

**VIŠJA STROKOVNA ŠOLA ACADEMIA
MARIBOR**

**PRIMERJAVA VSEBNOSTI SIVE ENERGIJE
V VZORČNI KLASIČNI HIŠI IN LESENI
SKELETNI HIŠI S SLAMNATO IZOLACIJO**

Kandidatka: Bojana Kuronja

Vrsta študija: študentka izrednega študija

Študijski program: Gradbeništvo

Mentorica predavateljica: dr. Ksenija Golob

Mentor v podjetju: Peter Klement, dipl. inž. grad.

Lektorica: Natalija Mekiš, dipl. sloven. (UN)

Maribor, 2018

IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA

Podpisana Bojana Kuronja sem avtorica diplomskega dela z naslovom Primerjava vsebnosti sive energije v vzorčni klasični hiši in leseni skeletni hiši s slamnato izolacijo, ki sem ga napisala pod mentorstvom dr. Ksenije Golob.

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predloženo delo izključno rezultat mojega dela,
- sem poskrbela, da so dela in mnenja drugih avtorjev, ki jih uporabljam v predloženem delu, navedena oz. citirana skladno s pravili Višje strokovne šole Academia Maribor,
- se zavedam, da je plagiatorstvo – predstavljanje tujih del oz. misli, kot moje lastne kaznivo po Zakonu o avtorski in sorodnih pravicah (Ur. l. RS 16/07 – uradno prečiščeno besedilo, 68/08, 110/2013 in 56/2015); (v nadaljevanju ZASP), prekršek pa podleže tudi ukrepom Višje strokovne šole Academia Maribor skladno z njenimi pravili,
- skladno z 32. a členom ZASP dovoljujem Višji strokovni šoli Academia Maribor objavo diplomskega dela na spletnem portalu šole.

Maribor, februar 2018

Podpis študenta:

ZAHVALA

Za pomoč in strokovne nasvete pri nastajanju diplomskega dela se zahvaljujem mentorici dr. Kseniji Golob.

Največja zahvala gre mojima staršema, ki sta me podpirala vsa leta študija in z mano dočakala zaključek le tega.

POVZETEK

Med iskanjem teme za diplomsko delo sem prvič zasledila pojem »siva energija«. Znano je, da je faza uporabe objekta tista, ki pridela največ izpustov ogljikovega dioksida. Prav zato danes težimo h gradnji energetske učinkovitih stavb. Ker izpustov toplogrednih plinov ne pridela objekt samo v fazi gradnje, moramo razmisliti, katere materiale nameravamo vgraditi v objekt, saj na okolje negativno vpliva tudi odstranjevanje objektov po koncu življenjske dobe.

V diplomskem delu sem raziskovala potrošnjo energije, potrebne za proizvodnjo gradbenih materialov, njihovo skladiščenje, transport in prodajo s kazalnikom izpustov ogljikovega dioksida. Vse naštetu imenujemo »siva energija«. Želja je raziskati ali je poraba energije za izdelavo, skladiščenje, transport in prodajo naravnih gradbenih materialov resnično manjša kot pri umetnih gradbenih materialih. Manj porabe energije pomeni manj sive energije in manj izpustov ogljikovega dioksida.

V raziskovalnem delu diplomskega dela sem za primerjavo porabe energije primerjala vzorčno klasično hišo, grajeno iz umetnih materialov (armirani beton, ekspanzirani polistiren ...) in hišo enakih dimenzij, grajeno iz naravnih materialov (les, izolacija iz slamnatih bal). Za izračun sem izbrala tri osnovne gradbene elemente (zunANJI zid, talna temeljna plošča in streha), njihove prereze zapisala v tabelah in pripisala vsebnosti sive energije, prikazala pa sem tudi končne izračune celotnega prereza. Projekt obsega pritlično hišo klasične izvedbe, zgrajeno iz opeke, armirano-betonske talne plošče, vertikalnih in horizontalnih AB vezi in zeleno ravno streho. Dolžina objekta je 11.00 m, širina 8.50 m in višina 3.64 m. Skupna bruto površina objekta meri 93.50 m², neto pa 75.35 m². Vhod v objekt je iz vzhodne strani. Na levi strani od vhoda sta kuhinja in jedilnica z dnevnim prostorom, prav tako tudi izhod na teraso. Na južni strani je terasa tlorisne površine 22.00 m². Na severni strani objekta so kabinet, utility, kopalnica in spalnica. Končne rezultate sem prikazala v grafikonu, ki zelo prepričljivo prikazuje, da je gradnja iz naravnih materialov res prava izbira za gradnjo.

Ključne besede: siva energija, ogljikov dioksid, ogljični odtis, naravni materiali, umetni materiali.

ZUSAMMENFASSUNG

COMPARISON OF LEVEL OF EMBODIED ENERGY CONTENT IN A SAMPLE CLASSIC HOUSE AND WOODEN POST AND BEAM HOUSES WITH STRAW INSULATION

Bei der Suche nach einem Thema für die Diplomarbeit bin ich zum ersten Mal auf den Begriff „Graue Energie“ gestoßen. Es ist bekannt, dass in der Nutzungsphase des Gebäudes die meisten Kohlendioxidemissionen entstehen. Deshalb streben wir jetzt den Bau energieeffizienter Gebäude an. Das Treibhausgasemissionen der Anlage jedoch nicht nur während der Bauphase erzeugt werden, müssen wir überlegen, welche Materialien wir in die Anlage integrieren wollen, da die Umwelt durch die Entfernung von Gebäuden nach dem Ende ihrer Nutzung ebenfalls negativ beeinflusst wird.

In der Diplomarbeit habe ich den für die Herstellung von Baustoffen notwendigen Energieverbrauch untersucht, ihre Lagerung, Transport und Verkauf mit einem Kohlendioxid-Emissionsindikator. Zusammen nennt man dies graue Energie. Ziel ist es herauszufinden, ob der Energieverbrauch für die Herstellung, Lagerung, Transport und der Verkauf natürlicher Baumaterialien niedriger ist, als es bei künstlichen Baumaterialien. Weniger Energieverbrauch bedeutet weniger graue Energie und weniger Kohlendioxidemissionen.

In dem Forschungsteil der Diplomarbeit habe ich den Energieverbrauch eines klassischen Modellhauses, welches aus künstlichen Materialien (Stahlbeton, expandiertes Polystyrol ...) gebaut wird und eines Hauses aus natürlichen Materialien (Holz, Isolierung mit Strohballen...) mit identischen Dimensionen verglichen. Für die Berechnung habe ich drei Grundbauelemente (Außenwand, Bodenplatte und Dach) ausgewählt, ihre Querschnitte in Tabellen geschrieben, die graue Energie und die abschließenden Berechnungen des gesamten Querschnitts hinzugefügt. Dasselbe habe ich für alle sechs Querschnitte durchgeführt. Das Projekt umfasst ein klassisches Erdgeschosshaus, gebaut aus Ziegeln, Stahlbeton-Dielen, vertikalen und horizontalen AB-Bindungen und einem grünen Flachdach. Die Länge des Objektes beträgt 11.00 m, die Breite 8.50 m und die Höhe 3.64 m. Die gesamte Fläche des Objektes beträgt Brutto 93.50 m² und Netto 75.35 m². Der Eingang des Gebäudes liegt auf der Ostseite. Auf der linken Seite des Eingangs

befinden sich die Küche und das Esszimmer mit einem Wohnzimmer. Dort befindet sich auch der Ausgang zur Terrasse. Auf der Südseite befindet sich die Terrasse mit einer Bodenfläche von 22.00 m². Auf der Nordseite des Gebäudes befinden sich Arbeitszimmer, Hauswirtschaftsraum, Bad und Schlafzimmer. Ich habe die Endergebnisse in einer Grafik dargestellt, die überzeugend zeigt, dass der Bau von Naturmaterialien tatsächlich die richtige Wahl für den Bau ist.

Schlüsselwörter: graue Energie, Kohlendioxid, Kohlenstoffabdruck, natürliche Materialien, künstliche Materialien.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	12
1.1	OPIS PODROČJA IN OPREDELITEV PROBLEMA	13
1.2	NAMEN, CILJI IN OSNOVNE TRDITVE	13
1.3	PREDPOSTAVKE IN OMEJITVE	14
1.4	UPORABLJENE RAZISKOVALNE METODE	14
2	PRIDOBIVANJE DOKUMENTOV ZA GRADNJO	15
3	PODATKI O OBJEKTU IN NJEGOVIH ZNAČILNOSTIH	19
3.1	SPLOŠNI OPIS ARHITEKTURNE ZASNOVE IN ZUNANJE UREDITVE	19
3.2	OPIS LOKACIJE Z URBANISTIČNIMI PODATKI	21
3.3	PRIKLJUČKI NA INFRASTRUKTURO	21
3.4	TEHNIČNE ZNAČILNOSTI OBJEKTA	22
3.5	OBMOČJE GRADBIŠČA IN ELEMENTI NJEGOVE UREDITVE	24
3.6	NAČRT ORGANIZACIJE GRADBIŠČA	24
3.6.1	<i>Tehnični opis organizacije ureditve gradbišča</i>	<i>24</i>
3.6.2	<i>Dimenzioniranje gradbiščnih kapacitet</i>	<i>25</i>
3.6.3	<i>Projektantski predračun</i>	<i>27</i>
3.6.4	<i>Varnostni načrt</i>	<i>29</i>
4	POČUTJE V PROSTORIH	33
5	ENERGIJSKO UČINKOVITE STAVBE	35
5.1	NIZKOENERGIJSKA STAVBA	35
5.2	PASIVNA STAVBA	36
5.3	STAVBA Z NEPOSREDNIM IZKORIŠČANJEM SONČNE ENERGIJE	37
5.4	PLUSENERGIJSKA STAVBA	37
6	ENERGIJSKA UČINKOVITOST NOVOGRADENJ	38
7	PREDNOST UPORABE LESA KOT GRADBENEGA MATERIALA	41
8	ENERGIJSKO UČINKOVITA PRENOVA STAVB	43
9	SIVA ENERGIJA	45
9.1	U-VREDNOST	46
9.2	SIVA ENERGIJA V GRADBENIH MATERIALIH	47

9.3	KONSTRUKCIJSKI MATERIALI	47
9.3.1	<i>Beton</i>	47
9.3.2	<i>Zidaki</i>	48
9.3.3	<i>Lesena tvoriva</i>	49
9.3.4	<i>Toplotnoizolacijski materiali</i>	50
9.4	GRADBENI ELEMENTI IN SIVA ENERGIJA	51
9.4.1	<i>Zunanje stene</i>	52
9.4.2	<i>Okna</i>	55
10	ANALIZA PORABE SIVE ENERGIJE NA PRIMERU VZORČNE KLASIČNE HIŠE IN LESENE SKELETNE HIŠE S SLAMNATO IZOLACIJO	57
10.1	VZORČNA KLASIČNA HIŠA	58
10.2	LESENA SKELETNA HIŠA S SLAMNATO IZOLACIJO.....	61
11	PRIMERJAVA VGRAJENE SIVE ENERGIJE MED GRADBENIMI MATERIALI ELEMENTOV VZORČNE KLASIČNE HIŠE IN SKELETNE LESENE HIŠE S SLAMNATO IZOLACIJO	64
12	SKLEP.....	66
13	VIRI IN LITERATURA	68
14	PRILOGE	70

KAZALO SLIK

SLIKA 1: ZUNANJA STENA - LESENI OPAŽNI NOSILEC, PREZRAČEVANA	53
SLIKA 2: ZUNANJA STENA IZ OPEKE, DVOLUPINSKA	54
SLIKA 3: PREČNI PREREZ ZUNANJEGA ZIDA Z IZOLACIJO IZ EKSPANDIRANEGA POLISTIRENA	58
SLIKA 4: PREČNI PREREZ TALNE TEMELJNE PLOŠČE	59
SLIKA 5: PREČNI PREREZ RAVNE STREHE	60
SLIKA 6: PREČNI PREREZ ZUNANJEGA ZIDA Z IZOLACIJO IZ SLAMNATIH BAL	61
SLIKA 7: TALNA KONSTRUKCIJA Z IZOLACIJO IZ SLAMNATIH BAL	62
SLIKA 8: STREŠNA KONSTRUKCIJA Z IZOLACIJO IZ SLAMNATIH BAL	63

KAZALO TABEL

TABELA 1: PODATKI O POVRŠINAH IN PROSTORNINAH PREDVIDENEGA OBJEKTA.....	20
TABELA 2: SKUPEN STROŠEK GRADNJE VZORČNE KLASIČNE HIŠE	28
TABELA 3: IZPUSTI CO ₂ ENERAGENTOV NA ENOTO kWh	46
TABELA 4: PORABA ENERGIJE ZA IZDELAVO BETONA.....	48
TABELA 5: PORABA ENERGIJE ZA IZDELAVO ZIDAKOV	49
TABELA 6: PORABA ENERGIJE ZA PREDELAVO LESNIH TVORIV	50
TABELA 7: PORABA ENERGIJE ZA PREDELAVO TOPLOTNOIZOLACIJSKIH MATERIALOV.....	51
TABELA 8: OKVIRNI PODATKI O SIVI ENERGIJI GRADBENIH ELEMENTOV	52
TABELA 9: PRIMARNA ENERGIJA IZ NEOBNOVLJIVIH VIROV ENERGIJE, PRIKAZANA NA PRIMERU LAHKE STENE V PASIVNEM STANDARDU	53
TABELA 10: PRIMARNA ENERGIJA IZ NEOBNOVLJIVIH VIROV ENERGIJE, PRIKAZANA NA PRIMERU ZIDANE STENE V PASIVNEM STANDARDU.....	54
TABELA 11: PRIMERJAVA PRIMARNE ENERGIJE IZ NEOBNOVLJIVIH VIROV ENERGIJE MED LAHKO IN ZIDANO STENO V PASIVNEM STANDARDU	55
TABELA 12: LASTNOSTI OKENSKIH OKVIROV IN ZASTEKLITVE	56
TABELA 13: U-VREDNOSTI VZORČNE KLASIČNE HIŠE	57
TABELA 14: ZUNANJI ZID Z IZOLACIJO IZ EKSPANDIRANEGA POLISTIRENA	58
TABELA 15: TALNA TEMELJNA PLOŠČA.....	59
TABELA 16: RAVNA STREHA.....	60
TABELA 17: ZUNANJI ZID Z IZOLACIJO IZ SLAMNATIH BAL	62
TABELA 18: TALNA KONSTRUKCIJA Z IZOLACIJO IZ SLAMNATIH BAL	63
TABELA 19: KONSTRUKCIJA Z IZOLACIJO IZ SLAMNATIH BAL	63

KAZALO GRAFIKONOV

GRAFIKON 1: PRIMERJAVA VGRAJENE SIVE ENERGIJE MED GRADBENIMI MATERIALI ELEMENTOV	
VZORČNE KLASIČNE HIŠE IN SKELETNE LESENE HIŠE S SLAMNATO IZOLACIJO	64

SEZNAM OKRAJŠAV

PVC – polivinilklorid, tip plastike

TGM – težka gradbena mehanizacija

k.o. – katastrska občina

PGD – projekt za pridobitev gradbenega dovoljenja

PZI – projekt za izvedbo del

S-3 – gasilni aparat polnjen s prahom, 3 kg

S-6 – gasilni aparat polnjen s prahom, 6 kg

PEI – primary energy input (vnos primarne energije)

PEI r – primary energy input renewable (vnos primarne energije, obnovljivi del)

PEI nr – primary energy input non-renewable (vnos primarne energije, neobnovljivi del)

EPS – hidrofobirani ekspanzirani polistiren

PE folija – polietilen, tip plastike

PURES 2010 – Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah, 2PURES UL RS 52/2010

1 UVOD

Da je varčevanje z energijo povezano z odrekanji in posledično izgubo udobja bivanja, je zelo razširjeno mnenje. Energijsko varčne hiše so to trditev ovrgle in potrdile, da varčevanje z energijo pomeni veliko pridobitev za kakovostno bivanje v njih. Bistvo zdravega bivanja predstavlja težnjo po bivalnem udobju s ciljem najmanjšega možnega obremenjevanja okolja. S prihrankom energije pri proizvodnji, obdelavi in transportu materialov od proizvajalca do uporabnika puščamo manjši ogljični odtis. Danes smo ljudje obdani z umetnimi materiali, ki so v večini pridobljeni iz naftnih derivatov. Uporaba le teh je zaradi cenovne dostopnosti v porastu. Tako je tudi v gradbeništvu, kjer uporabljamo materiale, ki so delno ali v celoti umetnega izvora. Z izbiro materialov za gradnjo ključno vplivamo na prihranek sive energije.

Vse bolj pomembni postajata vprašanji, kakšen je vpliv materialov na okolje in katere materiale naj uporabljamo pri gradnji. Klasični umetni gradbeni materiali (beton, jeklo, plastika) imajo ogromno izpuščenega in vezanega ogljikovega dioksida, na drugi strani pa ima les zaradi vezanega ogljika v lesni masi celo negativne izpuste ogljikovega dioksida. Isto je tudi pri izolacijah. Umetne toplotne izolacije (ekspandirani polistiren, kamena volna, steklena volna) imajo ogromno ogljikovega dioksida v primerjavi z izolacijami iz naravnih materialov (slama, celulozna izolacija). Pri naravnih gradnjah imajo višje izpuste ogljikovega dioksida folije, ki se uporabljajo pri gradnji kot parne zapore, hidroizolacija, sekundarne kritine, vendar zaradi mase, ki je vgrajena, ne vplivajo dosti na količino vgrajene sive energije. Prednost lesene gradnje je tudi v tem, da je taka gradnja dovolj difuzijsko odprta, kar pomeni, da les in naravna toplotna izolacija sprejemata odvečno vlago iz prostora, oziroma ga v nasprotnem primeru oddajata v prostor, kar ustvarja zdravo bivalno okolje.

1.1 Opis področja in opredelitev problema

V zadnjem času so v porastu gradnje z naravnimi materiali, kar potrjuje, da smo se ljudje začeli vračati k naravi, hkrati pa se še nekoliko bojimo nepoznavanja gradnje z naravnimi materiali. Ker živim v okolju s pretežno kmečkim prebivalstvom in so mi naravni materiali, kot so les, slama, glina na dosegu, me privlači ideja, kako z nekaj truda in iznajdljivosti iz teh materialov ustvariti dom. S težnjo po boljšem razumevanju tega sem pripravila pregled vsebnosti sive energije naravnih in umetnih gradbenih materialov ter posameznih gradbenih elementov.

1.2 Namen, cilji in osnovne trditve

V diplomskem delu sem primerjala vložek energije v posameznih gradbenih materialih oziroma sklopih. Za pisanje diplomskega dela sem zastavila tri hipoteze, ki sem jih med nastankom diplomskega dela raziskovala. Prvo pomembno vprašanje je, ali skeletna lesena hiša, izolirana s slamnato izolacijo, pridela manj ogljikovih izpuščajev v zrak, kot vzorčna klasična hiša, izolirana z umetnimi materiali. Predpostavila sem tudi, da je za izdelavo naravnih gradbenih materialov potrebne manj proizvodne energije kot za umetne materiale, zato so tudi manj obremenjujoči za okolje. Te hipoteze sem skušala potrditi oziroma jih ovreči v diplomskem delu.

Vem, da je proizvodna veriga naravnih materialov krajša, ker so manj predelani in so najbrž zato tudi varčnejši z energenti. Sklepala sem, da so primernejši za zagotavljanje energetske učinkovitosti stavb in manjšega obremenjevanja okolja z gradbenim odpadom. Cilji diplomskega dela so dokazati, da so lokalni izdelki prava izbira za gradnjo hiš, saj z izbiro le teh pripomoremo k zmanjšanju izpusta toplogrednih plinov.

Materiale sem razdelila v dve skupini; na naravne in umetne gradbene materiale. Med naravne nisem štela materialov, ki so v postopku izdelave spremenili kemijske in fizikalne lastnosti, npr. steklo. Prikazala sem gradnjo z umetnimi materiali, kot je armirani beton, stiropor in različne umetne membrane, za naravne pa sem izbrala les in slamo.

1.3 Predpostavke in omejitve

V diplomskem delu sem predstavila smotrnost gradnje sodobne nizkoenergijske klasične hiše iz umetnih materialov (armirani beton, stiropor, parna zapora, PE folija), v primerjavi z nizkoenergijsko skeletno hišo, zgrajeno z naravnimi materiali (les, slama). Primerjala sem vložek sive energije za izdelavo treh gradbenih elementov, to so zunanji zid, temeljna talna plošča in streha. Le tako lahko prikažem energetski prihranek.

1.4 Uporabljene raziskovalne metode

Ker diplomsko delo ne vsebuje človeških virov, analiz in vprašalnikov, sem jo napisala s pomočjo najdene literature. Za teoretični del sem izbrala deskriptivno metodo raziskovanja, ker teoretični del vsebuje večinoma opise in razlage pojmov. Empirični del diplomskega dela zajema komparativno metodo – primerjavo karakteristik ogljičnega izpusta talne temeljne plošče, zunanje stene in strehe vzorčne klasične hiše in lesene skeletne hiše s slamnato izolacijo, za končni prikaz vsebnost sive energije v naravnih in umetnih materialih. Raziskovalna metoda, ki je v empiričnem delu uporabljena, je kavzalna neeksperimentalna metoda.

2 PRIDOBIVANJE DOKUMENTOV ZA GRADNJO

Gradnja sama po sebi je precej zapleten postopek in največkrat eden od najpomembnejših projektov v našem življenju. Da lahko vse poteka v pravem vrstnem redu, se med gradnjo srečamo z usposobljenimi strokovnjaki z različnih področij. Za pridobitev gradbenega dovoljenja potrebujemo arhitekta ali projektanta. Pri nakupu parcele in urejanju dokumentacije za zemljiško knjigo se srečamo z notarjem, za geodetski načrt in zakoličbo objekta potrebujemo geodeta, med gradnjo pa na gradbišču spoznamo veliko gradbenih delavcev in različnih obrtnikov. Kljub njihovi strokovnosti je njihovo delo treba ves čas nadzorovati. Poleg udeležencev v projektu, ki izvajajo različne faze gradnje, se srečamo tudi z veliko različne gradbene dokumentacije.

Pri nakupu parcele, ki nam je všeč, je treba stanje le te najprej preveriti v zemljiški knjigi. Preverimo, ali je prodajalec parcele, ki jo kupujemo, vpisan kot lastnik in, ali je parcela brez hipotekarnih bremen. Naslednji korak je pridobitev lokacijske informacije. Na upravni enoti oddamo vlogo za pridobitev lokacijske informacije. To je dokument, kjer so za parcelo natančno vpisane omejitve in pogoji iz prostorskih aktov. Lokacijska informacija je podlaga za idejno zasnovo, ki jo izdelata arhitekt. Ta se predloži soglasodajalcem (komunalna in elektro podjetja), ki preverijo, ali je projekt v skladu z veljavno zakonodajo in podajo svoje projektne pogoje. Projektne pogoje je treba upoštevati pri izdelavi projekta za pridobitev gradbenega dovoljenja. Projekt za pridobitev gradbenega dovoljenja se skupaj s projektnimi pogoji znova predloži vsem soglasodajalcem.

Ko soglasodajalci ponovno izdajo soglasja, vložimo na upravno enoto zahtevo za izdajo gradbenega dovoljenja s celotno dokumentacijo PGD. Po pridobitvi pravnomočnega gradbenega dovoljenja se začne gradnja. Po pregledu dokumentacije pravnomočno gradbeno dovoljenje izda upravna enota.

Projekt za pridobitev gradbenega dovoljenja sestavljajo:

1. Vodilna mapa, ki obsega:

- splošne podatke o objektu,
- potrdila o pridobljenih soglasjih,
- podatke o izdelovalcih projekta,
- izjavo, v kateri odgovorni vodja projekta PGD potrdi, da so načrti usklajeni, pridobljena vsa soglasja, izdelani vsi elaborati in da je projekt izdelan tako, da objekt izpolnjuje vse bistvene zahteve,
- lokacijske podatke: prikaz lege, velikosti in oblike gradbene parcele, navedbo veljavnega prostorskega akta, prikaz priključkov na infrastrukturo, prikaz gradbenih in drugih regulacijskih linij, prikaz lege objekta, tako da je razvidna njegova tlorisna velikost, odmiki od sosednji zemljišč, sosednjih objektov ter varovanih območij in varovalnih pasov, prikaz območja za določitev strank z izračunom območja in seznamom zemljiških parcel, na katere sega območje za določitev strank, projekcija najbolj izpostavljenih nadzemnih ali podzemnih delov objekta na zemljišče, prikaz značilnih prerezov (profilov),
- povzetek revizijskega poročila (če je revizija zahtevana),
- izkaze: požarne varnosti stavbe, toplotnih karakteristik stavbe, energijskih karakteristik prezračevanja stavbe,
- vse potrebne načrte projektne dokumentacije.

2. Načrt arhitekture, ki obsega:

- tehnično poročilo in oceno investicije,
- risbe: ureditvena situacija (merilo 1:500), tlorisi vseh etaž (merilo 1:100), risba strehe (merilo 1:100), dva prereza (merilo 1:100), fasade (merilo 1:100), risbe kanalizacije in temeljenja (merilo 1:100).

3. Elaborate, ki obsegajo:

- geodetski načrt,
- študijo požarne varnosti,
- elaborat gradbene fizike,
- načrt gospodarjenja z gradbenimi odpadki,
- oceno zvočne izolacije,
- študijo izvedljivosti alternativnih sistemov za oskrbo z energijo,

- konservatorski načrt; pri ohranjanju kulturne dediščine (Pravilnik o projektni dokumentaciji, Uradni list RS, št. 55, 2008).

Gradnja se začne po pridobitvi pravnomočnega gradbenega dovoljenja. Obvezen del dokumentacije je tudi projekt za izvedbo del (PZI). Ta vsebuje popise del vseh področij gradnje, popis materiala in predračunske vrednosti posameznih del. Projekta za izvedbo upravna enota ne zahteva pri izdaji gradbenega dovoljenja, po zakonu o graditvi objektov je en izvod nujen na gradbišču. Vsebina PZI je natančno določena v Pravilniku o projektni dokumentaciji. PZI je dopolnjen PGD s podrobnimi načrti, na podlagi katerih se v skladu s pogoji iz gradbenega dovoljenja gradnja lahko izvede. Vodilna mapa mora poleg vsega vsebovati tudi izjavo odgovornega vodje projekta za izvedbo in dokazno dokumentacijo.

Projekt za izvedbo del obsega:

1. splošne podatke o objektu,
2. potrdila o pridobljenih soglasjih,
3. podatke o izdelovalcih projekta,
4. varnostni načrt (obvezni elaborat),
5. risbe načrtov projekta (odvisno od vrste objekta, zahtevnosti, velikosti in drugih značilnosti gradnje). Lahko vsebuje:
 - risbe, sheme in detajle gradbenih del,
 - risbe, sheme in detajle obrtniških del (detajli stikov jeklenih in aluminijastih konstrukcij ter nekaterih del so lahko tudi v merilu 1:1),
 - risbe, sheme in detajle inštalaterskih del (risbe vodov in napeljav s križanji in priključevanji),
 - zbirne risbe inštalacij in opreme,
 - sheme tehnoloških sistemov,
 - risbe montaže in demontaže gradbenih elementov,
 - risbe in detajle tehnologije gradnje,
 - risbe izkopov, temeljev, dilatacij in ležišč,
 - risbe izolacij,
 - opažne in armaturne risbe (običajno v merilu 1:50 do 1:25),
 - risbe za vgradnjo konstrukcij in opreme, vključno z navodili,
 - risbe prehodov in prebojev,

- risbe in opis ureditve gradbišča, ki vsebuje vse podatke o potrebni infrastrukturi gradbišča (deponije, skladišča, začasne lope, delavnice, prostore za delavce, poti),
- 6. druge risbe in prikaz (npr. pozicije mizarskih, ključavničarskih in drugih del) (Pravilnik o projektni dokumentaciji, Uradni list RS, št. 55, 2008).

Po končani gradnji se pripravi projekt izvedenih del. Ta vsebuje spremembe, ki so med gradnjo nastale, in odraža dejansko stanje. Uporablja se za vzdrževanje zgrajenega objekta, rekonstrukcijo in (po potrebi) rušitev.

3 PODATKI O OBJEKTU IN NJEGOVIH ZNAČILNOSTIH

3.1 Splošni opis arhitekturne zasnove in zunanje ureditve

Investitor želi za lastne potrebe zgraditi manj zahteven objekt na območju katastrske občine Nuskova, številka 38. V skladu z Zakonom o graditvi objektov je obravnavan objekt manj zahteven objekt. Objekt je pritlična hiša klasične izvedbe. Zgrajena je iz opeke, armirano-betonske talne temeljne plošče, vertikalnih in horizontalnih AB vezi ter zeleno ravno streho. Dolžina objekta je 11.00 m, širina 8.50 m in višina 3.64 m, zasnova je pravokotna.

Enodružinska hiša zajema samo pritličje. Glavni vhod v objekt je z vzhodne strani. V pritličju je na levi strani od vhoda kuhinja z jedilnico in dnevnim prostorom. Med dnevnim prostorom in jedilnico je izhod na teraso. Na desni strani oziroma severni strani objekta je kabinet, utility, kopalnica in spalnica. Na vzhodni strani objekta je nadstrešnica za dva avtomobila, s tlakovanim dovozom z občinske ceste. Skupna bruto površina objekta meri 93.50 m², neto pa 75.35 m². Na južni strani je terasa tlorisne površine 22.00 m². Ob objektu so zagotovljene manipulativne površine, za potrebe parkiranja osebnih vozil in mesto za ločeno zbiranje gospodinjskih odpadkov. Na parceli ob uvozu, manipulativnih in pohodnih površinah zagotovimo še zelene površine, ki se oplemenitijo z avtohtono zasaditvijo dreves in grmovnic. Na jugozahodnem delu predvidimo tipsko vrtno lopo za shranjevanje orodja velikosti 7.50 m². Lega objekta na parceli je severovzhodna in leži na 1/3 parcele.

Skupni podatki o površinah in prostorninah predvidenega objekta:

Tabela 1: Podatki o površinah in prostorninah predvidenega objekta

OPIS	ETAŽNOST	POVRŠINA IN PROSTORNINA
Σ bruto tlorisna površina	P	93.50 m ²
Σ neto tlorisna površina	P	75.35 m ²
Σ bruto prostornina	P	340.34 m ³
Σ neto prostornina	P	197.42 m ³

Vir: (Lasten vir, 2017)

V tabeli 1 sem zapisala bruto in neto površini in prostornini predvidenega objekta. Pojmi, ki so v tabeli uporabljeni, so razloženi v nadaljevanju.

Zazidano površino pokrivajo dokončane stavbe, ki jo določa projekcija zunanjih dimenzij stavbe na zemljišče. Vključeno ni: zgradbe ali deli zgradb, ki ne segajo nad površino zemljišča, sekundarni deli (zunanja stopnišča in klančine, nadstreški nad vhodi, vodoravni senčni zasloni, elementi cestne razsvetljave) in površine pomožnih objektov.

Neto tlorisna površina objekta je površina med navpičnimi elementi, ki omejujejo prostor. Računa se s svetlimi dimenzijami dokončane stavbe v višini tal, ne upoštevajoč obrobe, pragove ... V neto tlorisno površino niso vključene površine konstrukcijskih elementov, okenskih in vratnih odprtin ter niš v elementih, ki omejujejo prostor. Neto tlorisna površina se deli v uporabno površino, tehnično površino in komunikacijsko površino.

Bruto tlorisna površina stavbe je skupna površina vseh etaž stavbe. Bruto tlorisna površina vsake etaže se dobi iz zunanjih dimenzij obodnih elementov v višini tal etaže. Ometi, fasadne obloge in parapeti so všteti. Sestavljena je iz neto tlorisne površine in tlorisne površine, ki jo zavzema konstrukcija (Uradni list RS, št. 54, 2016).

3.2 Opis lokacije z urbanističnimi podatki

Novogradnja enostanovanjske hiše se bo izvedla na parcelni št. 38, katastrska občina Nuskova. Velikost parcelnega zemljišča meri 539.00 m². Na parceli je manjši vodnjak, ki ga je treba pred začetkom del porušiti.

Vrsta varovanja zemljišča: Krajinski park Goričko.

Prostorski ureditveni pogoji: Odlok o prostorskih ureditvenih pogojih za Občino Rogašovci (Uradni list RS, št. 100, 2012).

Objekt je umeščen v skladu z določili odloka. Pri umestitvi objekta so se upoštevali minimalni odmiki, določeni glede na terenske in krajinske razmere. Umestitev je v skladu s sanitarno tehničnimi, požarno varstvenimi in obrambnimi predpisi in upošteva funkcionalne, estetske in likovne kakovosti morfologije naselja. Odmiki od sosednjih zemljišč so zagotovljeni skladno z določili odloka.

3.3 Priključki na infrastrukturo

Za potrebe priklopa objekta na javno infrastrukturo so izvedeni naslednji priključki:

Za možnost zagotovitve elektroenergetskega priključka se izvede nov NN podzemni vod NODS47, dolžine 25 m, tipa NAYY-J, prereza 4×35+2.5 mm², ki se priključi na obstoječe leseno oporišče NOP013, ki je na parcelni številki 38, katastrski občini Nuskova. Vod se bo končal v novozgrajeni prostostoječi priključno razdelilno-merilni omarici PS-PRMO na parcelni številki 38, katastrska občina Nuskova, ki bo dostopna za vzdrževanje in posluževanje distributerja.

Objekt ima že izveden priključek na vodovodno omrežje. Priključek se v fazi projekta ne spreminja. Na parceli se pred objektom izvede nov termoizoliran jašek z vodomernom, z možnostjo daljinskega odčitavanja porabe. Vodomerna ura za hišo je montirana v uličnem jašku, od katerega je speljan dovod do hiše. Razvodi vode so izvedeni iz PE cevi.

Komunalne odpadne vode bodo speljane po novo predvidenem kanalu PVC Ø250 mm, objekt se priključi na obstoječ priključek javne kanalizacije. Vse padavinske vode iz utrjenih površin se peljejo preko standardiziranega lovilca olj v ponikanje. Prav tako se vse vode iz strešnih in ostalih utrjenih površin peljejo v obstoječo ponikovalnico na parceli investitorja. Požiralniki so povezani z meteorno kanalizacijo. Do odvodnjavanja planuma pride z drenažami, ki se priključijo v požiralnike. V predvideno meteorno kanalizacijo bodo speljane tudi strešne padavinske vode, vendar preko zbiralnikov vode, ki ob enem prispevajo k zadrževanju odtoka vode. Odvodnjavanje cest je rešeno v smislu zbiranja vode v asfaltni koritnici ob robu ceste z vtoki v požiralnike.

Ogrevanje objekta bo zagotovljeno preko toplotne črpalke zrak-voda, ki je v shrambi objekta. Za klimatizacijo prostorov so izvedeni vsi podometni razvodi – bakrene cevi za prenos hladilne tekočine, odvod kondenzata in električni kabli za priklop klimatske naprave. Projektno je predvidena ena zunanja enota na severni strani objekta in ena notranja enota – v jedilnici. Vsi prostori so prezračevani naravno skozi okna. Stranišče, kopalnica in kuhinja imajo montirane vertikalne zračne cevi z možnostjo priključka ventilatorja oziroma kuhinjske nape.

Objekt je samostojno strelovodno ozemljen preko strešnih in zidnih vodov ter zemeljske ozemljitve. Ob objektu se na vizualno neizpostavljenem mestu postavi zabojnik za zbiranje gospodinjskih odpadkov. Odvoz teh periodično opravi pooblaščen občinska služba.

3.4 Tehnične značilnosti objekta

Objekt je temeljen na armiranobetonski talni temeljni plošči debeline 25 cm, podložnem betonu in gramoznem utrjenem nasutju debeline 60 cm, kot je detajlno prikazano v Priloga št. 4: Detajli. Nosilni zidovi pritličja in nadstropja so izdelani iz opeke debeline 25 cm. Objekt ima izvedene drenaže s kontrolnimi jaški. Vse vmesne predelne stene objekta so klasične, opečno zidane, debeline 12 cm, kar je razvidno iz Priloga št. 1: Tloris pritličja in Priloga št. 2: Prerez A-A in prerez B-B.

Fasada objekta je izdelana po sistemu, kot na primer »demit« fasade, debeline 20 cm, zaključni sloj je fino zrnati strukturni dekorativni sloj, v barvi po izboru arhitekta.

Ravna streha (armirano-betonska plošča v naklonu 2 %) z ozelenitvijo. Vegetacijska plast in rastline ščitijo hidroizolacijo pred mehanskimi in vremenskimi (toča, ultravijolično sevanje) poškodbami. Ker objekt zaščitimo pred direktnimi sončnimi žarki, zmanjšamo stroške ogrevanja in ohlajevanja objekta. Tako s pomočjo zelene strehe privarčujemo pri stroških ogrevanja in ohlajanja, obenem pa zmanjšamo izpuste ogljikovega dioksida v ozračje. Detajl spajanja strehe z zunanji stenami je prikazan v Prilogi št. 4: Detajli.

Vsa okna so PVC izvedbe, sive barve, izdelane iz petkomornih PVC profilov mehke zaokrožene linije profilov, trojnimi tesnili in izolacijskim steklom $U_g = 1.1 \text{ W/m}^2\text{K}$, polnjenim s plinom $U = 0.7 \text{ W/m}^2\text{K}$, skupna toplotna prevodnost stekla je $U_w = 0.7 \text{ W/m}^2\text{K}$, $R_w = 32 \text{ dB}$. Okna so obrobljena s strukturnimi dekorativnimi špaletami. Zunanje okenske police so ALU izvedbe, notranje police pa iz oplemenitenih iverne plošče, kot na primer Werzalit. Vhodna vrata v objekt bodo iz PVC-ja, zastekljena s toplotno izolacijskim steklom $U_g = 1.1 \text{ W/m}^2\text{K}$. Zvočna izolativnost vhodnih vrat bo $R_w = 38 \text{ dB}$. Pozicije stavbnega pohištva so prikazane v Prilogi št. 3: Fasade. Vsa notranja vrata bodo suhomontažne izvedbe, iz barvanega mediapana in nasajena na furnirani podboj.

Vrata sanitarij in shramb ter prostorov brez oken bodo imela v krilih PVC prezračevalno rešetko.

Vsi notranji tlaki so obdelani s cementnim estrihom in so ustrezno zvočno oz. toplotno izolirani. Tlaki so pripravljene za oblaganje s finalnimi podi — parketom oz. keramiko, skladno s projektom.

Vse notranje stene in stropi so ometani, kitani in opleskani v beli barvi. Stene sanitarnih prostorov so do stropa obložene s keramičnimi ploščicami. Zaključki so iz PVC letvic. Stiki na robovih in vogalih so obdelani s tesnilnim trakom, kot na primer Kemaband.

3.5 Območje gradbišča in elementi njegove ureditve

Območje gradbišča je treba urediti v skladu s Pravilnikom o projektni dokumentaciji (Uradni list RS, št. 55, 2008) in Pravilnikom o načinu označitve in organizacije ureditve gradbišča, o vsebini in načinu vodenja dnevnika o izvajanju del in o kontroli gradbenih konstrukcij na gradbišču (Uradni list RS, št. 66, 2004).

Ureditev gradbišča bo prilagojena zahtevnosti gradnje. Območje bo ograjeno in označeno z gradbiščno tablo v skladu z zahtevami Uredbe o vsebini in izdelavi načrtov zaščite in reševanja (Uradni list RS, št. 43, 2011).

Pisarne, garderobe in sanitarni prostori za delavce bodo urejeni na delu parcele. Prometne površine, vstopi in izhodi iz gradbišča morajo biti označeni. Nanje ne sme vplivati izvajanje gradbenih in montažnih del. Dostop za interventna vozila je zagotovljen na severovzhodni strani z občinske ceste.

Ob uvozu na gradbišče se namestijo ustrezno označeni zabojniki za ločeno zbiranje odpadkov, ki omogočajo odvoz brez prekladanja. Investitor je dolžan zagotoviti, da se gradbeni odpadki odstranijo s terena in oddajo zbiralcu gradbenih odpadkov v skladu s Pravilnikom o ravnanju z odpadki, ki nastanejo pri gradbenih delih (Uradni list RS, št. 34, 2008).

Vsa komunalna infrastruktura, potrebna za nemoteno gradbiščno delo, je zagotovljena iz obstoječega omrežja.

3.6 Načrt organizacije gradbišča

3.6.1 Tehnični opis organizacije ureditve gradbišča

Gradbiščna ograja je izvedena iz PVC pletiva. Vrata gradbišča se izvedejo dvokrilno iz pločevine in so dimenzij 2.0 x 5.0 m. Gradbiščna vrata se postavijo na vzhodni strani objekta. Pred vhod na gradbišče je treba postaviti tudi gradbiščno tablo z vsemi podatki o gradbišču, ter opozorilne znake na vhodu na gradbišče, kot je prikazano v Prilogi št. 5: Gradbiščna tabla.

Kontejnerji za potrebe gradbišča so postavljeni na zahodni strani gradbišča. Prostor moramo najprej izravnati in utrditi z nasutjem iz odpadnega gramoza. Gradbiščne provizorije sestavljajo pisarniški prostori, narejeni iz tipskega kontejnerja dimenzij 3.0 x 2.8 m. V pisarniških prostorih je prostor za vodjo gradbišča in delovodjo. Postavimo tudi straniščni kontejner za potrebe gradbišča in delavcev. Prav tako postavimo en garderobni kontejner, dimenzije 6.0 x 2.4 m, za potrebe delavcev. Za potrebe klasičnih tesarskih del na objektih predvidimo eno tesarsko lopo. Dimenzije tesarske lope so 4.0 x 4.0 m, v njej je tudi nameščena krožna žaga.

Uporabljena gradbena mehanizacija na gradbišču so transportni tovornjaki za odvoz izkopane zemljine, bager za izkop gradbene jame, krožna žaga za potrebe tesarjev in manjša ročna orodja.

Za dovod električne energije izvedemo nov elektroenergetski priključek. Vodovod je priklopljen na že obstoječ vodovod, ki poteka v bližini gradbišča. Problem požarne varnosti rešimo tako, da postavimo gasilne aparate v vse kontejnerje na gradbišču. Skica organizacije gradbišča je priložena kot Priloga št. 6: Organizacija gradbišča.

3.6.2 Dimenzioniranje gradbiščnih kapacitet

Na gradbišču potrebujemo pisarniške prostore za dva režijska delavca, to sta vodja gradbišča in delovodja. Za vsakega od njiju moramo po normativih zagotoviti od 3.0 do 3.5 m² na delavca, za dva režijska delavca skupaj je to 7.0 m². Postavimo kontejner dimenzije 3.0 x 2.8 = 8.4 m². V tem kontejnerju je tudi prostor za sestanke.

Bivalnih prostorov na gradbišču ni treba urejati, saj se le ti vozijo vsakodnevno na gradbišče z lastnim prevozom oziroma prevozom gradbenega podjetja. V bližini gradbišča je gostilna, kjer se lahko delavci prehranjujejo, zato nam na samem gradbišču ni treba narediti menze.

Na gradbišču je zagotovljeno zadostno število garderob za delavce. Vsak dan mora imeti delavec na voljo dve ločeni omarici za čista in umazana oblačila ter prostor za preoblačenje. Postavimo garderobni kontejner dimenzije 6.0 x 2.4 m. Za

zagotovitev sanitarnih potreb postavimo 1 sanitarni kontejner dimenzije 6.0 x 2.4 m, ki vsebuje 2 kabini za prhanje, 2 stranišči, 2 pisoarja in 5 pip.

Da gradnja poteka nemoteno, je treba na gradbišču zagotoviti deponije in skladišča gradbenega materiala. Deponije za armaturo, opeko in opaže ne predvidimo, ker uporabimo urejeno deponijo 500 m izven gradbišča. Na gradbišču predvidimo eno tesarsko lopo, da zadostimo potrebam klasičnih tesarskih del na objektu. Dimenzije tesarske lope so 4.0 x 4.0 m, v njej je tudi nameščena krožna žaga. Ostale proizvodne delavnice, kot so železokrivnica in betonarna, na gradbišču niso potrebne.

Za možnost zagotovitve elektroenergetskega priključka se izvede nov NN podzemni vod NODS47, dolžine 25 m, tipa NAYY-J, prereza $4 \times 35 + 2.5 \text{ mm}^2$, ki se priključi na obstoječe leseno oporišče NOP013, ki je na parcelni številki 38, katastrska občina Nuskova. Vod se bo končal v novozgrajeni prostostoječi priključno razdelilno-merilni omarici PS-PRMO na parcelni številki 38, katastrska občina Nuskova, ki bo dostopna za vzdrževanje in uporabo distributerja.

Objekt ima že izveden priključek na vodovodno omrežje. Priključek se v fazi projekta ne spreminja. Na parceli se pred objektom izvede nov termoizoliran jašek z vodomermom, z možnostjo daljinskega odčitavanja porabe.

Na samem gradbišču je speljana obstoječa cesta, kot je prikazano na shemi organizacije gradbišča. Zato nam ni treba posebej dimenzionirati gradbiščne prometnice. Za transport do gradbišča si izberemo že obstoječo cestno pot, ki po svojih lastnostih ustreza našim prevozom.

Zunanji transport se v celoti izvaja s cestnimi transportnimi sredstvi. S tovornimi vozili prevažamo agregat in veziva, prav tako jih uporabljamo za prevoz opreme, strojev, orodja in nekaterih gradbenih materialov. Za prevoz sveže betonske mešanice iz betonarne uporabljamo avtomešalec (hruške) s črpalko in volumnom 8 m^3 . Prav tako uporabljamo za prevoz kosovnega materiala vozilo z nosilnostjo 13 t, napravo za nakladanje in razkladanje – HIAB z nosilnostjo 4 t in dolžine ročice 25 m. Za notranji transport v horizontali uporabljamo tovornjake, japanerje in samokolnice.

3.6.3 Projektantski predračun

Projektantski predračun je skupek posameznih vrst del gradbene, obrtniške ter strojne in elektro stroke, s katerim investitorju podrobno predstavim opis potrebnih del za izgradnjo objekta in prikaz stroškov, ki pri posameznih delih nastanejo. V nadaljevanju diplomskega dela sem obravnavala gradbeno obrtniška dela. Popis del in predračun sem razdelila na:

A. Gradbena dela:

1. preddela,
2. zemeljska dela,
3. betonska in AB dela,
4. tesarska dela,
5. zidarska dela.

B. Obrtniška dela:

1. krovsko kleparska dela,
2. fasaderska dela,
3. stavbni elementi,
4. keramičarska dela,
5. kamnoseška dela,
6. estrihi,
7. finalna dela,
8. slikopleskarska dela.

C. Kanalizacija:

1. fekalna kanalizacija,
2. meteorna kanalizacija.

D. Zunanja dela:

1. preddela,
2. zemeljska dela,
3. razna gradbena dela.

Ko predračun strnem v rekapitulaciji, dobim skupen strošek gradnje vzorčne klasične hiše.

Tabela 2: Skupen strošek gradnje vzorčne klasične hiše

A. GRADBENA DELA	
1. PREDDELA	864,00
2. ZEMELJSKA DELA	980,03
3. BETONSKA IN AB DELA	6.495,20
4. TESARSKA DELA	1.363,73
5. ZIDARSKA DELA	6.301,42
SKUPAJ	16.004,37
B. OBRTNIŠKA DELA	
1. KROVSKO KLEPARSKA DELA	7.723,08
2. FASADERSKA DELA	5.828,00
3. STAVBNI ELEMENTI	5.890,00
4. KERAMIČARSKA DELA	1.182,50
5. KAMNOSEŠKA DELA	448,00
6. ESTRIHI	695,00
7. FINALNA DELA	2.640,00
8. SLIKOPLESKARSKA DELA	809,00
SKUPAJ	25.215,58
C. KANALIZACIJA	
1. FEKALNA KANALIZACIJA	329,32
2. METEORNA KANALIZACIJA	740,99
SKUPAJ	1.070,31
D. ZUNANJA DELA	
1. PREDDELA	112,00
2. ZEMELJSKA DELA	1.308,11
3. RAZNA GRADBENA DELA	6.036,72
SKUPAJ	7.456,83
SKUPAJ	49.747,09
22 % DDV	10.944,36
SKUPAJ	60.691,45

Vir: (Lasten vir, 2017)

Tabela 2 vsebuje ocenjeno vrednost gradnje po postavkah, kot so navedene v popisu del in projektantskem predračunu. Ocenjena vrednost investicije je 60.691,45 €, vključno z 22 % DDV-jem.

Stroški gradnje so povezani s kakovostjo izbranih materialov in gradnje na splošno. Ko izbiramo materiale za gradnjo, nam je večini najpomembnejše, da je material cenovno ugoden in da vsaj približno ustreza kakovostnim zahtevam. Redko kateri pa se pri gradnji sprašuje, kako izbrani material vpliva na okolje. Kako pravilna izbira materialov vpliva na kakovost življenja, na izpuste ogljikovega dioksida in onesnaževanje sem prikazala v naslednjih poglavjih.

3.6.4 Varnostni načrt

Na objektu se bodo izvajala gradbena in obrtniška dela, za katera mora imeti vsak posamezni izvajalec izdelan program varstvenih ukrepov, s katerim so določeni postopki in načini za varno izvedbo predvidenih del. Pri izvajanju del je treba upoštevati projektno dokumentacijo. Povsod, kjer so možni dostopi ljudi na gradbišče in prehodi preko gradbišča, je treba postaviti opozorilne table z napisom "Pozor gradbišče! Prehod prepovedan".

Celotno območje gradbišča je nevarno območje, zato je treba izvesti vse že prej navedene ukrepe, kot so: urediti zaporo cest oziroma ustrezno prometno ureditev, ograditi območje, vhode opremiti z znaki za opozorila in prepovedi, vzdrževanje reda in discipline na delovišču itd. Območje gradbišča je veliko in ga je treba ograditi v celoti. Treba je postaviti gradbiščno ograjo iz PVC pletiva (višina 2.0 m), ter na vhodni strani namestiti komunikacijska dvokrilna vrata iz pločevine dimenzij 2.0 x 5.0 m.

Dostopne poti je treba redno čistiti in vzdrževati. Širina dostopne poti in poti po gradbišču mora znašati minimalno 3.0 m (za enosmerni promet) in minimalno 5.0 m (za dvosmerni promet). Poti morajo biti vedno proste. Deponije morajo biti od robov poti oddaljene minimalno 1.0 m. Deponiranje gradbenih materialov in opreme se izvede na območju zavarovanega dela gradbišča. Površine za deponije morajo biti izravnane in utrjene. Material na deponiji mora biti zložen stabilno in pregledno.

Gradbiščni prostori so projektirani na osnovi načrta delovne sile, ki je potrebna za izvedbo del. Na gradbišču so predvideni gradbiščni zabojniki, ki so nujno potrebni za organiziranje in vodenje gradbišča.

Prevozi gradbenih materialov se lahko izvajajo s tovornimi vozili, ki se morajo uporabljati strogo namensko. Vozila morajo biti tehnično brezhibna. Upravljanje z vozili je dovoljeno samo voznikom, ki so za to delo kvalificirani in usposobljeni.

Na delovnih mestih, kjer se lahko pojavijo plini in para, je dovoljeno izvajati dela le pod kontrolo osebe, ki je izven nevarnega območja in z uporabo predpisanih zaščitnih sredstev. Pri izvajanju del, kjer obstaja nevarnost požara, je treba poskrbeti za varnost, pri delu pa je treba upoštevati predpisane varnostne ukrepe (prepoved kajenja, zračenje, prepoved uporabe iskrečih orodij itd.). Nevarne snovi, ki se bodo uporabljale na gradbišču, so odvisne od izvajalcev in predvsem izbire materialov, ki jih bo izbral investitor. Skladiščenje nevarnih materialov gradbišču ni dovoljeno. Potrebo po nevarnih snoveh in materialih bodo izvajalci reševali s sprotnim dovozom in odvozom z gradbišča, dnevno.

V primeru posameznih del, kjer bi se pojavila potreba po električni energiji, se bo le ta reševala s pomočjo električnih agregatov.

Za dela na višini nad 1.5 m do 2.0 m se lahko izdelajo delovni odri na zidarskih kozah s podom iz zdravih plohov debeline 48 mm in razmikom koz do 2.0 m. Ko je delovni pod več kot 2.0 m nad terenom, mora biti urejen varen dostop in ograja višine 100 ± 5 cm. Kovinski cevni oder se postavlja z napredovanjem del. Na gradbišču je treba vse kontejnerje in gradbene stroje (bager, rovokopač ...) opremiti z gasilnimi aparati, in sicer; stroji s kabino in vozila (1 kom tip S-3), gradbiščni prostori (1 kom tip S-6).

Na gradbišču je treba namestiti omarico s kompletom za nudenje prve pomoči. Omarico se namesti v gradbiščni kontejner. Omarica prve pomoči mora biti vedno kompletna in urejena (zadolžen delovodja). Omarica mora biti zaklenjena ter opremljena z naslednjimi podatki; kdo ima ključ, telefonsko številko najbližje ambulate in imena oseb, ki so usposobljene za dajanje prve pomoči.

Delavci bodo na gradbišče prihajali s prevoznimi sredstvi izvajalcev del. Delodajalec mora zagotoviti zaposlenim prehrano med delom. Hrana bo urejena v katerem od bližnjih obratov družbene prehrane.

Pred začetkom del se očisti teren, zakoliči objekt in uredi dostopne poti in prostore za razne deponije, prostore za delavce. Ureditev gradbišča se uredi po priloženem načrtu ureditve gradbišča. Gradbišče se ogradi, kolikor je mogoče, in postavi opozorilne znake. Izvedejo se prekinitve oziroma prestavitve komunalnih vodov.

Posebno pozornost je treba posvetiti izkopu za temelje, saj lahko pride do nenadne porušitve podložnega materiala in s tem do zasutja delavca v jarku. Nadzor nad pravilno in varno izvedenim delom opravlja neposredni vodja del, ki mora biti stalno prisoten.

Gradbišče mora imeti vedno na zalogi zadostno količino kompletov osebne varovalne opreme (dežnih plaščev, gumijastih škornjev, delovnih oblek, varnostnih čelad, zaščitnih očal, zaščitnih rokavic, varnostnih pasov, naušnikov). Zaščitne čelade ni obvezno nositi le v času zakoličbe objekta in postavitve ograje, po postavitvi ostrešja in krovsko kleparskih del, za dela v notranjosti in pri finalnih delih v prostorih pisarn, vendar pa vsi delavci morajo imeti čelade pri sebi in jih uporabiti, ko zapustijo objekt. Prav tako ni treba nositi čelade v času finalnega pospravljanja gradbišča, ko je objekt že končan. Na gradbišču je dovoljeno uporabljati delovno opremo, ki je varna, nepoškodovana, pregledana in preizkušena. Na gradbišču je predvideno razno ročno orodje, vozila za odvoz materiala ter stroji TGM.

V neposredni bližini delovišča je glavna aktivnost (promet), ki lahko vpliva na gradnjo. V primeru prekinitve električne energije nas mora naš elektro distributer 8 dni prej obvestiti, da delavce preusmerimo na delovna mesta, kjer ni potrebna elektrika.

Terminski načrt je vstavljen ločeno kot Priloga št. 7: Terminski načrt.

Udeleženci pri izvedbi objekta morajo v skladu z zahtevami Uredbe o zagotavljanju varnosti in zdravja pri delu na začasnih ali premičnih gradbiščih podpisati dogovor o skupnih ukrepih varnosti in zdravja pri delu. Koordinator je dolžan vse udeležence pri gradnji seznaniti z vsebino sporazuma in obveznostih, ki jih je v

zvezi z varnostjo in zdravjem pri delu na gradbišču treba upoštevati. Vodja gradbišča skupaj s koordinatorjem določi prioriteto oziroma vrstni red varnega izvajanja del. V primeru, da kljub temu prihaja na gradbišču do oviranja in ogrožanja delavcev s strani drugih delodajalcev, je koordinator dolžan ustrezno ukrepati (Uradni list RS, št. 43, 2011).

4 POČUTJE V PROSTORIH

Prostori, v katerih preživimo največ časa, imajo velik vpliv na naše dobro počutje. Na udobje v prostoru vpliva več dejavnikov, na katere se ljudje različno odzivamo. Poleg vizualnih, toplotnih in akustičnih dejavnikov vplivajo na naše počutje tudi psihološki dejavniki. Fraunhoferjev institut za gradbeno fiziko iz Nemčije je udobje za konkretne dejavnike izrazil v številkah (Sperzel, Energijsko učinkovite hiše iz lesa regionalnega izvora na področju Alp, 2004):

1. Temperatura v prostorih se mora gibati med 18 in 24 stopinjami Celzija. Zunanji gradbeni elementi (tla, stene in stropi) morajo imeti enako temperaturo kot zrak v prostoru, kajti to preprečuje izgubo toplote in nastanek prepihov.
2. Toplota ne sme izhajati samo iz ogrevalnih teles, večina toplote naj izvira iz sončnega sevanja.
3. Relativna vlažnost v prostorih je naj med 40 in 60 odstotki.
4. Hitrost zraka v prostoru ne sme presegati 0.15 metra na sekundo.
5. Ljudje potrebujemo za svoje delo 200 luksov svetlobe, ki je naj po možnosti naravnega izvora.
6. V prostorih je naj dotok svežega zraka. Količina le tega je odvisna od velikosti prostorov in števila ljudi v njih.
7. Ljudi ne sme motiti neprijeten vonj v prostorih.

Te navedene zahteve najlažje izpolnimo z energijsko učinkovitim načinom gradnje in z gradnjo z naravnimi in ekološkimi materiali.

Gradnja zahteva ogromno načrtovanja in je za zasebnega investitorja eden izmed najpomembnejših življenjskih projektov. Zgrajena hiša bi naj stanovalcem naslednjih 50 let predstavljala prijeten dom, njena cena pa ne bi smela presegati finančnih zmožnosti investitorja, saj se potem največ pozornosti namenja investicijskim stroškom, ne pa tudi stroškom vzdrževanja. Potrebe po ogrevalni toploti hiš predstavljajo le desetino vse porabe energije. Visoka poraba kurilnega olja ali plina v energijsko potratnih hišah ni le velik finančni zalogaj za lastnika hiše, ampak pripomore tudi h globalnim toplotnim spremembam. Za proizvodnjo

10 kWh energije potrebujemo približno 1 liter kurilnega olja, pri tem se sprosti 2-6 kg ogljikovega dioksida, ki se kopiči v atmosferi in prispeva k nastajanju škodljivih toplogrednih plinov. Potreba po ogrevalni toploti je odvisna od vsakega posameznika. Določeni ljudje se počutijo ugodno v prostoru že pri 19 stopinjah Celzija, določenim je dovolj toplo komaj pri 24 stopinjah Celzija. Potreba po toploti za ogrevanje nastane tudi v primeru odpiranja oken, zato mora vsak posameznik premisliti o svojem ravnanju in razmisliti o možnostih varčevanja z energijo (Sperzel, Energijsko učinkovite hiše iz lesa regionalnega izvora na področju Alp, 2004).

5 ENERGIJSKO UČINKOVITE STAVBE

Rabljeno energijo pri gradnji, obnovi, reciklaži in rabi objekta lahko pooblaščen projektant izračuna že pred pričetkom same gradnje, zato lahko z ekološkega vidika ocenimo, kateri način gradnje bomo izbrali in to energijo znižali. Danes investitorji gradijo energijske hiše, pri katerih je raba energije za obratovanje in gradnjo tako nizka, da imajo ti objekti s toplotnimi dobitki sončne energije celo pozitivno energijsko bilanco. Takšne hiše so danes izvedljive, vendar so z ekonomskega vidika precej dražje. Za energetske učinkovite hiše se moramo odločiti že v začetni fazi, kajti vsaka naslednja faza pomeni manj vpliva na projekt in hitro naraščajoče stroške. Pomembno je, da se cilji projekta, pravilno načrtovanje ter smernice za kakovostno izvajanje del določijo že v začetni fazi investicijskega procesa (Lesena hiša manj obremenjuje okolje, 2015).

Pri energijsko učinkoviti gradnji in prenovi stavb poznamo različne gradbene standarde. Nekateri standardi so si pridobili ustrezne certifikate in registrirane znake kakovosti. V nadaljevanju so predstavljena najpogostejša poimenovanja energijsko učinkovitih stavb.

5.1 Nizkoenergijska stavba

Z izrazom nizkoenergijska stavba poimenujemo novozgrajene ali prenovljene stavbe, ki imajo energijsko porabo za potrebe ogrevanja in pripravo tople vode nižjo od zakonsko določene. Te vrednosti dosega stavba, ki ima ovoj z dobro toplotno izolacijo, toplotnoizolacijska okna in kontrolirano prezračevanje. V nizkoenergijskih stavbah je še vedno prisoten klasičen način ogrevanja (kotel za ogrevanje ali daljinsko ogrevanje z porazdelitvijo energije prek grelnih teles). Pojem nizkoenergijska stavba ni zakonsko zaščiten, zato se zanj v različnih državah uporablja različne definicije (Sperzel, Energijsko učinkovite hiše iz lesa regionalnega izvora na področju Alp, 2004).

5.2 Pasivna stavba

Pasivna stavba je naslednja stopnja v razvoju nizkoenergijskih stavb. Pasivna hiša ni revolucionarna iznajdba, tukaj gre predvsem za kombiniranje razpoložljivih gradbenih materialov in hišne tehnike, ter njihovo preverjanje z znanstvenega vidika.

Načela delovanja pasivnih stavb so:

1. odlična izolacija ovoja stavbe — stavba mora biti zgrajena tako, da U-vrednosti vseh gradbenih elementov ne presegajo $0.15 \text{ W/m}^2 \text{ K}$;
2. optimiranje pasivno - solarnih dobitkov, pridobljenih preko velikih oken na južni strani stavb;
3. kontrolirano prezračevanje z rekuperacijo toplote pri nizki porabi električne energije;
4. letna poraba energije za ogrevanje ne sme presegati 15 kWh/m^2 ;
5. skupna letna poraba primarne energije mora biti manjša od 120 kWh/m^2 ;
6. poraba električne energije letno ne sme presegati 18 kWh/m^2 .

Pasivna stavba se ne ogreva s klasično ogrevalno napravo, temveč pasivno, s sončno energijo, ki prehaja skozi okna in s toploto, ki jo oddajajo hišne naprave in stanovanjci. Zrak v prostoru se predhodno segreje z uporabo rekuperacije toplote, torej odtočnega zraka, ki se izrabljen odvaja iz prostora in prek zemeljskih toplotnih prenosov prehaja v svež zrak, ki se ga dovaja nazaj v prostor. Tudi poleti so v pasivni stavbi prijetne temperature, kajti učinkovita toplotna izolacija preprečuje vdor visokih temperatur v notranjost. Paziti je treba tudi na okna, čeprav so visoko toplotnoizolativna. Zaščititi jih je treba pred pregrevanjem, to učinkovito izvedemo z roletami, žaluzijami in balkoni. Pri pasivni hiši je treba zmanjšati tudi druge potrebe po energiji, predvsem po električni (Sperzel, Energijsko učinkovite hiše iz lesa regionalnega izvora na področju Alp, 2004).

5.3 Stavba z neposrednim izkoriščanjem sončne energije

Stavba z neposrednim izkoriščanjem sončne energije se ogreva izključno skozi zastekljene površine na južni strani stavbe in toplotnimi dobitki v notranjosti. Sončno obsevanje se shranjuje v temno pobarvanih tleh, stenah in lesenem stropu, ter s shranjeno sončno energijo segreva zrak v stavbi. Pri teh stavbah ne potrebujemo sistemov ogrevanja, niti sistema prezračevanja, ki je nujno potreben pri pasivnih stavbah. Ugodna klima v stavbi je posledica uporabe biomaterialov med gradnjo. Stavba je difuzijsko odprta, torej lahko vlaga prehaja skozi gradbene materiale. Prezračevanje prostorov se izvaja z odpiranjem oken, poleti okna zaščitimo pred pregrevanjem z roletami, žaluzijami ipd. (Sperzel, Energijsko učinkovite hiše iz lesa regionalnega izvora na področju Alp, 2004).

5.4 Plusenergijska stavba

Plusenergijska stavba je izboljšana pasivna stavba, z dodanim fotovoltaičnim sistemom. Stavba razpolaga z velikim fotovoltaičnim sistemom, obrnjenim proti jugu, ki preko leta proizvaja več energije, kot je energijska poraba stavbe. Te hiše proizvajajo več električne energije, kot je poraba ogrevalne energije, zato govorimo o plusenergijskih stavbah. Hiša pozimi obratuje z elektriko iz električnega omrežja, poleti pa presežek energije oddaja v omrežje (Sperzel, Trajnostna gradnja v Alpah, 2014).

6 ENERGIJSKA UČINKOVITOST NOVOGRADENJ

Nizkoenergijska učinkovitost temelji na dveh kriterijih, in sicer zmanjšanju toplotnih izgub in optimiranju solarnih dobitkov.

V srednjeevropskem podnebnem pasu je pri novogradnjah najpomembnejše zmanjšanje toplotnih izgub kajti če teh ni mogoče zmanjšati, nam toplotni dobitki ne koristijo. Pri toplotnih izgubah moramo ločiti transmisijske izgube — izgube zaradi prehoda toplote skozi ovoj stavbe, in ventilacijske izgube – izgube toplote zaradi izmenjave zraka zaradi odpiranja oken in slabega tesnjenja oken. Drugi pomemben vidik nizkoenergijskih učinkovitih stavb je kopičenje energijskih dobitkov v prostorih, kar dosežemo z uporabo naravnih materialov med gradnjo. Ti imajo večjo sposobnost vpijanja toplote, ki jo kasneje enakomerno oddajajo nazaj v prostor (Sperzel, Trajnostna gradnja v Alpah, 2014).

Že pri določanju oblike in tlorisa stavbe postavimo izhodišče porabi energije v njenem celotnem življenjskem obdobju. Pomemben dejavnik pri zmanjševanju toplotnih izgub stavbe je razmerje med površino zunanjega ovoja in njeno prostornino. Vsak balkon ali napušč predstavlja dodatno površino, ki oddaja toploto in prispeva k toplotnim izgubam. Za učinkovit izkoristek sončne energije je treba na južni strani stavbe vgraditi dovolj velika okna, da je akumulacija sončnih žarkov kar se da največja, na severni strani, obrnjeni od sonca, pa vgraditi minimalne zasteklitve, da so toplotne izgube čim manjše. Dnevno sobo, sobe in delovne prostore zato predvidimo na jugu, pomožne prostore, ki ne potrebujejo velike količine sončne svetlobe in toplote, predvidimo na severni strani stavb.

Za zmanjšanje transmisijskih izgub mora biti toplotna zaščita ovoja stavbe zelo kakovostna. Vse gradbene elemente, ki niso transparentni, moramo dodatno toplotno zaščititi z vgradnjo toplotnoizolacijskih materialov. Pomemben pogoj pri zmanjševanju toplotnih izgub je zmanjšanje učinka toplotnih mostov. Toplotnim mostovom se je potrebno izogniti zaradi nastajanja kondenzacije vlage v prostorih in posledično plesni. Za kakovost bivanja in funkcionalnost stavb je izrednega pomena zrakotesnost stavbe. Izgubo toplotne energije, kot posledico netesnosti, ni možno povsod odpraviti z ogrevanjem, kot je to možno pri konvencionalno grajenih

stavbah. Zato je že pri projektiranju pomembno izdelati zasnovo ukrepov za zagotavljanje zrakotesnosti celotnega ovoja stavbe, vključno s priključki in preboji.

Okna so poleg sten in učinkovite toplotne zaščite izredno pomemben element zunanjšega ovoja stavbe. Skozi okna v hišo prehaja dnevna sončna energija, pomembno je tudi, da ponoči, in ko je sončnih dni manj, skozi okna uhaja čim manj toplote. Sodobna okna s trojno zasteklitvijo dosegajo U-vrednosti, ki ustrezajo pravilnikom pasivnih hiš. Pri pasivnih hišah je pomembno poskrbeti tudi za dobro izoliran okenski okvir, sicer lahko ta predstavlja toplotni most. Okvirji so napolnjeni s tesnilno maso in neprekinjeno izolacijsko plastjo.

Za kakovostno bivanje v stavbah je pomembno tudi zadostno zračenje. V energijsko učinkovitih stavbah je pomembno zmanjšati toplotne izgube, zaradi kakovosti bivanja pa tudi v zadostni meri prezračevati. V pasivnih stavbah prevzame dovajanje svežega in odvajanje izrabljenega zraka kontrolirano prezračevanje, ki nadomešča tudi ogrevanje. Konstantna količina zraka se vsesava skozi filtre in prenaša do prenosnika toplote. Istočasno se iz kuhinje in kopalnice izsesava izrabljen zrak. Ta v prenosniku toplote poteka mimo dovoda svežega zraka. Toplota izrabljenega zraka se pri tem prenese na svež zrak, zračna tokova zrakov sta ločena, zato do mešanja ne prihaja. Segreti in prefiltrirani zunanji zrak se nato dovaja v bivalne prostore stavbe.

Stavbe z neposrednim izkoriščanjem sončne energije ne potrebujejo prezračevalnih sistemov, kot jih potrebujejo pasivne, kar pozitivno vpliva na rabo električne energije, na sivo energijo in investicijske stroške.

Ko izbiramo sistem za dogrevanje stavbe, moramo izbrati sistem, ki poleg tega omogoča tudi segrevanje tehnološke vode. Med vsemi energenti, ki jih lahko za dogrevanje stavb izberemo, ima največjo prednost les, saj je v večini regionalnega izvora, vplivi na podnebje so manjši, kot pri drugih energentih, je obnovljivi material in razpoložljivost vira je v Sloveniji velika. Druga možnost ogrevanja tehnološke vode je s pomočjo sončne energije.

Pri novogradnji po navadi upoštevamo, da je izbrani material energijsko varčen, cenovno ugoden in okolju čim bolj prijazen. Poleg upoštevanja vseh teh vidikov

gradnje je pomembno upoštevati tudi vpliv izbranih materialov na zdravje ljudi, ki bodo v stavbah živeli.

Za bivalno ugodje v prostorih je pomembna pravilna izbira materialov. Materiali, kot so naravni kamen, ilovica in opeka, pomagajo regulirati temperaturo v prostorih. Pozimi absorbirajo toploto in jo postopoma oddajajo ter s tem pomagajo vzdrževati konstantno temperaturo v prostorih. Poleti ohranjajo hladnost notranjih prostorov. Gradbeni materiali, kot so les, ilovica in mavec, so difuzijsko odprti in sprejemajo presežke vlage v prostorih, jih začasno skladiščijo in spet oddajajo, ko vlage v prostorih primanjkuje. Naravni materiali so pravilnejša izbira, saj vsebujejo manj škodljivih snovi in kemičnih substanc. Poleg tega so tudi vizualno lepši, prijetnejši na otip in prijetnejšega vonja, kar bistveno prispeva k ugodnemu bivalnemu okolju (Sperzel, Energijsko učinkovite hiše iz lesa regionalnega izvora na področju Alp, 2004).

7 PREDNOST UPORABE LESA KOT GRADBENEGA MATERIALA

Les je okolju prijazen gradbeni material in edini obnovljivi material z izredno čistim življenjskim ciklom. Ima ugodno razmerje med trdnostjo in gostoto, dobre elastične lastnosti, nizko toplotno prevodnost, dobro akustiko, za njegovo obdelavo in predelavo potrebujemo malo energije, les leta in desetletja skladišči ogljikov dioksid. Pri sežigu les odda toliko ogljikovega dioksida, kot ga je med rastjo sprejel iz zraka, zato je CO₂ nevtralen. Prednost lesa je tudi nizka vsebnost sive energije. Medtem ko znaša siva energija aluminija 555.700 MJ/m³, znaša siva energija žaganega, zračno sušenega iglavca le 165 MJ/m³.

Sodobna montažna gradnja je proizvod vrhunske kakovosti in je rezultat kombiniranja klasičnih gradbenih tehnik z uporabo lesa in modernih postopkov industrijske izdelave. Glaven konstrukcijski material je les, ki je trajen gradbeni material.

Les s svojo barvo, strukturo in vonjem ugodno vpliva na počutje ljudi, njegova ekološka neoporečnost pa omogoča zdravo bivalno okolje. Izdelava sestavnih delov lesene konstrukcije montažnih gradenj poteka v proizvodnih halah, torej v zaprtih in suhih prostorih. Tako so vsi vgrajeni materiali zaščiteni pred vremenskimi vplivi. Ker je večina sestavnih delov narejena v proizvodnji, je gradnja na gradbišču okolju prijaznejša, saj je na gradbišču manj odpadnega materiala. Natančnost gradnje je večja, kajti delo poteka v skladu z načrti, po vnaprej določenih detajlih. Tudi kontrola nad kakovostjo vgrajenih materialov je v proizvodnih halah možna in strožja. Zaradi visoke stopnje prefabrikacije se čas montaže na gradbišču močno skrajša. Po zaključku finalnih del je možna hitra vselitev, saj sušenje vgrajenih materialov ni potrebno.

Lesena gradnja je požarno varna gradnja, ker les kljub požaru dolgo zdrži obremenitve. Pri gorenju ustvarja les na svoji površini zогlenelo plast kot vrsto samozaščite. Lesena gradnja je tudi potresno varna gradnja, saj lahka konstrukcija

omogoča gradnjo na potresno ogroženih območjih in na tleh z manjšo nosilnostjo (Kitek Kuzman M., Energijsko varčna lesena gradnja v Sloveniji, 2011).

8 ENERGIJSKO UČINKOVITA PRENOVA STAVB

Ukrepi energijske učinkovitosti niso omejeni le na novogradnje, ampak jih izvajamo tudi na obstoječih stavbah. Te obstoječe stavbe niso niti tako stare, kajti obsežni toplotno zaščitni ukrepi se izvajajo šele zadnji dve desetletji. Ciklus prenove stavb je 30 let, torej če stavbe ne bo potrebno ponovno prenoviti v naslednjih 30-ih letih, lahko uporabimo izraz trajnostna. Do zdaj so se pri prenovah obstoječih stavb uporabljali minimalni standardi prenove, oziroma so se prenavljale samo posamezne komponente stavbe, zato ni bilo mogoče zagotoviti učinkovitega zmanjšanja porabe energije. Kakovostna energijsko učinkovita prenova upošteva izkušnje s področja gradnje pasivnih hiš in išče ustrezne načine prenove celotnega objekta. Taka kakovostna prenova se investitorju izplača v več pogledih in vložek se povrne v nekaj letih. Sredstva se hitro povrnejo zaradi zmanjšanih stroškov ogrevanja, poleg tega se podaljša življenjska doba stavbe in njena vrednost se občutno poveča. Še pred začetkom prenove je smiselno izdelati celovito zasnovo stavbe, opraviti analizo stroškov in koristi, uskladiti posamezne ukrepe med sabo.

Najprej je treba ugotoviti šibke točke stavbe, določiti energijsko število in ugotoviti razloge za trenutno stanje. Visoke vrednosti rabe energije so večinoma odvisne od toplotnih izgub skozi ovoj stavbe. S pomočjo računalniških programov strokovnjak izdelava energijsko bilanco celotne stavbe.

Prenova kleti je največkrat povezana s poškodbami, povezanimi z vlago. Ker je temperatura tal v času ogrevanja vedno višja kot temperatura zunanjega zraka, so toplotne izgube pri gradbenem elementu, ki je v neposrednem stiku z zemljino, skoraj vedno manjše, kot pri zunanjih zidovih nad terenom. Na zidovih, ki mejijo na teren in niso ali so slabo izolirani, sčasoma nastanejo poškodbe zaradi učinkov vlage, oziroma se na njih nabere plesen. Priporočljivo je vgraditi zunanjo izolacijo zidu.

Za dosego standardov pasivne stavbe je stavbo mogoče sanirati samo z zunanjo toplotno zaščito zunanjih zidov. Notranja toplotna zaščita zidov na posameznih mestih ni učinkovita (slabo izolirane čelne strani stropa). Slaba stran notranje toplotne zaščite je tudi zmanjšanje površine notranjih prostorov.

Glavni razlog za večji del toplotnih izgub so slabo toplotno zaščiteni stropi in podstrešja. Najpreprostejša toplotna sanacija, ki se uporablja pri strešnih konstrukcijah, je vgradnja toplotne izolacije med obstoječe špirovce. Ti sami po sebi, zaradi visoke toplotne prevodnosti, predstavljajo toplotne mostove, zato je za energijsko učinkovito sanacijo izolacija špirovcev nujna. Pri stavbah s hladnimi podstrešji je treba izolirati stropno konstrukcijo najvišjega nadstropja. Izolacijo vgradimo na zunanji – hladni strani stropa.

Temperatura kletnih prostorov je pozimi 10 do 15 stopinj Celzija nižja, kot temperatura bivalnih prostorov, zato kletni prostori privlačijo toploto ogrevanih prostorov. Običajno se zato izolira spodnja stran kletnega stropa. Pri tem je treba upoštevati, da se s tem spremeni višina kletnih prostorov. Ob izoliranju spodnje strani kletnega stropa nastane na stiku zunanjih sten in kletnega stropa toplotni most, zato je potrebna izolacija kletnih sten.

U-vrednost oken mora biti med 0.7 in 0.8 W/m²K. Pri sanaciji je treba preveriti, ali je možno povečati površino oken na južni strani in zvišati solarne dobitke. Toplotne izgube zmanjšajo tudi izolirani okenski okviri in vgradnja oken brez razdelitvenih prečk.

Zamenjava kotla je smotrna odločitev. S sistema ogrevanja na kurilno olje preidemo na sistem ogrevanja z lesno biomaso ali toplotno črpalko. Z vgradnjo novega kotla na lesno biomaso privarčujemo do 40 % energije in zmanjšamo izpuste v okolje do 90 %. Pri zamenjavi ogrevalnega sistema je priporočljivo, da se kotel kombinira s hranilnikom tople vode. Idealno je, da hranilnik tople vode v poletnem času segrevajo sprejemniki sončne energije, ogrevalni kotel pa samo v zimskem obdobju (Sperzel, Trajnostna gradnja v Alpah, 2014).

9 SIVA ENERGIJA

Vsak produkt lahko opišemo s količino, ki zajema količino energije, ki je potrebna za izdelavo, skladiščenje, transport in prodajo izdelka. To količino imenujemo siva energija. K temu prispeva tudi izdelava polizdelkov, torej pridobivanje surovin in proizvodnja. Pri izdelavi izdelkov, za katere je potrebna strojna mehanizacija, prostori za izdelavo in podobna infrastruktura, se upošteva tudi količina porabljene energije za vzdrževanje teh strojev, prostorov in infrastrukture.

Vemo, da velik del energije porabimo že v procesu izdelave gradbenega elementa, s tem pa so posledično tudi izpusti ogljikovega dioksida takrat največji. Ogromno energije je potrebne tudi pri izkopih, proizvodnji, predelavi in transportu gradbenih materialov. Ko k temu prištejemo še energijo, proizvedeno iz neobnovljivih virov energije (zemeljski plin, premog, nafta), dobimo »sivo energijo«. Energijo, ki jo potrebujemo za izdelavo materiala, imenujemo primarna energija (označimo jo kot PEI). Ločimo sivo energijo, pridobljeno iz obnovljivih energijskih virov (oznaka PEI r) in neobnovljivih energijskih virov (oznaka PEI nr).

Najboljši pokazatelj obremenitve okolja je izpust ogljikovega dioksida v okolje, zato z njim najlažje podamo količino sive energije.

V svetu porabimo za stavbe kar 24 % vseh zemeljskih virov (Bribian, 2011). Sama gradnja ne predstavlja največjo porabo energije, največ energije se porabi v času upravljanja, in sicer kar 90 % celotne energije, ki je povezana z življenjskim ciklom stavb (Citherlet, 2007) in (Newsham, 2009).

V Evropi poraba energije za upravljanje stavb predstavlja kar 42 % vse porabljene energije (Nelson, 2002). Zato so tudi izpusti ogljikovega dioksida, ki jih povzročijo stavbe, kar med 35 in 40 % vseh povzročenih emisij. Posledično se na trgu pojavlja vedno več energijsko varčnih lesenih hiš. Direktiva Evropske unije št. 2012/27/EU zahteva od članic Evropske unije zmanjšanje porabe energije in izpustov ogljikovega dioksida, učinkovitejšo rabo energije in večjo porabo energije iz obnovljivih virov (Direktiva 2012/27/EU, 2012). Te zahteve Direktive Evropske unije lahko uresničimo z gradnjo z lesom in materiali naravnega izvora. Gradnja z

lesom in naravnimi materiali predstavlja gradnjo iz obnovljivih virov, predelava le teh pa pridela manj izpustov škodljivega ogljikovega dioksida v okolje (Sperzel, Trajnostna gradnja v Alpah, 2014).

Tabela 3: Izpusti CO₂ energentov na enoto kWh

ENERGENT	kg CO ₂ /kWh
Premog	0.330
Dizelsko gorivo	0.250
Kurilno olje	0.245
Bencin	0.240
Zemeljski plin	0.185
Lesni peleti	0.025

Vir: (Defra GHG, 2004)

V tabeli 3 so naštetih energenti in količine izpustov ogljikovega dioksida od največjega proti najmanjšemu (enota kg CO₂/kWh).

9.1 U-vrednost

U-vrednost oziroma koeficient toplotnega prehoda je gradbenofizikalna enota za vrednotenje toplotnih izgub. Je količina toplote, ki v 1 uri prodre skozi 1 m² površine materiala pri temperaturni razliki 1 °C ali K (kelvin) med notranjim in zunanjim prostorom. Enota je W/m²K. Boljša je izolativnost materiala in manjše so izgube toplote, nižja je U-vrednost. Koeficient toplotnega prehoda je odvisen od toplotne prevodnosti in trdnosti gradbenih materialov. Enota toplotne prevodnosti λ (grška črka lambda) gradbenih elementov je W/mK in izraža količino toplote, ki v 1 uri steče skozi 1 m² določene snovi debeline 1 metra pri temperaturni razliki 1 K. Toplotna izolativnost je povezana s potrebami po ogrevalni energiji. Manj izolativni so gradbeni elementi ovoja stavbe, več ogrevalne energije je potrebne, da v stavbi vzdržujemo stalno temperaturo (Sperzel, Energijsko učinkovite hiše iz lesa regionalnega izvora na področju Alp, 2004).

9.2 Siva energija v gradbenih materialih

»Gradbeništvo je v praktično vseh državah v bruto nacionalnem dohodku udeleženo z vsaj desetimi odstotki, hkrati pa je poraba materialov, surovin in energije ter količina odpadkov v celotni življenjski dobi objektov celo 40 % vseh svetovnih količin« (Kunič, 2012). Zato se moramo posvečati zmanjšanju porabe surovin, skrbi za okolje, zmanjševanju rabe neobnovljivih virov energije, odpadkom in recikliranju.

Čez čas se je gradnja močno spreminjala. Človek je za gradnjo bivališč uporabljal, kar je bilo takrat na razpolago. Zato je bila nekoč gradnja prilagojena gradbenim materialom. Danes z razvojem industrije, kemije in znanosti izdelujemo materiale, ki smo jim lastnosti spremenili v tej meri, da smo jih prilagodili sebi. Tako se dnevno pojavljajo novi umetni materiali. Za potrebe diplomskega dela sem materiale razdelila v dve skupini: naravne in umetne.

9.3 Konstrukcijski materiali

9.3.1 Beton

Pri izdelavi armiranega betona ima velik vpliv na porabljeno energijo stopnja armiranja in dodatki (plastifikatorji, retarderji in vodoodpornostni dodatki), zato se gradnje takih konstrukcij izogibamo. V primerjavi z običajnim portlandskim cementom poznamo danes cementne izdelke, ki imajo tudi do 80 % manjšo pridelavo sive energije in izpust ogljikovega dioksida.

Reciklirani beton in navadni beton se po vsebnosti sive energije ne razlikujeta veliko, saj ima priprava granulata za beton (mešanega odpadnega granulata, ki nastaja pri rušenju) in recikliranega kremenčevega peska podobno porabo energije kot pridobivanje in priprava osnovnih sestavin (pesek, cement, gramoz). Razlika med navadnim in recikliranim betonom je v manjši porabi naravnih virov gramoza. Pri lahkem betonu daje največji del sive energije izdelava stiropora (Sperzel, Trajnostna gradnja v Alpah, 2014).

Tabela 4: Poraba energije za izdelavo betona

MATERIAL	PEI nr (MJ/kg)
Lahki beton z EPS	3.74
Betonski opažni elementi (2 vol. % jekla)	1.85
Armirani beton (2 vol. % jekla)	1.55
Nearmiran in recikliran beton	0.85

Vir: (Sperzel, Energijsko učinkovite hiše iz lesa regionalnega izvora na področju Alp, 2004)

V tabeli 4 je prikazana poraba energije za proizvodnjo različnih vrst betonov. Največ energije je treba za proizvodnjo lahkega betona zaradi dodatka ekspandiranega polistirena, najmanj energije pa za proizvodnjo nearmiranega betona, ki ne vsebuje jekla, zato je poraba toliko manjša.

9.3.2 Zidaki

Največji delež sive energije pri večini zidakov predstavlja proces žganja in sušenja. Žganje opečnih zidakov, odpornih na zmrzal, poteka pri temperaturi 1100 °C, vsi ostali gradbeni elementi se žgejo pri temperaturi 800 do 1100 °C. Najmanj sive energije pridelajo opeke iz peščenega apnenca, ki ga žgejo pri temperaturi 200 °C. Poznamo zidake iz različnih materialov (beton, apneni peščenec, plinski beton, ilovica, ekspandirana glina). Katerega bomo izbrali, je odvisno od zahtev nosilnosti in potreb po toplotni in zvočni izolaciji. Nežgani zidaki se danes sušijo tehnično, zato največji del sive energije pri teh predstavlja sušenje, naravno sušenih gradbenih elementov je vedno manj (Sperzel, Trajnostna gradnja v Alpah, 2014).

Tabela 5: Poraba energije za izdelavo zidakov

MATERIAL	PEI nr (MJ/kg)
Plinobetonski zidak	4.72
Opečnati zidak	2.39-3.08
Zidaki iz apnenega peščenca	0.96
Nežgani zidak (naravno sušen)	0.14-0.26

Vir: (Sperzel, Energijsko učinkovite hiše iz lesa regionalnega izvora na področju Alp, 2004)

V tabeli 5 sem prikazala porabo energije za izdelavo zidakov. Največ sive energije v primeru zidakov predstavlja sušenje, ki je danes večinoma tehnično.

9.3.3 Lesena tvoriva

»Les je okolju prijazen in edini obnovljivi gradbeni material z izjemno čistim življenjskim ciklom. Ima ugodno razmerje med gostoto in trdnostjo, visoko površinsko temperaturo, nizko toplotno prevodnost, dobro akustiko in dobre elastične lastnosti« (Kitek Kuzman M., Energijsko varčna lesena gradnja v Sloveniji, 2011).

Iz ekološkega vidika je uporaba lesa in lesnih tvoriv zelo zaželena. Pri žaganem lesu ločimo med naravnim in tehničnim sušenjem. Sušilno toploto pridobivamo s sežiganjem odpadkov, ki nastanejo v procesu žaganja lesa. Tu sive energije ni. Največ sive energije prispevajo veziva (približno 30 %), ki se uporabljajo pri izdelavi lepljencev in trislojnih plošč. Pri uporabi tujih vrst lesa se siva energija poveča, predvsem zaradi transporta (Sperzel, Energijsko učinkovite hiše iz lesa regionalnega izvora na področju Alp, 2004) in (Sperzel, Trajnostna gradnja v Alpah, 2014).

Tabela 6: Poraba energije za predelavo lesnih tvoriv

MATERIAL	PEI nr (MJ/kg)
Trislojne plošče	7.5
Iverne plošče	5.3-9.3
Žagani les (tehnično sušen)	2.2-3.2
Žagani les (naravno sušen)	1.7

Vir: (Sperzel, Energijsko učinkovite hiše iz lesa regionalnega izvora na področju Alp, 2004)

Tabela 6 vsebuje podatke o porabi energije za predelavo lesenih tvoriv. Največ sive energije v teh primerih predstavljajo veziva, pri tujih vrstah lesa transport.

9.3.4 Toplotnoizolacijski materiali

Toplotno izolacijo vgrajujemo predvsem zaradi toplotnih izgub med ogrevalno sezono in med pregrevanjem bivalnih prostorov med poletnimi meseci, predstavlja tudi dobro zvočno izolacijo. Debeli sloj izolacije ustvari kakovostne pogoje za bivanje v prostorih in zmanjša stroške v kurilni sezoni.

Toplotnoizolacijske materiale razvršča Eko sklad v tri skupine. Eko sklad je okoljski javni zavod, ki na področju gradbeništva ponuja pridobitev subvencij iz sklada nepovratnih sredstev in ugodna posojila za ukrepe rabe obnovljivih virov energije in učinkovitejše rabe energije. Med te ukrepe štejemo vgradnjo toplotne črpalke, menjavo zastarelih kurilnih naprav, dodatno toplotno izolacijo stavb, menjavo starega stavbnega pohištva in podobne ukrepe, ki zmanjšajo rabo energije. Prva skupina so toplotno izolacijski materiali naravnega izvora iz obnovljivih virov (ovčja volna, slama, konoplja, trstika, lan, pluta, lesena vlakna, celulozni kosmiči, bombaž ipd.). Ti so še posebej okolju prijazni, potrebujejo manj energije za izdelavo in njihovo odstranjevanje ne predstavlja velikega okoljskega bremena. Druga skupina so toplotno izolacijski materiali mineralnega izvora (mineralna volna, penjeno steklo ipd.). Tretja skupina so toplotno izolacijski materiali

sintetičnega in ostalega izvora (penjeni polistiren, ekspandirani polistiren ...) (Kunič, 2012) in (Valenčič, 2013).

Tabela 7: Poraba energije za predelavo toplotnoizolacijskih materialov

	MATERIAL	PEI nr (MJ/kg)
MATERIALI NARAVNEGA IZVORA IZ OBNOVLJIVIH VIROV	Lesena vlakna	20.0
	Celulozna vlakna	3.6
	Pluta	12.7
	Ovčja volna	16.5
MATERIALI UMETNEGA IZVORA	Ekspandirani polistiren EPS	119.0
	Penjeno steklo	59.0
	Steklena volna	41.0
	Kamena volna	15.7

Vir: (Sperzel, Energijsko učinkovite hiše iz lesa regionalnega izvora na področju Alp, 2004)

V tabeli 7 so predstavljene vrednosti sive energije za različne toplotnoizolacijske materiale naravnega, mineralnega in sintetičnega izvora. Najnižje vrednosti pripadajo naravnim materialom. Umetnim materialom pa pripišemo višje vrednosti sive energije predvsem zaradi daljše proizvodnje.

9.4 Gradbeni elementi in siva energija

Gradbene proizvode izbiramo z mislijo na optimalno uporabo v stavbi ali gradbenem elementu. Pri načrtovanju je treba upoštevati vzdrževanje, servisiranje, razgradnjo izbranih materialov in seveda tudi nizke vrednosti sive energije. Optimalno načrtovanje pa vključuje tudi upoštevanje zahtev po zaščiti pred hrupom, zračni tesnosti, vetrni tesnosti in preprečevanju toplotnih mostov. Pri takem načrtovanju je mogoče privarčevati veliko vgrajene sive energije, če uporabljamo obnovljive proizvode lokalnega izvora (npr. slama, les, lan, konoplja) (Sperzel, Trajnostna gradnja v Alpah, 2014).

Tabela 8: Okvirni podatki o sivi energiji gradbenih elementov

GRADBENI ELEMENTI	PEI nr (MJ/m³)
Zunanja stena	600-1200
Lahka notranja mavčna stena	350-550
Ravna streha	1500-2300
Poševna streha	600-1200
Strop	500-800
Okenski okvirji	1100-4100
Zasteklitev	300-600

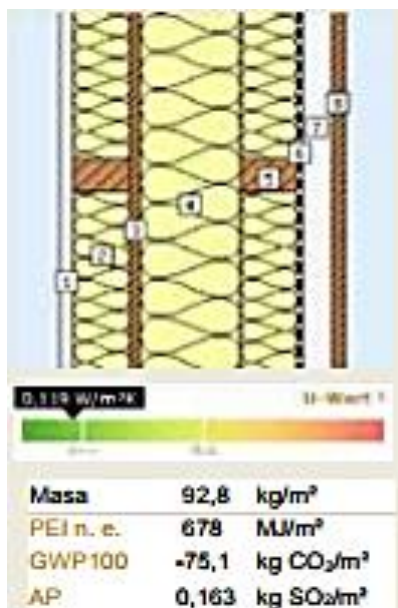
Vir: (Sperzel, Trajnostna gradnja v Alpah, 2014)

Tabela 8 prikazuje porabo energije osnovnih gradbenih elementov, kamor poleg sten sodijo še streha, okna in talna konstrukcija. Vsem je skupna sestava iz več različnih plasti materialov, poleg tega pa vsi elementi razmejujejo zunanje okolje z notranjimi prostori. V življenjski dobi stavbe predstavlja največjo porabo energije ogrevanje, zato je pravilna izbira toplotne izolacije smiselna.

9.4.1 Zunanje stene

Kot dober primer gradnje zunanjih sten prikažemo primerjavo med leseno steno z naravnimi izolacijskimi materiali in opečnato steno s toplotno izolacijo iz steklene volne. Koeficient toplotne prevodnosti za oba primera ustreza pasivnim standardom, ogromna razlika pa je v vsebnosti sive energije (Sperzel, Trajnostna gradnja v Alpah, 2014).

PRIMER 1: zunanja stena – leseni opazni nosilec, prezračevana



Slika 1: Zunanja stena - leseni opazni nosilec, prezračevana

Vir: (Sperzel, Trajnostna gradnja v Alpah, 2014)

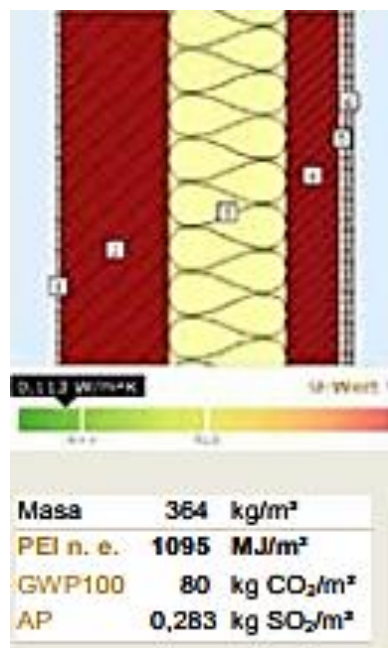
Tabela 9: Primarna energija iz neobnovljivih virov energije, prikazana na primeru lahke stene v pasivnem standardu

	SLOJ	d (cm)	λ (W/mK)	PEI nr (MJ/m ²)
1	Mavčno vlaknena plošča	2.5	0.27	160
2a	90 % izolacijske klobučevine (ovčja volna)	10.0	0.04	53
2b	10 % lesa (iglavec, neobdelan, zračno suh)	10.0	0.12	10
3	OSB plošča	1.8	0.13	94
4a	83 % izolacijske plošče (konoplina vlakna)	18.0	0.04	151
4b	17 % lesa (iglavec, neobdelan, zračno suh)	18.0	0.12	41
5a	90 % izolacijske plošče (konoplina vlakna)	10.0	0.04	90
5b	10 % lesa (iglavec, neobdelan, zračno suh)	10.0	0.12	14
6	Vetrna zapora iz polistirena, difuzijsko odprta	0.01	0.50	7
7a	85 % zračna plast, mirujoča, horizontalen prehod toplote	5.0		0
7b	15 % lesa (iglavec, neobdelan, zračno suh)	5.0	0.12	8
8	Les (iglavec, skobljan, tehnično suh)	2.5	0.12	49

Vir:(Sperzel, Trajnostna gradnja v Alpah, 2014)

Slika 1 prikazuje prerez lesenega opažnega nosilca z naravno izolacijo in količine sive energije, ogljičnega odtisa in potencial zakisanja. Tabela 9 prikazuje sestavo te stene, debelino posameznih komponent (d), njihovo toplotno prevodnost (λ) in porabo primarne energije iz neobnovljivih virov energije (PEI nr).

PRIMER 2: Zunanja stena iz opeke, dvolupinska



Slika 2: Zunanja stena iz opeke, dvolupinska

Vir:(Sperzel, Trajnostna gradnja v Alpah, 2014)

Tabela 10: Primarna energija iz neobnovljivih virov energije, prikazana na primeru zidane stene v pasivnem standardu

	SLOJ	d (cm)	λ (W/mK)	PEI nr (MJ/m ²)
1	Apneno-cementni ometi	1.5	1.00	37
2	Porozna votličava opeka	25.0	0.25	459
3	Steklena volna	28.0	0.04	324
4	Porozna votličava opeka	12.0	0.25	220
5	Apneno-cementni omet	1.7	1.0	42
6	Silikatni omet	0.19	0.8	13

Vir:(Sperzel, Trajnostna gradnja v Alpah, 2014)

Slika 2 prikazuje prerez zunanje stene iz opeke in izolacijo iz steklene volne ter količine sive energije, ogljičnega odtisa in potencial zakisanja, ki ga izdelava takega prereza pridela. Nanjo se navezuje tabela 10, ki prikazuje sestavo zunanje stene, debelino posameznih komponent (d), njihovo toplotno prevodnost (λ) in porabo primarne energije iz neobnovljivih virov energije (PEI nr).

Če rezultate PRIMER 1 in PRIMER 2 strnem v tabeli, dobim:

Tabela 11: Primerjava primarne energije iz neobnovljivih virov energije med lahko in zidano steno v pasivnem standardu

	PRIMER 1	PRIMER 2
PEI nr (siva energija)	678	1095
GWP100 (ogljčni odtis)	-75.1	80
AP (potencial zakisanja)	0.163	0.283

Vir: (Lasten vir, 2017)

Kot vidimo iz tabele 11, pridela PRIMER 1 manj sive energije, PRIMER 2 je ima vgrajene za 38 % več. Najbolj pa nam pade v oči druga vrstica – ogljični odtis. Primer z lesom in naravnim toplotnim izolacijskim materialom ima negativni ogljični odtis. Tudi potencial zakisanosti ima manjši.

9.4.2 Okna

Pri izdelavi lesenega okenskega okvira je vsebnost sive energije do trikrat manjša, kot okvirja iz umetne snovi z aluminijasto masko. Siva energija zasteklitve je v primerjavi z okvirji oken nizka, manjše dodatne stroške energije povzroči polnjenje z argonom (Sperzel, Trajnostna gradnja v Alpah, 2014).

Tabela 12: Lastnosti okenskih okvirov in zasteklitve

OKENSKI OKVIRJI	PEI nr (MJ/m³)
Les (običajna izvedba)	1.130
Les/aluminij (običajna izvedba)	1.610
Les (izvedba po pasivnem standardu)	1.680
Les/aluminij (izvedba po pasivnem standardu)	2.230
PVC (običajna izvedba)	3.290
PVC (izvedba po pasivnem standardu)	3.680
Aluminij (običajna izvedba)	3.780
PVC + aluminijasta maska (običajna izvedba)	4.070
Zasteklitve	
Dvojna termoizolacijska stekla z nanosom	314
Trojna termoizolacijska stekla z nanosom	534

Vir:(Sperzel, Trajnostna gradnja v Alpah, 2014)

Tabela 12 prikazuje potrebno energijo za izdelavo različnih okenskih okvirjev in zasteklitve.

10 ANALIZA PORABE SIVE ENERGIJE NA PRIMERU VZORČNE KLASIČNE HIŠE IN LESENE SKELETNE HIŠE S SLAMNATO IZOLACIJO

Primerjala sem dve nizkoenergijski hiši, enakih dimenzij in enako računsko letno porabo energije. Prva je zgrajena iz opeke, z izolacijo iz ekspandiranega polistirena, druga iz skeletne lesene konstrukcije s slamnato izolacijo.

Za obe hiši veljajo enaki koeficienti toplotne prevodnosti. Toplotne koeficiente za vzorčno klasično hišo sem izračunala s pomočjo računalniškega programa URSA, v sklopu gradbene fizike. Za natančnejši izračun izpustov ogljikovega dioksida oziroma sive energije sem te koeficiente povzela tudi pri leseni skeletni hiši s slamnato izolacijo.

Tabela 13: U-vrednosti vzorčne klasične hiše

GRADBENI ELEMENT	U (W/m ² K)
Tla na terenu	0.350
Zunanja stena	0.280
Okna (okvir + zasteklitev)	1.300
Vrata	1.600
Ravna streha	0.200

Vir: (Lasten vir, 2017)

V tabeli 13 so prikazane U-vrednosti vzorčne klasične hiše, izračunane s pomočjo računalniškega programa URSA.

10.1 Vzorčna klasična hiša

Obravnavano vzorčno klasično hišo in njene karakteristike sem opisala v poglavju 3: Podatki o objektu in njegovih značilnostih.

Zunanji zid z izolacijo iz ekspandiranega polistirena



Slika 3: Prečni prerez zunanje stene z izolacijo iz ekspandiranega polistirena

Vir: (Baubook, 2011)

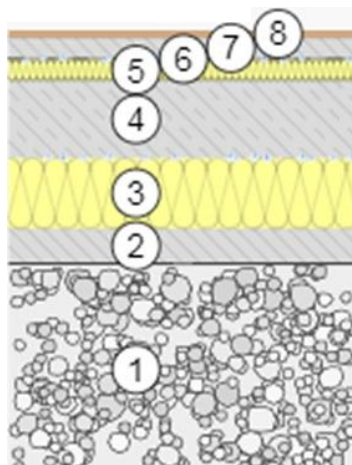
Slika 3 prikazuje prečni prerez zunanje stene vzorčne klasične hiše. Na sliko se navezuje tabela 14, ki vsebuje sestavo stene, debelino posameznih komponent, njihovo gostoto in porabo primarne energije.

Tabela 14: Zunanji zid z izolacijo iz ekspandiranega polistirena

	MATERIAL	DEBELINA (cm)	GOSTOTA (kg/m ³)	PEI (MJ/kg)
1	Notranji omet	2.00	1.900	0.45
2	Opeka npr. Porotherm	25.00	1.400	2.39
3	TI/fasadni EPS	20.00	35.00	119.00
4	Zaključni fasadni sloj	1.00	1.400	34.60
U-vrednost preseka: 0.280 W/m ² K				
Vrednost vgrajene sive energije: 289 MJ				

Vir: (Baubook, 2011)

Talna temeljna plošča



Slika 4: Prečni prerez talne temeljne plošče

Vir: (Baubook, 2011)

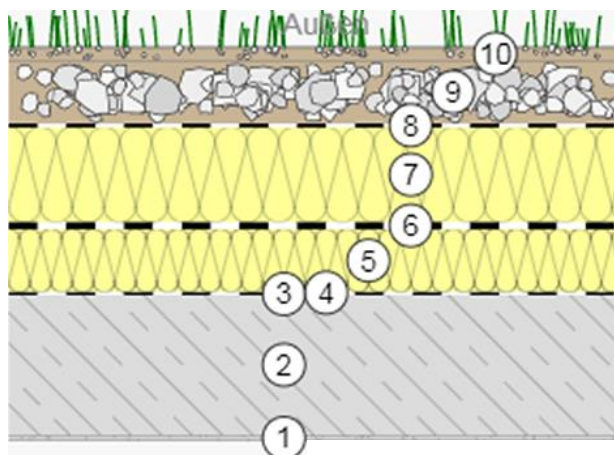
Slika 4 prikazuje prečni prerez talne temeljne plošče vzorčne klasične hiše. Na sliko se navezuje tabela 15, ki vsebuje sestavo temeljne talne plošče, debelino posameznih komponent, njihovo gostoto in porabo primarne energije.

Tabela 15: Talna temeljna plošča

	MATERIAL	DEBELINA (cm)	GOSTOTA (kg/m³)	PEI (MJ/kg)
1	Gramoz	60.00	2.200	
2	Podložni beton	10.00	2.200	0.85
3	TI/zvočna izolacija/XPS	20.00	40	86.00
4	AB talna plošča	25.00	2.500	1.85
5	Sistemske plošče EPS	6.00	30	119.00
6	Polietilenska folija 1000	0.20	1000	86.00
7	Cementni estrih	6.00	2.200	1.09
8	Tlaki	2.00	700	24.80
U-vrednost preseka: 0.200 W/m ² K				
Vrednost vgrajene sive energije: 1789.2 MJ				

Vir: (Baubook, 2011)

Ravna streha



Slika 5: Prečni prerez ravne strehe

Vir: (Baubook, 2011)

Slika 5 prikazuje prečni prerez ravne strehe vzorčne klasične hiše. Na sliko se navezuje tabela 16, ki vsebuje sestavo ravne strehe, debelino posameznih komponent, njihovo gostoto in porabo primarne energije.

Tabela 16: Ravna streha

	MATERIAL	DEBELINA (cm)	GOSTOTA (kg/m³)	PEI (MJ/kg)
1	Podaljšana apnena malta	2.00	1.700	1.65
2	Beton	22.00	2.500	1.85
3	Polietilenska folija 1000	0.02	1000	86.00
4	Parna zapora	0.17	1.330	92.00
5	XPS	10.00	30	107.00
6	Bitumen	0.30	1.100	48.90
7	XPS	30.00	30	107.00
8	Geotekstil	0.20	100	56.00
9	Zaraščeno zemljišče, humus	12.00	1.700	
U-vrednost preseka: 0.350 W/m ² K				
Vrednost vgrajene sive energije: 1393.2 MJ				

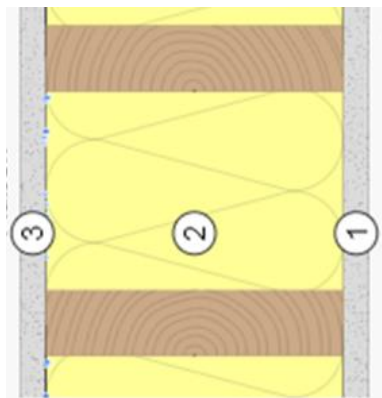
Vir: (Baubook, 2011)

10.2 Lesena skeletna hiša s slamnato izolacijo

Primerjalna hiša prav tako ustreza vsem zahtevam standarda PURES 2010 (Uradni list RS, št. 52, 2010).

Talna konstrukcija leži na točkovnih temeljih, ker naravni materiali ne smejo biti v stiku z zemljino zaradi vlage. Konstrukcija je sestavljena iz lesenih tramov, med katere so zložene bale, podeskana z zunanje in notranje strani, zgoraj je preko položen še ladijski pod. Zunanji zid je sestavljen iz lesenega skeleta, izolacijo sestavljajo bale slame. Hiša je z notranje strani ometana z ilovnatim ometom, z zunanje z apnenim. Parne zapore in folije niso potrebne, ker je tak zid dovolj difuzijsko odprt.

Zunanji zid z izolacijo iz slamnatih bal



Slika 6: Prečni prerez zunanjega zida z izolacijo iz slamnatih bal

Vir: (Baubook, 2011)

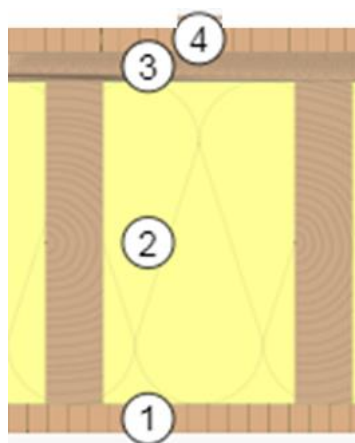
Slika 6 prikazuje prečni prerez zunanjega zida lesene skeletne hiše s slamnato izolacijo. Na sliko se navezuje tabela 17, ki vsebuje sestavo zunanjega zida, debelino posameznih komponent, njihovo gostoto in porabo primarne energije.

Tabela 17: Zunanji zid z izolacijo iz slamnatih bal

	MATERIAL	DEBELINA (cm)	GOSTOTA (kg/m³)	PEI (MJ/kg)
1	Ilovnati omet	4.00	1500	0.49
2	Slamnate bale	36.50	120	0.18
	Žagan les	36.50	450	0.72
3	Apneni omet	4.00	1400	1.55
U-vrednost preseka: 0.278 W/m ² K				
Vrednost vgrajene sive energije: 134 MJ				

Vir: (Baubook, 2011)

Talna konstrukcija z izolacijo iz slamnatih bal



Slika 7: Talna konstrukcija z izolacijo iz slamnatih bal

Vir: (Baubook, 2011)

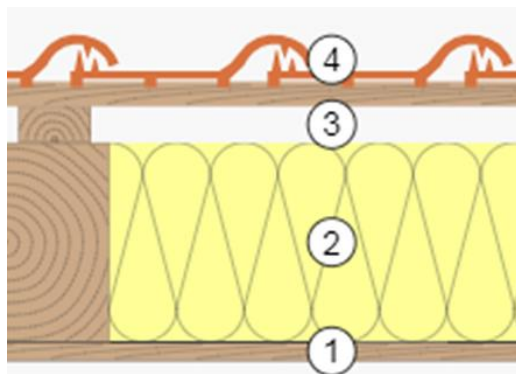
Slika 7 prikazuje prečni prerez talne konstrukcije lesene skeletne hiše s slamnato izolacijo. Na sliko se navezuje tabela 18, ki vsebuje sestavo talne konstrukcije, debelino posameznih komponent, njihovo gostoto in porabo primarne energije.

Tabela 18: Talna konstrukcija z izolacijo iz slamnatih bal

	MATERIAL	DEBELINA (cm)	GOSTOTA (kg/m ³)	PEI (MJ/kg)
1	Lesene deske	2.50	500	0.72
2	Slamnate bale	48.00	120	0.18
	Tramovi	48.00	450	0.72
3	Lesene deske	2.50	500	0.72
5	Kmečki pod	3.00	600	3.21
U-vrednost preseka: 0.199 W/m ² K				
Vrednost vgrajene sive energije: 102.6 MJ				

Vir: (Baubook, 2011)

Strešna konstrukcija z izolacijo iz slamnatih bal



Slika 8: Strešna konstrukcija z izolacijo iz slamnatih bal

Vir: (Baubook, 2011)

Slika 8 prikazuje prečni prerez strešne konstrukcije lesene skeletne hiše s slamnato izolacijo. Na sliko se navezuje tabela 19, ki vsebuje sestavo strešne konstrukcije, debelino posameznih komponent, njihovo gostoto in porabo primarne energije.

Tabela 19: Konstrukcija z izolacijo iz slamnatih bal

	MATERIAL	DEBELINA (cm)	GOSTOTA (kg/m ³)	PEI (MJ/kg)
1	Lesen opaz	2.50	500	3.21
2	Slamnate bale	47.50	120	0.18
	Tramovi	47.50	450	0.72
3	Špirovci	2.50	450	0.72
4	Letev + kritina	7.00	500	0.93
U-vrednost preseka: 0.350 W/m ² K				
Vrednost vgrajene sive energije: 115.8 MJ				

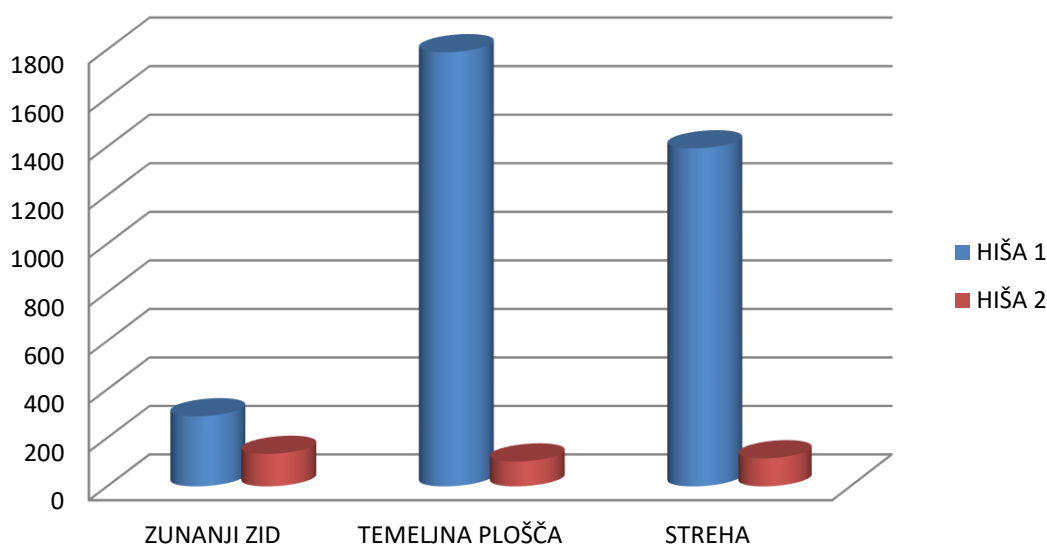
Vir: (Baubook, 2011)

11 PRIMERJAVA VGRAJENE SIVE ENERGIJE MED GRADBENIMI MATERIALI ELEMENTOV VZORČNE KLASIČNE HIŠE IN SKELETNE LESENE HIŠE S SLAMNATO IZOLACIJO

S primerjavo gradbenih elementov sem prikazala precejšnja odstopanja med umetnimi in naravnimi gradbenimi materiali.

Kot sem prikazala na prejšnjih straneh (od 57 do 63), sem za primerjavo izbrala osnovne gradbene elemente – zunanji zid, temeljno ploščo in streho.

Za lažjo predstavo sem podatke o vgrajeni energiji prikazala z grafom. Pojem HIŠA 1 predstavlja vzorčno klasično hišo, grajeno s pretežno umetnimi materiali in je v grafikonu prikazana z modro barvo. HIŠA 2 pa je lesena skeletna hiša s slamnato izolacijo in v grafikonu prikazana z rdečo barvo.



Grafikon 1: Primerjava vgrajene sive energije med gradbenimi materiali elementov vzorčne klasične hiše in skeletne lesene hiše s slamnato izolacijo

Vir: (Lasten vir, 2017)

Iz grafikona je precej očitno razvidno, da je v umetnih materialih vgrajeno nekajkrat več sive energije, kot pri naravnih, kar pomeni tudi, da je potreba po

primarni energiji pri umetnih materialih večja, kot pri naravnih. Zanimiva primerjava je predvsem prva, pri zunanjem zidu. Ker je zid pri HIŠI 1 zidan iz opeke debeline 25 cm, ki jo prištevamo med naravne materiale, in samo izoliran z umetnim materialom, je v primerjavi z lesom in slamo potreboval precej manj vgrajene sive energije, kot gradbena elementa temeljna plošča in streha, ki vsebujeta veliko armiranega betona in umetne izolacije.

12 SKLEP

Večina se nas zaveda, da zaloge fosilnih goriv niso neomejene in bodo slej ko prej izčrpane, vprašanje, ki ostaja odprto, je le, kdaj bo to. Znanstveniki, ki se ukvarjajo s klimatologijo, so prepričani, da so prav izpusti ogljikovega dioksida, ki so povezani z zgorevanjem fosilnih goriv, poglavitni razlog za nastanek podnebnih sprememb in naraščanje temperature. Zdaj smo na vrsti mi, treba je opredeliti ukrepe, ki bodo prispevali k zmanjšanju izpustov ogljikovega dioksida.

V gradbeništvu lahko veliko naredimo sami, predvsem pri novogradnjah, z izbiro pravih in energetsko učinkovitih gradbenih materialov ter smotrno izbiro možnosti ogrevanja. Ampak, da lahko stavbo ocenimo z ekološkega vidika, moramo sešteti vse stroške energije, ki so potrebni za njeno gradnjo, obratovanje in odstranitev. Znano je, da je gradnja ali sanacija objekta velik finančni zalogaj. Če se za gradnjo ali sanacijo objekta odločimo, so nam v veliko finančno pomoč denarne subvencije, ki jih za pravilno in učinkovito izbiro materialov podeljuje Eko sklad. Z njihovo pomočjo izberemo materiale, ki so energetsko zadostno učinkoviti. Z ustrezno vgradnjo pa lahko pozitivno prispevamo k skrbi za čisto okolje. Danes se gradijo hiše, pri katerih je poraba energije za gradnjo in obratovanje tako nizka, da imajo objekti pozitivno energijsko bilanco. Če gradimo v nasprotju z energetsko učinkovitimi objekti energijsko neučinkovite, ima to negativne posledice na porabo energije in obremenitev okolja v prihodnosti, zaradi velikih izpustov ogljikovega dioksida.

V diplomskem delu sem primerjala izpuste ogljikovega dioksida vzorčne klasične hiše in lesene skeletne hiše s slamnato izolacijo. Dokazala sem, da raba lokalnih in naravnih gradbenih materialov znatno zmanjša količino izpustov ogljikovega dioksida. Primerjava vgrajene sive energije v različnih gradbenih materialih prikazuje precejšnja odstopanja med naravnimi in umetnimi gradbenimi materiali.

Kot prvo hipotezo sem zastavila vprašanje, ali res lesena skeletna hiša, izolirana s slamnato izolacijo, pridela manj izpustov ogljikovega dioksida, kot klasična vzorčna hiša. To trditev sem z izračuni in tabelami sprejela, kajti vrednosti vgrajene sive energije so pri leseni skeletni hiši precej manjše kot pri vzorčni

klasični hiši. Razlika je v vseh treh gradbenih elementih. Zunanji zid klasične skeletne hiše vsebuje 289 MJ/kg vgrajene energije, zunanji zid skeletne lesene hiše s slamnato izolacijo pa 134 MJ/kg. Večja razlika se opazi pri strehi in talni konstrukciji. Talna temeljna plošča klasične vzorčne hiše vsebuje 1789 MJ/kg vgrajene energije, talna konstrukcija lesene skeletne hiše s slamnato izolacijo samo 102.6 MJ/kg. Isto je pri strešni konstrukciji, pri vzorčni klasični hiši je vrednost vgrajene energije 1393.2 MJ/kg, njej nasprotno vsebuje strešna konstrukcija lesene skeletne hiše s slamnato izolacijo samo 115.8 MJ/kg. Skupno so vgrajene vrednosti sive energije pri leseni skeletni hiši manjše za 3078.8 MJ/kg. To pomeni, da hiša grajena z lesom in slamo pridela 3078.8 MJ manj sive energije kot klasično grajena hiša. K manjšim vrednostim sive energije in izpustom ogljikovega dioksida pri naravnih materialih (les in slama) prispevajo predvsem dejstva, da gre za lokalne izdelke, da ne potrebujejo veliko predelave (les je treba razžagati in posušiti; če se suši tehnično, je izpust ogljikovega dioksida malo višji, slama ne potrebuje nobene obdelave) in da je transportna pot od izdelave oziroma predelave do vgradnje kratka. Isto velja tudi za trditev, da za umetne izolacijske materiale potrebujemo več proizvodne energije, kot za naravne. Tudi to trditev sem prikazala v tabelah in hipotezo sprejela, saj je PEI (primarna energija kot seštevek primarne energije iz obnovljivih in neobnovljivih virov), ki jo potrebujemo za izdelavo naravnih materialov, manjša kot primarna energija, ki jo potrebujemo za izdelavo umetnih materialov (podrobneje prikazano v tabeli 6).

V diplomskem delu sem dokazala, da pravilna izbira gradbenih materialov pozitivno vpliva na okolje, saj samo tako prispevamo k manjšim izpustom ogljikovega dioksida in bolj zdravemu okolju za naše življenje.

13 VIRI IN LITERATURA

Baubook. (2011). Prevezeto December 2017 iz Energieinstitut Vorarlberg in Österreichisches Institut für Baubiologie und Bauökologie (Baubook): www.baubook.at

Bribian, I. Z. (2011). Life cycle assessment of building materials: Comparative analysis of energy and environmental impacts and evaluation of the eco-efficiency improvement potential. *Building and Environment*, 46, 1133-1140.

Citherlet, S. D. (2007). Energy and environmental comparison of three variants of single family house during its whole life span. *Building and Environment*, 42, 591-598.

Defra GHG. (2004). Prevezeto December 2017 iz Defra GHG, Green house gas reporting - Conversions factors: <https://www.gov.uk/government/publications/greenhouse-gas-reporting-conversion-factors-2004>

Direktiva 2012/27/EU. (25. oktober 2012). Prevezeto December 2017 iz Direktiva 2012/27/EU Evropskega parlamenta in sveta. Uradni list Evropske unije: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/HTML/?>

Kitek Kuzman M., V. S. (2011). Energijsko varčna lesena gradnja v Sloveniji. *AR Arhitektura*, 29-34.

Kunič, R. T. (2012). *Ogljični odtis toplotnoizolacijskih materialov v toplotnem ovojju stavb*. Prevezeto December 2017 iz file:///D:/Prenosi/Ogljini_URN-NBN-SI-DOC-1L2N8UJP%20(1).pdf

Lasten vir. (December 2017).

Lesena hiša manj obremenjuje okolje. (22. oktober 2015). Prevezeto December 2017 iz <http://lesindom.eu/index.php/gradnja/izolacija/lesena-hisa-manj-obremenjuje-okolje/>

Nelson, W. (2002). Compressed Earth Blocks. (M. G. J. F. Kennedy, Ured.) *The Art of Natural Building*, 138-142.

Newsham, G. R. (2009). Do LEED - certified buildings save energy? Yes, but ... *Energy and Buildings*, 41, 897-905.

Sperzel, N. S. (15. december 2004). *Energijsko učinkovite hiše iz lesa regionalnega izvora na področju Alp*. Prevezeto December 2017 iz http://alpsknowhow.cipra.org/background_topics/alps_and_energy/pdfs/Climalp_Bericht_S.pdf

Sperzel, N. S. (April 2014). *Trajnostna gradnja v Alpah*. Prevezeto 2017 iz http://www.gbc-slovenia.si/wp-content/uploads/2012/07/140415_climalp_Modul2_SI.pdf

Uradni list RS, št. 34. (7. april 2008). Prevezeto December 2017 iz Uradni list RS, št. 34, Pravilnik o ravnanju z odpadki, ki nastanejo pri gradbenih : <https://www.uradni-list.si/glasilo-uradni-list-rs/vsebina/85864>

Uradni list RS, št. 43. (24. maj 2011). Prevezeto December 2017 iz Uradni list RS, št. 43, Uredba o vsebini in izdelavi načrtov zaščite in reševanja,: <https://www.uradni-list.si/glasilo-uradni-list-rs/vsebina/2011-01-2039?sop=2011-01-2039>

Uradni list RS, št. 52. (30. junij 2010). Prevezeto December 2017 iz Uradni list RS, št. 52, Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah: <https://www.uradni-list.si/glasilo-uradni-list-rs/vsebina/2010-01-2856?sop=2010-01-2856>

Uradni list RS, št. 54. (12. avgust 2016). Prevezeto December 2017 iz Priloga 3, Pomen izrazov in kratic objavljenih v odlokih, Uradni list RS, št. 54: https://www.uradni-list.si/files/RS_-2016-054-00008-OB~P003-0000.PDF

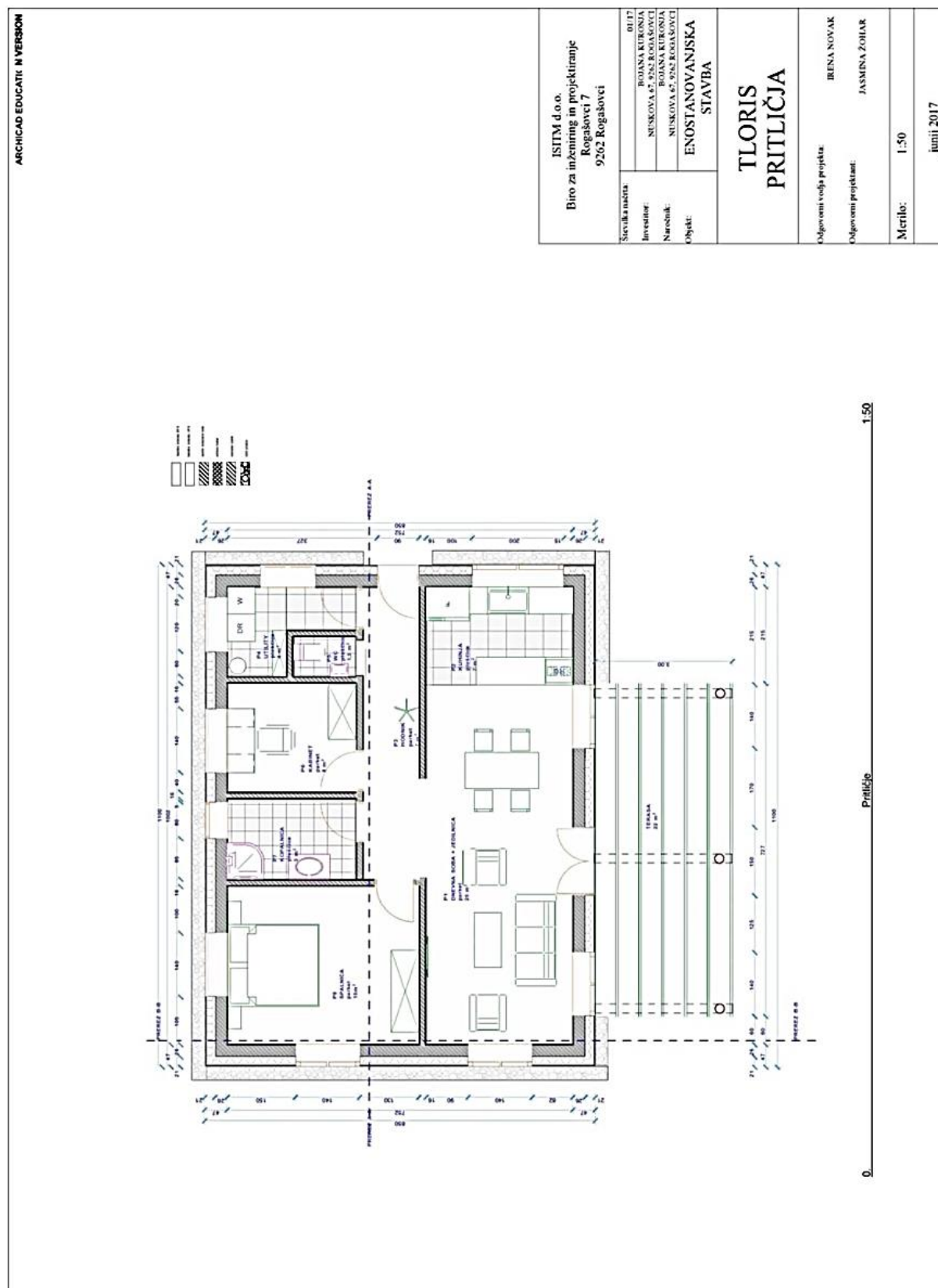
Uradni list RS, št. 55. (4. junij 2008). Prevezeto December 2017 iz Uradni list RS, št. 55, Pravilnik o projektni dokumentaciji: <https://www.uradni-list.si/glasilo-uradni-list-rs/vsebina/2008-01-2336?sop=2008-01-2336>

Uradni list RS, št. 66. (18. junij 2004). Prevezeto December 2017 iz Pravilnik o načinu označitve in organizacije ureditve gradbišča, o vsebini in načinu vodenja dnevnika o izvajanju del in o kontroli gradbenih konstrukcij na gradbišču : <https://www.uradni-list.si/glasilo-uradni-list-rs/vsebina/2004-01-2996/pravilnik-o-nacinu-oznacitve-in-organizaciji-ureditve-gradbisca-o-vsebini-in-nacinu-vodenja-dnevnika-o-izvajanju-del-in-o-kontroli-gradbenih-konstrukcij-na-gradbiscu>

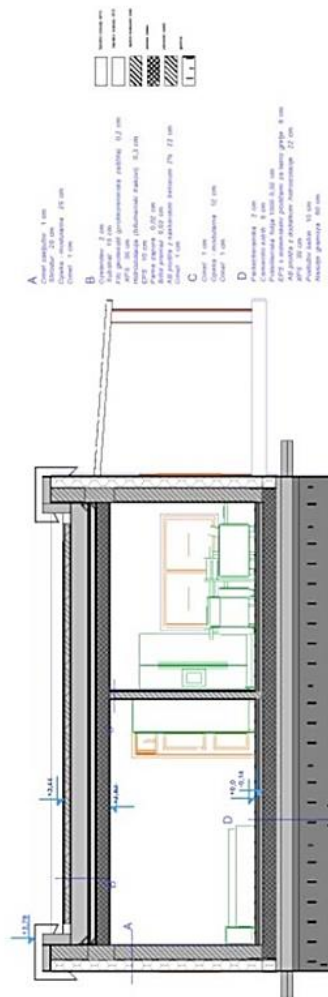
Uradni list RS, št. 100. (20. december 2012). Prevezeto December 2017 iz Uradni list RS, Odlok o Občinskem prostorskem načrtu Občine Rogašovci: <https://www.uradni-list.si/glasilo-uradni-list-rs/vsebina?urlurid=20123852>

Valenčič, M. (2013). *Izbira materialov za toplotno izolacijo stavb*. Prevezeto December 2017 iz http://www.zenergija.si/images/eges413_042-45-toplotna-izolacij

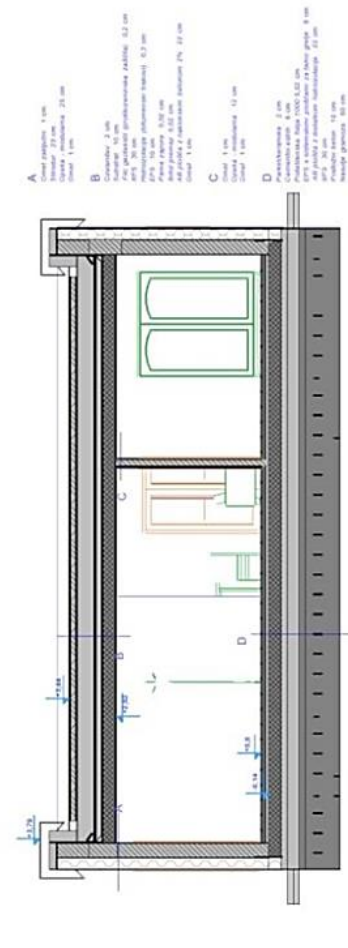
Priloga 1: Tloris pritličja



Priloga 2: Prereza A-A in B-B



	A-A	Prerez	1:50



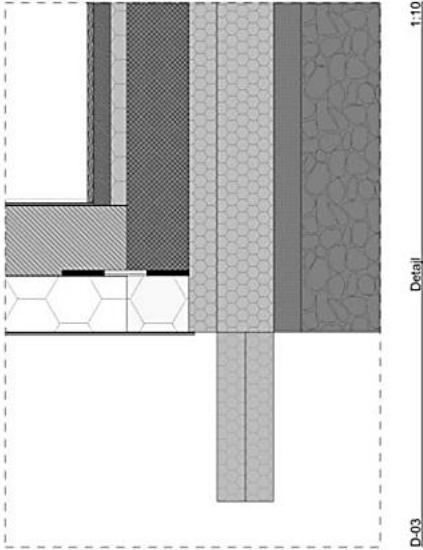
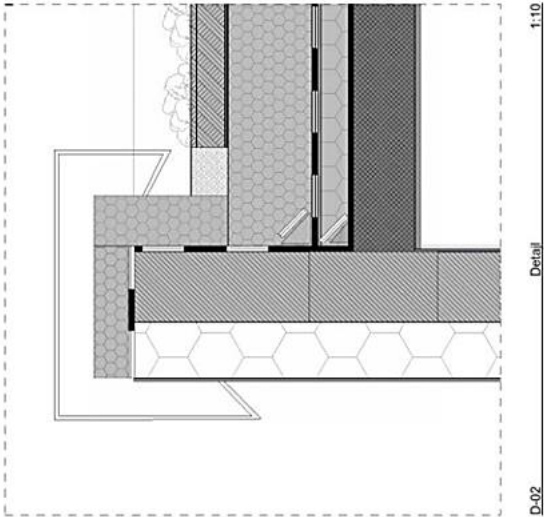
B-8	Perez	1.50
-----	-------	------

ISTIM d.o.o. Biro za inženiring in projektiranje Rogašovci 7 9262 Rogasovci		01.17 BOJANA KUROMA NUŠKOVA 67, 9262 ROGAŠOVCI BOJANA KUROMA NUŠKOVA 67, 9262 ROGAŠOVCI
Številka načrta: Investitor: Narudnik: Objekt:	ENOSTANOVANJSKA STAVBA	
PREZET A-A PREZET B-B		
Dolgoletni vodja projekta: Dolgoletni projektant:		IRENA NOVAK JASMINA ŽOLAR
Merilo:	1:50	
junij 2017		

Priloga 3: Fasade



Priloga 4: Detajli



ISTIM d.o.o. Biro za inženiring in projektiranje Rogašovci 7 9262 Rogašovci		01/17
Številka nabora:	BOJANA KURONJA	
Investitor:	NUSKOVA C. 7, 9262 ROGAŠOVCI	
Narobnik:	BOJANA KURONJA	
Objekt:	NUSKOVA C. 7, 9262 ROGAŠOVCI	
ENOSTANOVANJSKA STAVBA		
DETALJ STREHA DETALJ HI TLA		
Odgovorni vodja projekta:		IRENA NOVAK
Odgovorni projektant:		JASMINA ŽOHAR
Merilo:	1:50	
junij 2017		

Priloga 5: Gradbiščna tabla

VRSTA OBJEKTA:	ENOSTANOVANJSKA STAVBA
GRADBENO DOVOLJENJE:	Št.: 123-2017, UE Murska Sobota, datum: 8. 6.2017
INVENSTITOR:	Bojana Kuronja Nuskova 67 9262 Rogašovci
PROJEKTANTI:	ISITM,d.o.o.,Biro za inženiring in projektiranje, Rogašovci 7 9262 Rogašovci
ODGOVORNI PROJEKTANT:	Jasmina Žohar
ODGOVORNI VODJA PROJEKTA ZA PGD:	Irena Novak
ODGOVORNI VODJA PROJEKTA ZA PZI:	Irena Novak
IZVAJALEC DEL:	BK Inženiring, d.o.o. Smetanova ulica 18 2000 Maribor
ODGOVORNI VODJA DEL:	Milan Ropoša
NADZOR:	GN, d.o.o. Gospodsvetska ulica 16 2000 Maribor
ODGOVORNI NADZORNIK:	Nina Horvat

Priloga 6: Organizacija gradbišča



Priloga 7: Terminski načrt

