prevodnost strehe z 10 cm EPS toplotno izolacijo znaša $0,198 \text{ W/m}^2\text{K}$. Toplotna prevodnost sten pa $0,268 \text{ W/m}^2\text{K}$ z 8 cm EPS izolacije.



Slika 17: Detajl križanja konstrukcijskih sklopov streha-stena pri eksoskeletni konstrukciji



Slika 18: Detajl križanja konstrukcijskih sklopov medetažna plošča-stena pri eksoskeletni konstrukciji

3.3 Vplivi na konstrukcijo

Za opisani objekt želimo določiti konstrukcijski sistem iz 3 različnih nosilnih materialov. Zaradi delno vkopanega objekta v teren bo pritlična etaža narejena iz opečnih zidov in betonske plošče. Sprva bom projektiral opečno betonsko konstrukcijo, nato pa še endoskeletno leseno okvirno konstrukcijo in eksoskeletno leseno konstrukcijo. V nadaljevanju sledi postopek določanja vplivov na konstrukcijo, kombinacije vplivov in dimenzioniranja.

Lastna teža

Lastna teža objekta je stalni nepomični vpliv, ki se v obratovalnem času stavbe ne bo spreminjal. Izračuna se kot zmnožek volumna materialov, pomnoženih s specifično težo materiala. To velja za konstrukcijske elemente (les, beton, jeklo), kakor tudi za nekonstrukcijske elemente (kritina, toplotna izolacija, obešen strop).

Medetažna plošča med pritličjem in prvim nadstropjem bo zaradi poenostavitve za vse tri različne primere enaka. Račun je prikazan v naslednjih vrsticah.

Lastna teža plošče:

Finalna talna obloga – parket (2 cm)	$460 \text{ kg/m}^3 * 0.02 \text{ m}$	0.092 kN/m ²
Izravnalna masa (0.2 mm)	zanemarljivo	0 kN/m ²

Cementni estrih (5 cm)	2300 kg/m ³ * 0.05 m	1.15 kN/m ²
PVC folija	zanemarljivo	0 kN/m ²
Fragmat EPS 70 – stiroporna plošča za tlake (8 cm)	30 kg/m ³ * 0.08 m	0.024 kN/m ²
Nosilna AB plošča (20 cm)	2500 kg/m ³ * 0.2 m	5 kN/m ²
Mavčno-kartonske plošče (1.25 cm)	9.2 kg/m ²	0.092 kN/m ²
		<u>6.358 kN/m²</u>

Lastna teža strehe:**Opečno-betonska konstrukcija:**

Bramac opečna kritina (46 kg/m ²)	46 kg/m ²	0.46 kN/m ²
Tyvek folija	zanemarljivo	0 kN/m ³
Toplotna izolacija ROOFMATE PT (12 cm)	30 kg/m ³ * 0.12 m	0.036 kN/m ²
Hidroizolacija bitumen	1400 kg/m ² * 0.01 m	0.14 kN/m ²
Armirana betonska plošča (12 cm)	2500 kg/m ³ * 0.12 m	3 kN/m ²
Mavčno-kartonske plošče (1.25 cm)	9.2 kg/m ²	0.092 kN/m ²
	Σ	<u>3.728 kN/m²</u>

Lesena endoskeletna konstrukcija:

Bramac opečna kritina (46 kg/m ²)	46 kg/m ² * 0.72 m	0.3312 kN/m
	0.04 m * 0.06 m * 4.6 kg/m ³ *	
Letve (4/6 cm)	0.72 m	0.007949 kN/m
Letve (4/10 cm)	0.04 m * 0.1 m * 4.6 kg/m ³ *	
	0.72 m	0.013248 kN/m
Toplotna izolacija XPS (6 cm)	30 kg/m ³ * 0.06 m * 0.72 m	0.01296 kN/m
OSB-plošče (2.2 cm)	600 kg/m ³ * 0.022 m * 0.72 m	0.09504 kN/m
Špirovec (16 cm)	0.12 m * 0.16 m * 460 kg/m ³	0.08832 kN/m
Toplotna izolacija XPS (16 cm)	30 kg/m ³ * 0.16 m * 0.72 m	0.03456 kN/m
OSB-plošče (2.2 cm)	600 kg/m ³ * 0.022 m * 0.72 m	0.09504 kN/m
Mavčno-kartonske plošče (1.25 cm)	9.2 kg/m ² * 0.72 m	0.06624 kN/m
	Σ	<u>0.744557 kN/m</u>

Lesena eksoskeletna konstrukcija:

Bramac opečna kritina (46 kg/m ²)	46 kg/m ² * 0.72 m	0.3312 kN/m
	0.04 m * 0.06 m * 4.6 kg/m ³ *	
Letve (4/6 cm)	0.72 m	0.007949 kN/m
	0.04 m * 0.1 m * 4.6 kg/m ³ *	
Letve (4/10 cm)	0.72 m	0.013248 kN/m
Toplotna izolacija XPS (16 cm)	30 kg/m ³ * 0.16 m * 0.72 m	0.03456 kN/m

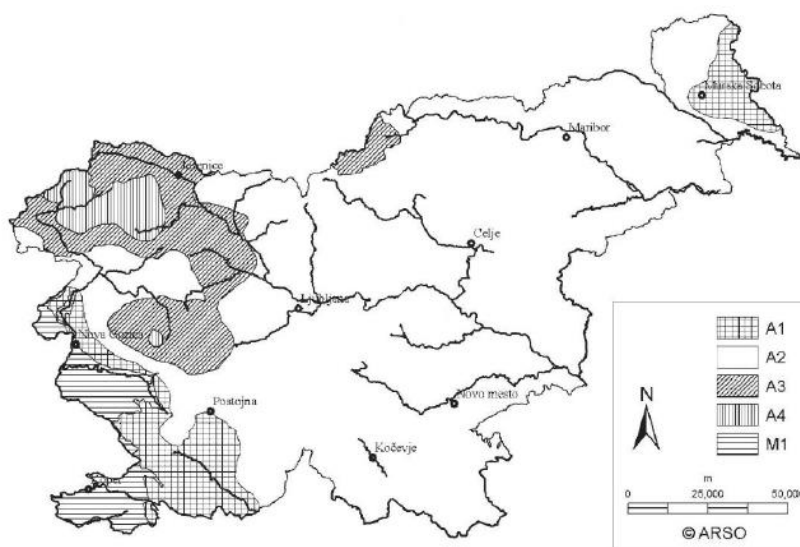
Xlam plošča	0.16 m * 1 m * 460 kg/m ³	0.552 kN/m
Mavčno-kartonske plošče (1.25 cm)	9.2 kg/m ² * 0.72 m	0.06624 kN/m
	Σ	<u>1.005197 kN/m</u>

Spremenljiva obtežba

Za spremenljivo obtežbo bivalnih prostorov smo vzeli $q_k = 2 \text{ kN/m}^2$, za spremenljivo obtežbo stopnic pa $q_k = 4 \text{ kN/m}^2$. Spremenljiva obtežba strehe je po standardu SIST EN 1991-1-1:2004 opredeljena kot možna obtežba zaradi občasnih popravil in vzdrževanja. Standard predpisuje tudi priporočeno vrednost, in sicer $q_k = 0,4 \text{ kN/m}^2$.

Obtežba snega

Slovenska obala se pri določanju obtežbe snega nahaja v coni M1, kot prikazuje naslednja slika.



Slika 19: Cone za določanje obtežbe s snegom (SIST EN 1991-1-3:2004/A101:2008, str. 4)

Zaradi naklona strehe, ki znaša 21 stopinj, izberemo oblikovni koeficient obtežbe snega ($\mu = 0,8$), torej kategorijo poševnih streh med 0 in 30 stopinjami. Enako vrednost prevzamemo tudi za koeficient izpostavljenosti ($C_e = 0,8$). Pri toplotnem koeficientu pa ni redukcije zaradi toplotne prevodnosti strehe, saj je dobro izolirana ($\geq 1 \text{ W/m}^2\text{K}$) in izpolnjuje določila tehnične smernice Pures TSG-1-004:2010. Za naš primer bomo izbrali $C_t = 1$.

Karakteristično obtežbo snega (S_k) določimo z naslednjo formulo, pri čemer za nadmorsko višino izberemo $A = 65 \text{ m}$:

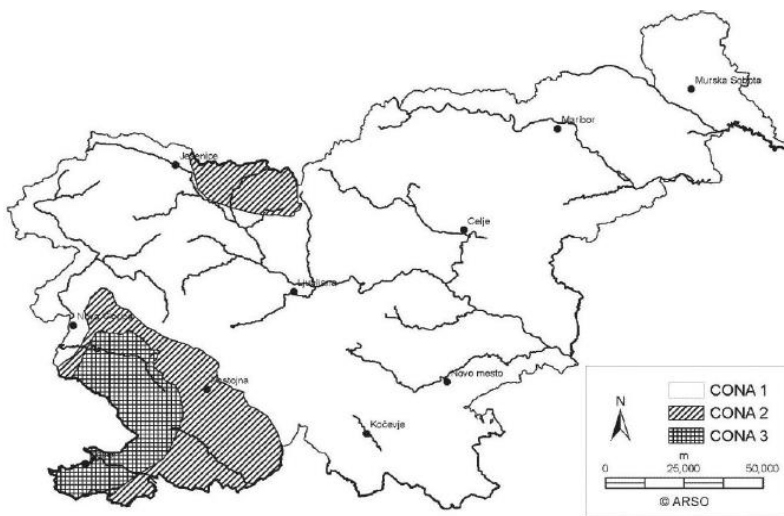
$$S_k = 0,289 * [1 + (A/452)^2] = 0,289 * [1 + (65/452)^2] = 0,295 \text{ kN/m}^2$$

Končna obtežba snega je:

$$S = \mu_i * C_e * C_t * S_k = 0,8 * 0,8 * 1 * 0,295 \text{ kN/m}^2 = 0,189 \text{ kN/m}^2$$

Obtežba vetra

Obtežba vetra je za Južno Primorsko eden izmed bolj merodajnih vplivov. Objekt se nahaja v Coni 3 (Primorje, Kras in del Vipavske doline) na 60 m nadmorske višine, tik ob obali.



Slika 20: Cona za določanje obtežbe vetra (SIST EN 1991-1-4:2005/A101:2007 str. 5)

Običajen veter za tako območje je burja, ki piha z močnimi sunki in povzroča tako srke kot tudi tlake neposredno na zunanjo površino stavbe. Sunkov vetra v analizi ne upoštevamo, saj so nepredvidljivi in kot taki nemerodajni.

Osnovno hitrost vetra izračunamo z naslednjo enačbo:

$$V_b = C_{dir} * C_{season} * V_{b,0}$$

Za prva dva koeficienta, to sta smerni faktor (C_{dir}) in faktor letnega časa (C_{season}), prevzamemo priporočeno vrednost 1. Temeljno hitrost vetra ($V_{b,0}$) pa odčitamo iz preglednice, in sicer znaša ($V_{b,0}(Cona 3) = 30 \text{ m/s}$).

$$V_b = 1 * 1 * 30 \text{ m/s} = 30 \text{ m/s}$$

Referenčna višina je odvisna od razmerja b/h za privetne stene stavb s pravokotnim tlorisom. Za omenjen objekt je $h = z_e = 6,8 \text{ m}$. V nadaljevanju določimo kategorijo hrapavosti terena II (področje z nizkim rastlinjem (trava) in posameznimi ovirami (drevesi, stavbami) na razdalji najmanj 20 višin ovir). Za primer novogradnje bom izbral kategorijo terena II z $z_0 = 0,05$; $z_{max} = 200 \text{ m}$ in $z_{min} = 2 \text{ m}$. V nadaljevanju izračunam faktor hrapavosti terena c_r .

$$C_r = k_r * \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) = 0,19 * \ln\left(\frac{6,8}{0,05}\right) = 0,933 \quad z_{max} \leq z \leq z_{min}$$

$$k_r = 0,19 * \left(\frac{z_0}{z_{0II}}\right)^{0,07} = 0,19 * \left(\frac{0,05}{0,05}\right)^{0,07} = 0,19 \quad z_{0II} \text{ je hrapavostna dolžina v kategoriji II.}$$

Karakteristični največji tlak pri sunkih vetra q_p določimo z naslednjo formulo:

$$q_p(z) = [1 + 7I_v(z)] * \frac{1}{2} * \rho * V_m^2(z) = [1 + 7 * 0,2036] * \frac{1}{2} * 1,25 \frac{kg}{m^3} * (28 \text{ m/s})^2 = 1188,35 \text{ N/m}^2 = 1,19 \text{ kN/m}^2$$

Intenziteta turbulence:

$$I_v = \frac{\sigma_v}{V_m(z)} = \frac{5,7 \text{ m/s}}{28 \text{ m/s}} = 0,2036$$

Srednja hitrost vetra:

$$V_m(z) = C_r(z) * C_0(z) * V_b = 0,933 * 1 * 30 \text{ m/s} = 28 \text{ m/s}$$

Standardna deviacija:

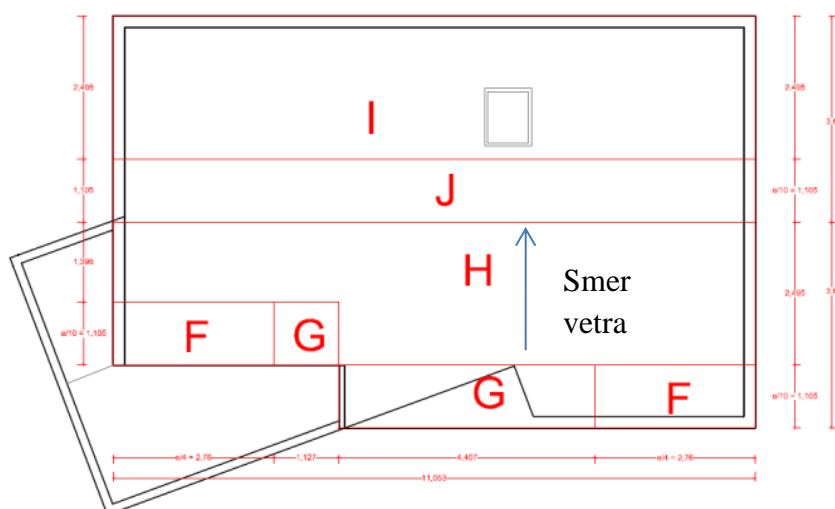
$$\sigma_v = k_r * V_b * k_i = 0,19 * 1 * 30 \text{ m/s} = 5,7 \text{ m/s}$$

$$w_e = q_p(z) * c_{pe}$$

Koeficient zunanega tlaka bom prikazal v naslednjih tabelah. Negativne vrednosti v tabelah predstavljajo tlake, medtem ko pozitivne vrednosti srke. Srkov zaradi ugodnega vpliva v kombinaciji z lastno težo in drugimi vplivi v nadaljevanju ne bom upošteval.

Preglednica 10: Koeficient zunanega tlaka pri dvokapnicah za veter v prečni smeri (pregl. 7.4a v SIST EN 1991-1-4:2005)

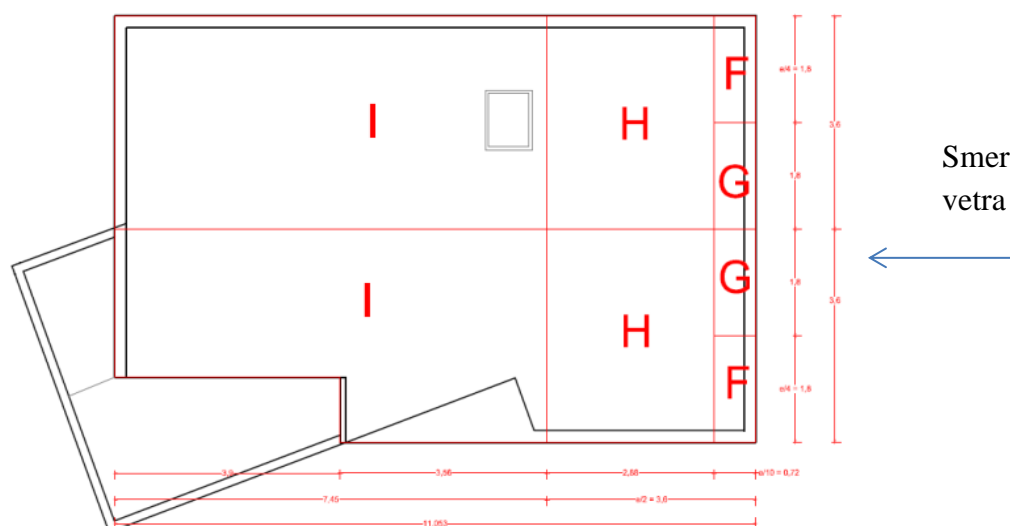
Nagib α $\Theta = 0$	F	G	H	I	J
	c_{pe}	c_{pe}	c_{pe}	c_{pe}	c_{pe}
15°	- 0,9	- 0,8	- 0,3	- 0,4	1
	0,2	0,2	0,2	0	0
30°	- 0,5	- 0,5	- 0,2	- 0,4	- 0,5
	0,7	0,7	0,4	0	0
21°	-0,66	-0,62	-0,24	- 0,4	- 0,7
	0,5	0,5	0,32	0	0



Slika 21: Razdelitev con strehe pri prečni smeri vetra

Preglednica 11: Koeficient zunanje tlaka pri dvokapnicah za veter v vzdolžni smeri (pregl. 7.4b v SIST EN 1991-1-4:2005)

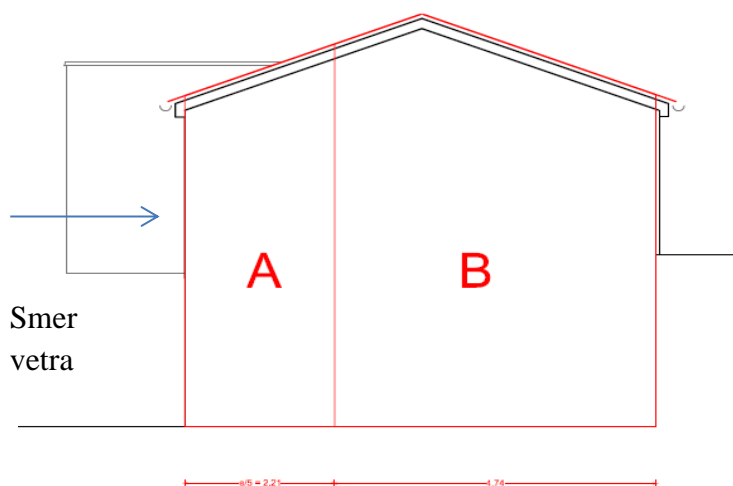
Nagib α $\Theta = 90$	F	G	H	I
	c_{pe}	c_{pe}	c_{pe}	c_{pe}
15°	- 1,3	- 1,3	- 0,6	- 0,5
30°	- 1,1	- 1,4	- 0,8	- 0,5
21°	- 1,18	- 1,36	- 0,72	- 0,5



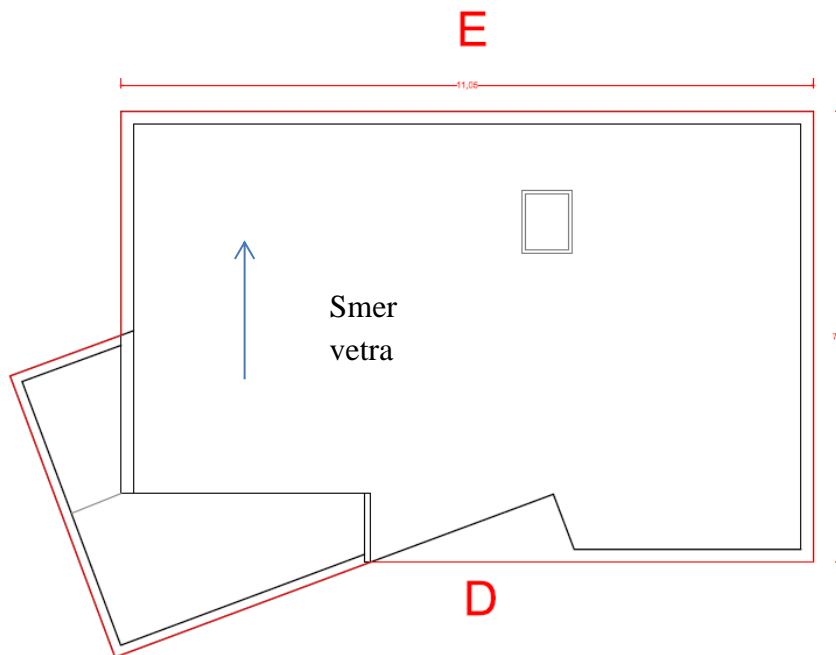
Slika 22: Razdelitev con strehe pri vzdolžni smeri vetra

Preglednica 12: Priporočene vrednosti koeficientov zunanje tlaka za navpične stene stavb s pravokotnim tlorisom (SIST EN 1991-1-4:2005 pregl. 7.1)

Področje h/d	A	B	C	D	E
	c_{pe}	c_{pe}	c_{pe}	c_{pe}	c_{pe}
1	- 1,2	- 0,8	- 0,5	0,8	- 0,7
5	- 1,2	- 0,8	- 0,5	0,8	- 0,5
$\leq 0,25$	- 1,2	- 0,8	- 0,5	0,7	- 0,3
$6,8 / 7,2 =$ 0,944	- 1,2	- 0,8	- 0,5	0,8	- 0,7



Slika 23: Razdelitev stene na cone pri horizontalni smeri vetra



Slika 24: Razdelitev stene na cone pri horizontalni smeri vetra

$$w_e(A) = q_{p(ze)} * C_{pe} = 1,19 \text{ kN/m}^2 * (-1,2) = -1,428 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e(B) = q_{p(ze)} * C_{pe} = 1,19 \text{ kN/m}^2 * (-0,8) = -0,952 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e(C) = q_{p(ze)} * C_{pe} = 1,19 \text{ kN/m}^2 * (-0,5) = -0,595 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e(D) = q_{p(ze)} * C_{pe} = 1,19 \text{ kN/m}^2 * 0,8 = 0,952 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e(E) = q_{p(ze)} * C_{pe} = 1,19 \text{ kN/m}^2 * (-0,7) = -0,77 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e(F, \Theta = 90) = q_{p(ze)} * C_{pe} = 1,19 \text{ kN/m}^2 * (-1,18) = -1,404 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e(G, \Theta = 90) = q_{p(ze)} * C_{pe} = 1,19 \text{ kN/m}^2 * (-1,36) = -1,62 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e(H, \Theta = 90) = q_{p(ze)} * C_{pe} = 1,19 \text{ kN/m}^2 * (-0,72) = -0,857 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e(I, \Theta = 90) = q_{p(ze)} * C_{pe} = 1,19 \text{ kN/m}^2 * (-0,5) = -0,595 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e(F, \Theta = 0) = q_{p(ze)} * C_{pe} = 1,19 \text{ kN/m}^2 * (-0,66 ; 0,5) = (-0,785 ; 0,595) \text{ kN/m}^2$$

$$w_e(G, \Theta = 0) = q_{p(ze)} * C_{pe} = 1,19 \text{ kN/m}^2 * (-0,62 ; 0,5) = (-0,738 ; 0,595) \text{ kN/m}^2$$

$$w_e(H, \Theta = 0) = q_{p(ze)} * C_{pe} = 1,19 \text{ kN/m}^2 * (-0,24 ; 0,32) = (-0,286 ; 0,38) \text{ kN/m}^2$$

$$w_e(I, \Theta = 0) = q_{p(ze)} * C_{pe} = 1,19 \text{ kN/m}^2 * (-0,4) = (-0,476) \text{ kN/m}^2$$

$$w_e(J, \Theta = 0) = q_{p(ze)} * C_{pe} = 1,19 \text{ kN/m}^2 * (-0,7) = (-0,833) \text{ kN/m}^2$$

3.4 Dimenzioniranje

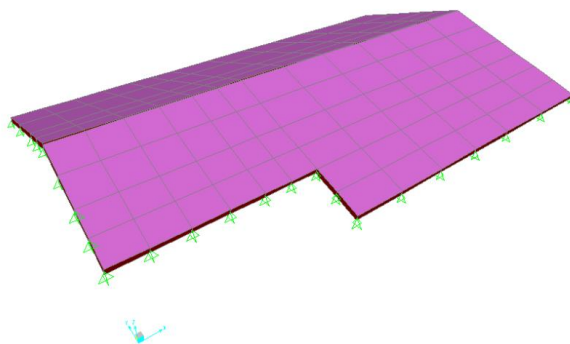
Vplivi na konstrukcijo:

- Lastna teža g = (se spreminja) kN/m^2
- Koristna obtežba $q = 0,4 \text{ kN/m}^2$
- Veter w (prečno) = (od $- 0,83 \text{ kN/m}^2$ do $0,6 \text{ kN/m}^2$)
- Veter w (vzdolžno) = (od $- 1,62 \text{ kN/m}^2$ do $- 0,6 \text{ kN/m}^2$)
- Sneg $s = 0,189 \text{ kN/m}^2$

3.4.1 Dimenzioniranje opečno betonske konstrukcije

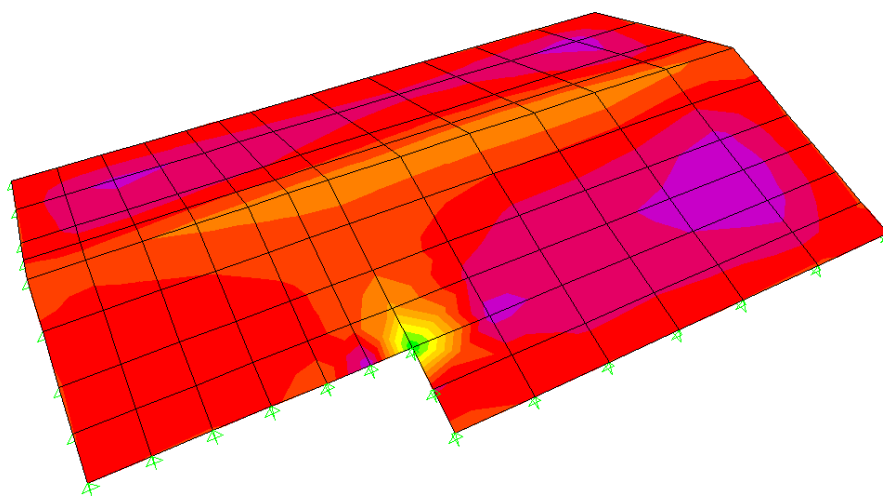
V prvem primeru opečno-betonske konstrukcije najprej dimenzioniramo streho. Ta bo ploskovna, narejena iz 12 cm debelega betona. Statični model oblikujemo v programski opremi Sap2000, tako da uporabimo tip plošče shell-thin in jo na robovih vrtljivo podpremo. Take podpore preprečijo premike v vseh smereh, vendar pa omogočajo zasuke.

3.4.1.1 Streha

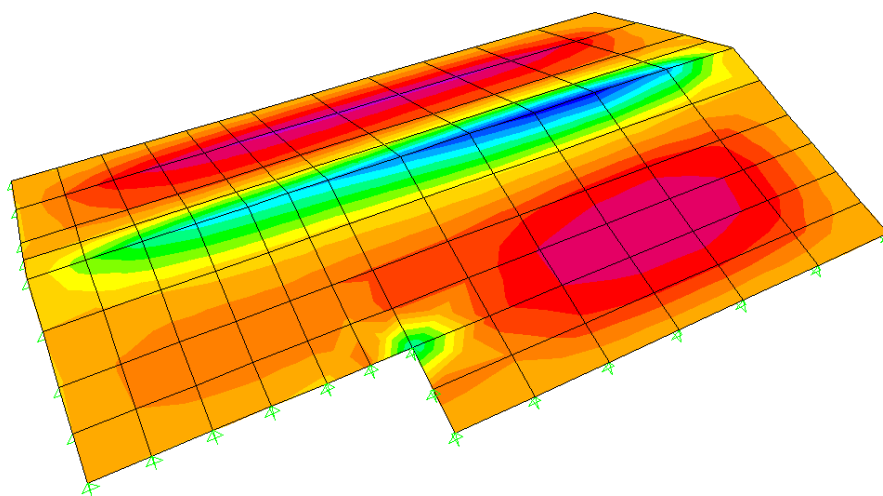


Slika 25: Statični model 3D betonske strehe

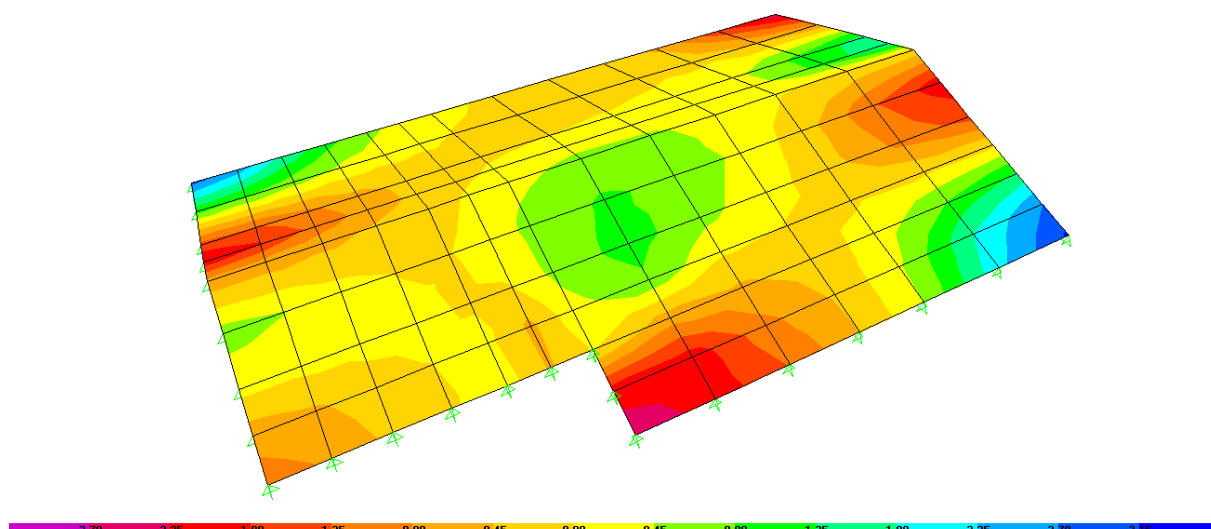
S pomočjo programske opreme SAP 2000 (Computers & Structures, INC.) dobimo najbolj merodajno kombinacijo 3 pri vzdolžnem vetru. Notranje upogibne momente bomo prikazali v spodnjih slikah.



Slika 26: Notranje statične količine za upogibni moment M11 pri kombinaciji 3 pri vzdolžnem vetru (račun je izveden s programsko opremo SAP 2000)



Slika 272: Notranje statične količine za upogibni moment M22 pri kombinaciji 3 pri vzdolžnem vetru (račun je izveden s programsko opremo SAP 2000)



Slika 38: Notranje statične količine za upogibni moment M12 pri kombinaciji 3 pri vzdolžnem vetru (račun je izveden s programsko opremo SAP 2000)

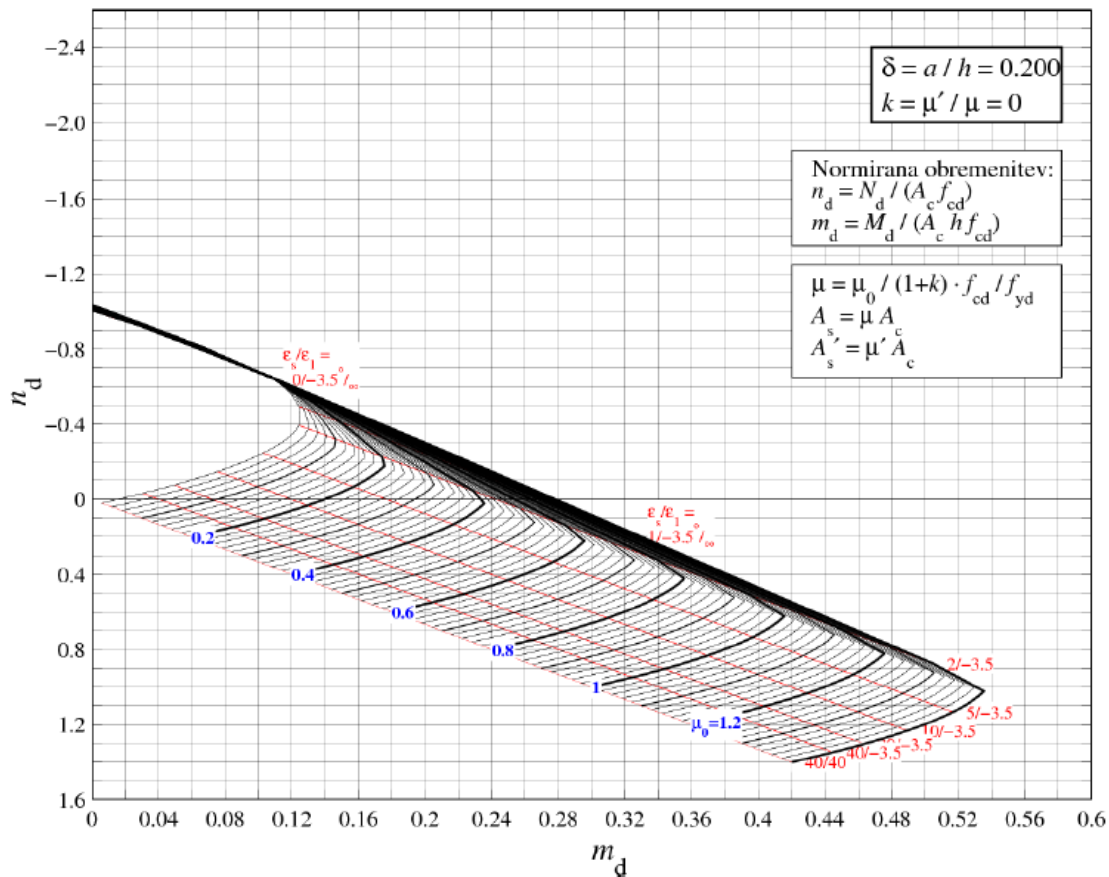
Pri dimenzioniranju najprej izračunamo krovni sloj betona po SIST EN 1992-1-1:2004. Krovni sloj določimo z enačbama (3.1) in (3.2) kot vsoto najmanjšega krovnega sloja:

$$C_{nom} = C_{min} + \Delta C_{dev} \quad (3.1)$$

$$\Delta C_{dev} = 10mm \text{ (priporočena vrednost)}$$

$$C_{min} = \max\{C_{min,b}; C_{min,dur} + \Delta C_{dur,\gamma} - \Delta C_{ndur,st} - \Delta C_{dur,add}; 10mm\} \quad (3.2)$$

Pri čemer je $C_{min,b}$ najmanjša debelina krovnega sloja glede na zahtevane sprijemnosti, $C_{min,dur}$ je najmanjša debelina krovnega sloja glede na pogoje okolja, $\Delta C_{dur,\gamma}$ je dodatni varnostni sloj (priporočena vrednost je 0 mm), $\Delta C_{ndur,st}$ je zmanjšanje debeline zaradi vgraditve nerjavečega jekla, $\Delta C_{dur,add}$ pa predstavlja zmanjšanje debeline krovne plasti pri uporabi dodatne zaščite. Za obravnavani primer zadošča krovni sloj 2,5 cm.



Slika 29 :Interakcijski diagram za osno silo in upogibnim momentom (Bratina, S. 5. vaja: Trietažna poslovna stavba)

Z upoštevanjem interakcijskega diagrama za dimenzioniranje pravokotnega prereza določimo potrebni prerez armature strešne plošče. Najprej izpišemo največje merodajne vrednosti upogibnih momentov plošče, nato pa določimo potreben prerez armature ter izberemo potreben prerez armaturnih mrež.

Minimalna armatura potrebna po SIST EN 1992-1-1:2005:

$$A_{s,min} = 0,26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} b_t d \geq 0,0013 b_t d \quad (3.3)$$

$$0,26 \frac{0,26 \text{ kN/cm}^2}{50 \text{ kN/cm}^2} 100 \text{ cm} * 9,6 \text{ cm} \text{ cm}^2/\text{m} = 1,298 \geq 0,0013 * 100 \text{ cm} * 9,6 \text{ cm} =$$

$$1,248 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A_{s,max} = 0,4 A_c \quad (3.4)$$

$$A_{s,max} = 0,4 * 100 * 12 = 480 \text{ cm}^2/m$$

$$A_{s,min} \leq A_s \leq A_{s,max} \quad (3.5)$$

$$m_d = \frac{10,2 * 100 kNcm}{100cm * 12cm * 12cm * \left(\frac{2,5}{1,5} kNcm^2\right)} = 0,0425$$

$$A_s = 0,058 * \frac{2}{43,48} * 100 * 12 = 3,2 \frac{cm^2}{m} \text{ izberemo armaturno mrežo Q335}$$

$$m_d = \frac{7 * 100 kNcm}{100cm * 12cm * 12cm * \left(\frac{2,5}{1,5} kNcm^2\right)} = 0,0292$$

$$A_s = 0,03 * \frac{2}{43,48} * 100 * 12 = 1,66 \frac{cm^2}{m} \text{ izberemo armaturno mrežo Q166}$$

$$m_d = \frac{6,4 * 100 kNcm}{100cm * 12cm * 12cm * \left(\frac{2,5}{1,5} kNcm^2\right)} = 0,027$$

$$A_s = 0,025 * \frac{2}{43,48} * 100 * 12 = 1,33 \frac{cm^2}{m} \text{ izberemo armaturno mrežo Q133}$$

$$m_d = \frac{5,5 * 100 kNcm}{100cm * 12cm * 12cm * \left(\frac{2,5}{1,5} kNcm^2\right)} = 0,023$$

$$A_s = 0,02 * \frac{2}{43,48} * 100 * 12 = 1,10 \frac{cm^2}{m} \text{ izberemo minimalno armaturno mrežo Q133}$$

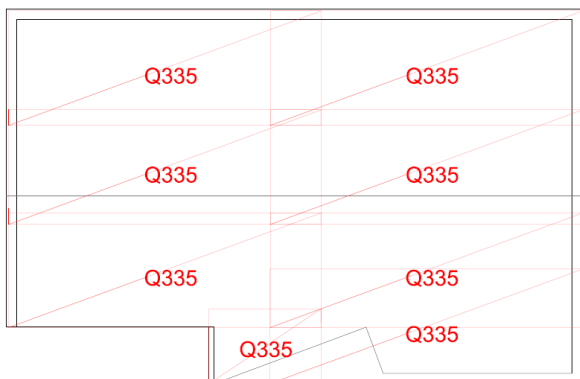
$$m_d = \frac{3,2 * 100 kNcm}{100cm * 12cm * 12cm * \left(\frac{2,5}{1,5} kNcm^2\right)} = 0,013$$

$$A_s = 0,02 * \frac{2}{43,48} * 100 * 12 = 1,10 \frac{cm^2}{m} \text{ izberemo minimalno armaturno mrežo Q133}$$

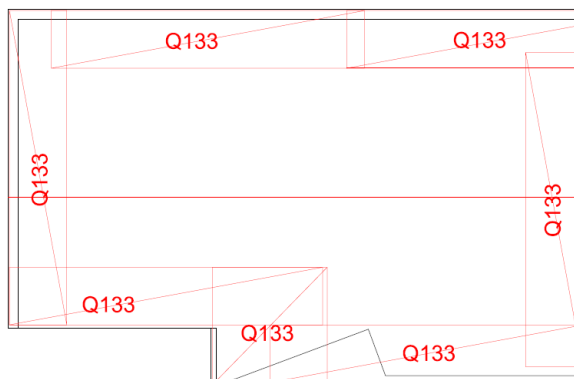
$$m_d = \frac{2,4 * 100 kNcm}{100cm * 12cm * 12cm * \left(\frac{2,5}{1,5} kNcm^2\right)} = 0,01$$

$$A_s = 0,02 * \frac{2}{43,48} * 100 * 12 = 1,10 \frac{cm^2}{m} \text{ izberemo minimalno armaturno mrežo Q133}$$

Armaturni načrt strešne plošče:

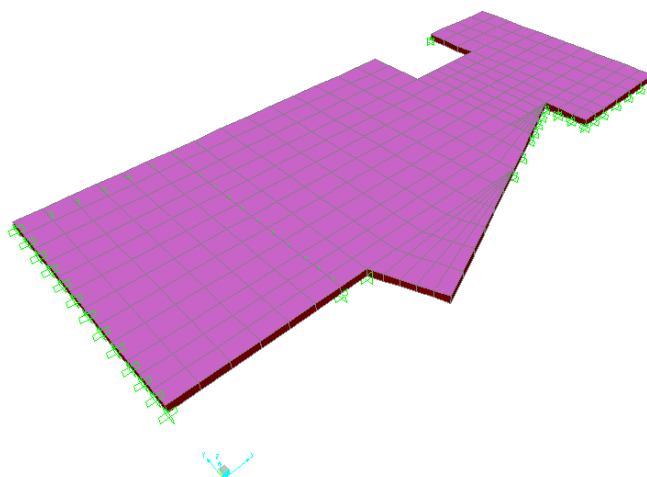


Slika30: Armaturni načrt strehe, spodnja stran



Slika 31: armaturni načrt strehe, zgornja stran

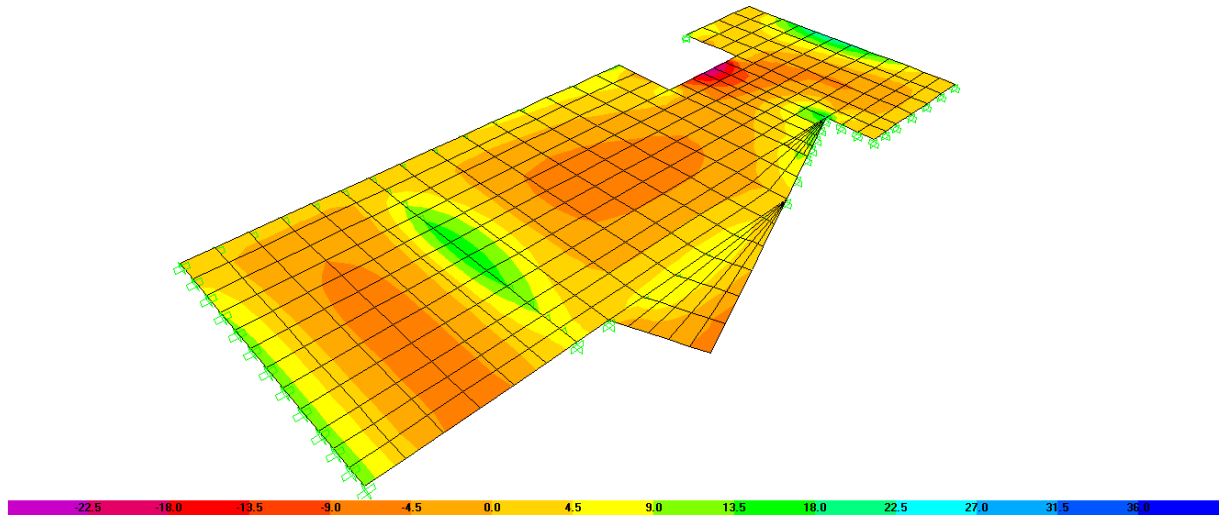
3.4.1.2 Plošča



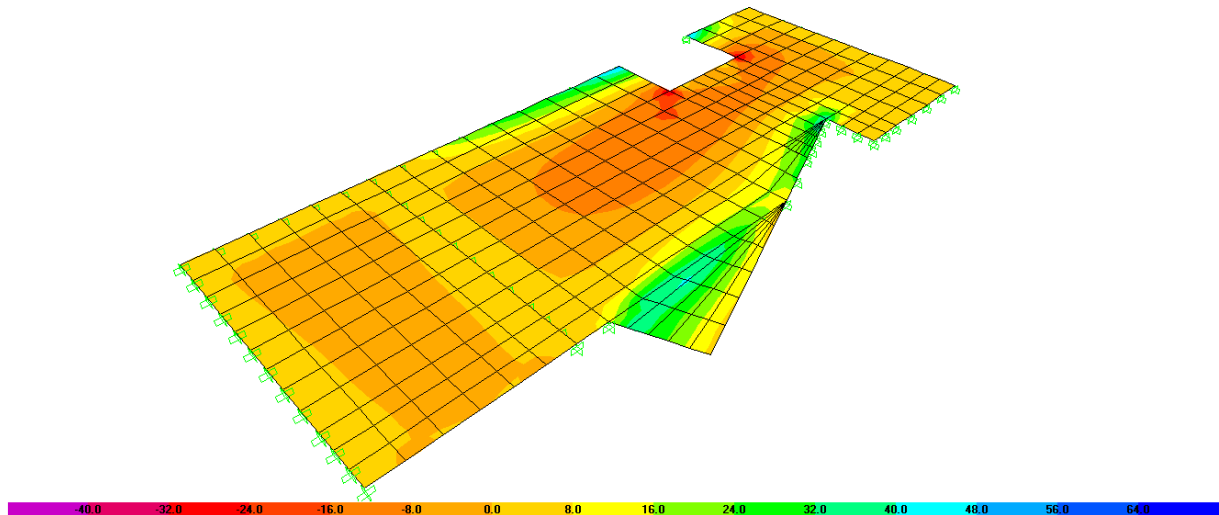
Slika 32: Model betonske plošče

Tudi v tem primeru dobim notranje sile s programsko opremo SAP 2000 (Computers & Structures, INC.). Ploščo modeliram kot shell-thin (SAP, 2000), podpore na skrajnih robovih pa modeliram kot toge, preprečujejo torej ne samo pomike v vseh smereh, ampak tudi zasuke v vse smeri. Zaradi tega dobimo nad podporami velike negativne momente, ki jih mora prevzeti z ustrezna armatura. Plošča ima debelino 20 cm s krovnim slojem $a = 4$ cm na vsaki strani. Plošča je obremenjena z lastno težo $= 6.358$ kN/m² s spremenljivo obtežbo 2 kN/m², hkrati pa tudi na mestu stopniščne rame z linijsko obtežbo stopnic 25,31 kN/m in na previsu z linijsko obtežbo opečnatega zidu z 31,5 kN/m.

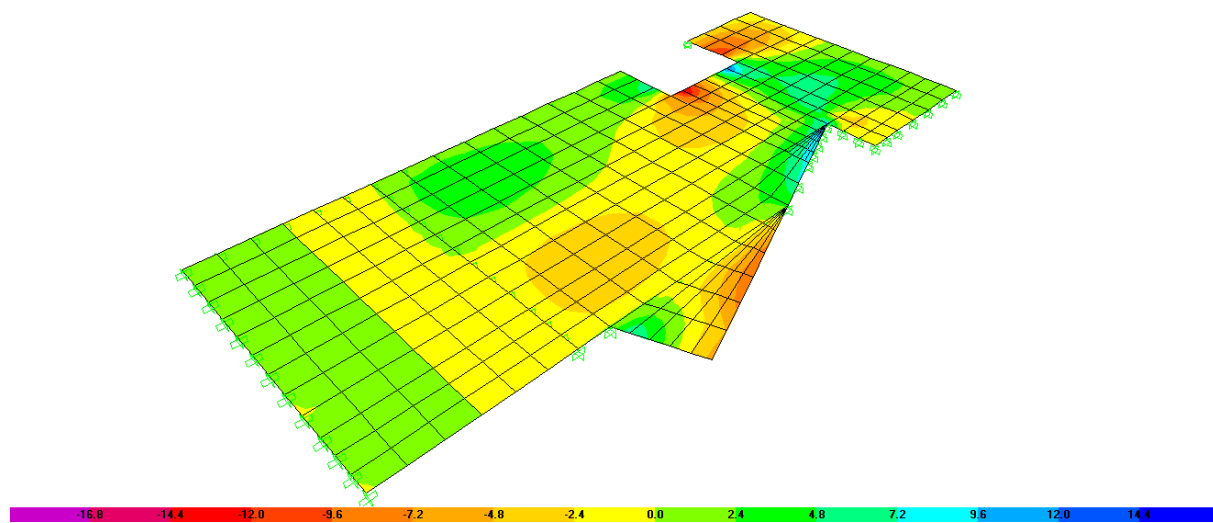
Na slikah 32, 33 in 34 prikazujem notranje upogibne momente M11, M12 in M22 za obtežno kombinacijo 1:



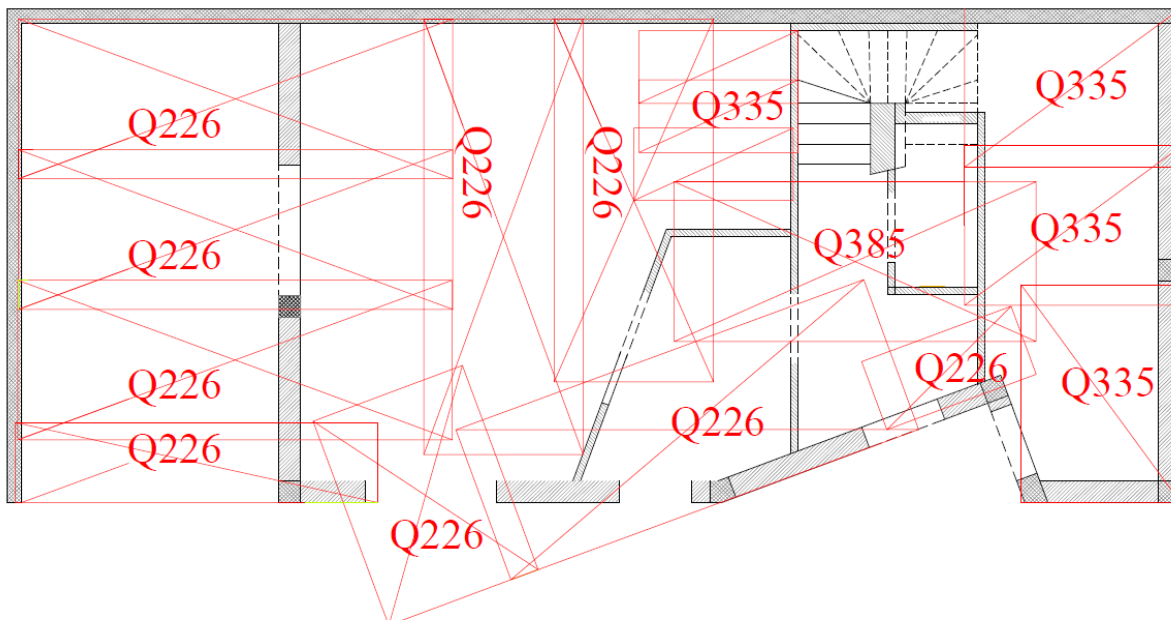
Slika 33: Upogibni momenti M11 pri obtežni kombinaciji 1



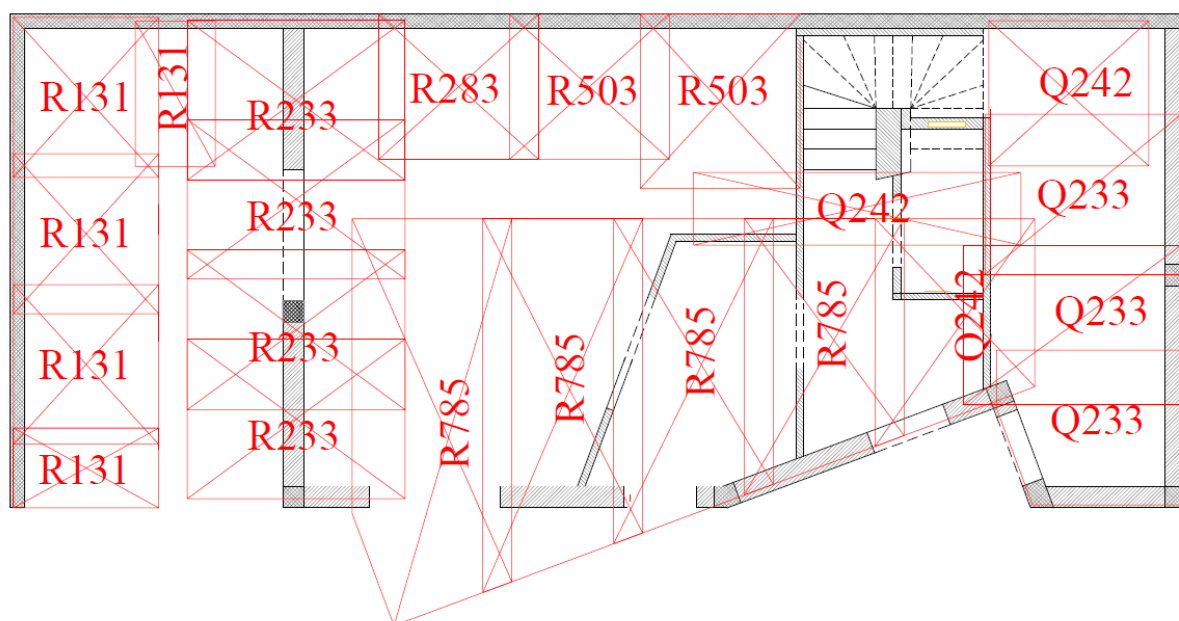
Slika 34: Upogibni momenti M22 pri obtežni kombinaciji 1

Slika 35: Upogibni momenti M_{12} pri obtežni kombinaciji 1

Dimenzioniranje poteka na enak način kakor v primeru strešne plošče, le da so v medetažni plošči večje obremenitve in zato tudi večji momenti.



Slika 36: Armaturni načrt plošče, spodnja armature



Slika 37: armaturni načrt plošče, zgornja armatura

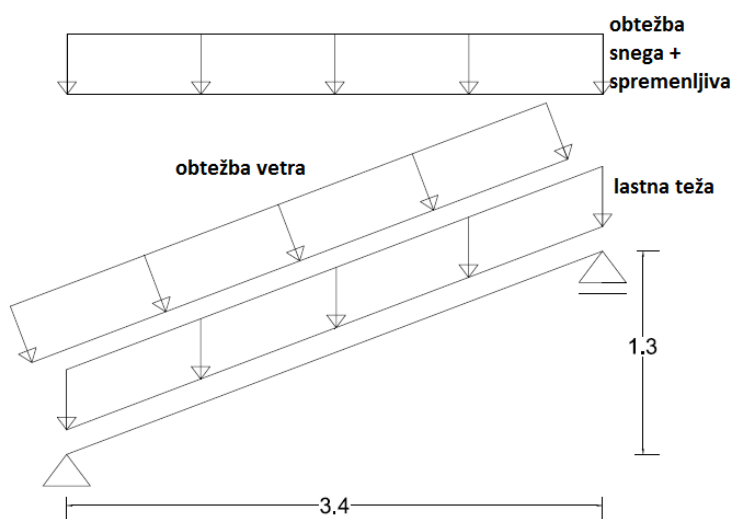
3.4.2 Dimenzioniranje lesene endoskeletne konstrukcije

Pri leseni endoskeletni konstrukciji bomo ravno tako začeli z dimenzioniranjem strehe. V tem primeru streha ne bo več modelirana kot ploskovni model, ampak kot linijski model, saj bo sestavljena iz tramov in špirovcev. Tako modeliranje nekoliko pospeši račun, saj dimenzioniramo le najbolj obremenjen špirovec in najbolj obremenjen tram. Obremenitve vplivov na tako ploščo ostanejo enake kot v primeru betonske plošče. Spremeni se samo lastna teža strehe, saj je v tem primeru lesena streha trikrat lažja.

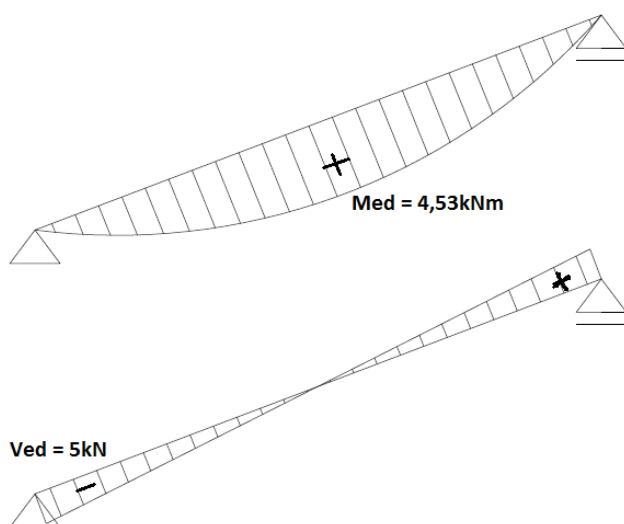
Potrebno je poudariti, da sem vrednosti vpliva pomnožil z 0,72 m, saj toliko znaša razdalja med špirovci. V sliki 38 bom prikazal model in obtežbo, s katerimi sem dimenzioniral lesene špirovce.

Obtežba na špirovec tako znaša seštevek naslednjih obtežb:

- Lastna teža $g = 0,75 \text{ kN/m}$
- Koristna obtežba $q = 0,29 \text{ kN/m}$
- Veter w (prečno) $= 0,6 \text{ kN/m}$
- Veter w (vzdolžno) $= -1,2 \text{ kN/m}$
- Sneg $s = 0,14 \text{ kN/m}$



Slika 38: Statični model špirovca z obtežbo snega, obtežbo vetra in lastno težo



Slika 39: Upogibni momente pri kombinaciji 3 statičnega modela špirovca

3.4.2.1 Dimenzioniranje špirovca:

MSN

$$M_{ed,MSN} = 1,35 * 1,16 + 1,05 * 0,6 + 1,05 * 0,3 + 1,5 * 1,33 = 4,53kNm = 453kNcm$$

$$M_{rd} = \frac{b h^2}{6} f_{m,d} = \frac{12cm * (16cm)^2}{6} 1,846 \frac{kN}{cm^2} = 945,2kNcm$$

$$M_{ed,MSN} \leq M_{rd} \text{ ok}$$

MSU

$$M_{ed,MSU} = 1,0 * 0,835 + 0,7 * 0,43 + 0,7 * 0,216 + 1,0 * 0,96 = 2,25kNm = 225kNcm$$

$$J = \frac{b h^3}{12} = \frac{0,12m * 0,16m^3}{12} = 4,096 * 10^5 m^4$$

$$E = 1,2 * 10^7 kN/cm^2$$

$$M = \frac{1 * \cos(21) * 3,64}{4} = 0,85$$

$$u_{inst} = \frac{2}{E * J} \left(\frac{5}{12} * M * M_{ed,MSU} * l \right) = 0,0117 m$$

$$u_{max} = \frac{l}{300} = 0,012m$$

$$u_{inst} \leq u_{max} \text{ ok}$$

Dimenzioniranje glavnega trama poteka na popolnoma enak način, kakor dimenzioniranje špirovcev. Razlika je le v dimenziji trama, saj slemenski tram zaradi karakteristike tlorisa ne more biti vmesno podprt in za to njegova celotna dolžina znaša 10,65 m. Zagotoviti tako dolg lepljeni tram je lahko neekonomično, zato lahko tram nadomestimo z lesenim paličnim nosilcem. V nadaljevanju dimenzioniranja bom prikazal dimenzioniranje obeh primerov.

3.4.2.2 Dimenzioniranje trama

Dimenzioniranje trama

Obremenitev v MSN za tram znaša $M_{ed,msn} = 75 kNm$. Izberemo dimenzije prereza širine 28 cm in višine 54 cm, zaradi velikega razpona povečamo še kvaliteto lesa na C50. Kontrola v MSN se glasi:

$$M_{rd} = \frac{b * h^2}{6} f_{m,d} = \frac{28 * 54^2}{6} 3,077 = 41872kNcm = 418,72kNm$$

In je z lahkoto izpolnjena: $M_{ed,msn} \leq M_{rd}$. Za tako dolg nosilec je povsem merodajna kontrola MSU, ki zahteva velik prečni prerez. Momentna obremenitev za MSU je: $M_{ed,msu} = 60 kNm$. Kontrola za MSU se glasi:

$$E = 1,6 * 10^7 kN/m^2$$

$$J = \frac{b * h^3}{12} = 0,00367m^4$$

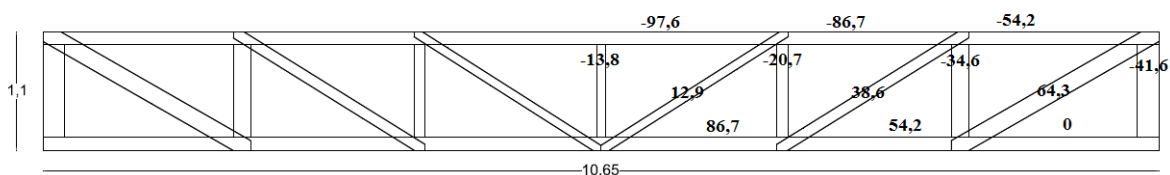
$$u_{inst} = \frac{2}{E \cdot J} \left(\frac{5}{12} * M * M_{ed,MSU} * l \right) = 0,024 \text{ m} = 2,4 \text{ cm}$$

$$u_{max} = \frac{l}{300} = 0,0355 \text{ m}$$

$$u_{inst} \leq u_{max} \text{ ok}$$

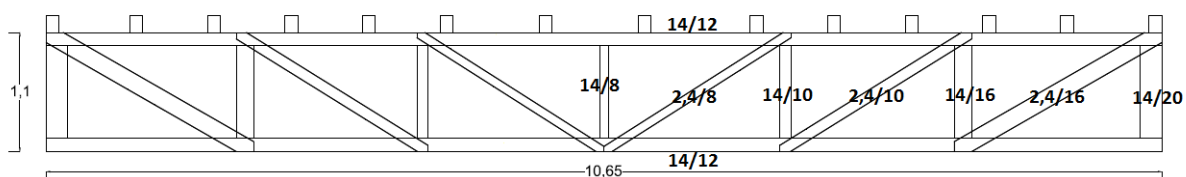
Dimenzioniranje paličnega nosilca:

Palični nosilec je dolg 10,65 m, visok 1,1 m in širok 0,14 m. Vsi členki dopuščajo zasuke v ravnini nosilca, tako so elementi obremenjeni samo osno. Zgornji pas in vertikale so obremenjene tlačno, spodnji pas in diagonale pa natezno. Na spodnji sliki so notranje sile, katerih elementi so obremenjeni na tlak, označene s “+”, in z “-” notranje sile, katerih elementi so obremenjeni z nategom. Nosilec je simetričen, zato so notranje sile označene samo na eni polovici nosilca.

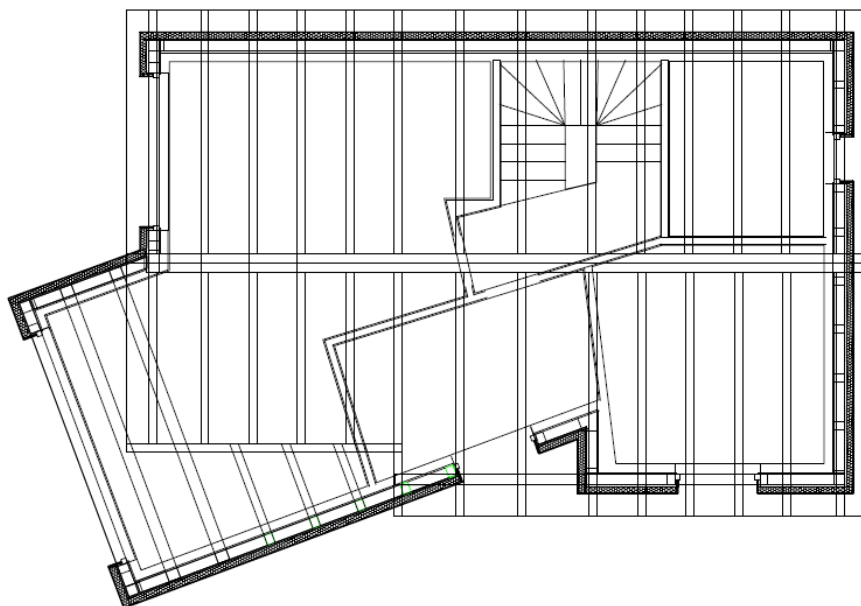


Slika 40: Palični leseni nosilec z osnimi notranjimi salami

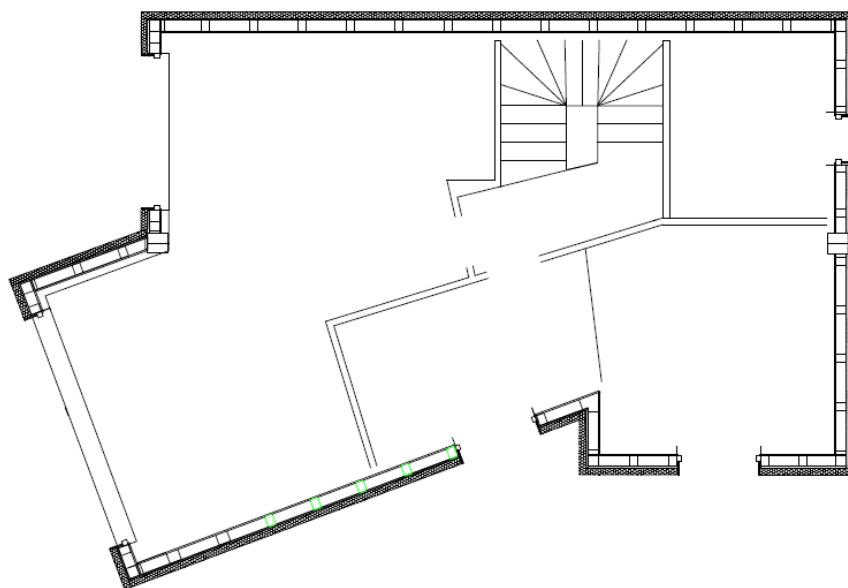
Dimenzioniranje poteka v skladu s SIST EN 1995-1-1:2005, na spodnji sliki so prikazane izbire dimenzij prerezov.



Slika 41: Palični leseni nosilec z izbranimi dimenzijami prerezov



Slika 42: Načrt ostrešja



Slika 43: Tloris prvega nadstropja

3.5 PREDRAČUN HIŠ Z VSEMI POSTAVKAMI

Vse tri različne rešitve projekta imajo skupno osnovo, to so enaki temelji, enaki zidovi pritlične etaže in medetažne plošče. Posledično bi zaradi različne lastne teže konstrukcij lahko modeliral drugače tudi temelje. Pri leseni okvirni in panelni gradnji bi tako za razliko od

opečno-betonske celote izdelal nekoliko manjše temelje, vendar bom zaradi relativno majhnih odstopanj v ceni dodatne armature, betona in izolacije te detajle opustil.

Za boljšo razumevanje in kasnejšo lažjo analizo stroškov bom celoten potek gradnje razdelil na pet standardnih gradbenih faz.

Prva gradbena faza obsega izkop gradbene jame, izdelavo temeljev ali temeljne plošče, vgraditev horizontalne kanalizacije in drugih cevi za inštalacije. Druga gradbena faza vključuje gradnjo kleti in kot taka ni nujno prisotna pri gradnji objekta. Vanjo štejemo izdelavo kletnih nosilnih zidov, kletno medetažno ploščo in izdelavo vodoravne hidroizolacije temeljev. Izdelava vertikalne nosilne konstrukcije vseh etaž, strehe, notranjega dimnika in stopnic sodi v tretjo gradbeno fazo. Četrta gradbena faza nadaljuje z gradnjo zunanega dimnika, izdelavo vertikalne in strešne hidroizolacije, montažo oziroma vzidavo vseh predelnih sten, izdelavo notranje strojne in elektroinštalacije, izdelavo notranjih ometov, notranjih in zunanjih tlakov, izdelavo zunanje fasade s toplotno izolacijo ter montažo oken in vrat. Zadnja, peta gradbena faza, vključuje vsa zaključna dela, kot so mizarska, kleparska, pleskarska dela, finalno obdelavo zunanje fasade ter dokončanje električne in strojne opreme. V vseh predračunih bom spustil elektro-strojne inštalacije, saj je to predmet elektro- in strojnih inženirjev. V razdelku 3.5.1 bom opisal vse postavke za skupni pritlični del.

3.5.1 Predračun za skupni del

Prikazal bom postavke za 1. in 2. gradbeno fazo. Prvi sklop opisuje vsa začetna dela na gradbišču, kot so pripravljalna in rušitvena dela, drugi sklop pa se konča z opisom izvedbe nosilne konstrukcije kleti.

I.	Pripravljalna dela	Cena/enoto			
		Enota	Količina	(EUR)	Skupaj
1	Izvedba ureditve gradbišča in vseh potrebnih pogojev za izvedbo del (gradbiščna el. omara, vodovodni priključek,...)	kpl	1.00	235.00	235.00
2	Izvedba geodetske zakoličbe in ustreznih zavarovanj zakoličbe bodočega objekta in zunanje ureditve	kpl	1.00	365.00	365.00
3	Gradbiščni WC: postavitev, razpolaganje za čas gradnje, sprotno	kpl	1.00	285.00	285.00

čiščenje ter odvoz po končanih delih

Pripravljalna dela SKUPAJ:				885.00 EUR	
II. Rušitvena dela			Cena/enoto (EUR)	Skupaj	
	Enota	Količina			
1	Izvedba raznih rušitvenih del vključno z vsemi pomožnimi deli in zaščito, podpiranjem konstrukcij, iznosom na gradbiščno deponijo ter čiščenjem in odvozom ruševin v trajno mestno deponijo s plačilom pristojbine. V ceni je zajeta postavitve, premestitev in uporaba delovnih odrov do višine 4,0 m, ki se posebej ne obračunava.				
	Rušenje kleparskih izdelkov (žlebovi, odtočne cevi)	m1	36.70	3.50	128.45
	Rušenje strehe in ostrešja hiše (korci, planete, letve, ostrešje)	m2	55.20	7.20	397.44
	Rušenje strehe in ostrešja lope (salonitna kritina, letve, ostrešje)	m2	51.90	7.40	384.06
	Rušenje medetažne konstrukcije (tramovi, pod)	m2	38.40	11.60	445.44
	Rušenje notranjega stopnišča	kos	1.00	125.00	125.00
	Rušenje kamnitih zidov	m3	17.30	42.50	735.25
	Rušenje notranjih zidov	m2	36.00	6.28	226.08
	Demontaža oken in vrat do velikosti 2,00 m ²	kos	8.00	9.80	78.40
	Demontaža oken in vrat velikosti nad 2,00 m ²	kos	1.00	12.80	12.80
	Rušenje tlakov za izvedbo temeljev in kanalizacije	m2	29.20	14.30	417.56
	Nakladanje in odvoz ruševin	m3	35.00	24.15	845.25
Rušitvena dela SKUPAJ:				3,795.73 EUR	
III. Zemeljska dela			Cena/enoto (EUR)	Skupaj	
	Enota	Količina			
1	Strojni izkop temeljev objekta v zemljini III. in IV. ktg., globine do 60 cm, s pravilnim odsekavanjem stranic dna izkopa in s prenosom izkopanega materiala na gradbiščno				
	m3	9.00	16.73	150.57	

deponijo. Raščeno stanje.

2	Strojni izkop jarkov za fekalno in meteorno kanalizacijo v objektu in izven vključno z izkopi jaškov, v zemljini III. in IV. ktg., s prenosom izkopanega materiala na rob izkopa. Raščeno stanje.	m3	5.50	16.73	92.02
3	Ročni izkop temeljev in jarkov oz. popravila po strojnem izkopu v zemljini III. in IV. ktg.	m3	1.00	45.55	45.55
4	Planiranje zemljišča s točnostjo ± 3 cm kot podlago za nasutje pod temelji in talnimi ploščami.	m2	25.00	2.17	54.25
5	Dobava in naprava tamponskega nasutja pod temelji in talnimi ploščami objekta v debelini 10 cm skupaj z vsemi deli in transporti.	m3	2.50	34.71	86.78
6	Zasipavanje z izkopanim materialom med temelji in nad kanalizacijo v plasteh z nabijanjem. Razsuto stanje. Nariv materiala z gradbiščne deponije.	m3	5.00	8.12	40.60
7	Nakladanje in odvoz viškov izkopanega materiala. Nakladanje na gradbiščni deponiji in odvoz na komunalno deponijo v oddaljenosti do 10 km vključno s plačilom pristojbine. Razsuto stanje.	m3	15.00	24.15	362.25

Zemeljska dela SKUPAJ: 832.01 EUR

IV. Tesarska dela	Enota	Količina	Cena/enota (EUR)	Skupaj
1 Izdelava dvostranskih opažev temeljev objekta vključno s podpiranjem.	m2	73.65	9.68	712.97

Tesarska dela SKUPAJ: 712.97 EUR

V. Železokrivska dela	Enota	Količina	Cena/enota (EUR)	Skupaj
1 Dobava in vgradnja betonskega jekla - palice vseh potrebnih prerezov po statičnem računu	kg	1,152.95	1.19	1,372.01

vključno z vsemi pomožnimi deli.
 Količina je ocenjena. Za izdelavo temelja potrebujemo 108 Φ 14, 50 Φ 8 ter za povezavo na zid in stebre 38 Φ 12

Železokrivska dela SKUPAJ:				1,372.01 EUR
VI. Betonska dela				
		Enota	Količina	Cena/enoto (EUR)
				Skupaj
1	Dobava in vgrajevanje betona C 25/30 v temelje in talne plošče objekta	m3	18.94	112.72
				2,134.92
Betonska dela SKUPAJ:				2,134.92 EUR
VII. Kanalizacija				
		Enota	Količina	Cena/enoto (EUR)
				Skupaj
1	Dobava in polaganje hišne gradbene kanalizacije do priključnega jaška pred hišo. PVC odtočne cevi za fekalno in meteorno kanalizacijo v peščeni podlagi in predvidenem padcu. Postavka vključuje peščeni varovalni zasip in ves spojni material.			
	ϕ 75 mm	m1	7.75	26.75
	ϕ 110 mm	m1	13.50	32.55
				207.31
				439.43
2	Dobava in polaganje gradbene kanalizacije v objektu. PVC vertikalne odtočne cevi in odduhi vertikal vključno z vsemi fazonskimi kosi.			
	ϕ 75 mm	m1	6.00	26.75
	ϕ 110 mm	m1	6.00	32.55
				160.50
				195.30
3	Naprava zunanjih betonskih revizijskih jaškov iz okroglih betonskih cevi ϕ 60 cm, globine do 100 cm, z RF pokrovom, prirejenim za oblaganje vključno z izdelavo podlage, obdelavo dna, mulde in priključkov.	kom	1.00	215.68
				215.68
4	Naprava betonskih peskolovov iz okroglih betonskih cevi ϕ 40 cm, globine do 100 cm, z RF pokrovom,	kom	2.00	148.84
				297.68

prirejenim za oblaganje vključno z izdelavo podlage, obdelavo dna in priključkov.

5	Dobava in polaganje drenažnih cevi ob temeljih objekta. Raudril ϕ 110 drenažne cevi, polagane na betonsko muldo vključno z izdelavo mulde, nameščanjem cevi, zasipom z drenažnim gramozom 0,5 m ³ /m ¹ in zaščitnim filcem 0,5 m ² /m ¹ .	m1	15.00	42.60	639.00
----------	--	----	-------	-------	--------

Kanalizacija SKUPAJ: **2,154.90 EUR**

V prvo gradbeno fazo spadajo pripravljalna, rušitvena, zemeljska, tesarska, železokrivska, betonska in kanalizacijska dela. Skupna cena vseh postavk znaša 11887,54 € + 9,5 % DDV.

V nadaljevanju sledi še 2. gradbena faza z izdelavo zidov in betonske plošče kleti.

I. Tesarska dela		Enota	Količina	Cena/enoto (EUR)	Skupaj
1	Izdelava opaža ravnih betonskih sten v pritličju proti zemljini višine do 3,00 m ¹ vključno s podpiranjem, obojestransko.	m2	122.50	15.30	1,874.19
2	Izdelava opaža horizontalnih in vertikalnih vezi, stebrov ter okenskih in vratnih preklad vključno s podpiranjem.	m2	17.30	26.20	453.21
3	Izdelava opaža madetažnih stropnih plošč vključno s podpiranjem do višine 3,00 m ¹ .	m2	95.50	17.22	1,644.51
4	Izdelava stranskega opaža za zapiranje stropnih plošč višine do 20 cm vključno s podpiranjem.	m2	59.00	6.55	386.45
5	Izdelava in montaža opaža raznih odprtih za prehod instalacij skozi temelje in plošče velikosti do 15 x 15 cm.	kom	6.00	12.50	75.00
6	Izdelava opaža notranjega zavitega stopnišča po projektu vključno z zapiranjem dna, bokov in višin stopnic v celotni dolžini.	m2	7.80	67.64	527.59

Tesarska dela SKUPAJ: **4,960.95 EUR**

II. Železokrivska dela		Enota	Količina	Cena/enoto (EUR)	Skupaj
1	Dobava in vgradnja betonskega jekla - zid pritličja proti zemljini. Mreže 20Q335 in palice 32 ϕ 12 vseh potrebnih prerezov po statičnem računu vključno z vsemi pomožnimi deli.	kg	1,569.41	1.17	1,836.21
2	Dobava in vgradnja betonskega jekla - betonski stebri in preklade kot vertikalne in horizontalne vezi. Palice 16 ϕ 14 ter 19 ϕ 8 vseh potrebnih prerezov po statičnem računu vključno z vsemi pomožnimi deli.	kg	166.79	1.19	198.48
3	Dobava in vgradnja betonskega jekla - konstruktivna armatura plošče, palice 25 ϕ 8 v betonsko ploščo po statičnem računu vključno z vsemi pomožnimi deli.	kg	59.25	1.19	70.51
4	Dobava in vgradnja betonskega jekla v ploščo - mreže 6Q226, Q233, 2Q335, Q385, Q424, R131, 2R233, R503 in 3R785 vseh potrebnih prerezov po statičnem računu vključno z vsemi pomožnimi deli.	kg	885.22	1.17	1,035.71
5	Dobava in vgradnja betonskega jekla - mreže 10Q131 vseh potrebnih prerezov po statičnem računu vključno z vsemi pomožnimi deli.	kg	271.00	1.17	317.07
6	Dobava in vgradnja betonskega jekla v stopnišče - palice 24 ϕ 14, 22 ϕ 12 vseh potrebnih prerezov po statičnem računu vključno z vsemi pomožnimi deli.	kg	305.71	1.19	363.79
Železokrivska dela SKUPAJ:					1,985.56 EUR
III. Betonska dela		Enota	Količina	Cena/enoto (EUR)	Skupaj
1	Dobava in vgrajevanje betona C	m3	12.00	128.76	1,544.91

	25/30 v stene zidu pritličja proti zemljini.				
2	Dobava in vgrajevanje betona C 25/30 v okenske in vratne preklade, stropne nosilce nad in pod ploščami vertikalne vezi iz armiranega betona.	m3	2.20	128.76	283.43
3	Dobava in vgrajevanje betona C 25/30 v medetažno stropno plošče debeline 20 cm z obodnimi vezmi in sidrišči v obstoječih kamnitih zidovih, ki so v ravnini plošče.	m3	22.40	119.11	2,667.83
4	Dobava in vgrajevanje betona C 25/30 v ravni in zaviti del notranjega stopnišča.	m3	1.75	124.66	218.16
Betonska dela SKUPAJ:					4,714.32 EUR

IV. Zidarska dela		Enota	Količina	Cena/enoto (EUR)	Skupaj
1	Dobava in zidanje nosilnih zidov pritličja objekta z modularno opeko v debelini 29 cm in 19 cm v podaljšani malti 1 : 3 : 9 vključno z vsemi pomožnimi deli.	m3	20.10	109.55	2,201.86
2	Dobava in zidanje predelnih sten v pritličju z modularnim zidakom debeline 12 cm. Zidava sten vključno z izdelavo montažnih preklad. Stena se zato obračuna kot prazno je polno. Parapet na ravni strehi.	m2	50.60	29.31	1,483.09
Zidarska dela SKUPAJ:					3,684.94 EUR

Predračun za 2. gradbeno fazo znaša 15345,77 € + 9,5 % DDV, v ta znesek so vključena vsa tesarska, železokrivska, betonska in zidarska dela pri izdelavi nosilne konstrukcije kleti vključno z betonsko ploščo. Z 2. gradbeno fazo se zaključi skupni opis konstrukcij. Kumulativna cena obeh faz znaša 27233,31 € + 9,5 % DDV.

3.5.2 Predračun opečno betonske hiše

V tem poglavju bom nadaljeval s predračunom za opečno-betonsko hišo. Do dokončanja zgradbe so potrebne še 3 faze. Začel bom seveda s 3. gradbeno fazo, ki bo glede opisa postavk podobna 2. g. f.

I. Tesarska dela		Enota	Količina	Cena/enoto (EUR)	Skupaj
1	Izdelava opaža horizontalnih in vertikalnih vezi, stebrov ter okenskih in vratnih preklad v prvem nadstropju vključno s podpiranjem.	m2	33.60	26.20	880.29
2	Izdelava opaža ravnih in poševnih obodnih strešnih vezi in simsov razvite širine do 75 cm vključno s podpiranjem.	m2	6.50	21.60	140.40
3	Izdelava opaža medetažnih stropnih plošč vključno s podpiranjem do višine 3.00 m.	m2	77.00	18.08	1,392.16
4	Izdelava stranskega opaža za zapiranje talnih in stropnih plošč višine do 20 cm vključno s podpiranjem	m1	42.30	6.55	277.07
Tesarska dela SKUPAJ:					2,689.92 EUR
II. Železokrivska dela		Enota	Količina	Cena/enoto (EUR)	Skupaj
1	Dobava in vgradnja betonskega jekla - palice 16 ϕ 14 ter 19 ϕ 8 v vseh stebrih in prekladah prvega nadstropja po statičnem računu vključno z vsemi pomožnimi deli.	kg	166.80	1.19	198.49
2	Dobava in vgradnja betonskega jekla - palice 45 ϕ 8 vseh potrebnih prerezov po statičnem računu vključno z vsemi pomožnimi deli.	kg	107.00	1.19	127.33

3	Dobava in vgradnja betonskega jekla mreže 8Q157 in Q335 vseh potrebnih prerezov po statičnem računu vključno z vsemi pomožnimi deli.	kg	793.30	1.17	928.16
Železokrivska dela SKUPAJ:					1,253.98 EUR
III.	Betonska dela			Cena/enoto (EUR)	Skupaj
1	Dobava in vgrajevanje betona C 25/30 v okenske in vratne preklade, obodne strešne vezi, stropne in strešne nosilce nad in pod ploščami, vrh parapetnega zidu nad ravno streho, vertikalne vezi iz prefabriciranih standardnih vogalnikov in stebre.	m3	4.55	128.76	585.22
2	Dobava in vgrajevanje betona C 25/30 v medetažno stropno plošče debeline 12 cm in 15 cm z obodnimi vezmi in sidrišči v zidovih, ki so v ravnini plošče.	m3	11.70	119.11	1,393.35
Betonska dela SKUPAJ:					1,978.57 EUR
IV.	Zidarska dela			Cena/enoto (EUR)	Skupaj
1	Dobava in zidanje nosilnih zidov objekta z modularno opeko v debelini 29 cm in 19 cm v podaljšani malti 1 : 3 : 9 vključno z vsemi pomožnimi deli.	m3	18.30	109.55	2,004.37
2	Dobava in zidanje predelnih sten v pritličju z modularnim zidakom debeline 12 cm. Zidava sten vključno z izdelavo montažnih preklad. Stena se zato obračuna kot prazno je polno. Parapet na ravni strehi.	m2	45.00	29.31	1,318.88
Zidarska dela SKUPAJ:					3,323.25 EUR

Cena celotne 3. gradbene faze znaša 9245,72 € + 9,5 % DDV. Skupna kumulativna cena za objekt zgrajen do 3. gradbene faze znaša 36479,03 € + 9,5 % DDV.

4. gradbena faza je namenjena montaži hidroizolacije, toplotne izolacije, izdelavi vseh notranjih in zunanjih ometov, izdelavi vseh notranjih in zunanjih tlakov, napeljavi strojnih in elektroinstalacij ter montaži stavbnega pohištva.

I. Zidarska dela			Cena/enoto	
		Enota	Količina	(EUR) Skupaj
1	Potrebna pomoč obrtnikom in instalaterjem (razna štemanja za potrebe instalacij, druge vzdave).			
	ocena kanalov 5/5 cm	m	250.00	1.61 402.50
	ocena kanalov 15/5 cm	m	125.00	2.49 311.25
	ocena kanalov 15/15 cm	m	15.00	4.52 67.80
2	Izvedba polnjenja instalacijskih kanalov, grobega zapiranja za razvodi instalacij, obdelava prebojev in popravila za štemanji.			
	ocena kanalov 5/5 cm (elektrika, doze)	m'	250.00	0.61 152.50
	ocena kanalov 15/5 cm (HTV voda v stenah)	m'	125.00	1.49 186.25
	ocena kanalov 15/15 cm (vertikale, ventilacije)	m'	15.00	2.52 37.80
3.1	Naprava grobih in finih notranjih strojnih stenskih ometov na predhodni cementni obrizg vseh notranjih sten. Odbijajo se vse odprtine, ki ne zahtevajo obdelave špalet in površine oken v delu nad 3 m2.	m2	245.00	9.50 2,327.50
3.2	Naprava grobih in finih notranjih toplotnoizolativnih strojnih stenskih ometov na predhodni cementni obrizg vseh notranjih sten. Odbijajo se vse odprtine, ki ne zahtevajo obdelave špalet in površine oken v delu nad 3 m2.	m2	100.00	19.20 1,920.00
4	Naprava fine zidarske izravnave betonskih zavutih stopnic v nadstropje. Obdelava dna, čel in nastopnih plošč s fino PCM kot	m2	7.80	9.50 74.10

podlago za oblaganje.

5	Naprava in namestitvev dvoslojne horizontalne in vertikalne hidroizolacije ravne strehe iz varjenih bitumenskih trakov d = 4 mm na bitumenski prednamaz.	m2	25.00	16.62	415.50
6	Naprava in namestitvev horizontalne in vertikalne hidroizolacije kot Mapei Mapelastic v kopalnici nadstropja tlak, stene do h = 30 cm ter do h = 2,00 mm1 na območju tuša kadi vključno z robnimi trakovi.	m2	12.50	22.55	281.88
7	Naprava zaščitne toplotne izolacije na betonski ravni strehi. Vodoodporna toplotna izolacija d = 3 cm, polietilenska folija ter mikroarmiran naklonski betonski estrih d = 3-6 cm.	m2	20.50	34.28	702.74
8	Naprava plavajočih podov notranjih prostorov pritličja s toplotno izolacijo v PVC foliji d = 3 + 4 cm in fino zaglajenim mikroarmiranim betonskim estrihom d = 6 cm.	m2	69.50	21.25	1,476.88
9	Naprava plavajočih podov notranjih prostorov nadstropja s toplotno izolacijo v PVC foliji d = 4 cm in fino zaglajenim mikroarmiranim betonskim estrihom d = 6 cm.	m2	53.50	20.95	1,120.83
10	Dobava in montaža tipske INOX rešetke za odvodnjavanje meteorne vode iz ravne strehe. Komplet nerjaveče rešetke, betonske muldae, cevi za iztok ter kolena za priklop na žleb, vse skupaj z obdelavo in zatesnitvijo. Dolžina 5,75 m, širine 15 cm ter globine 10 cm.	kom	1.00	1,000.00	0.00 1,000.00
11	Zidarska pomoč pri vzidavi tuš kadi v kopalnici nadstropja.	kom	1.00	75.00	75.00
12	Zidarska pomoč pri vzidavi zunanjih in notranjih instalacijskih omaric.	kom	4.00	25.00	100.00
13	Zidarska pomoč pri vzidavi zunanjih in notranjih kamnitih okenskih polic.	m1	10.00	7.64	76.40
14	Zidarska pomoč pri vzidavi zunanjih kamnitih pragov na vhodnih vratih, balkonskih vratih ter drsnih stenah.	m1	6.00	9.78	58.68

15	Razna režijska gradbena dela - ocena ur.	ur	50.00	12.50	625.00
-----------	--	----	-------	-------	--------

Zidarska dela SKUPAJ:

**11,412.60
EUR**

II. Krovska dela

		Enota	Količina	Cena/enoto (EUR)	Skupaj
1	Naprava in namestitvev enoslojne horizontalne hidroizolacije z mineralnim posipom d = 4 mm na bitumenski prednamaz pod celotnim področjem kritine.	m2	87.80	9.78	858.68
2	Dobava in namestitvev opečne kritine objekta, komplet z vsemi materiali in deli. Predvidena je vgradnja korcev s kljukami na lesene letve.	m2	87.80	24.91	2,187.10
3	Dobava in namestitvev opečne kritine - korcev v malti kot prekritje slemena vključno z vsemi pritrdilnimi materiali in deli.	m1	12.60	16.67	210.04
4	Dobava in montaža zaščitne mrežice proti insektom ob kapu strehe.	m1	25.20	8.83	222.52

Krovska dela SKUPAJ:

**3,478.34
EUR**

III. Fasaderska dela

		Enota	Količina	Cena/enoto (EUR)	Skupaj
1	Naprava fasade objekta. Izdelava grobega in finega ometa novih opečnih oz. betonskih sten z ustrezno pripravo podlage (čiščenje in obrizg) po tehnološki specifikaciji proizvajalca. Lopa in parapet na ravni strehi.	m2	85.00	30.10	2,558.50
2	Naprava fasade objekta. Izdelava toplotnoizolativnega ometa obstoječe kamnite fasade z ustrezno pripravo podlage (čiščenje in obrizg) po tehnološki specifikaciji proizvajalca. Fasada obstoječe hiše.	m2	132.50	32.82	4,348.65

3	Naprava fasade objekta. Izdelava debeloslojne fasade z ustrezno izolacijo iz stiroporja d = 12 cm, potrebnim lepljenjem in vijačenjem z distančniki, rabciranjem in izdelavo zaključnega ometa po tehnološki specifikaciji proizvajalca. Novi opečni zidovi.	m2	65.00	38.60	2,509.00
4	Naprava imitacije ert iz stirodurja prereza 15/3 cm vključno s potrebnim lepljenjem, rabciranjem in izdelavo zaključnega ometa po tehnološki specifikaciji proizvajalca	m1	44.50	18.50	823.25
5	Izdelava barvnega zaključnega zaribanega fasadnega sloja v tonu in teksturi po izbiri naročnika (lepilo, mrežica, lepilo).	m2	282.50	zajeto v 1, 2, 3	
6	Montaža in demontaža fasadnih odrov višine do 6,00 m1 vključno z vsemi pomožnimi deli in transporti.	m2	282.50	6.50	1,836.25

Fasaderska dela SKUPAJ:**12,075.65
EUR****IV. Stavbno pohištvo**

		Enota	Količina	Cena/enoto (EUR)	Skupaj
1	Dobava in montaža lesenih oken in balkonskih vrat vključno s termopan zasteklitvijo s plinskim polnilom, potrebnim okovjem in slepimi okvirji za vzdavo:				
	O1 - 70/100 cm, enokrilno okno	kom	5.00	194.98	974.92
	O2 - 110/100 cm, dvokrilno okno	kom	1.00	333.92	333.92
	BV1 - 180/210 cm, dvokrilna balkonska vrata	kom	1.00	560.24	560.24
	BV2 - 300/210 cm, drsna balkonska vrata	kom	1.00	1,245.05	1,245.05
2	Dobava in montaža lesenih delno zastekljenih vhodnih vrat vključno z vsem okovjem in pomožnimi deli - vhodna vrata velikosti 120/210 cm.	kom	1.00	953.43	953.43

3	Dobava in montaža plastificiranega strešnega okna Velux, tip GGU 0073G vključno z izolacijskim vgradnim setom in obrobo EDW1000 ter z vsemi pomožnimi deli - okno velikosti 78/98 cm.	kom	2.00	565.00	1,130.00
----------	---	-----	------	--------	----------

Stavbno pohištvo SKUPAJ: 5,197.57 EUR

V. Tlakarska dela	Enota	Količina	Cena/enoto (EUR)	Skupaj	
1	Dobava in polaganje klasičnega parketa v debelini 22 mm, I.kat. in tipu ter vzorcu po izbiri investitorja vključno s pripravo podlage - izravnalno maso, potrebnim brušenjem in lakiranjem s polmat lakom - spalnica nadstropja.	m2	14.50	62.45	905.53
2	Dobava in namestitvev visokih parketnih stenskih zaključkov. Material in finalna obdelava enaka talni oblogi, vsa potrebna dela, dobave in dodelave.	m1	16.50	7.25	119.63
3	Dobava in oblaganje notranjih stopnic z leseno oblogo v debelini 22 mm, I.kat. po izbiri naročnika vključno s pripravo podlage - izravnalno maso, robnimi zaključki, potrebnim brušenjem in lakiranjem s polmat lakom.	kom	16.00	135.00	2,160.00

Tlakarska dela SKUPAJ: 3,185.15 EUR

VI. Kamnoseška dela	Enota	Količina	Cena/enoto (EUR)	Skupaj	
1	Dobava in polaganje pragov iz poliranega marmorja standardnih širin. Poliran marmor po izbiri naročnika				
	velikosti 126/22/3 cm	kos	1.00	75.60	75.60
	velikosti 186/22/3 cm	kos	1.00	111.60	111.60
	velikosti 306/22/3 cm	kos	1.00	183.60	183.60

2	Dobava in polaganje notranjih in zunanjih okenskih polic iz poliranega marmorja po izbiri naročnika. Zunanje z odkapnim robom in bočnimi robovi:				
	- zunanje police z odkapnim robom velikosti 76/22/3 cm	kos	5.00	39.52	197.60
	- zunanje police z odkapnim robom velikosti 106/22/3 cm	kos	1.00	55.12	55.12
	- notranje police oken velikosti 76/40/3 cm	kos	5.00	73.11	365.56
	- notranje police oken velikosti 106/40/3 cm	kos	1.00	101.97	101.97
3	Dobava in polaganje zunanjih polic na parapetnih zidovih iz poliranega marmorja po izbiri naročnika. Zunanje z odkapnim robom na obeh straneh velikost prereza 22/3 cm in dolžine 375 cm 2 kosa, 600 cm 1 kos.	m1	13.50	50.85	686.48

Kamnoseška dela SKUPAJ:**1,777.53
EUR**

Celotna 4. gradbena faza tako znaša 37.126,83 € + 9,5 % DDV, kumulativno s predhodnimi fazami znaša 73.605,86 € + 9,5 % DDV.

Sledi še 5. gradbena faza, v kateri se zaključuje objekt z vsemi gradbenimi, mizarskimi, keramičarskimi, slikopleskarskimi in kleparskimi deli.

I. Mizarska dela:		Enota	Količina	Cena/enoto (EUR)	Skupaj
1	Dobava in montaža polnokrlnih finalno furniranih notranjih krilnih suhomontažnih vrat, komplet z vsem okovjem, s podboji širine, prilagojene debelini odprtin, v katere se vgrajujejo. Standardnih dimenzij vratnih kril 85/205 cm.	kom	4.00	567.65	2,270.60
2	Dobava in montaža polnokrlnih finalno furniranih notranjih krilnih suhomontažnih vrat, komplet z vsem okovjem, s podboji širine, prilagojene debelini odprtin, v katere se vgrajujejo. Standardnih dimenzij vratnih kril 75/205 cm.	kom	2.00	567.65	1,135.30
3	Dobava in montaža polnokrlnih finalno furniranih notranjih drsnih	kom	1.00	865.35	865.35

vrat, vgrajenih ob steno.
Standardnih dimenzij vratnih kril
80/200 cm.

**Mizarska dela SKUPAJ: 4,271.25
EUR**

II.	Keramičarska dela	Enota	Količina	Cena/enota (EUR)	Skupaj
1	Izravnava in priprava površine pred polaganjem keramike.	m2	129.00	12.60	1,625.40
2	Vgradnja različnih talnih elementov (sifoni, jaški,...).	kos	2.00	5.25	10.50
3	Dobava in vgradnja PVC stičnih vogalnih letvic.	m2	3.50	5.78	20.23
4	Dobava in polaganje talne keramike. Polaganje na lepilo in zglajen zaščitni estrih vključno s potrebnimi predpremazi estrihov:				
	sanitarni prostori (wc, kopalnica)	m2	7.50	36.75	275.63
	pomožni prostori v pritličju (klet, garaža)	m2	31.50	36.75	1,157.63
	vetrolov, vhod, ravna streha, stopnišče	m2	33.00	36.75	1,212.75
	družabni prostor, bivalni prostor	m2	57.00	36.75	2,094.75
5	Dobava in polaganje stenske keramike v notranjih prostorih: v sanitarijah do h = 2,00 m, v kuhinji pas h = 60 cm. Polaganje na lepilo in fino zglajen omet vključno z vsemi potrebnimi dobavami in deli:				
	sanitarni prostori	m2	32.50	36.75	1,194.38
	kuhinja	m2	2.00	36.75	73.50
6	Dobava in polaganje nizkostenske keramične obloge v prostorih brez obloge sten. Polaganje na lepilo in fino zglajen estrih vključno z vsemi potrebnimi dobavami in deli.	m1	75.00	9.98	748.50

Keramičarska dela SKUPAJ: 8,413.26

EUR

III.	Slikopleskarska in suhomontažna dela	Enota	Količina	Cena/enoto (EUR)	Skupaj
1	Dobava in montaža dvoslojne stropne obloge strehe iz mavčno-kartonskih plošč debeline 12,5 mm na kovinsko podkonstrukcijo po tehnoloških specifikacijah dobavitelja vključno z dobavo in vgradnjo toplotne izolacije kot KI, Unifit 035, TI 135 U debeline 140 mm med špirovce in debeline 60 mm med podkonstrukcijo obloge.	m2	61.50	43.20	2,656.80
2	Dobava in izdelava 2x gletovanja stropnih konstrukcij z izravnalnimi kiti vključno s potrebno pripravo podlage, vključno z brušenjem in odstranitvijo morebitnih neravnin:				
	suhomontažni stropovi - nadstropje	m2	61.50	3.10	190.65
	AB plošča - pritličje	m2	71.00	3.10	220.10
3	Dobava in izdelava 2x gletovanja sten z izravnalnimi kiti vključno s potrebno pripravo podlage, vključno z brušenjem in odstranitvijo morebitnih neravnin.	m2	345.00	3.60	1,242.00
4	Slikanje vseh sten in stropov s poldisperzijskimi barvami vključno z vsemi dobavami in transporti:				
	stropovi	m2	132.50	2.40	318.00
	stene	m2	345.00	2.40	828.00
Slikopleskarska in suhomontažna dela SKUPAJ:					5,455.55 EUR

IV.	Kleparska dela	enota	količina	cena/enoto	skupaj
1	Dobava in postavitve kap izvodov ventilacij ali odduhov vertikal prilagojene tipu kritine iz pocinkane pločevine.	kom	2.00	30.00	60.00
2	Dobava in postavitve visečih strešnih žlebov iz pocinkane pločevine premera 150 mm vključno s končnimi zaporami,	m1	25.20	18.00	453.60

	obešali, vsemi pritrdilnimi materiali in pomožnimi deli, kar mora biti vse zajeto in obračunano v neto dolžinskem metru.				
3	Dobava in postavitvev iztokov za viseče strešne žlebove iz pocinkane pločevine premera f100 ključno z vsemi pomožnimi deli.	kos	2.00	12.00	24.00
4	Dobava in postavitvev vertikalnih odtočnih žlebov iz pocinkane pločevine premera 100 mm vključno z obešali, priključitvami na peskolove, pritrdilnimi materiali in pomožnimi deli, kar mora biti vse zajeto in obračunano v neto dolžinskem metru.	m1	11.20	17.00	190.40
5	Dobava in postavitvev kolen za odtočne cevi iz pocinkane pločevine premera f100 vključno z vsemi pomožnimi deli.	kos	4.00	12.00	48.00

Kleparska dela SKUPAJ: 836.00 EUR

Peta gradbena faza tako znaša 18.976,06 € + 9,5 % DDV. Kumulativno s predhodnimi gradbenimi fazami in hkrati končna cena objekta znaša 92.581,92 € + 9,5 % DDV.

Vsota vseh gradbenih del je 62.782,57 € + 9,5 % DDV, vsota vseh obrtniških del je 41.211,95 € + 9,5 % DDV, vsota vseh instalacijskih del pa je 10.000 € + 9,5 % DDV.

3.5.3 Predračun endoskeletne okvirnate hiše

Predračun za endoskeletno okvirno konstrukcijo, enako kot v prejšnjem primeru, začnemo s skupnim delom, ki znaša 27.233,31 € + 9,5 % DDV.

I. Monterska dela

		Enota	Količina	Cena/enoto (EUR)	Skupaj
1	Dobava in izdelava lesene nosilne konstrukcije sten. Konstrukcija je sestavljena iz stebrov 12/16, vezanih med seboj z OSB ploščami in diagonalnimi prečkami na rastru 60 cm. V ceni je zajeta dobava materiala, veznih sredstev ter 1x	m2	93.28	27.50	2565.20

izdelava zaščitnega premaza lesa.

2	Dobava in izdelava lesene nosilne konstrukcije strehe. Konstrukcija je sestavljena iz paličnega trama po načrtu, špirovcev dimenzije 12/16 cm, razporejenih na razdalji 60 cm in škarnikov 2,4/12 cm. V ceni je zajeta dobava materiala, veznih sredstev ter 1x izdelava zaščitnega premaza lesa.	m2	80.54	34.50	2778.6 3
3	Dobava in izdelava letvanja strehe in nabava s postavitvijo korcev z letvami 5/3 cm v eni smeri. V ceno so zajeti dobava vsega potrebnega materiala, veznih sredstev ter dobava in izdelava 1 x zaščitnega premaza vsega lesa in postavitvev slemenskih korcev.	m2	79.00	32.50	2567.5 0
4	Naprava in namestitvev enoslojne horizontalne hidroizolacije z mineralnim posipom $d = 4$ mm na bitumenski prednamaz pod celotnim področjem kritine.	m2	85.64	9.78	837.56
5	Dobava in montaža zaščitne mrežice proti insektom ob kapu strehe.	m	25.20	8.83	222.52

Monerska dela SKUPAJ:

**8971.4
1 EUR**

Cena 3. gradbene faze za leseno endoskeletno okvirno konstrukcijo znaša 8971,41 € + 9,5 % DDV. V to fazo sem vključil tudi izdelavo horizontalne hidroizolacije in postavitvev strešnikov, ker v praksi obeh postopkov zaradi občutljivosti lesa na vremenske razmere ni mogoče ločiti.

V nadaljevanju 4. gradbene faze imamo določene postavke, ki so podobne kot v primeru opečno-betonskega predračuna. To so opisi stavbnega pohištva, tlakarskega dela in kamnoseškega dela. Razlikujejo se opisi zidarskih del in fasaderskih del, ki so prikazana v nadaljevanju.

II. Zidarska dela

		Enota	Količina	Cena/enoto (EUR)	Skupaj
1	Potrebna pomoč obrtnikom in instalaterjem (razna štemanja za potrebe instalacij, druge vzidave):				
	ocena kanalov 5/5 cm	m'	125.00	1.61	201.25
	ocena kanalov 15/5 cm	m'	75.00	2.49	186.75
	ocena kanalov 15/15 cm	m'	7.50	4.52	33.90
2	Izvedba polnjenja instalacijskih kanalov, grobega zapiranja za razvodi instalacij, obdelava prebojev in popravila za štemanji:				
	ocena kanalov 5/5 cm (elektrika, doze)	m'	125.00	0.61	76.25
	ocena kanalov 15/5 cm (HTV voda v stenah)	m'	75.00	1.49	111.75
	ocena kanalov 15/15 cm (vertikale, ventilacije)	m'	7.50	2.52	18.90
3.1	Naprava grobih in finih notranjih strojnih stenskih ometov na predhodni cementni obrizg vseh notranjih sten. Odbijajo se vse odprtine, ki ne zahtevajo obdelave špalet in površine oken v delu nad 3 m ² .	m ²	245.00	9.50	2,327.50
3.2	Naprava grobih in finih notranjih toplotnoizolativnih strojnih stenskih ometov na predhodni cementni obrizg vseh notranjih sten. Odbijajo se vse odprtine, ki ne zahtevajo obdelave špalet in površine oken v delu nad 3 m ² .	m ²	100.00	19.20	1,920.00
4	Naprava fine zidarske izravnave betonskih zavutih stopnic v nadstropje. Obdelava dna, čel in nastopnih plošč s fino PCM kot podlago za oblaganje.	m ²	7.80	9.50	74.10
5	Naprava in namestitvev dvoslojne horizontalne in vertikalne hidroizolacije ravne strehe iz varjenih bitumenskih trakov d = 4 mm na bitumenski prednamaz.	m ²	25.00	16.62	415.50
6	Naprava in namestitvev horizontalne in vertikalne hidroizolacije kot Mapei Mapelastic v kopalnici v nadstropnem tlaku kopalnice, stene do h = 30 cm ter do h = 2,00 mm1 na območju tuša kadi vključno z robnimi trakovi.	m ²	12.50	22.55	281.88

7	Naprava zaščitne toplotne izolacije na leseni ravni strehi. Vodoodporna toplotna izolacija d = 3 cm, polietilenska folija ter mikroarmiran naklonski betonski estrih d = 3-6 cm.	m2	20.50	34.28	702.74
8	Naprava plavajočih podov notranjih prostorov pritličja s toplotno izolacijo v PVC foliji d = 3 + 4 cm in fino zglajenim mikroarmiranim betonskim estrihom d = 6 cm.	m2	69.50	21.25	1,476.88
9	Naprava plavajočih podov notranjih prostorov nadstropja s toplotno izolacijo v PVC foliji d = 4 cm in fino zglajenim mikroarmiranim betonskim estrihom d = 6 cm.	m2	53.50	20.95	1,120.83
10	Dobava in montaža tipske INOX rešetke za odvodnjavanje meteorne vode z ravne strehe. Komplet nerjaveče rešetke, betonske mulde, cev za iztok ter koleno za priklop na žleb, vse skupaj z obdelavo in zatesnitvijo. Dolžina 5,75 m, širine 15 cm ter globine 10 cm.	kom	1.00	1,000.00	1,000.00
11	Zidarska pomoč pri vzidavi tuš kadi v kopalnici nadstropja.	kom	1.00	75.00	75.00
12	Zidarska pomoč pri vzidavi zunanjih in notranjih instalacijskih omaric.	kom	4.00	25.00	100.00
13	Zidarska pomoč pri vzidavi zunanjih in notranjih kamnitih okenskih polic.	m1	10.00	7.64	76.40
14	Zidarska pomoč pri vzidavi zunanjih kamnitih pragov na vhodnih vratih, balkonskih vratih ter drsnih stenah.	m1	6.00	9.78	58.68
15	Razna režijska gradbena dela - ocena ur.	ur	50.00	12.50	625.00

Zidarska dela SKUPAJ:**10,883.3
0 EUR****III Fasaderska dela**

.		Enot a	Količin a	Cena/enot o (EUR)	Skupaj
1	Naprava fasade objekta. Izdelava grobega in finega ometa novih opečnih oz. betonskih sten z ustrezno pripravo podlage (čiščenje in obrizg) po tehnološki specifikaciji proizvajalca. Lopa in parapet na ravni strehi.	m2	85.00	32.87	2,793.95

2	Naprava fasade objekta. Izdelava debeloslojne fasade z ustrezno izolacijo iz stiroporja d = 12 cm, potrebnim lepljenjem in vijačenjem z distančniki, rabriciranjem in izdelavo zaključnega ometa po tehnološki specifikaciji proizvajalca.	m2	71.00	38.60	2,740.60
3	Naprava fasade objekta. Izdelava debeloslojne fasade z ustrezno izolacijo iz stiroporja d = 10 cm, potrebnim lepljenjem in vijačenjem z distančniki, rabriciranjem in izdelavo zaključnega ometa po tehnološki specifikaciji proizvajalca.	m2	90.00	32.60	2,934.00
4	Izdelava barvnega zaključnega zaribanega fasadnega sloja v tonu in teksturi po izbiri naročnika (lepilo, mrežica, lepilo).	m2	282.5	zajeto v 1,2,3	
5	Montaža in demontaža fasadnih odrov višine do 6,00 m1 vključno z vsemi pomožnimi deli in transporti.	m2	282.50	6.50	1,836.25
Fasaderska dela SKUPAJ:					10,304.80 EUR

Skupni strošek 4. gradbene faze za leseno endoskeletno okvirno konstrukcijo znaša 31.348,35 € + 9,5 % DDV. Za dokončanje lesene okvirne konstrukcije potrebujemo še 5. gradbeno fazo, ki je v celoti enaka zaključku opečno-betonske hiše (18.976,06 € + 9,5 % DDV).

Končna cena lesene endoskeletne hiše znaša 86.529,13 € + 9,5 % DDV.

3.5.4 Predračun eksoskeletne masivne konstrukcije

Tudi v zadnjem primeru lesene masivne hiše so začetni stroški enaki, 27.233,31 € + 9,5 % DDV.

Tretja gradbena faza je v tem primeru izjemno hitra in se jo lahko izvede že v nekaj urah. Predhodno izdelane elemente v delavnici se s pomočjo dvigala sestavijo na gradbišču. Zaradi občutljivosti lesa na vremenske vplive izvedemo še horizontalno izolacijo in vsa krovska dela. Končna cena 3. gradbene faze je 15.500,28 € + 9,5 % DDV za leseno nosilno konstrukcijo in še 3478,34 € + 9,5 % DDV za krovska dela, skupaj tako 18.978,62 € + 9,5 % DDV.

Preglednica 13: Cena lesene CLT konstrukcije z vsemi stroški

CLT	stenski
elementi 3s 100 mm	

	Material	Dodatne storitve [Eur/m ²]		
Količina [m ²]	Cena [Eur/m ²]	Transport	CNC obdelava	Montaža
192.55 €	52.00 €	2.50 €	8.00 €	18.00 €

XLam paneli	10,012.60 €
Transport	481.38 €
CNC obdelava	1,540.40 €
Montaža:	3,465.90 €
Skupaj:	15,500.28 €

Naslednji dve fazi, 4. in 5. gradbena faza, sta v celoti enaki predračunu endoskeletne lesene konstrukcije. 4. faza znaša 31.348,35 € + 9,5 % DDV, 5. gradbena faza pa 18.976,06 € + 9,5 % DDV.

Če seštejemo vse faze gradnje lesene eksoskeletne konstrukcije, dobimo 95.996,48 € + 9,5 % DDV.

4. ANALIZA IN KOMENTARJI

Skupne cene vseh treh konstrukcij se med seboj se ne razlikujejo bistveno. Betonska konstrukcija z opečnimi polnili znaša 92.581 € + 9,5 % DDV, druga stavba z leseno okvirno konstrukcijo znaša 86.529 € + 9,5 % DDV in zadnja konstrukcija iz masivnega lesa po sistemu CLT 95.996 € + 9,5 % DDV. Opazimo, da je masivna lesena konstrukcija za 3415 € (3,6 %) dražja od opečno-betonske konstrukcije.

Preglednica 14: Cena gradbenih in obrtniških del skupaj + 9,5% DDV

Betonska konstrukcija z opečnimi polnili	Lesena endoskeletna konstrukcija	Lesena eksoskeletna konstrukcija
92.581 €	86.529 €	95.996 €

Ta pa je za 6052 € (6,5%) dražja od lesene endoskeletne konstrukcije.

Razlogov za takšne razlike je več. V veliki meri to povzročajo cene materialov in cene stroškov dela. Če primerjamo samo 3. gradbeno fazo, to je faza nosilne konstrukcije prve

etaže, opazimo, da pride v tej fazi do največjega odstopanja v cenah. Faza opečno-betonske konstrukcije znaša 9245,72 €, lesene endoskeletne 8971,41 € in lesene eksoskeletne 18.978,62 €. Pri opečno-betonski konstrukciji je neto strošek materiala 1056,25 € za beton in 797,37 € za opeko, ter 408 € za pripravo malte kot veziva za opeke. V tej ceni niso vključeni nikakršni stroški nabave oziroma montaže ampak predstavljajo surovo ceno materiala na trgu. Skupaj znaša 2261,62 €, kar je 24 % celotne cene gradnje te faze (9245,72 €). V primeru lesene endoskeletne konstrukcije opazimo, da je neto strošek materiala napram celotni fazi s 45,2 % kar dvakrat višji. Vrednost neto lesa sicer znaša 4056,95 €.

Zadnji primer pa prikazuje največjo razliko med materialom in končno ceno faze s 64,6 % razlike. Vrednosti XLam (CLT) lesenih panelov znaša 10.012,6 €.

Hitro lahko opazimo, da je v prvem, klasičnem primeru gradnje cena materiala najnižja, cena izdelave pa največja. V tretjem primeru imamo ravno obraten primer, kjer je cena materiala najvišja in cena izdelave najnižja. Po eni strani taki situaciji botruje razširjenost gradnje in velika konkurenca izvajalcev, po drugi strani pa relativno nov sistem gradnje in slabša konkurenca izvajalcev.

Pomemben vidik primerjave stavb je tudi notranja površina, ki se spreminja zaradi različnih konstrukcijskih sklopov oziroma debelin sten. Po standardu SIST ISO 9836 je notranja površina prostorov površina med navpičnimi elementi. Tudi v tej primerjavi razlike niso izrazite a pomembno naznanjajo prednosti lesenih konstrukcij. V primeru betonsko-opečne hiše znaša prva etaža 62,82 m². Pri leseni endoskeletni okvirni konstrukcij znaša 68,27 m² z 5,45 m² dodatnega prostora in pri zadnji, leseni eksoskeletni konstrukciji, dosežemo 71,75 m². Razlika med najmanjšim in največjim prostorom je 8,93 m², kar je za relativno majhno konstrukcijo zelo veliko. Potrebno je poudariti, da skupna pritlična etaža znaša 65,9 m² za vse tri primere enako. Preračunana cena na m² nekoliko spremeni lestvico najcenejše gradnje. Najcenejša gradnja tudi tokrat ostane endoskeletna okvirna konstrukcija z $86.529 \text{ €}/134,2 \text{ m}^2 = 644,78 \text{ €/m}^2$, sledi ji lesena masivna konstrukcija z $96.536 \text{ €}/137,65 \text{ m}^2 = 701,3 \text{ €/m}^2$ in še opečno-betonska z $92.581 \text{ €}/128,7 \text{ m}^2 = 719,4 \text{ €/m}^2$.

Izredno pomembno je tudi vedeti, koliko stane izvedba nosilne konstrukcije nasproti celotni investiciji konstrukcije, izvedene do 5. gradbene faze. V ceni nosilne konstrukcije sem upošteval skupno 1. in 2. gradbeno fazo ter od vsakega primera posebej še 3. V ceni celotne konstrukcije pa sem upošteval še strojno inštalacijska dela, ki sem jih ocenil na 10.000 € (električna inštalacija brez svetil - 3500€, vodovodna inštalacija brez opreme - 1500€ in ogrevanje in hlajenje - 5000 €).

Najmanjši odstotek nanese opečno-betonska konstrukcija s $36.479/102.581 = 35,6 \%$, sledi lesena endoskeltna okvirna konstrukcija s $36.204/96.530 = 37,5 \%$ in na koncu lesena masivna konstrukcija s $46.211/105.997 = 43,6 \%$. V teh primerih opazimo, da investicija same nosilne konstrukcije nikoli ne presega 50% . Če dodamo skupni investiciji še opremo hiše (pohištvo, gospodinjski aparati,) , je lahko ta odstotek tudi za polovico manjši. To je dragocena informacija za investitorje, saj se velikokrat išče finančne rezerve v izvedbi nosilne konstrukcije tudi na račun slabše izvedbe. V primeru naravnih nesreč pa je zaradi morebitne slabe izvedbe tako početje izjemno nevarno oziroma drago.

Pri izdelavi predračunov po navadi razvrstimo postavke na posamezne vrste gradbenih del, na obrtniška dela ter na inštalacijska dela. Po opisu vseh postavk sledi še rekapitulacija vseh gradbenih, obrtniških in inštalacijskih del, kar je seštevek vseh postavk v posamezne skupine. V tabeli 14 bom prikazal cene posameznih postavk in končno rekapitulacijo, kar mi bo omogočilo lažjo primerjavo cen. Pri tem je A je oznaka za betonsko konstrukcijo z opečnimi polnili, B za leseno endoskeltno konstrukcijo in C za masivno leseno eksoskeltno konstrukcijo. V tabeli sem dodal še strojno in elektroinštalacijo kot prikaz celotne investicije.

Preglednica 15: Postavke gradbenih, obrtniških in inštalacijskih del (za variante A, B in C)

Gradbena dela	A (EUR)	B (EUR)	C (EUR)
Pripravljalna dela	885	885	885
Rušitvena dela	3796	3796	3796
Zemeljska dela	832	832	832
Betonska dela	8828	6849	6309
Tesarska dela	8364	5674	5674
Zidarska dela	18420	14568	14568
Kanalizacija	2155	2155	2155
Krovska dela	3478	-	3478
Železokrivska dela	4611	3358	3358
Montaža lesene konstrukcije	0	8971	15500
	51369	47088	56555

Obrtniška dela	A (EUR)	B (EUR)	C (EUR)
Kleparska dela	836	836	836
Fasaderska dela	12076	10305	10305
Stavbno pohištvo	5198	5198	5198
Mizarska dela	4271	4271	4271
Keramičarska dela	8413	8413	8413
Slikopleskarska dela	5456	5456	5456
Kamnoseška dela	1778	1778	1778
Tlakarska dela	3185	3185	3185
	41213	39442	39442

Elektroinštalacijska dela	A (EUR)	B (EUR)	C (EUR)
Elektroinstalacija	3500	3500	3500
Vodovodna instalacija	1500	1500	1500
Ogrevanje in hlajenje	5000	5000	5000
	10000	10000	10000

Analiza že izvedenih objektov kaže, da znaša približna vrednost investicije gradbenega dela 54 % celotne investicije (Valant, 2003). To potrjujejo tudi dobljeni rezultati: V prvem primeru jo to razmerje 50%, v drugem in tretjem pa 45% in 53%.

Odstotek obrtniških del narašča zaradi bolj sodobne gradnje in uporabe novejših, tehnološko naprednejših materialov in sistemov. Še pred leti je bil manjši od 30 %, naši izračuni kažejo, da je delež teh del v skupni končni oceni vrednosti objekta 40,2 % za prvi primer, 40,8 % za drugi primer in 37,2 % pri tretjem primeru.

Inštalacijska dela predstavljajo 10 % investicijske vrednosti pri vseh treh primerih.

5. ZAKLJUČKI

V diplomski nalogi sem primerjal prednosti treh različnih konstrukcij iz gradbenega in ekonomskega vidika. Primerjal sem klasično opečno-betonsko hišo, endoskeletno okvirno leseno hišo in masivno leseno hišo. Izbira konstrukcij ni bila naključna, temveč prikazuje trenutno ponudbo na slovenskem trgu in omogoča primerjanje montažne konstrukcije z klasičnimi konstrukcijami, ter endoskeletne in eksoskeletne konstrukcije.

Vsi obravnavani konstrukcijski sistemi izhajajo iz enake arhitekturne zasnove. Vse konstrukcije izpolnjujejo bistvene zahteve po pravilniku za gradnjo konstrukcij (ZGO-1E), ovoj pa ima v obravnavanih primerih enako toplotno prevodnost (kar rezultira v različnih debelinah toplotne izolacije). Iz dobljenih rezultatov izhaja, da potrebujemo za doseganje minimalnih zahtev smernic TSG-1-004:2010 za opečno hišo 9 cm toplotne izolacije, za leseno masivno 8 cm in za leseno endoskeletno konstrukcijo pa ne potrebujemo dodatne zunanje toplotne izolacije, če v imamo jedru stene 16 cm debelo toplotno izolacijo XPS.

Ker je bil glavni cilj diplomskega dela izdelava stroškovne primerjave obravnavanih sistemov, sem posebno pozornost namenil pripravi popisa del, določanju predizmerskih količin in določanju cen postavke. Opozoriti velja, da so natančne predizmere in točni opisi del so temelj za določanje finančne vrednosti objekta. Če je le-ta zaradi netočnih predizmer ali opisov popačena, je lahko predmet sporov med investitorjem in izvajalcem, ki neizogibno rezultirajo v dodatnih stroških.

Na podlagi izdelanih predračunov posameznih variant sem ugotovil, da je celotna investicija lesene endoskeletne okvirne konstrukcije najcenejša in da je lesena masivna konstrukcija najdražja. Če pogledamo cene konstrukcije na kvadratni meter, hitro opazimo, da imajo montažne konstrukcije prednost zaradi manjše debeline sten in posledično večje površine notranjega prostora. Tako je ponovno najcenejša lesena endoskeletna konstrukcija, vendar je lesena masivna cenejša od opečno-betonske konstrukcije.

Primerjava izračunanih potrebnih finančnih sredstev za različne vrste nosilnih konstrukcij je pokazala, da je betonska konstrukcija z opečnimi polnili najcenejša, ostale montažne konstrukcije pa ji sledijo. Takemu razmerju botrujejo trenutne razmere cen materialov in dela na trgu, ki pa se seveda lahko s časom spreminjajo.

Za objektivno oceno prednosti posamezne konstrukcije je potrebno pogledati nekoliko širše in upoštevati še ostale specifične lastnosti konstrukcije. Bivalni pogoji so vsekakor boljši v leseni hiši, kot v opečni konstrukciji, saj daje les občutek topline, kar pozitivno vpliva na

človekovo počutje. Raziskave kažejo, da imamo v leseni hiši pri temperaturi 18 °C enak občutek topline, kakor v opečni hiši pri temperaturi 21 °C (Kitek Kuzman, 2008).

Glede same varnosti lesene montažne konstrukcije ne zaostajajo za klasičnimi opečnimi. Lesene montažne hiše so bolj varne pri potresni obtežbi zaradi trikrat manjše lastne teže nosilne konstrukcije in dobrega prenašanja dinamičnih deformacij. Kljub gorljivosti lesa lesene montažne konstrukcije dobro prenašajo tudi požarno obtežbo. V primeru požara leseni elementi ohranjajo nosilnost dlje časa od podobnih jeklenih konstrukcij (lesene konstrukcije I, teorija).

Primerjati je potrebno še trajnost izbranih konstrukcijskih sistemov. Pri tem zlasti velja opozoriti, da se je z novimi tehnologijami obdelave lesa in načina gradnje trajnost lesenih konstrukcij bistveno izboljšala in je danes primerljiva s klasično opečno konstrukcijo (Kitek Kuzman, 2008). Lesene hiše nudijo tudi možnost zamenjave poškodovanih elementov, kar druge vrste obravnavanih konstrukcijskih sistemov ne omogočajo.

Glede same izvedbe ima lesena gradnja določene ugodnosti. Lesena gradnja traja v povprečju od 2 do 3 mesece od izdaje gradbenega dovoljenja, za razliko od opečne gradnje, ki lahko zaradi svoje narave traja tudi do dvakrat dlje.

Z vedno večjo ekološko osveščenostjo v gradbeništvo se je pričelo ocenjevati ekološki potencial gradbenih materialov. Osnova vseh energijskih in ekoloških bilanc je LCA analiza, oziroma analiza življenjskega cikla (Šelih, 2009). S to analizo določamo vrednosti niza okoljskih parametrov, med njimi tudi količine sproščenega CO₂ in vloženo energijo, ki se sprosti ob proizvodnji enote gradbenega materiala. Nekatere raziskave kažejo, da je tudi tukaj je les v prednosti (Kitek Kuzman, 2008).

Naročnik se torej pri izbiri konstrukcijskega sistema odloča med več alternativami, njegova končna odločitev pa temelji na izbiri relativnih pomembnosti zgoraj obravnavanih vidikov.

VIRI

Beg, D., Pogačnik, A. 2009. Priročnik za projektiranje gradbenih konstrukcij po evrokod standardih, Ljubljana. Inženirska zbornica Slovenije:

Bratina, S. 2010/2011. Masivne konstrukcije II – vaje, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. Katedra za masivne in lesene konstrukcije.

CBD. 2014. Projektiranje lesenih konstrukcij.
<http://www.cbd.si/> (Pridobljeno 15. 5. 2014).

Dataholz.com. 2014. Leseni konstrukcijski sistemi. 2014
<http://www.dataholz.com/en/index.html> (Pridobljeno 15. 5. 2014).

Dodatno gradivo gradbenih standardov, beton. 2014. Inženirska zbornica Slovenije.
http://www.izs.si/fileadmin/dokumenti/strokovni_izpiti/msg/Microsoft_Word_-_SIST_EN_206-1_izvlecek.pdf (Pridobljeno 15. 5. 2014).

Gradbeni predpisi. 2013. Opredelitev bistvenih zahtev gradbene konstrukcije. Uradni list RS št.110/2013. Zakon o graditvi objektov (ZGO – 1E).
<http://www.uradni-list.si/1/content?id=115692> (Pridobljeno 15. 5. 2014).

Gradim. 2014. Graditi klasično ali montažno.
<http://www.gradim.si/od-ideje-do-gradnje/gradbena-dokumentacija.html> (pridobljeno 15.5.2014).

Kitek Kuzman, M. 2008. Gradnja z lesom izziv in priložnost za Slovenijo.
http://www.ditles.si/Files/ALUMNI/1/3_Gradnja%20z%20lesom%20-%20izziv%20in%20priloznost%20za%20Slovenijo%20.pdf (Pridobljeno 15. 5. 2014).

KLH, made for building built for living. 2014. Projektiranje lesenih nosilnih sistemov.
http://www.klh.at/fileadmin/klh/kunde/2011/Technische%20Anwendungen/Konstruktion/120223_Eigenheim_dt.pdf (Pridobljeno 15. 5. 2014).

Lesena gradnja v Sloveniji. 2014. Projektiranje lesenih sten.
<http://www.lesena-gradnja.si/html/pages/si-baza-podatkov-poslovni-objekt-eltima.htm> (Pridobljeno 15. 5. 2014).

Modrijan, G. 2009. Pogodbe »na ključ« v gradbeništvo – analiza realiziranega gradbenega projekta v Sloveniji. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: str. 4-5, 15.

Mihelič, M. 2009 Ekonomika poslovanja za inženirje. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za računalništvo in informatiko, Založba FE in FRI, Ljubljana: poglavje 6.

Obrtno podjetniška zbornica Slovenije, sekcija gradbincev, informativne cene za gradbena dela. 2014.
(<http://www.ozs.si/Za%C4%8Dlance/Sekcijeinodbori/Sekcijagradbincev/Informativnecenenormativi.aspx>) (Pridobljeno 15. 5. 2014).

Pajk, M. 1982, Gradbeno poslovanje šesta predelana izdaja, Ljubljana Univerza Edvarda Kardelja v Ljubljani, Fakulteta za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo Ljubljana: str. 34 – 52.

Pasivna gradnja. Projektna dokumentacija. 2014
<http://www.pasivnogradnja.com/projektiranje-2/projekt-arhitekture/projekt-izvedenih-del-pid/>
(Pridobljeno 15. 5. 2014).

Pravilnik o toplotni zaščiti in učinkoviti rabi energije v stavbah. Uradni list RS, št. 52/2010:7840. 2014
<http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=201052&stevilka=2856> (Pridobljeno 15. 5. 2014).

Priročnik za izvajanje gradbenega nadzora. 2014.
<http://nadzornik.diamonddogs.si/knjiga-obraunskih-izmer.html> (Pridobljeno 15. 5. 2014).

Pšunder, M., Klanšek, U., Šuman, N. 2008. Organizacija grajenja. Maribor, Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo: poglavje 1, 2 in 5.

Pšunder, M. 2008, Ekonomika gradbene proizvodnje, Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo: poglavje 5

Rakar, A. 2008, Osnove urejanja prostora. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: poglavje 3.42 – (11-13) str., poglavje 4.5 – 32 str.

Reflak, J., Javornik, R.B., Kerin, A., Pšunder, I., Pavcic, M., Vodlan, T., Marinko, M., Dobnik, C., Šelih, J. 2007. Od projekta do objekta. Ljubljana, Verlag Dashöfer: poglavje 7, 8.

SIST EN 1991-1-1:2004. Evrokod 1: Vplivi na konstrukcije – 1-1. del: Splošni vplivi – Prostorninske teže, lastna teža, koristne obtežbe stavb.

SIST EN 1992-1-1:2005. Evrokod 2: Dimezioniranje betonskih konstrukcij.

Strešna izolacija. 2014. Top dom skupina.
<http://www.topdom.si/si/katalog-streh/izolacija.htm> (Pridobljeno 15. 5. 2014).

Šelih, J. 2009. LCA of construction processes. V: Fullana, P. (ur.), Betz, M. (ur.), Hischier, R. (ur.), Puig, R. (ur.). Life Cycle Assessment application: results from cost action 530: a joint effort by COST 530: Life-Cycle Inventories for environmentally conscious manufacturing processes. Madrid, AENOR – Asociacion Espanola de Normalizacion y Certificacion – Ediciones. Emerald group publishing: str. 166 – 173.

Število enostanovanjskih novogradenj leta 2008. Statistični urad RS,
<http://pxweb.stat.si/pxweb/Dialog/Saveshow.asp> (Pridobljeno 15. 5. 2014).

Tehnična smernica za graditev TSG-1-004:2010. 2010. Učinkovita raba energije. Ministrstvo za okolje in prostor.
http://www.arhiv.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/zakonodaja/prostor/graditev/TSG-01-004_2010.pdf (Pridobljeno 15. 5. 2014).

Toplotna prevodnost in difuzija vodne pare, 2014.

http://www2.lecad.si/vaje/resitve/11.6/toplota_in_vlaga.html (Pridobljeno 15. 5. 2014).

Valant, F. 2003, Ljubljana, Katalog vzorčnih gradbenih objektov in priročnik za vrednotenje gradbenih objektov: 3 – 10.

Velkoverh, A. 2007. Priročnik za gradbene izvajalce za pripravo gradnje, gradnjo in predajo objekta, 1. izdaja. Ljubljana, Obrtna zbornica Slovenije - sekcija gradbincev.

<http://www.sina.si/gradbeni%20prirocnik.pdf> (Pridobljeno 15. 5. 2014).

Žemva, Š. 2006. Gradbene kalkulacije in obračun gradbenih objektov. Ljubljana, Gospodarska zbornica Slovenije, Center za poslovno usposabljanje: poglavje 1.3, 2.