

# Ravni krovovi

---

**Zdolec, Maja**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2020**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University North / Sveučilište Sjever**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:174824>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-01**



*Repository / Repozitorij:*

[University North Digital Repository](#)





# Sveučilište Sjever

**Završni rad br. 407/GR/2020**

## **Ravni krovovi**

**Maja Zdolec, 1619/336**

Varaždin, rujan 2020. godine





# Sveučilište Sjever

**Odjel za Graditeljstvo**

**Završni rad br. 407/GR/2020**

## **Ravni krovovi**

**Student**

Maja Zdolec, 1619/336

**Mentor**

doc.dr.sc. Dražen Arbutina, dipl.ing.arh.

Varaždin, rujan 2020. godine



## **Zahvala**

Zahvaljujem se mentoru doc.dr.sc. Draženu Arbutini dipl.ing.arh. na savjetima, strpljenu, sudjelovanju te iskazanom povjerenju i konzultacijama tijekom izrade ovog završnog rada.

Ujedno se zahvaljujem i svim profesorima s odjela za graditeljstvo Sveučilišta Sjever na stečenom znanju i predanosti.

Na kraju veliko hvala mojim roditeljima što su mi omogućili studiranje s puno razumijevanja te mi bili velika podrška tijekom ovih godina studiranja kao i ostatak obitelji.

## **Sažetak**

U ovom završnom radu opisane su vrste ravnih krovova, izvođenje ravnih krovova te hidroizolacijski sustav kod ravnih krovova. Ideja ovog završnog rada je objasniti na jednostavan način izvedbu ravnih krovova, koja je njihova funkcija, koje su dobre strane ravnih krovova, dali je isplativo izvođenje ravnog krova, odvodnja s ravnog krova te ostale pojedinosti vezane za ravni krov. Ravni krovovi se dijele prema nagibu, prema rasporedu slojeva i prema namjeni ili prohodnosti, a u ovom radu će se najviše spominjati ravni krovovi prema namjeni ili prohodnosti.

**Ključne riječi:** ravni krovovi, hidroizolacijski sustav, izvođenje ravnog krova, odvodnja.

## **Summary**

This final paper describes the types of flat roofs, the construction of flat roofs and the waterproofing system for flat roofs. The idea of this final paper is to explain in a simple way the design of flat roofs, what is their function, what are the good sides of flat roofs, whether it is cost-effective construction of a flat roof and drainage from a flat roof. Flat roofs are divided according to the slope, according to the arrangement of layers and according to the purpose or passability, and in this paper flat roofs will be mostly mentioned according to the purpose or passability.

**Key words:** flat roofs, waterproofing system, flat roof construction, drainage.

## Popis korištenih kratica

<b>TI</b>	Toplinska izolacija (Termoizolacija)
<b>HI</b>	Hidroizolacija
<b>XPS</b>	Ekstrudirani polistiren
<b>EPS</b>	Ekspandirani polistiren
<b>PS</b>	Polistiren
<b>PP</b>	Polipropilen
<b>mm</b>	Milimetar
<b>cm</b>	Centimetar
<b>m</b>	Metar
<b>m<sup>2</sup></b>	Kvadratni metar
<b>PUR</b>	Poliuretan
<b>PE folija</b>	Polietilenska folija
<b>PES filc</b>	Poliesterska folija
<b>°C</b>	Celzijevi stupnjevi
<b>W</b>	Vat
<b>K</b>	Kelvin
<b>U</b>	Koeficijent prolaska topline
<b><math>\lambda</math></b>	Toplinski koeficijent provodljivosti
<b>UV</b>	Ultraljubičasto zračenje (eng. ultraviolet)
<b>PVC</b>	Poli(vinil – klorid)
<b>TPO</b>	Termoplastični poliolefin





# Prijava završnog rada

## Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL	Odjel za graditeljstvo		
STUDIJ	prediplomski stručni studij Graditeljstvo		
PRISTUPNIK	Maja Zdolec	MATIČNI BROJ	1619/336
DATUM	30.IX.2020.	KOLEGIJ	Završni radovi i instalacije u zgradama
NASLOV RADA	Ravni krovovi		
NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU	Flat roofs		
MENTOR	dr.sc. Dražen Arbutina	ZVANJE	docent
ČLANOVI POVJERENSTVA	1. prof.dr.sc. Božo Soldo		
	2. doc.dr.sc. Dražen Arbutina		
	3. Mirna Amadori, predavač		
	4. doc.dr.sc. Matija Orešković		
	5.		

## Zadatak završnog rada

BROJ	407/GR/2020
OPIS	

Pristupnik u radu treba

Prikazati principe za različita tehnička rješenja pri projektiranju ravnih krovova, te pripremiti određene tehničke nacрте u vidu karakterističnih detalja najčešćih rješenja pri izvedbi ravnih krovova.

U radu je potrebno obraditi slijedeće podnaslove:

1. Uvod
2. Općenito o krovovima i ravnim krovovima
3. Vrste ravnih krovova
4. Materijali za izvedbu slojeva u sustavu
5. Atmosferski i drugi fizikalni i funkcionalni utjecaji na izvedbu ravnih krovova
6. Sanacije ravnih krovova
7. Zaključak
6. Literatura

ZADATAK URUČEN 30.09.2020.

POTPIS MENTORA

SVEUČILIŠTE  
SJEVER



IZJAVA O AUTORSTVU  
I  
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, Maja Zdolec (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom Ravni krovovi (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:  
(upisati ime i prezime)

Zdolec Maja  
(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, MAJA ZDOLEC (ime i prezime) neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom RAVNI KROVOVI (upisati naslov) čiji sam autor/ica.

Student/ica:  
(upisati ime i prezime)

Zdolec Maja

# Sadržaj

1.	UVOD .....	1
2.	OPĆENITO O KROVOVIMA I RAVNIM KROVOVIMA.....	3
2.1.	Ravni krov kao sustav- slojevi i njihova uloga .....	3
3.	VRSTE RAVNIH KROVOVA .....	8
3.1.	Ravni krovovi prema poziciji slojeva u sustavu.....	8
3.2.	Ravni krovovi prema načinu korištenja .....	11
3.2.1.	<i>Prohodni ravni krov</i> .....	11
3.2.2.	<i>Neprohodni ravni krov</i> .....	14
3.3.	Specifične vrste ravnih krovova - Zeleni ravni krov .....	17
3.3.1.	<i>Intenzivni zeleni ravni krov</i> .....	18
3.3.2.	<i>Ekstenzivni zeleni ravni krov</i> .....	19
4.	MATERIJALI ZA IZVEDBU SLOJEVA U SUSTAVU .....	21
4.1.	Hidroizolacijski sloj u sustavu ravnih krovova .....	21
4.1.1.	<i>Hidroizolacija na bazi butumena</i> .....	21
4.1.2.	<i>Sintetičke hidroizolacijske trake</i> .....	22
4.2.	Sloj toplinske izolacije .....	23
4.2.1.	<i>Ekspandirani polistiren</i> .....	24
4.2.2.	<i>Ekstrudirani polistiren</i> .....	24
4.2.3.	<i>Mineralna vuna</i> .....	25
4.3.	Zaštitni i drugi slojevi ravnog krova .....	26
5.	ATMOSFERSKI I DRUGI FIZIKALNI I FUNKCIONALNI UTJECAJI NA IZVEDBU RAVNIH KROVOVA .....	28
5.1.	Toplinski mostovi.....	29
5.2.	Odvodnja s ravnog krova .....	31
6.	SANACIJE RAVNOG KROVA .....	36
7.	ZAKLJUČAK .....	38
8.	LITERATURA .....	39



# 1. UVOD

Ravni krovovi su jedinstvene cjelovite konstrukcije koje su sastavljene od niza slojeva različitih materijala i funkcija koje uz ulogu stropne konstrukcije posljednjeg kata moraju zaštititi građevine od vanjskih utjecaja. U mnogim građevinama krov je glavni element koji građevini daje poseban izgled. Glavna svrha krova je zaštititi zgradu ili kuću u svim vremenskim uvjetima s minimalnim održavanjem. Svaki krov mora biti dovoljno jak da izdrži jačinu vijetra kao i izdržljivost na snijeg. Ravni krovovi mogu imati različite funkcionalne slojeve i bitno je da slijed slojeva pruža odgovarajuću toplinsku izolaciju i zvučnu izolaciju. Toplinska izolacija štiti unutarnji prostor građevine od gubitka topline, a može se koristiti i za izvedbu nagiba za krovnu odvodnju. Kod hidroizolacije krova, tijek tečenja vode izveden je od strane hidroizolacije krova i vodootporno je.

Ravni krovi su stekli svoju popularnost u nekoliko zemalja, a krov je jedan od elemenata ovojnice zgrade na kojem se događaju većine toplinskih izmjena s vanjskim dijelom, što značajno utječe na toplinske performanse zgrade. Česti problemi kod ravnih krovova su nepravilna izvedba. Ravni krovovi zahtijevaju stručnu i preciznu izvedbu, a posljedica nepravilne izvedbe se kasnije teško mogu ispraviti bez nekih većih zahvata.

Povijest zelenih krovova započinje u skandinavskim zemljama, čiji su stanovnici često izgrađivali kuće ispod zemlje tako da su krovovi bili pokriveni naslagama mahovina. Urbanizacija zelenih krovova započeta je 60-ih godina u Njemačkoj, ona se počinje širiti na ostale zemlje među kojima na današnjoj fronti istraživanja (kao i subvencioniranja) stoje prve Kanada, pojedini gradovi unutra SAD-a, Švicarska i Njemačka. Danas se procjenjuje da 10% svih krovova u Njemačkoj je „ozelenjeno“.

Tijekom povijesti ravni krovovi su se uveliko mijenjali širom svijeta, a danas su ravni krovovi uveliki prihvaćeni u svijetu te njihov način izgradnje zbog napredovanja tehnologije i materijala. Danas je krov površina koja čini zajednički dio stambene jedinice te da svi stanari i korisnici stambene jedinice imaju pristup površini ravnog krova. U današnje vrijeme korištenje ravnih krovova regulira se mnogim pravilnicima i zakonima jer se neki ravni krovovi mogu koristiti te se na njima može boraviti a na nekima je zabranjen pristup svima osim stručnim osobama koje se bave održavanjem, sanacijama i sličnim stvarima koje ne spadaju u boravak na krovu radi odmora ili uživancije.

Ravni krov je najizloženiji dio građevine i trpi najveće temperaturne promjene pa je potrebno kod projektiranja pažnju posvetiti TI i HI.

Nekad se kao stari način izvođenja ravnih krovova podrazumijevalo korištenje bitumena kao hidroizolacijski materijal. Zbog nepovoljnih karakteristika bitumena, kod velikih temperaturnih razlika dolazi do pucanja hidroizolacijskog sloja gdje se stvaraju pukotine kroz koje voda prolazi u donje slojeve ravnog krova. Danas se ravni krovovi projektiraju tako da imaju i svrhu iskoristivog prostora kao što je terasa za odmor i druženje. Način uporabe krovne površine ovisi o vrsti krova i namjeni objekta te se s toga mogu koristiti i kao parking, mogu biti krovni restorani ili kafići te prostor za relaksaciju i sl.

Kako tehnologija sve više napreduje tako napreduju i kvalitetniji materijali čime dolazi do novih sistema i rješenja kod izvođenja hidroizolacije kao što su jednoslojne membrane na bazi sintetičkih smola.

Problemi na ravnom krovu osim prolaska vode u slojeve ispod hidroizolacije je i narušavanje fizike zgrade jer voda prolaskom u ostale slojeve natapa i sloj termoizolacije, a time se povećava toplinski koeficijent provodljivosti  $\lambda$  (W/mK) što znači da će se zimi gubiti toplina unutar građevine a ljeti će se unutrašnjost građevine zagrijavati jer se svakim novim oštećenjem hidroizolacije te prodiranjem vode u termoizolaciju povećava koeficijent prolaska topline  $U$  [W/(m<sup>2</sup> \* K)].

Kuće s ravnim krovovima su zbog minimalističkog izgleda estetski prihvatljivije te imaju prednost kod uštede energije.

## 2. OPĆENITO O KROVOVIMA I RAVNIM KROVOVIMA

Ravni krovovi su konstruktivni elementi koji se sastoje od nosive konstrukcije, pokrova i podgleda na vrhu građevine. Nosivi dio ravnog krova konstruira se kao međukatna konstrukcija. Ravni krov mora građevinu štiti od vanjskih utjecaja kao što su padaline, toplina, hladnoća i vjetar. Ovisno o rješenju koje je odabrano i predviđenim materijalima, za izolaciju ravnog krova nagib krovnih ploha je 1.5-5%.

Uz ispravnu izvedbu i upotrebu kvalitetnih materijala ravni krov je ekonomična konstrukcija koja pruža znatno veće slobode u komponiranju volumena i prostora.

Prema namjeni ravni krovovi se dijele na prohodne, neprohodne i zelene krovove.

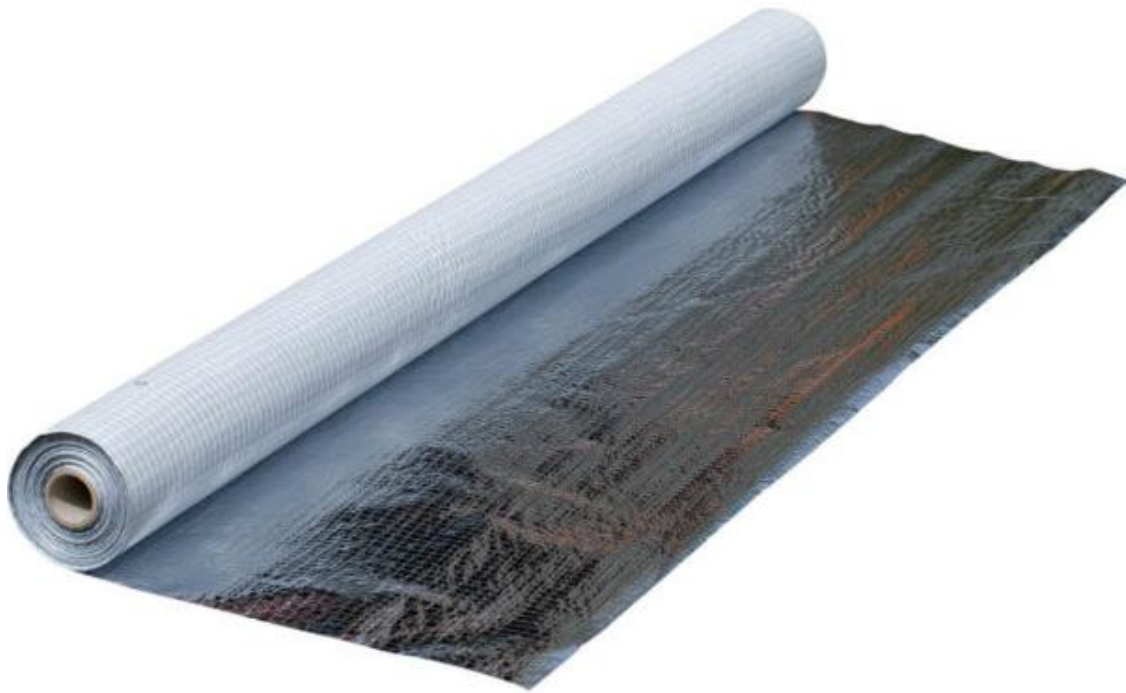
### 2.1. Ravni krov kao sustav- slojevi i njihova uloga

Slojevi ravnog krova osim nosive konstrukcije koja je ujedno i podloga postoje i ostali slojevi koji imaju određenu ulogu i određene zahtjeve.

1. *Beton za nagib* osigurava najmanje nagibe krovnih ploha prema mjestima gdje se nalazi odvod oborinskih voda. Ako se nagib radi od laganog betona koji se nalazi ispod parne brane, tada je potrebno toplinsko difuznim proračunom provjeriti dali dolazi do kondenzacije. U nekim se rješenjima taj sloj može nalaziti iznad toplinsko izolacijskog sloja, ali tada treba biti pravilno dilatiran zbog toplinskog rada.

2. *Parna brana* u konstrukciji ravnog krova osigurava sprječavanje ulaska vodene pare u sloj toplinske izolacije i do sloja hidroizolacije. Ispravan položaj parne brane je na toplijoj strani toplinske izolacije. Materijal za parnu branu najčešće se koriste bitumenske trake s uloškom metalne folije ili folije od plastičnih masa, kod suvremenih materijala parne brane mogu biti izrađene i od višeslojne polietilenske (PE) folije ojačane mrežicom u svrhu povećanja čvrstoće, te s ugrađenim toplinski reflektivnim slojem od aluminijske folije koji ne samo da osigurava paronepropusnost, već i toplinu vraća u unutrašnji prostor. Ispod sloja parne brane najčešće se ugrađuje parorasteretni sloj koji služi da se izjednači pritisak na cijeloj površini krova.





*Slika 1. Materijal koji se koristi za izradu parnih brana kod kosih i ravnih krovova*

*Izvor: <https://www.dracopro.com>*

3. *Toplinska izolacija* ima ulogu da smanji toplinske gubitke kroz krov građevine po zimi, da se osigura toplinska stabilnost krova po ljeti, da se osigura stacionarnost difuzijskog toka vodene pare i da se smanji toplinski rad nosive konstrukcije krova.

Ispravan položaj TI je na vanjskoj strani krova iznad nosivih dijelova krovne konstrukcije. Najidealniji položaj bi bio iznad svih slojeva ravnog krova, ali zbog karakteristika većine toplinskoizolacijskih materijala taj položaj nije moguć pa se kao najbolje rješenje uzima položaj gdje se hidroizolacija nalazi ispod.

Za TI ravnog krova se koriste tvrde sintetske pjene (PS I PUR), pločama od kamene vune i pločama od staklene pjene (foamglass). Izolacijski materijali koji su biljnog podrijetla kao što su pluto ili drvena vuna, ali se ne preporučuju kod ravnih krovova jer u slučaju vlaženja i isušivanja dolazi do truljenja. Mogu se izdvojiti ekspanzirane i bitumenom vezane ploče od pluta. Ti materijali se glavnom ugrađuju u obliku ploča. Preporuka je da se toplinska izolacija izvede u dva sloja s međusobnim preklapanjem sudara ploča kako bi se izbjegla pojava toplinskih mostova.

Slika 2. Prikazuje izolacijsku ploču do kamene vune koja se naziva Roofrock 50 plus, njezina svojstva su velika gustoća za protupožarnost, tj. negorivi je materijal, zvučna i toplinska izolacija, paropropusnost te vodoodbojnost.



*Slika 2. Izolacijska ploča od kamene vune*

*Izvor: <https://www.rockwool.hr>*

4. Hidroizolacija mora spriječiti prodiranje vode na ostale slojeve krova i prostore koji se nalaze ispod. Za HI koriste se bitumenske HI trake s ulošcima od staklenog voala da bi se povećala čvrstoća, trake od plastičnih masa i ostalo. Postoje HI slojevi kao premazi koji su na bazi prirodnih ili umjetnih smola. HI u obliku traka se izvodi kao višeslojna opna, djelomično je lijepljena ili je slobodno položena na podlogu. Takve metode se rabe na podlogama kod kojih se očekuje toplinski i drugi rad koji bi mogao prouzročiti pukotine i zbog toga se takve trake trebaju dodatno opteretiti.



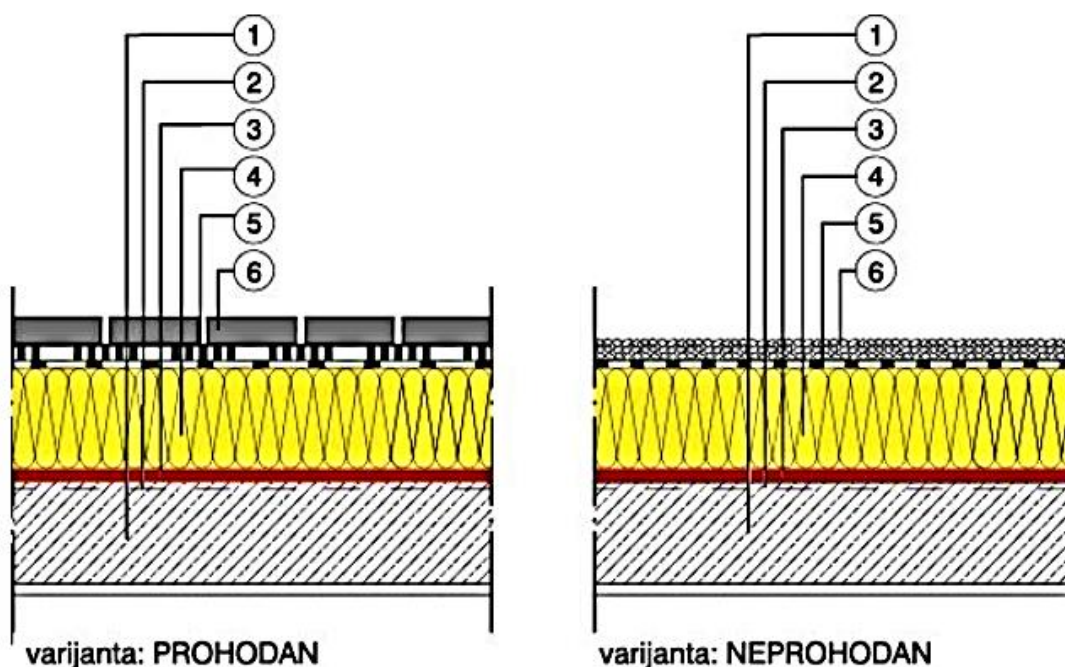
*Slika 3. Postupak postavljanja bitumenske HI trake*

*Izvor: <https://www.emajstor.hr>*

5. *Zaštitni sloj* izvodi se da bi se zaštitio hidroizolacijski sloj od mehaničkog djelovanja, ali i od utjecaja insolacije i toplinskih oscilacija. Izbor završnog sloja ovisi o tome dali je krov prohodan ili neprohodan. U današnje vrijeme zaštita izolacije izvodi se nasipom oblutaka ( $\varnothing$  16-32 mm) debljine sloja najmanje 5 cm. Takva zaštita s oblucima osigurava mehaničku zaštitu ali i zaštitu od insolacije. Kod ravnih prohodnih krovova hodna ploha mora biti ravna da se omogući sigurno kretanje i da se zaštite slojevi ravnog krova. Zaštita se može izvesti lijevanim asfaltom, prirodnim ili umjetnim kamenim pločama te keramičkim pločicama.

Slika 4. Prikazuje slojeve obrnutog krova koji se nalazi na AB ploči u varijantni prohodnog i neprohodnog ravnog krova.

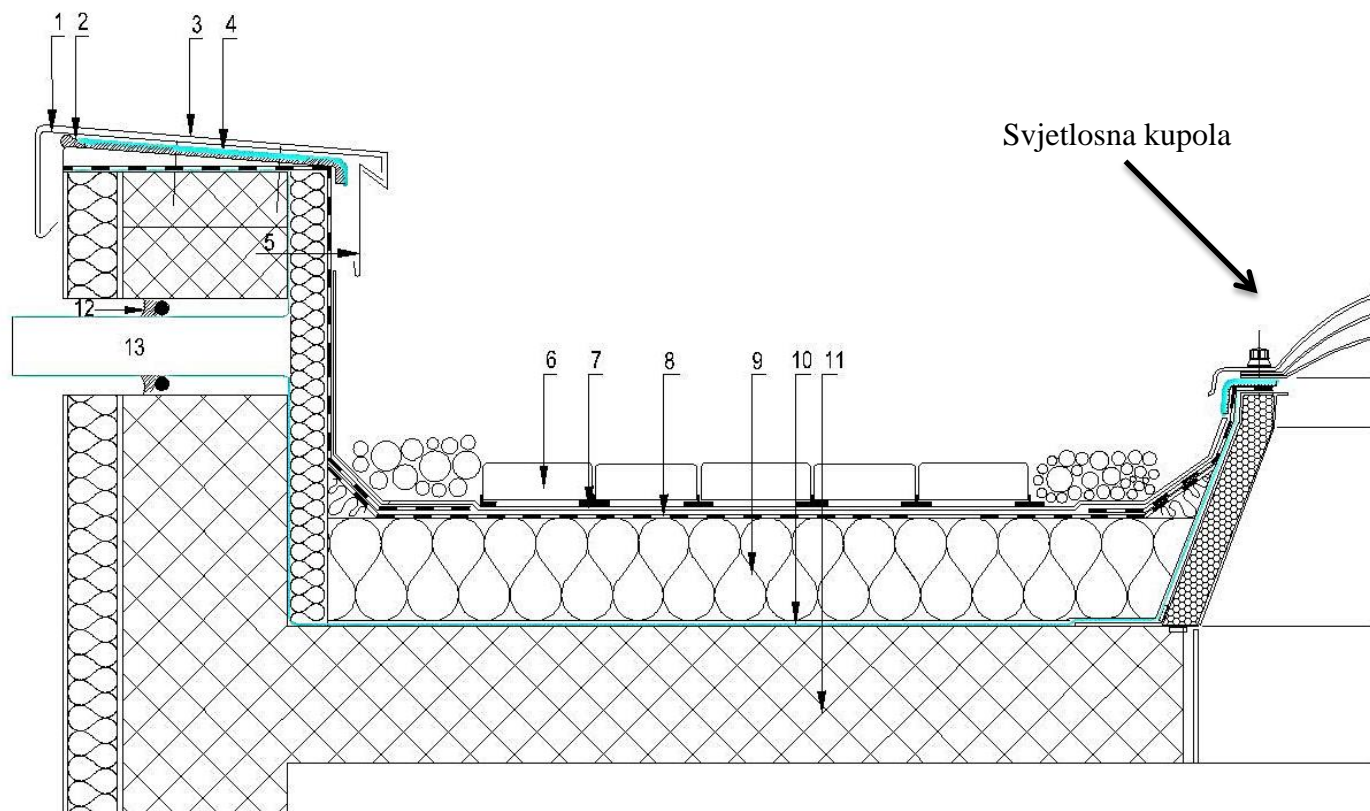
1. Nosiva konstrukcija
2. Bitumenski prednamaz
3. Hidroizolacija
4. Toplinska izolacija – XPS, foamglass
5. Zaštita toplinske izolacije: PE-FOLIJA, PES FILC
6. Sloj za prohodnost na gumenim podmetačima u slučaju prohodnog krova
6. Šljunak granulacije 16-32 mm u slučaju neprohodnog krova



Slika 4. Slojevi ravnog prohodnog i neprohodnog krova

Izvor: <http://www.katran.hr>

Slika 5. Prikazuje tehnički detalj izvedbe svjetlosne kupole na ravnom krovu. Svjetlosna kupola prostoru daje prirodnu dnevnu svjetlost te prozračnost. Svjetlosne kupole mogu se otvarati ručno pomoću šipke ili putem upravljačkog panela, a mogu biti i fiksna koji se ne mogu otvarati. Kupola je napravljena od materijala koji je otporan na oštećenja od kiše, tuče i ostalih vremenskih nepogoda, a unutrašnji dio prozora ne zahtijeva održavanje te je dobra izolacija zvuka od kiše i vanjske buke.



- |                        |   |
|------------------------|---|
| 1 Metalni podložni lim | 7 PE folija   |
| 2 Traka za brtvljenje  | 8 Hidoizolacija   |
| 3 Metalna okapnica     | 9 Toplinska izolacija                                     |
| 4 Ljepljena traka      | 10 Parna brana  |
| 5 Kontra lim           | 11 AB ploča   |
| 6 Šljunak              | 12 Brtvilo za PVC sa ispunom za fuge i temeljnim premazom |
|                        | 13 Gotovi element preljeva                                |

*Slika 5. Ravni prohodni krov sa svjetlarnikom*

*Izvor: Ilustracija od Maje Zdolec*

### 3. VRSTE RAVNIH KROVOVA

Ima puno vrsta ravnih krovova, oni se razlikuju po slojevima, nagibu ili namjeni. Svaki je poseban na svoj način koliko izgledom toliko i svojom funkcionalnošću. Bilo koja vrsta ravnog krova mora zaštititi građevinu od vanjskih utjecaja. Svaki ravni krov mora biti kvalitetan, mehanički otporan, vodonepropusan, mora imati zaštitu od UV- zraka te zaštititi građevinu od kondenzacije. Veliku važnost pridodaje i energetska učinkovitost ravnog krova.

#### 3.1. Ravni krovovi prema poziciji slojeva u sustavu

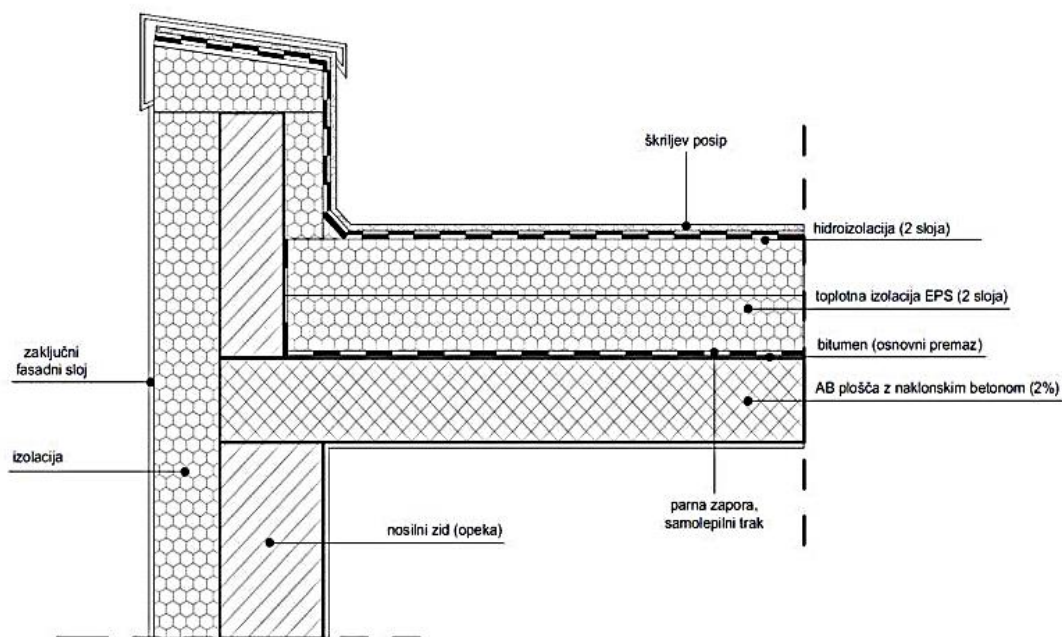
Prema rasporedu slojeva ravni krovovi mogu biti:

1. Jednostruki nezračeni ili topli krovovi
2. Dvostruki zračeni ili hladni krovovi

1. *Jednostruki nezračeni (topli) krovovi* su krovovi koji se sastoje od mnogo slojeva koji su ispravno položeni jedan na drugog i u međusobnoj su vezi. Po položaju u konstrukciji ravni krovovi mogu biti:

- 1.a) klasični
- 1.b) obrnuti

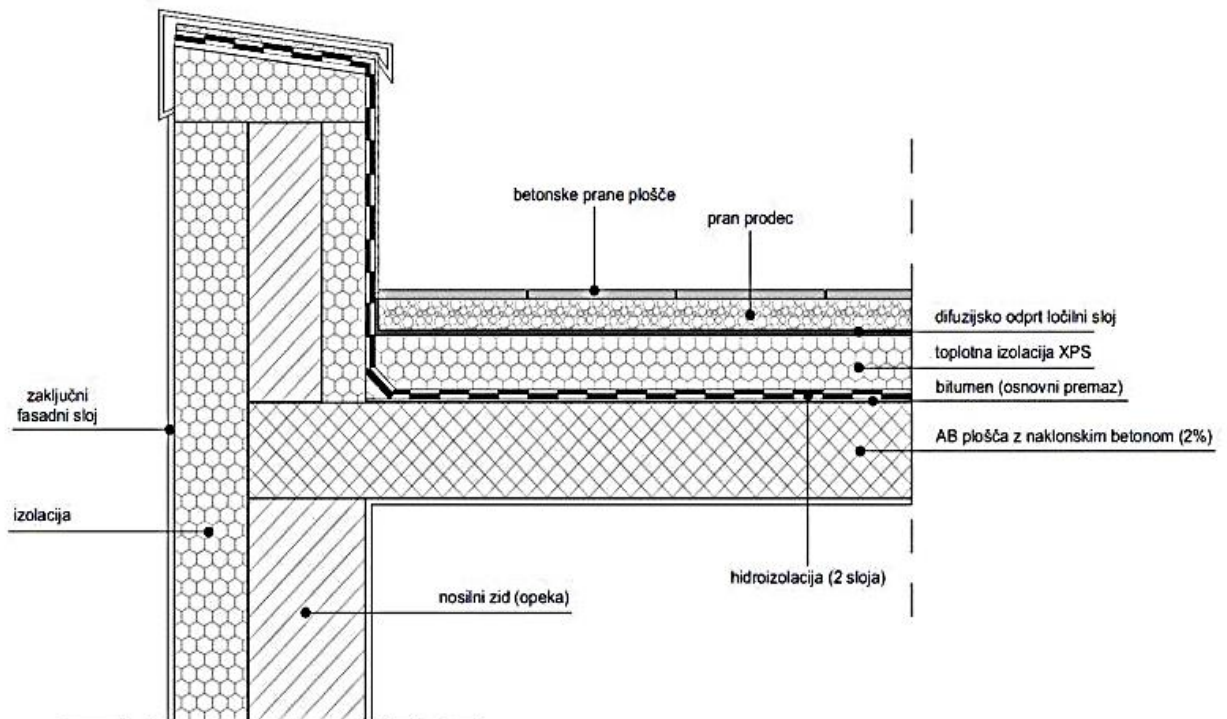
1.a) Klasični krov je krov kod kojeg su svi slojevi krova zaštićeni završnim hidroizolacijskim slojem.



Slika 6. Detalj izvođenja klasičnog toplog ravnog krova

Izvor: <https://www.emajstor.hr>

1.b) Obrnuti krov je krov kod kojeg se sloj toplinske izolacije (XPS) nalazi iznad hidroizolacije.



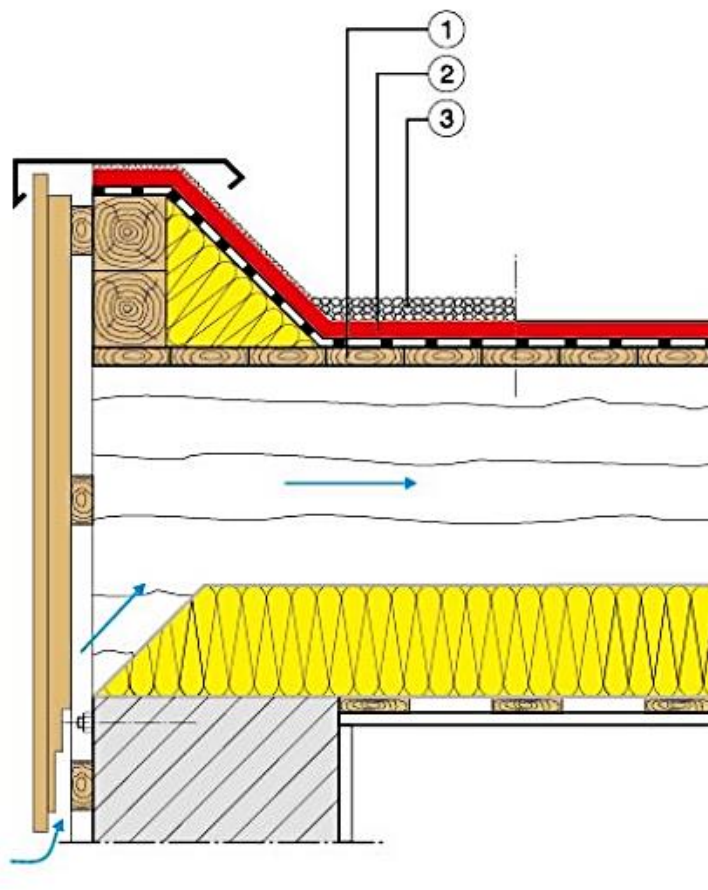
Slika 7. Detalj izvođenja obrnutog toplog ravnog krova

<https://www.emajstor.hr>

2. Dvostruki zračeni (hladni) krovovi su krovovi slojevite konstrukcije s pokrovnim slojem odvojenim zračnim prostorom od ostalih slojeva. Zračeni prostor mora biti poprečno ventiliran odvodnim i dovodnim otvorima. Zbog neekonomičnosti ovi krovovi se rijetko izvode i to u slučajevima povećanje insolacije i pri većoj vlažnosti zraka unutarnjih prostora od 80% a temperature veće od 25°C. Kod ventilirajućeg krova između sloja toplinske izolacije i pokriva nalazi se zrak.

Slika 8. Prikazuje hladni ventilirani ravni krov na drvenoj konstrukciji gdje su prikazana 3 sloja:

1. Drvena konstrukcija s prvim hidroizolacijskim slojem i slojem za rasterećenje
2. Drugi visoko fleksibilni završni hidroizolacijski sloj
3. Šljunak granulacije 16-32 mm na PE- foliji



*Slika 8. Ravni hladni ventilirani krov na drvenoj konstrukciji*

*<https://www.katran.hr>*

## 3.2. Ravni krovovi prema načinu korištenja

Ravni krovovi prema načinu korištenja ili prema namjeni mogu biti prohodni, neprohodni, obrnuti ravni krov, ekstenzivni ili intenzivni zeleni ravni krov. Svaki od tih krovova ima neku svoju strukturu postavljanja slojeva, tu se mogu razlikovati slojevi poput membrane koja ovisi o vrsti krova da li će se krovna ploha koristiti ili neće, da li će biti zeleni krov sa vegetacijom ili neprohodni ravni krov sa završnim slojem bitumena. Postoje i različite vrste proizvođača svih slojeva pa se na puno načina mogu kombinirati slojevi ali je bitan redosljed kojim se postavljaju.

### 3.2.1. Prohodni ravni krov

Ravni prohodni krovovi imaju puno mogućnosti za korištenje zadnje etaže koja je najčešće izvedena kao popločena terasa. Prohodni radni krov može se iskoristiti za restoran, za vlastitu terasu, za igranje i ostalo. Za izolaciju ravnog prohodnog krova rješenje je da se omogući smanjenje pojava toplinskih mostova, a pokrov ima veliku mehaničku čvrstoću zahvaljujući betonskoj ploči sa zavarenom armaturnom mrežom kao vlaknima od kojih se proizvode ploče mineralne staklene vune. Bitumenska membrana osigurava homogenu difuziju vodene pare koja dolazi iz unutrašnjosti objekta i smanjuje prekomjerna naprezanja same membrane i slojeva iznad nje. Prednosti ravnog prohodnog krova je visoka mehanička otpornost na površinsko djelovanje, požarna zaštita, toplinska i zvučna izolacija te bitumenska ljepenka koja smanjuje prekomjerna naprezanja same membrane i slojeva iznad nje.



*Slika 9. Izolacija ravnog prohodnog krova*

*Izvor: <https://www.gradnja.rs>*



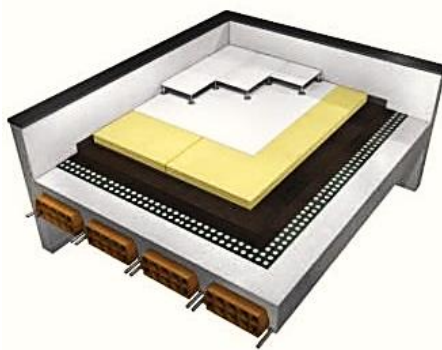


*Slika 10. Restoran na ravnom krovu u Bangkoku*

*Izvor: <https://www.flickr.com>*

Kod ravnog prohodnog krova postoji i ravni obrnuti prohodni krov kod kojeg je redosljed slojeva obrnut. Svrha obrnutog krova predstavlja trajnu i sigurnu TI i sustav brtvljenja ravnih krovova. Posebna karakteristika obrnutog krova je što su za razliku od uobičajenih ne ventiliranih ravnih krovova, njegovi konstrukcijski elementi položeni obrnutim redosljedom. S toga se kod obrnutog ravnog krova izolacija postavlja na krovnu membranu i štiti je od vremenskih uvjeta. Sloj izolacije se kod obrnutog ravnog krova postavlja iznad hidroizolacijskog sloja i time se znatno produljuje vijek trajanja membrane.

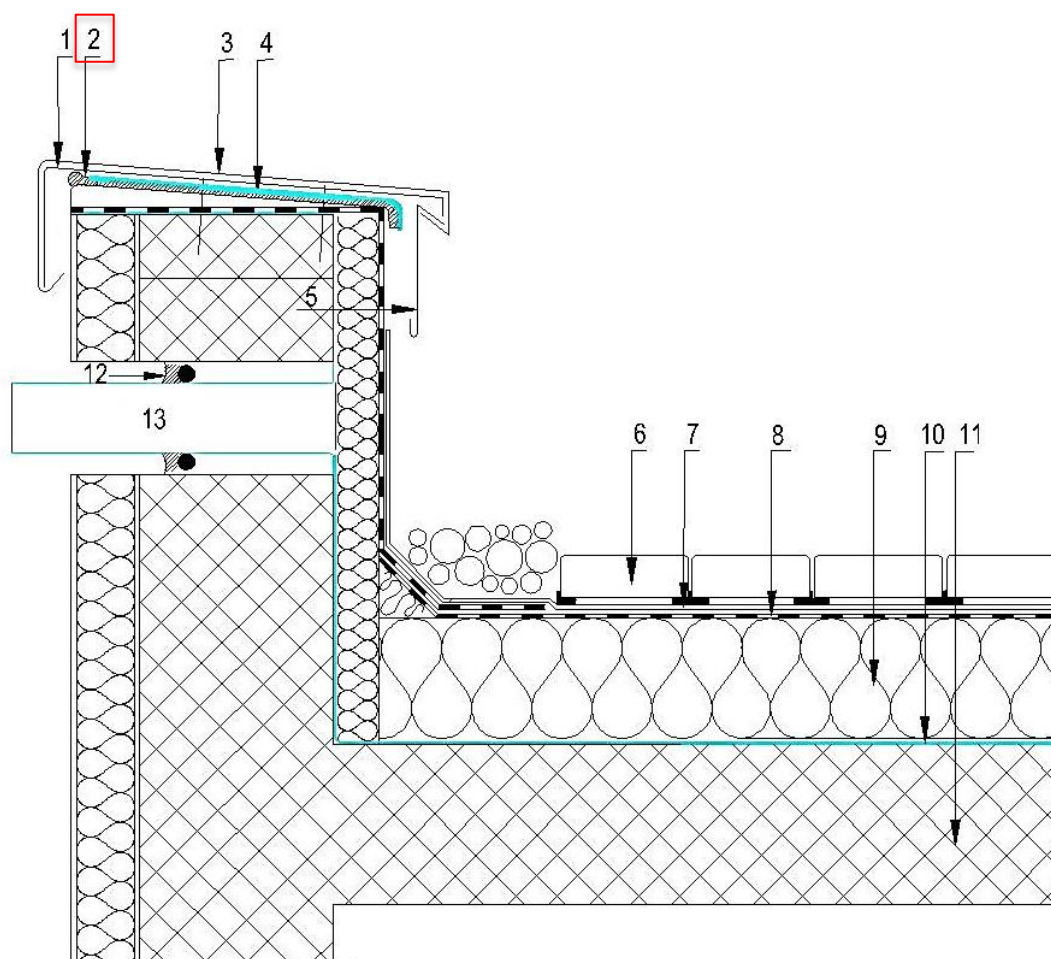
Prednosti obrnutog ravnog krova su što ima izvrsnu otpornost na površinsko opterećenje, ima dužu trajnost vodonepropusnog sloja te odličnu toplinsku izolaciju.



*Slika 11. Slojevi ravnog obrnutog prohodnog krova*

*Izvor: <https://www.isover.hr>*

Na slici 12. Prikazan je tehnički detalj ravnog prohodnog krova s kompletnom izolacijom i svim potrebnim slojevima za izvedbu tehnički ispravnog ravnog prohodnog krova.



- |                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| 1 Metalni podložni lim               | 8 Hidoizolacija   |
| 2 Traka za brtvljenje                | 9 Toplinska izolacija                                     |
| 3 Metalna okapnica                   | 10 Parna brana  |
| 4 Ljepljena traka                    | 11 AB ploča   |
| 5 Kontra lim                         | 12 Brtvalo za PVC sa ispunom za fuge i temeljnim premazom |
| 6 Kulir ploče na gumenim podmetačima | 13 Gotovi element preljeva                                |
| 7 PE folija                          |   |

*Slika 12. Detalj ravnog prohodnog krova*

*Izvor: Ilustracija od Maje Zdolec*

Na ravnim krovovima traka za brtvljenje postavljena je u ovom slučaju naatici tj. nadozidu da bi se spriječila propusnost kod spoja s metalnim podložnim limom. Taj sustav za brtvljenje zapravo sprječava prodiranje vlage, vode i plinova, a koristi se i za nepropusnost temelja, zidova, između raznih dijelova građevinskih konstrukcija i raznih spojeva. Za brtvljenje se koriste razni materijali kao što su trake, folije, ploče ili mase koje se ulijevaju ili utiskuju između spojeva. U današnje vrijeme najčešće se kao brtvila koriste geosintetski materijali.

### 3.2.2. Neprohodni ravni krov

Neprohodni ravni krovovi su krovovi koji su izrazito cijenjeni i često se koriste kao arhitektonska mogućnost te predstavljaju odlično rješenje za veće krovove kao što su na stambenim zgradama kao i na sportskim stadionima, trgovačkim centrima, aerodromima i drugim većim krovnim površinama te je na takvim većim površinama s izloženim HI slojem ekonomično i tehnički ispravno rješenje. Takav tip krova osobito je opravdan kod većih krovnih površina koje ne trpe dodatna veća opterećenja. Primjena ravnog neprohodnog krova može se izvesti i na manjim krovnim površinama i objektima.

Hidroizolacijski sloj na neprohodnom ravnom krovu preuzima i cjelokupnu ulogu zaštite građevine od loših atmosferskih utjecaj.

Neprohodni ravni krovovi su neprohodni zbog toga što na njima nije dozvoljen boravak ljudi osim neprohodni prolazak i boravka stručnim osobama koje su zadužene za pregled krova, sanaciju i popravak ili održavanje krova. Također nije dozvoljeno ni skladištenje opreme ili nekog materijala. Kod neprohodnog ravnog krova završni sloj su hidroizolacijske trake ili uvaljani šljunak koji naknadno štiti hidroizolacijski sloj od sunčevog zračenja.



*Slika 13. Slojevi neprohodnog ravnog krova*

*Izvor: <https://www.gradnja>*

Neprohodni ravni krovovi se nazivaju još i izloženi krovovi, to su krovovi bez balasta ili pokrivnog sloja, a idealni su za konstrukcije koje su lagane ali s velikim rasponom.

Najekonomičniji oblik izloženih krovova su mehanički fiksirani krovovi jer se mehaničkim pričvršćivanjem postiže najveća brzina ugradnje. Ugradnja mehaničkim pričvršćivanjem ne ovisi o vremenskim uvjetima, a takvi sustavi idealni su kod laganih i velikih metalnih konstrukcija i zgrada.

Neprohodni ravni krovovi sa slojem šljunka nazivaju se još i balastni krovovi, u tom sustavu vodonepropusna membrana opterećena je i zaštićena od vjetra i drugih atmosferskih utjecaja. Šljunčani balastni krovovi pogodni su za velike površine ravnih krovova. Velika prednost tijekom cijelog životnog vijeka i trajanja je negorivost šljunka koja znatno doprinosi otpornosti krova na požar te šljunak sprječava širenje vatre po površini krova.



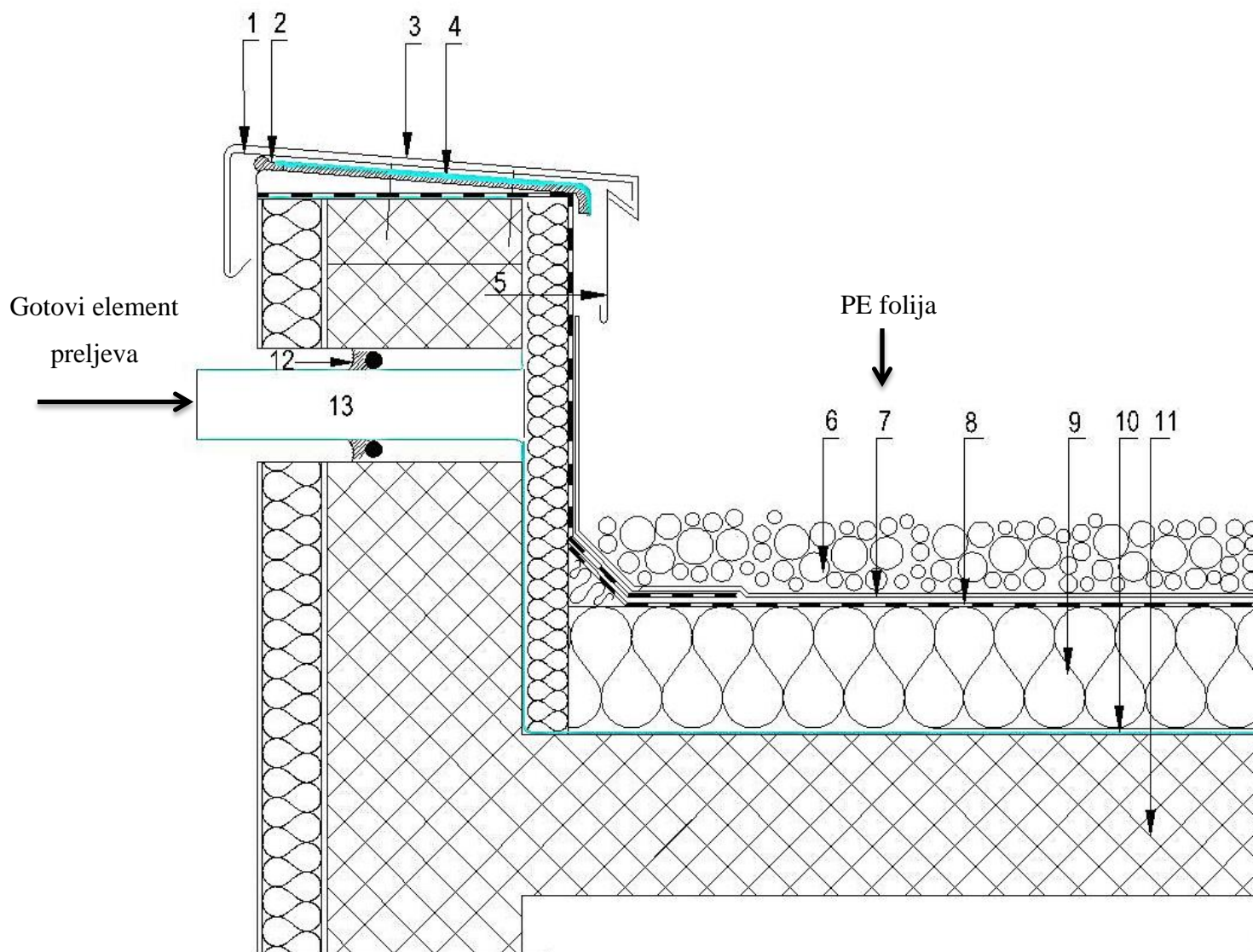
*Slika 14. Neprohodni ravni krov sa završnim slojem od šljunka u stambenom naselju*

*Jelkovec, Zagreb*

*Izvor: <https://www.funda.hr>*

Na slici 15. Prikazan je gotovi element preljeva koji prolazi kroz atiku i služi za odvodnju vode s ravnog krova ako je krov previše opterećen vodom te ako slivnik ne može odvoditi u slučaju veće količine vode.

Pod brojem 7 označena je PE folija ili polietilenska folija koja se koristi za zaštitu od vlage i koristi se kod postavljanja mineralnih podloga kao što je beton, estrih, asfalt.



- |                        |   |
|------------------------|---|
| 1 Metalni podložni lim | 8 Hidoizolacija   |
| 2 Traka za brtvljenje  | 9 Toplinska izolacija                                     |
| 3 Metalna okapnica     | 10 Parna brana  |
| 4 Ljepljena traka      | 11 AB ploča   |
| 5 Kontra lim           | 12 Brtvalo za PVC sa ispunom za fuge i temeljnim premazom |
| 6 Šljunak              | 13 Gotovi element preljeva                                |
| 7 PE folija            |   |

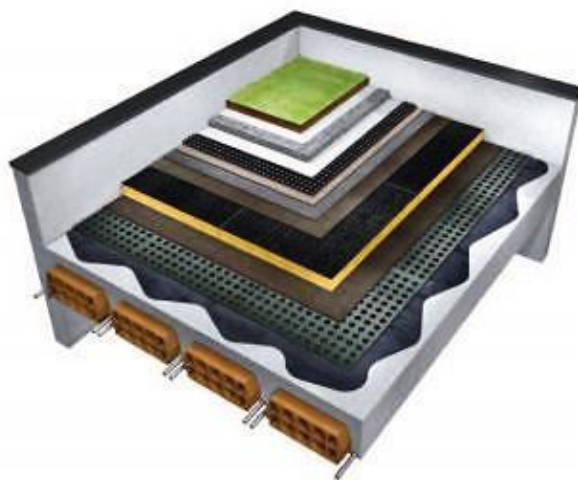
Slika 15. Detalj ravnog neprohodnog krova

Izvor: Ilustracija od Maje Zdolec

### 3.3. Specifične vrste ravnih krovova - Zeleni ravni krov

Zeleni krovovi poznati su od najstarijih vremena čovjekove povijesti. Ljudi su najprije pokrivali jame i špilje te druga prirodna skloništa u kojima su se tada štitili od vremenskih nepogoda i u tadašnje vrijeme prirodnih neprijatelja. Dokazi o davnoj uporabi takvih krovova su tzv. Semiramidini viseći vrtovi koji su uz Eufkrat izgrađeni u 9.st. pr. Kr. u Babilonu te se nalaze na listi sedam svjetskih čuda. Danas su zeleni krovovi sastavni elementi bioklimatske arhitekture koja se najviše javlja u skandinavskim državama. Nekad su takvi zeleni krovovi imali vijek trajanja najviše trideset godina, a danas se to znatno promijenilo i produljio vijek trajanja do čak 100 godina.

Na ravnom zelenom krovu biljke se mogu koristiti također za zaštitu krovne površine. Važnost zelenog ravnog krova je ta što su im krovne površine prekrivene raznolikom vegetacijom. Bitna prednost kod zelenog krova je dobar i povoljan učinak na zdravlje ljudi, smanjenje buke, postoji i mogućnost uzgoja hrane i jedna od važnih prednosti je što je veća zaštita od požara. Prednosti su naravno toplinska i zvučna izolacija, kvalitetna zaštita hidroizolacijskog sloja, reguliranje mikroklimе snižavanjem temperature i naravno visoka ušteda toplinske energije. Ravni zeleni krov koji je pravilno izveden ima isti vijek trajanja kao ostali ravni krovovi koji nisu zeleni. Zeleni krovovi sprječavaju gubitak topline po zimi, a po ljeti osvježavaju prostor unutar građevine. Zeleni krovovi i štite građevinu od velikih temperaturnih promjena i oštećenja te od ultraljubičastih zračenja. S izgradnjom zelenog krova se štedi energija i pomaže se prirodi. Na ravnom zelenom krovu se može napraviti i dodatan prostor za druženje i boravak u zelenoj oazi mira. Kod zelenog ravnog krova može se razlikovati intenzivni zeleni ravni krov i ekstenzivni zeleni ravni krov. Razlika u ta dva krova je debljina sloja zemlje.



*Slika 16. Slojevi ravnog zelenog krova*

*Izvor: <https://www.isover.hr>*

### 3.3.1. Intenzivni zeleni ravni krov

Intenzivni zeleni ravni krov je krov kod kojeg se stavlja deblji sloj zemlje i širok izbor biljne vegetacije koje se mogu posaditi. Zbog debljeg sloja zemlje takvi krovni vrtovi zahtijevaju sistem za navodnjavanje i redovito održavanje. Intenzivni krovovi sadržavaju do 90% padalina. Na intenzivnim krovovima se mogu saditi bilo koja vrsta bilja, grmlje čak i stabla koja građevini daju estetsku vrijednost.



*Slika 17. Intenzivni zeleni krov*

*Izvor: <https://www.urbanscape-architecture.com>*

### 3.3.2. Ekstenzivni zeleni ravni krov

Ekstenzivni zeleni ravni krov je krov kod kojeg se stavlja puno tanji sloj zemlje za razliku od intenzivnog. Za takve vrtove nije potreban sistem za navodnjavanje a ni puno održavanja.

Ekstenzivni krovovi zadržavaju do 40% padalina.

Najčešće se koriste sedumi kojih ima više od 400 vrsta i mahovine koje su vrlo otporne i nisu zahtjevne.

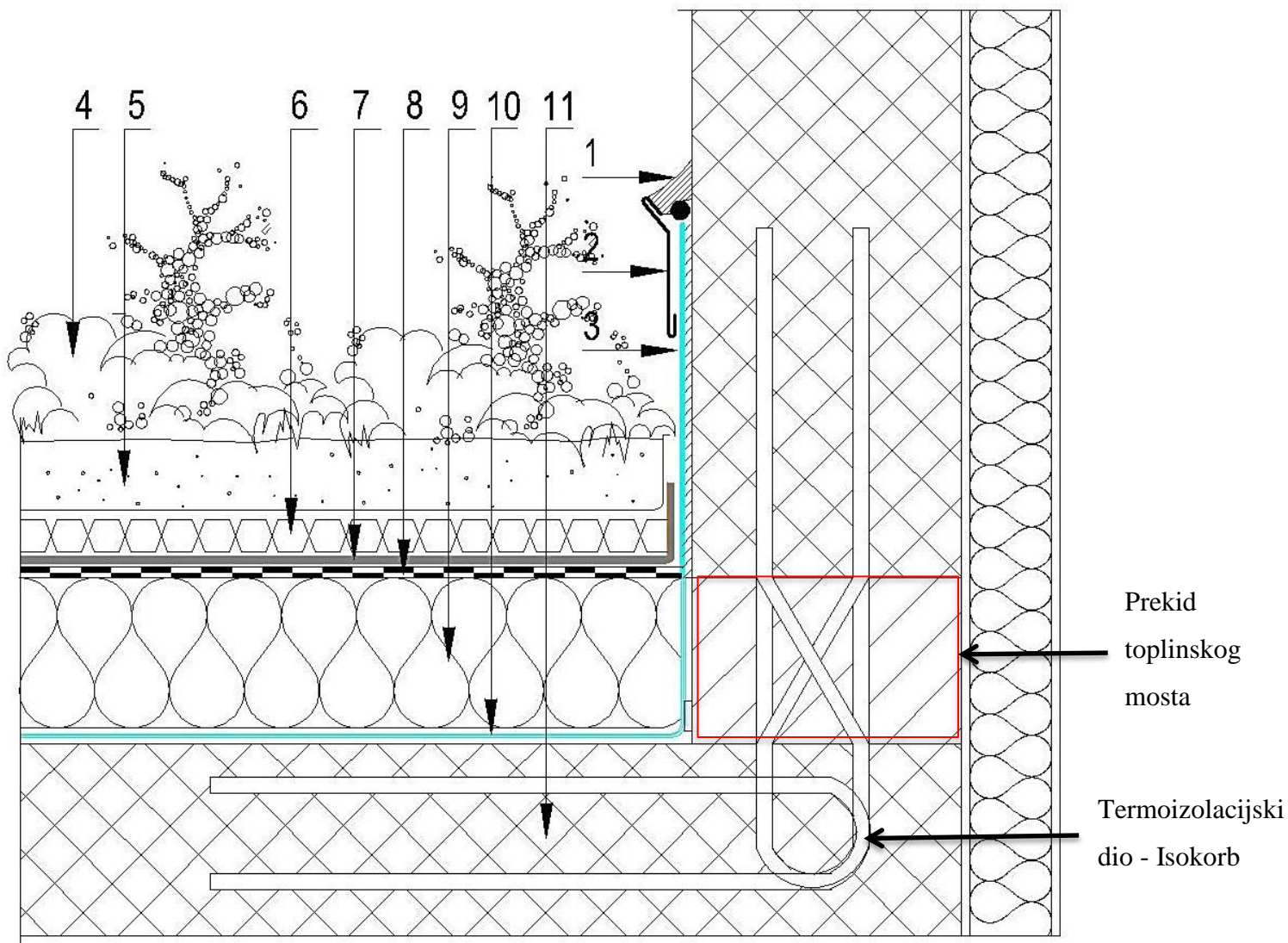


*Slika 18. Ekstenzivni zeleni krov*

*Izvor: <https://inhabitat.com>*



Detalj ravnog zelenog krova prikazuje tehničko rješenje gdje se nalazi prekid toplinskog mosta s detaljem isokorba koji je zapravo u tom slučaju toplinska izolacija koja prekida kretanje energije u gornje slojeve. Na slici 19. Prikazan je još i geotekstil i drenažni sustav, geotekstil služi kao zaštita izolacijskih slojeva od mehaničkih opterećenja koja mogu prouzročiti korijenje raslinja, a drenažni sustav služi za odvajanje viška vode no djelomično i zadržava vodu koja je potrebna za rast vegetacije na površini krova.



- |   |  |    |                     |
|---|--|----|---------------------|
| 1 | Brtvilo za PVC sa ispunom za fuge i temeljnim premazom | 6  | Drenažni sustav     |
| 2 | Kontra lim   | 7  | Geotekstil          |
| 3 | Ljepljena traka  | 8  | Hidroizolacija      |
| 4 | Vegetacija   | 9  | Toplinska izolacija |
| 5 | Supstrat (zemlja)                                      | 10 | Parna brana         |
|   |  | 11 | AB ploča            |

Slika 19. Detalj ravnog zelenog krova

Izvor: Ilustracija od Maje Zdolec

## **4. MATERIJALI ZA IZVEDBU SLOJEVA U SUSTAVU**

### **4.1. Hidroizolacijski sloj u sustavu ravnih krovova**

Hidroizolacijski sustav kod ravnih krovova je jedna od važnih stavki jer se u današnje vrijeme često spominje problem prokišnjavanja kod ravnih krovova. Time dolazi do zabrinutosti ljudi koji smatraju da ravni krov nije tehnički ispravno rješenje za njihovu građevinu, a zapravo važnost toga je da je ravni krov potpuno pravilno odabrano rješenje i da ga treba izvesti pravilno, treba odabrati kvalitetno rješenje kao i kvalitetan materijal te tvrtku koja ugrađuje i prodaje hidroizolacijski materijal.

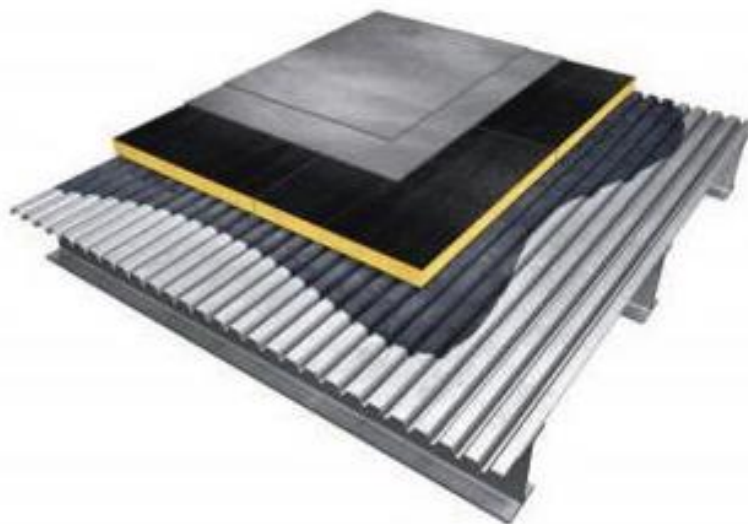
Danas napredovanjem tehnologije dolazimo do novih rješenja i postupaka izvođenja hidroizolacija ravnih krovova. Među prvim materijalima koji su se izdvojili i pokazali praktičnima kod izolacije krovova su jednoslojne membrane na bazi sintetičkih smola. Takva vrsta izolacije je otporna na velike razlike u temperaturama, na padaline, na mikroorganizme i ostale vanjske utjecaje. Kod neprohodnog ravnog krova gdje je izolacija završni sloj krova, izolacija se mora pričvrstiti za podlogu, dok se kod prohodnog ravnog krova postavlja završni i zaštitni sloj hidroizolacije kao što je šljunak, betonske ploče i sl.

#### **4.1.1. Hidroizolacija na bazi bitumena**

Krov štiti građevinu od vanjskih utjecaja i padalina. Korištenjem današnjih materijala i kvalitativan učinak instalacije može osigurati pouzdanost krova. Prokišnjavanje krova događa se pogreškama u projektnim rješenjima i pogrešnom instalacijom materijala za izolaciju. Stoga je glavni cilj da se na krovu održi vodonepropusnost cjelovite građevine i održavanje njezinog sadržaja suhim. Kod obnove krova potrebna je dobra izolacija kako ne bi došlo do ponovnih problema i oštećenja. Rješenje za izolaciju ravnog krova s bitumenskom hidroizolacijom, omogućava znatno smanjenje pojave toplinskih mostova, a sam pokrov ima veliku mehaničku čvrstoću zahvaljujući vlaknima od kojih se proizvode ploče od mineralne staklene vune.

Kod sustava s bitumenskim krovnim membranama može se primjenjivati Hardrock 1000 izolacijske ploče koje se zbog svoje dvoslojne gustoće i dimenzijske stabilnosti mogu postavljati jedna na drugu.

Prednosti korištenja hidroizolacije na bazi bitumena je visoka mehanička otpornost, požarna zaštita, toplinska i zvučna izolacija te bitumenska membrana donosi fleksibilnost i trajnost.



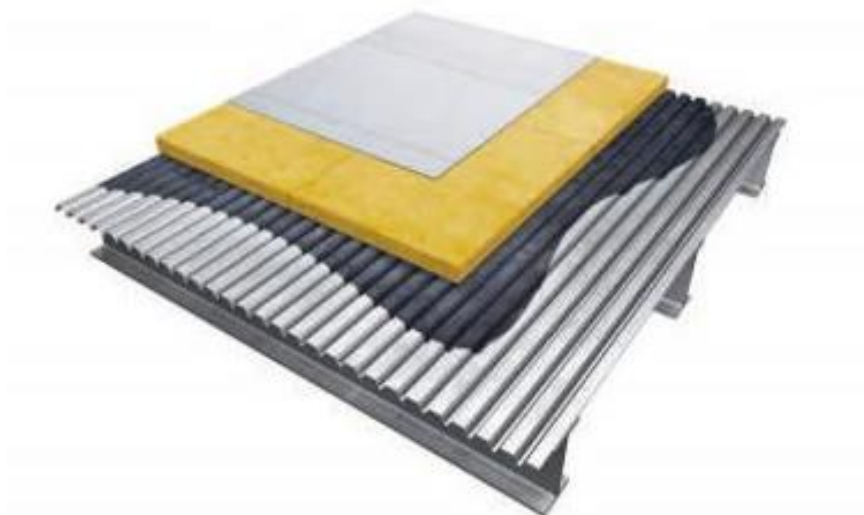
*Slika 20. Ravni prohodni krov iznad trapeznog lima s bitumenskom hidroizolacijom*

*Izvor: <https://www.isover.hr>*

#### **4.1.2. Sintetičke hidroizolacijske trake**

Ravni krovovi ne nude samo zaklon već mogu postati dodatni prostor za druženje ili kao vrtni prostor za uživanje. Za sve opcije potrebno je pravo rješenje za projekt. Loša ideja ravnog krova je kod proširenja ili kupaonica jer na takvim mjestima se gubi toplina i sklono je propuštanju što uzrokuje propadanje materijala. Danas se kod stanova taj problem i najčešće događa. Rješenje je naravno dodavanje izolacije. Bitno je ispravno održavati krov nepropusnim i spriječiti kondenzaciju. Rješenje sa sintetičkom hidroizolacijom ravnog krova omogućava znatno smanjenje pojave toplinskih mostova, a pokrov ima veliku mehaničku čvrstoću zahvaljujući vlaknima od kojih se proizvode ploče mineralne staklene vune.

Prednost kod sintetičke hidroizolacije je visoka mehanička otpornost, požarna zaštita, toplinska i zvučna izolacija te zaštita nosivih struktura objekta od prevelikih oscilacija temperatura po danu i noći.



*Slika 21. Ravni prohodni krov iznad trapeznog lima sa sintetičkom hidroizolacijom*

*Izvor: <https://www.isover.hr>*

## **4.2. Sloj toplinske izolacije**

Slojevi toplinske izolacije kod ravnih krovova ima više vrsta i za više namjena. Mogu se podijeliti na organske i anorganske materijale. Neki od važnih toplinsko-izolacijskih materijala su EPS i XPS koji pripadaju organskim materijalima i mineralna vuna koja pripada anorganskom materijalu. Svaki materijal je po svojem sastavu, namjeni i ugradnji različit. Razlikuju se i po toplinskoj provodljivosti, gustoći, faktoru otpora prolaska vodene pare i po klasi zapaljivosti. Ako je ugrađeno nedovoljno toplinske izolacije tada dolazi do toplinskih gubitaka po zimi i pregrijavanja prostora po ljeti. Na ravnim krovovima na toplinsku izolaciju se stavlja sloj geotekstila i na geotekstil u slučaju neprohodnog ravnog krova stavlja se sloj šljunka, a u slučaju prohodnog ravnog krova stavlja se sloj pijeska i završna betonska ili neka druga obloga.

#### 4.2.1. Ekspandirani polistiren

Ekspandirani polistiren (EPS) je toplinsko-izolacijski materijal koji se naziva još i stiropor. Najčešće se koristi za podove, zidove i krovove kao toplinska izolacija, a može se koristiti i kao zvučna izolacija. Ima široku primjenu i jednostavna je proizvodnja i ugradnja te je teško zapaljiv.



*Slika 22. Ekspandirani polistiren*

*Izvor: <http://www.arhiteko.hr>*

#### 4.2.2. Ekstrudirani polistiren

Ekstrudirani polistiren (XPS) se naziva i tvrdim stiroporom i koristi se kao toplinska izolacija za podove, zidove i krovove. Koristi se na mjestima koje imaju veću površinu i na mjestima izloženim vodi i vlazi. Najčešće se primjenjuje u obliku ploča koje su raznih debljina.



*Slika 23. Ploče od ekstrudiranog polistirena*

*Izvor: <https://www.bitpromet.hr>*

### 4.2.3. Mineralna vuna

Mineralna vuna je vlaknasti proizvod koji je dobiven od prirodnih ili sintetičkih minerala. Koristi se za toplinsku izolaciju te ima dobra toplinsko.izolacijska svojstva. Mineralna vuna se radi od kamena i stakla pa s toga postoji kamena i staklena vuna. Mineralna vuna ima veliku otpornost na požar tj, može se reći da je nezapaljiv materijal. Kamena vuna ima veću izdržljivost tj. može podnijeti veću izloženost požaru od staklene vune po °C bez obzira na to što je ona sama nezapaljiva ali kad je dugo izložena požaru tada razvija visoku temperaturu. Prednosti mineralne vune su to što je dobar toplinski i zvučni izolator, prirodnog je porijekla, ima dobru paropropusnost, a jedan od važnih nedostataka je što stvara iritacije kod dodira te se stvara prašina prilikom ugradnje i zbog toga je opasno za zdravlje ljudi zbog dugotrajne izloženosti česticama u zraku.



*Slika 24. Mineralna staklena vuna*

*Izvor: <https://www.izolirka.hr>*

### 4.3. Zaštitni i drugi slojevi ravnog krova

Zbog atmosferskih uvjeta koji djeluju na krov, krovna površina mora se zaštititi slojevima koji će štiti građevinu od atmosferskih utjecaja. Osnovni slojevi ravnog krova osiguravaju vodonepropusnost i time zaštitu od kiše i snijega, a ostvaruju se materijalima kao što su PVC i TPO membrane. Drugi materijali imaju svoju određenu ulogu u sustavu, kao što su to materijali u sloju parne brane, no u slojevima i sustavima ravnog krova postoje materijali koji osiguravaju zaštitu ravnog krova i njegovo funkcioniranje u različitim uvjetima.

Takvi materijali obično se u sustavima ravnih krovova ugrađuju kao zaštitni slojevi na vrhu samog sustava, izloženi atmosferilijama, no mogu se nalaziti i unutra sustava kao razdjelni slojevi između materijala koji nisu kemijski ili fizikalno kompatibilni, tj. gdje postoji mogućnost oštećivanja određenog materijala i sloja u sustavu ravnog krova.

Tako se geotekstili pojavljuju kao razdjelni i time zaštitni sloj između hidro izolacijske membrane na bazi polimera i EPS ili XPS toplinske izolacije, upravo kako bi se spriječila nepovoljna kemijska reakcija između tih materijala.

No najveći broj materijala i njihova primjena u zaštitnim slojevima sustava ravnog krova nalazi se u najvišem i atmosferilijama izloženom dijelu sustava, a koji trebaju osigurati mehaničku i drugu fizikalnu zaštitu slojeva ravnog krova prilikom kretanja ili od sunčevog zračenja (UV zračenje koje je posebno štetno kod PVC materijala koji čine hidroizolacijsku membranu).

Završni slojevi na ravnim krovovima mogu biti šljunak, kulir ploče, drvene ploče, keramičke pločice, asfalt, betonska obloga, vegetacija, a može biti i samo bitumenska membrana.

Kod tih materijala svaki od njih ima određena svojstva i predviđenu namjenu:

- Šljunak štiti slojeve ravnog krova od djelovanja vjetra i utjecaja sunčevog zračenja (UV zračenje, ali i povećana toplina tijekom ljetnih mjeseci)
- Kod prohodnih krovova – bili oni jednostruki, dvostruki ili obrnuti kulir ploče, ali i drugi materijali za pokrov kao što su drvene ploče, keramičke pločice ili kamen na primjer, pružaju ravnu komunikacijsku plohu i štite od djelovanja vjetra (da ne podigne druge slojeve ravnog krova, posebice one koji nisu mehanički pričvršćeni) i utjecaja sunčevog zračenja
- Asfalt kao završna obrada kolnih provoznih ploha ravnih krovova koje se izrađuju za potrebe uređenja krovnih ploha kao parkirališta
- Vegetacija i zemlja, koje imaju jednake funkcije zaštite od djelovanja vjetra, kao i utjecaja sunčevog zračenja

PVC membrane imaju visoku otpornost na požar, jednostavan je popravak membrane, homogeni spojevi PVC membrane zavareni su vrućim zrakom, prednosti su i dobra paropropusnost, imaju visoku fleksibilnost, moguće ju je reciklirati, jednostavna je za rukovanje prilikom postavljanja, prikladna je za uporabu u različitim klimatskim uvjetima te se brzo ugrađuje bez obzira na vremenske prilike.

PVC membrane izrađuju se na proizvodnim linijama ekstrudiranja i kalandriranja. Zbog široke proizvodnje osigurava se fleksibilnost i raznolikost kod izbora membrane kao što je izbor boje i površine, mogu se birati debljine i širine lima.

TPO membrane imaju veliku kemijsku otpornost, TPO membrane su prikladne za izravnu primjenu na podloge od bitumena, EPS ili XPS izolacija, bez plastifikatora su, imaju dugi životni vijek što je vrlo bitna prednost kao i ostale prednosti poput jednostavnog popravka membrane, homogeni spojevi vare s vrućim zrakom, brzo se ugrađuje te može se reciklirati.

TPO membrane izrađuju se metodom ekstrudiranja i oblaganja, takve membrane istiskuju se u polutekućem stanju, što omogućava bolju ugradnju armature.



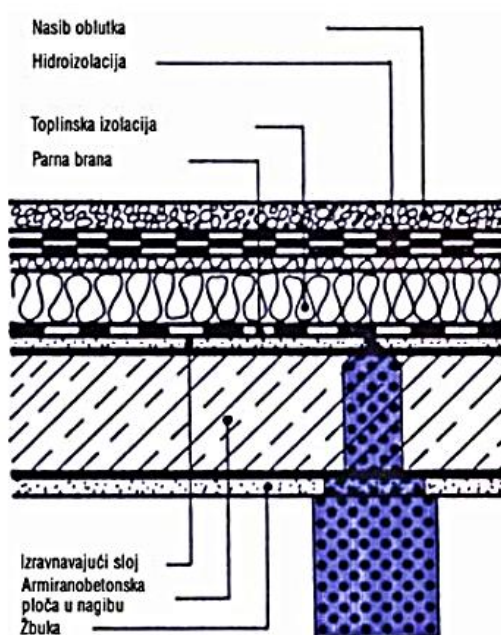
## 5. ATMOSFERSKI I DRUGI FIZIKALNI I FUNKCIONALNI UTJECAJI NA IZVEDBU RAVNIH KROVOVA

Utjecajni faktori kod ravnog krova su insolacija i temperaturne oscilacije, oborinska voda te difuzija vodene pare.

Godišnje razlike u temperaturi kod površine sloja su i do 100°C ( -20°C po zimi i do +80°C po ljeti). Dnevne razlike u temperaturi su također velike (>60°C). Taj utjecaj dovodi do vrlo velikih dodatnih naprezanja u konstrukciji. Kako su slojevi krova u neposrednom kontaktu, tada su izloženi različitim temperaturama a samim time i različitim naprezanjima koja ovise o svojstvu i karakteristikama svakog pojedinog sloja.

Kod oborinskih voda vlaženje slojeva ravnog krova mogu prouzročiti snijeg, kiša i led na nepravilno izvedenim ili oštećenim dijelovima ravnog krova. Najkritičniji dijelovi za takva oštećenja su prodori kroz slojeve ravnog krova kao što su dimnjaci, odzračnici, vodolovna grla i dijelovi gdje se nalaze spojevi konstrukcija kao što su zidovi, nadsvjetla, ograde.

Hidroizolacijski sloj najčešće se nalazi na završetku svih ostalih slojeva. Hidroizolacijski sloj je materijal koji najčešće ima veliki otpor difuziji vodene pare, a sa stajališta fizike zgrade nalazi se na najnepovoljnijem mjestu, zbog toga je potreban pravilan odabir i dimenzioniranje ostalih slojeva konstrukcije, kako se ne bi ispod hidroizolacijskog sloja kondenzirala vodena para i time dovela do oštećenja. Difuzija vodene pare može se opisati i kao proces kod kojeg dolazi do promjene gdje para prolazi s toplije strane u hladniju tj. viši tlak prelazi u niži tlak.



Slika 25. Difuzija vodene pare kod klasičnog ravnog krova

Izvor: <http://casopis-gradjevinar.hr>

## 5.1. Toplinski mostovi

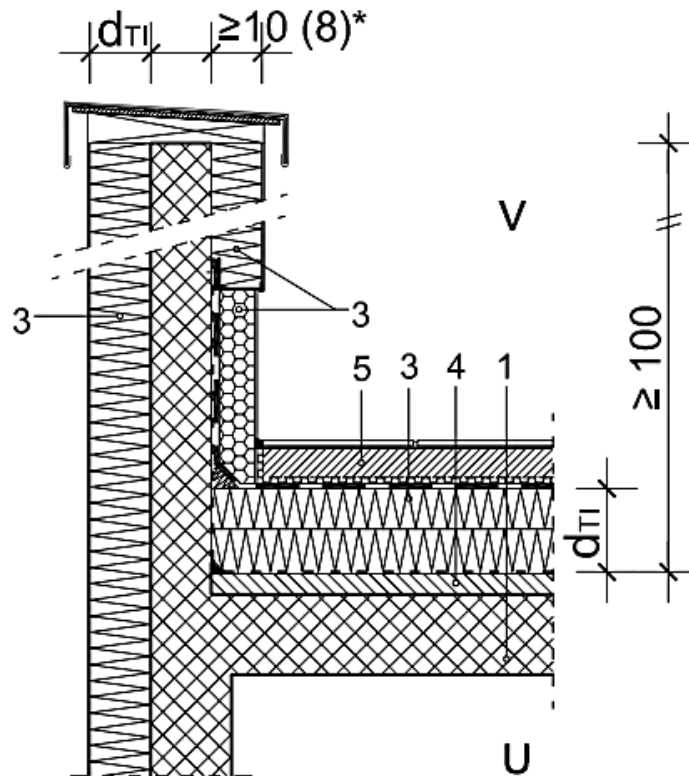
Toplinski most je manje područje u ovojnici grijanog dijela zgrade kroz koje je toplinski tok povećan radi promjene proizvoda, debljine ili geometrije građevnog dijela. Zgrada koja se grije na temperaturu višu od 12 °C i hladi na temperaturu nižu od 4 °C mora biti projektirana i izgrađena na način da utjecaj toplinskih mostova na godišnju potrebnu toplinu za grijanje i hlađenje bude što manji te da ne dolazi do pojave građevinskih šteta u vidu unutarnje ili vanjske površinske kondenzacije u projektnim uvjetima korištenja prostora zgrade. Da bi se ispunio taj zahtjev, prilikom projektiranja treba primijeniti sve ekonomski prihvatljive mogućnosti u skladu s dostignutim stupnjem razvoja tehnike.

Toplinski mostovi mogu se izbjeći projektiranjem. Pasivne kuće imaju koristi i od izbjegavanja učinaka toplinskih mostova uz debljinu vanjske izolacije od 20 do 40 cm. S koeficijentima gubitka uslijed toplinskih mostova na razini od oko -0,06 W/(mK) javljaju se vanjske negativne vrijednosti koje znače računski bonus kod toplinskih gubitaka uslijed prijenosa. Na taj se način mogu uvelike kompenzirati eventualni pozitivni učinci toplinskih mostova na drugim područjima konstrukcije zgrade.

Toplinski mostovi koji se često javljaju unutar građevinskog elementa (krovne grede, poprečne letve, sidra i dr.) moraju se uzeti u obzir kod izolacijskog koeficijenta (U) odnosnoga građevinskog elementa. Te konstrukcije nazivamo nehomogenim građevinskim elementima. Oni osim povećanih toplinskih gubitaka mogu dovesti i do građevinskih šteta. Doduše, nehomogenost u zidu iza cjelovite izolacije (npr. s gornje strane stropne ploče) može se zanemariti ako je izolacija odgovarajuće dimenzionirana.

Kod ravnih krovova toplinski mostovi i način njihovog rješavanja moguć je sukladno odredbama i tehničkim rješenjima koja su prezentirana u Tehničkom propisu o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama (NN 128/15, 70/18, 73/18, 86/18).

Slika 26. Prikazuje rubni završetak ravnog krova s nadozidom visine  $\geq 100$  cm, rješenje je obostrano oblaganje nadozida s toplinskom izolacijom.



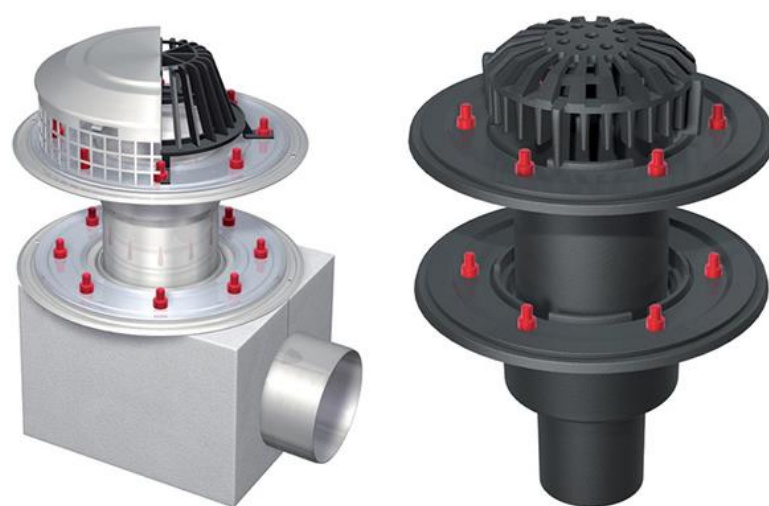
Slika 26. Detalj dobro riješenog toplinskog mosta

Izvor: <https://narodne-novine.nn.hr>

## 5.2. Odvodnja s ravnog krova

Odvodnja oborinskih voda s ravnog krova postiže se sa slivnikom.

Za gravitacijsku odvodnju oborinskih voda s krovova, parkirališta i terasa koriste se slivnici visokog učinka za ravne krovove, gdje se voda koja se sabrala na krovu odvodi preko sustava unutarnjih cijevi. Slivnici na ravnim krovovima proizvedeni su od lijevanog željeza i koriste se na krovovima sa šljunkom i na krovovima koji se koriste kao terasa ili parkiralište.



*Slika 27. Slivnici za odvodnju vode na ravnom krovu*

*<https://www.aco.hr>*



*Slika 28. Primjer ugradnje slivnika na ravnom krovu*

*Izvor: <https://www.aco.hr>*

Slivnici za zelene krovove izrađeni su od polimerbetona i mogu se prilagoditi i ekstenzivnom i intenzivnom zelenom krovu.



*Slika 29. Slivnik na zelenom ravnom krovu*

*Izvor: <https://www.aco.hr>*

Odvodnja sakupljene količine oborinskih voda s površine krova osnovni je kriterij funkcije ravnog krova. Individualno projektiran gledajući objekt i lokaciju, s krova odvodi sakupljenu količinu oborinske vode na efikasan i brz način. Korištenjem prisilnog sistema odvodnje oborinskih voda, izbjegava se neuobičajeno statističko opterećenje te posljedice oštećenja krova ili građevine.

Ispuštanje oborinske vode s ravnog krova izvodi se kanalizacionim kanalima, koji se provode kroz otvore u kanalima s ugrađenim štapovima. Kod odvodnje s ravnog krova glavni elementi su krovni lijevi koji usmjeravaju vodu u kanalizacione cijevi, gdje se ispuštaju u kanalizacioni sustav te u tlo ili u posude koje su predviđene za tu svrhu. Cijevi za odvodnju se mogu nalaziti izvan ili unutar građevine. Kako ne bi došlo do problema kod odvodnje, lijevak je potrebno postaviti na donjoj točki krova, ne zaboravljajući na nagib krova. Zbog slučaja gdje može doći do problema ili blokade glavne cijevi zato mora postojati nekoliko lijevaka koji moraju biti svi povezani na istu cijev. Važna stvar je hoće li doći do kanalizacije iznutra ili s vanjske strane građevine, a poželjno je birati vanjsku stranu zbog lakšeg rada jer je lakše i popraviti ako dođe do problem i uočiti.

Cijevi koje se ugrađuju s unutarnje strane građevine imaju puno više nedostataka kao što je pristup njima a ako dođe do curenja tada je problem kod plijesni i vlage neizbježan.

Za slučajeve kada nedostaje prostora oko zgrada koji je potreban za smještaj infrastrukture i njezinu funkciju tada su osobe koje su odgovorne za projekt prisiljene da više funkcija prebace na pročelja i krovove od istih objekata. Zbog toga je razvijen plastični modularni sustav koji se naziva Roofbloxx i koristi se za zadržavanje oborinskih voda na ravnim krovovima te na taj način ravni krov postaje "plavi krov".

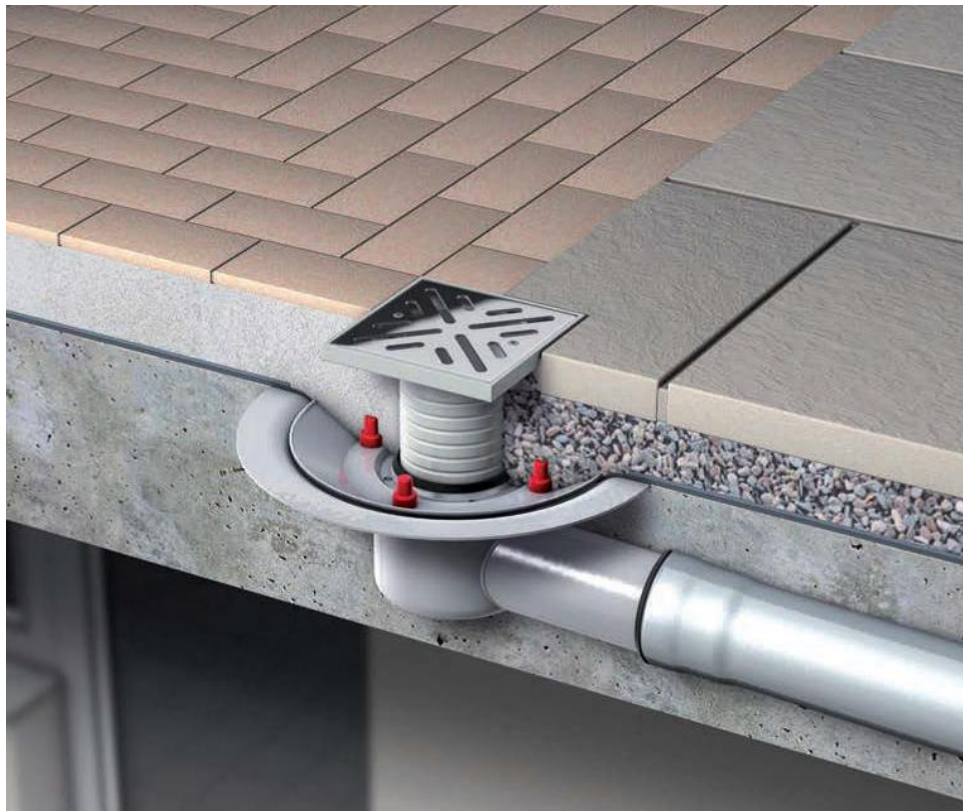
Roofbloxx je izrađen od 100% reciklirajućeg PP, ima visoku nosivost sustava i upija 53% površine od ukupne. Primjenjuje se na pješačkim površinama, prometnim površinama, na ekstenzivnom i intenzivnom ozelenjenom ravnom krovu, na solarnim krovovima. Roofbloxx sustav funkcionira tako da prikuplja oborinsku vodu tj. kišnicu na mjestu nastanka te regulira njezino otjecanje u kanalizaciju.



*Slika 30. Roofbloxx blok*

*Izvor: <https://www.aco.hr>*

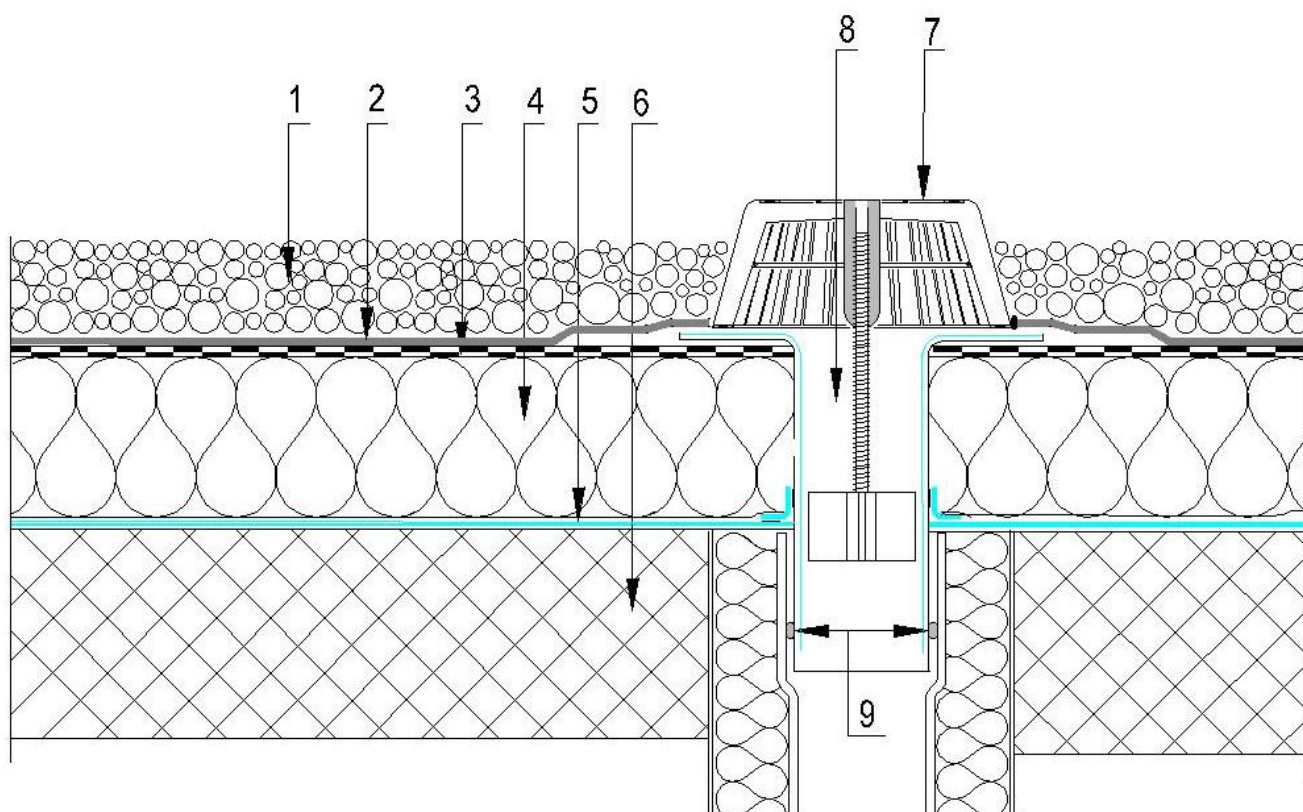
Za odvodnju vode s terasa i balkona koriste se slivnici od nehrđajućeg čelika koji osigurava dugoročnu trajnost. Slivnici za balkone i terase mogu biti s vertikalnom ili horizontalnom priključnom cijevi. Postoje linijski kanali koji služe također za odvodnju vode ali se takvi kanali najčešće koriste kod bazena, wellnessa i terasa.



*Slika 31. Slivnik za terase i balkone*

*Izvor: <https://www.aco.hr>*

Slika 32. Prikazuje detalj slivnika na ravnom krovu koji služi za odvodnju vode s krova. Zaštitna košara služi da bi sakupila i zaštitila slivnik od pijesak, sitnih kamenčića, lišća i ostalih nečistoće te da ne bi zajedno s vodom otišlo slivnik i odvodnu cijev. Slivnici se mogu ugrađivati na licu mjesta tijekom betoniranja.



- |   |                     |   |                         |
|---|---------------------|---|-------------------------|
| 1 | Šljunak             | 6 | AB ploča                |
| 2 | Geotekstil          | 7 | Zaštitna košara         |
| 3 | Hidroizolacija      | 8 | Gotovi element slivnika |
| 4 | Toplinska izolacija | 9 | Tlačna prirubnica       |
| 5 | Parna brana         |   |                         |

*Slika 32. Detalj slivnika na ravnom neprohodnom krovu*

*Izvor: Ilustracija od Maje Zdolec*



## 6. SANACIJE RAVNOG KROVA

Sanacija ravnog krova najčešće se izvodi zbog dotrajalih krovnih sustava, zbog zastarjelih ugrađenih tehnologija, zbog mehaničkih oštećenja hidroizolacije, zbog neprimjerenih aktivnosti na ravnom krovu kao što su ugradnja antena ili neprimjerenih aktivnosti gdje su na ravnom krovu hidroizolacijske membrane izložene direktno i nisu zaštićene te zbog različitih prodora.

Postoje različite vrste hidroizolacijskih membrana kao što su membrane koje zbog nedostatka UV stabilizatora ili različitih posipa moraju biti zaštićene, a nisu. Zbog toga dolazi do prijevremenog pucanja ili starenja hidroizolacijskih sustava, a samim time dolazi i do prodiranja vode u slojeve ispod hidroizolacijskog sloja.

Ljudi mogu uveliko utjecati kod ugradnje na kvalitetu i dugotrajnost sustava, a tada ne pomažu nikakvi hidroizolacijski proizvodi jer zbog male greške u ugradnji cijeli sustav postaje beskoristan.

Postoji više vrsta sanacija kod starih bitumenskih hidroizolacijskih sustava, novije jednoslojne, sanacije starih terasa, balkona i loggia, a to ovisi o vrsti problema. Sanacije se mogu odraditi kao izloženi sustav gdje je hidroizolacijska PVC membrana završni sloj i krov se ne koristi znači neprohodan je i kod opterećenog krova gdje se krov koristi tj. prohodan je. Kod zelenog ravnog krova moguće je također složiti sustav, ali je potrebno kod takvog slučaja provjeriti da li krovna konstrukcija može podnijeti dodatna opterećenja.



Slika 33. Sanacija ravnog krova restorana u Čakovcu

Izvor: <http://spe-ing.hr>



*Slika 34. Sanacija ravnog krova na benzinskoj postaji u Čakovcu*

*Izvor: <http://spe-ing.hr>*

Za potpuno saniranje hidroizolacije postoji tehnički ispravan način koji primjenjuje novu hidroizolaciju i ako je potrebno primjenu ostalih slojeva ravnog krova ali se u obzir moraju uzeti njihovi nedostaci i ograničenja. U praksi takav pristup podrazumijeva ispitivanje slojeva ravnog krova kako bi se utvrdio stupanj oštećenja. Taj postupak se mora obavezno napraviti jer neki slojevi mogu biti nepovratno oštećeni. Sloj toplinske izolacije se često zanemaruje što je problem jer ako sloj toplinske izolacije vlažan ili ako ga je vlaga već uništila time dolazi do mogućih novih nastalih problema i kvarova nakon sanacije. Zbog toga je potrebno sloj toplinske izolacije isušiti ili zamijeniti ovisno o oštećenju.

## 7. ZAKLJUČAK

Izvedba kvalitetnog ravnog krova predstavlja problem jer je potreban kvalitetan materijal te osobe tj. educirani ljudi koji sa sigurnošću mogu garantirati da će izvedba biti kvalitetna i da će imati duži vijek trajanja. U današnje vrijeme sve više je poželjno imati ravni krov bilo koje vrste, a ponajviše prohodni ili zeleni krov zbog iskoristivosti prostora na krovu. Najbitnije kod ravnog krova je pravilno izvođenje jer ako dođe do nekih propusta kasnije mogu biti velike štete te će biti potrebne sanacije koje će također biti skupe kao i sama izvedba ravnog krova. Izvedba ravnog krova je skupa ali je isplativo s vremenom pogotovo zeleni krovovi koji svojom vegetacijom okolišu pridonose brojne ekološke i ekonomske koristi kao što je stvaranje prirodnog okruženja na krovu. Na ravnim krovovima najbitnije je koristiti i kvalitetne materijale osobito izolacije koje krov štite od vanjskih utjecaja te doprinose kvaliteti ravnog krova. Građevine s ravnim krovom su geometrijski bolja rješenja od kuća s kosim krovom ako gledamo na uštedu energije jer građevina s ravnim krovom ima manji volumen od onih s kosim krovom. Najčešće se danas izvode ravni neprohodni krovovi i to najviše na stambenim građevinama i građevinama s velikom površinom krovne konstrukcije, na njima se neće nalaziti nikakva dodatna opterećenja niti će se koristiti za boravak ljudi pa je zbog toga najbolje rješenje za velike krovne površine. U današnje vrijeme sanacije ravnih krovova su prilično skupe, ali s kvalitetnim materijalom i kvalitetnom izvedbom ne bi trebalo doći do bilo kakvih problema koji bi doveli do sanacije, no ako je sanacija potrebna na građevinama koje su prilično stare ili oštećene tada je prvo potreban pregled i ispitivanje ako curi voda i na kojim mjestima te koji slojevi su oštećeni.

U Varaždinu

22.10.2020.

*Maja Edolec*

## 8. LITERATURA

- [1] Vrančić, T. (2005): Građevne konstrukcije, Građevinar
- [2] Awwad B. A. (2018): Study of Flat Roofing Systems, Journal of Advanced Sciences and Engineering Tehnologies
- [3] Marrana T. C., Silvestre J. D., De Brito J., Gomes J. (2017): Lifecyde Cost Analysis of Flat Roofs of Buildings, Journal od Construction Engineering and Menagment
- [4] Mihajlović S. (2014): Ravni krov, Stručni časopis za građevinarstvo i arhitekturu
- [5] Anić- Kaliger D. (2009): Termoizolacijska učinkovitost ekstenzivnog zelenog krova u području srednje Dalmacije, Diplomski rad, PMF, Zagreb.
- [6] Kerovec N. (2017): Krovovi grada Čakovca- Funkcija, konstrukcija i oblikovanje, Završni rad, MEV, Čakovec.
- [7] Jović O. (2006): Sanacije, Građevinar

### Internet izvori:

- [8] <http://www.rudarska.hr>, dostupno 2018.
- [9] <https://www.gradimo.hr>, dostupno 05.04.2020.
- [10] <https://www.isover.hr>
- [11] <https://www.hidroizo.hr>, dostupno 22.11.2017.
- [12] <https://www.funda.hr>
- [13] <https://www.webgradnja.hr>
- [14] <http://thoriumaplus.com>
- [15] <https://www.aco.hr>
- [16] <https://www.sikla.hr>
- [17] <https://hr.roseconstructionct.com>
- [18] <https://hrv.sika.com>
- [19] <http://www.pap-promet.hr>

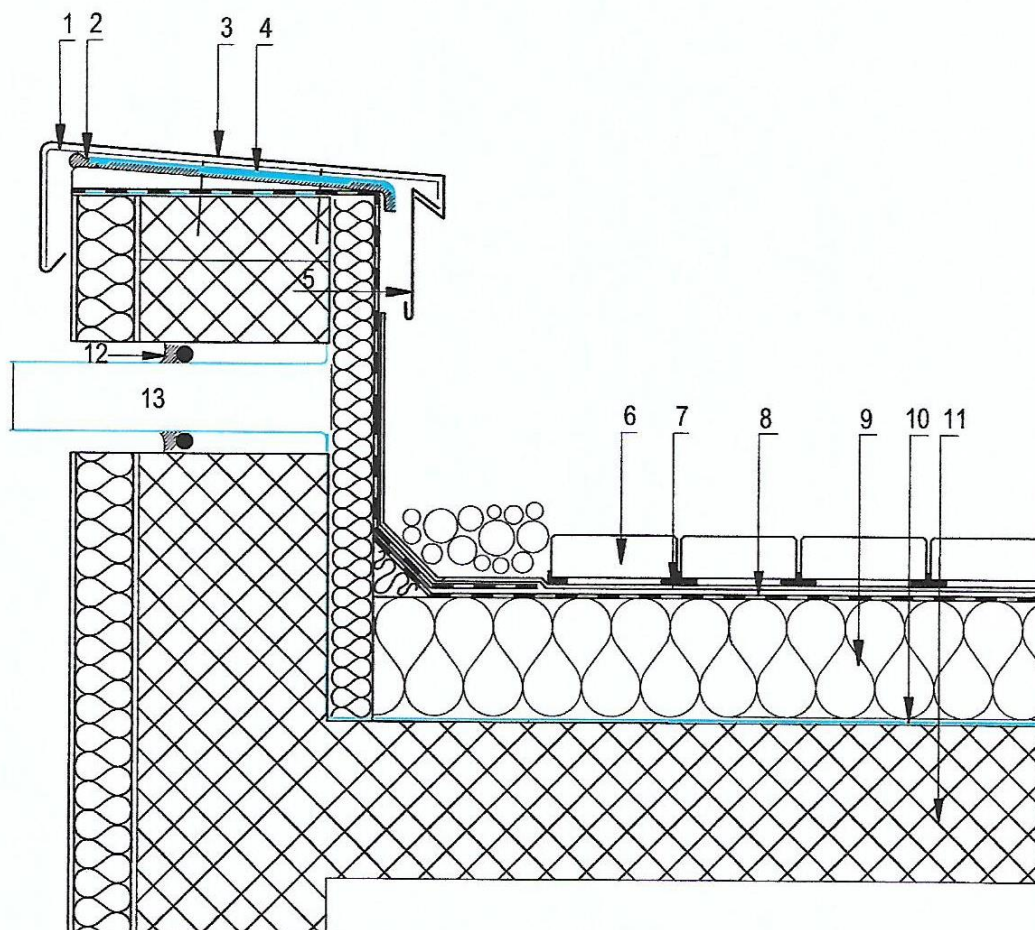
## POPIS SLIKA

Slika 1. Materijal koji se koristi za izradu parnih brana kod kosih i ravnih krovova.....	4
Slika 2. Izolacijska ploča od kamene vune.....	5
Slika 3. Postupak postavljanja bitumenske HI trake.....	5
Slika 4. Slojevi ravnog prohodnog i neprohodnog krova.....	6
Slika 5. Ravni prohodni krov sa svjetlarnikom.....	7
Slika 6. Detalj izvođenja klasičnog toplog ravnog krova.....	8
Slika 7. Detalj izvođenja obrnutog toplog ravnog krova.....	9
Slika 8. Ravni hladni ventilirani krov na drvenoj konstrukciji.....	10
Slika 9. Izolacija ravnog prohodnog krova.....	11
Slika 10. Restoran na ravnom krovu u Bangkoku.....	12
Slika 11. Slojevi ravnog obrnutog prohodnog krova.....	12
Slika 12. Detalj ravnog prohodnog krova.....	13
Slika 13. Slojevi neprohodnog ravnog krova.....	14
Slika 14. Neprohodni ravni krov sa završnim slojem od šljunka u stambenom naselju Jelkovec, Zagreb.....	15
Slika 15. Detalj ravnog neprohodnog krova.....	16
Slika 16. Slojevi ravnog zelenog krova.....	17
Slika 17. Intenzivni zeleni krov.....	18
Slika 18. Ekstenzivni zeleni krov.....	19
Slika 19. Detalj ravnog zelenog krova.....	20
Slika 20. Ravni prohodni krov iznad trapeznog lima s bitumenskom hidroizolacijom.....	22
Slika 21. Ravni prohodni krov iznad trapeznog lima sa sintetičkom hidroizolacijom.....	23
Slika 22. Ekspandirani polistiren.....	24
Slika 23. Ploče od ekstrudiranog polistirena.....	24
Slika 24. Mineralna staklena vuna.....	25
Slika 25. Difuzija vodene pare kod klasičnog ravnog krova.....	28
Slika 26. Detalj dobro riješenog toplinskog mosta.....	30
Slika 27. Slivnici za odvodnju vode na ravnom krovu.....	31
Slika 28. Primjer ugradnje slivnika na ravnom krovu.....	31
Slika 29. Slivnik na zelenom ravnom krovu.....	32
Slika 30. Roofbloxx blok.....	33
Slika 31. Slivnik za terase i balkone.....	34
Slika 32. Detalj slivnika na ravnom neprohodnom krovu.....	35


Slika 33. Sanacija ravnog krova restorana u Čakovcu .....	36
Slika 34. Sanacija ravnog krova na benzinskoj postaji u Čakovcu .....	37

# PRILOZI

## Ravni prohodni krov

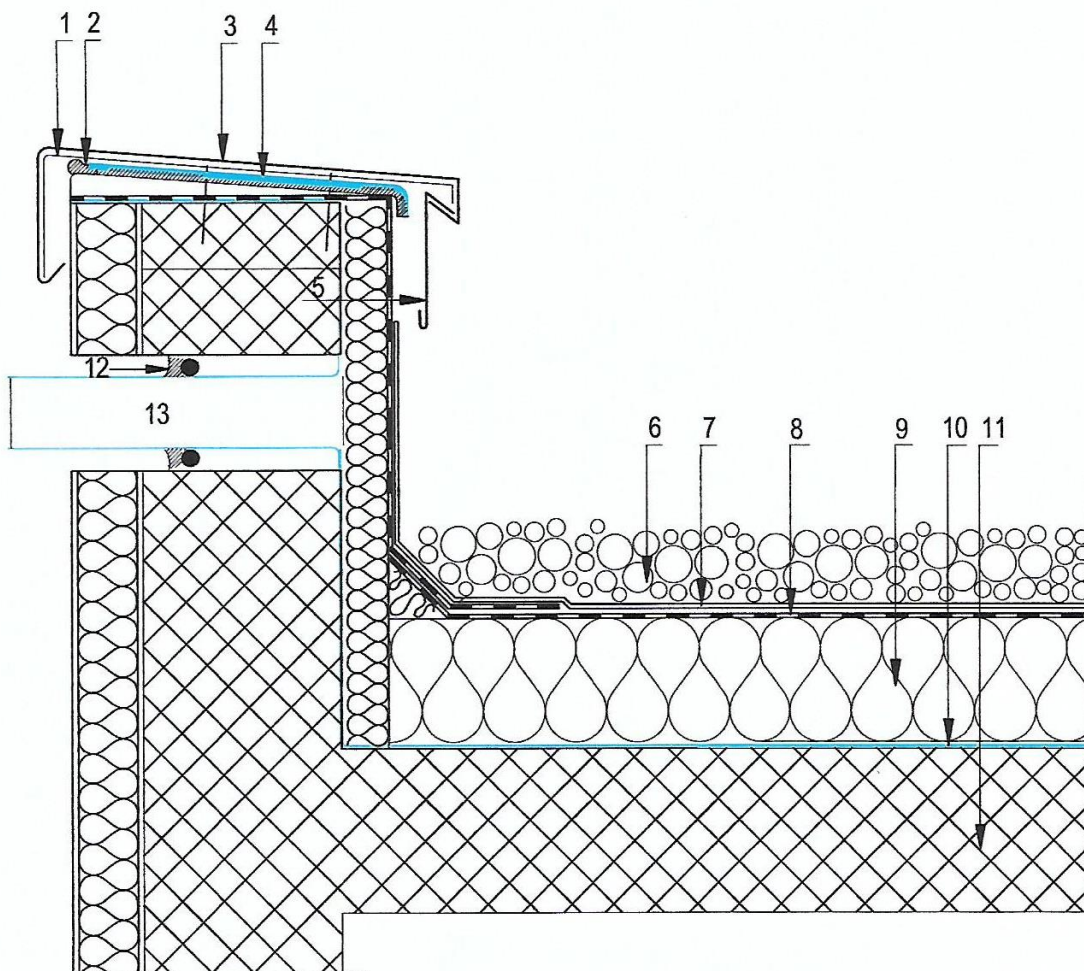


- 1 Metalni podložni lim
- 2 Traka za brtvljenje
- 3 Metalna okapnica
- 4 Ljepljena traka
- 5 Kontra lim
- 6 Kulir ploče na gumenim podmetačima
- 7 PE folija
- 8 Hidoizolacija
- 9 Toplinska izolacija
- 10 Parna brana
- 11 AB ploča
- 12 Brtvilo za PVC sa ispunom za fuge i temeljnim premazom
- 13 Gotovi element preljeva

Faza projekta: <b>ZAVRŠNI RAD</b>		Vrsta projekta: <b>ARHITEKTONSKI</b>			
Mentor: doc.dr.sc. Dražen Arbutina dipl.ing.arh.		Kolegij - Završni radovi i instalacije u zgradama			
Student: Maja Zdolec, 1619/336					
Kolegij: <b>ZAVRŠNI RADOVI I INSTALACIJE</b>		Sadržaj: <b>Detalj 1</b>			
Mjerilo: <b>1:50</b>	Podloga: <b>KNJIGA 1</b>		Vrsta:	Broj crteža:	Verzija:
Datum: rujan 2020.	Crtao: IP	Akademski godina: 2019/2020	Broj zadatka: 407/2019	<b>ZG A</b>	<b>001 0</b>

Prilog 1. Detalj ravnog prohodnog krova

# Ravni neprohodni krov



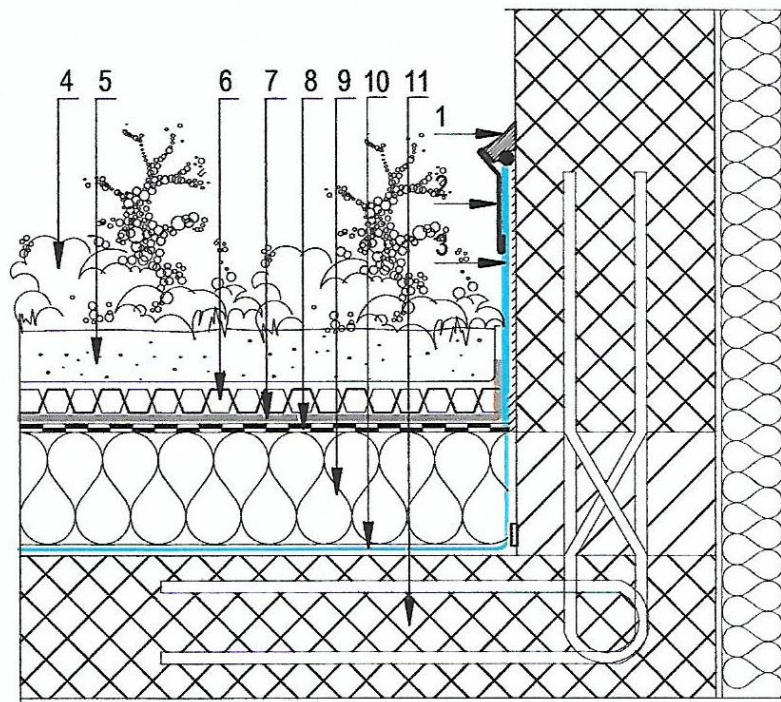
- 1 Metalni podložni lim
- 2 Traka za brtvljenje
- 3 Metalna okapnica
- 4 Ljepljena traka
- 5 Kontra lim
- 6 Šljunak
- 7 PE folija
- 8 Hidoizolacija
- 9 Toplinska izolacija
- 10 Parna brana
- 11 AB ploča
- 12 Brtvilo za PVC sa ispunom za fuge i temeljnim premazom
- 13 Gotovi element preljeva

Faza projekta: <b>ZAVRŠNI RAD</b>		Vrsta projekta: <b>ARHITEKTONSKI</b>	
Mentor: doc.dr.sc. Dražen Arbutina dipl.ing.arh.		Kolegij - Završni radovi i instalacije u zgradama	
Student: Maja Zdolec, 1619/336			
Kolegij: <b>ZAVRŠNI RADOVI I INSTALACIJE</b>		Sadržaj: <b>Detalj 2</b>	
Mjerilo:	<b>1:50</b>	Podloga:	<b>KNJIGA 1</b>
Datum:	ru.jan 2020.	Crtao:	IP
Akademski godina:	2019/2020	Broj zadatka:	407/2019
		<b>ZG</b>	<b>A</b>
		<b>002</b>	<b>0</b>

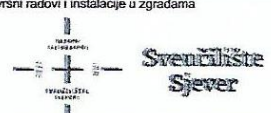
Prilog 2. Detalj ravnog neprohodnog krova



# Ravni zeleni krov

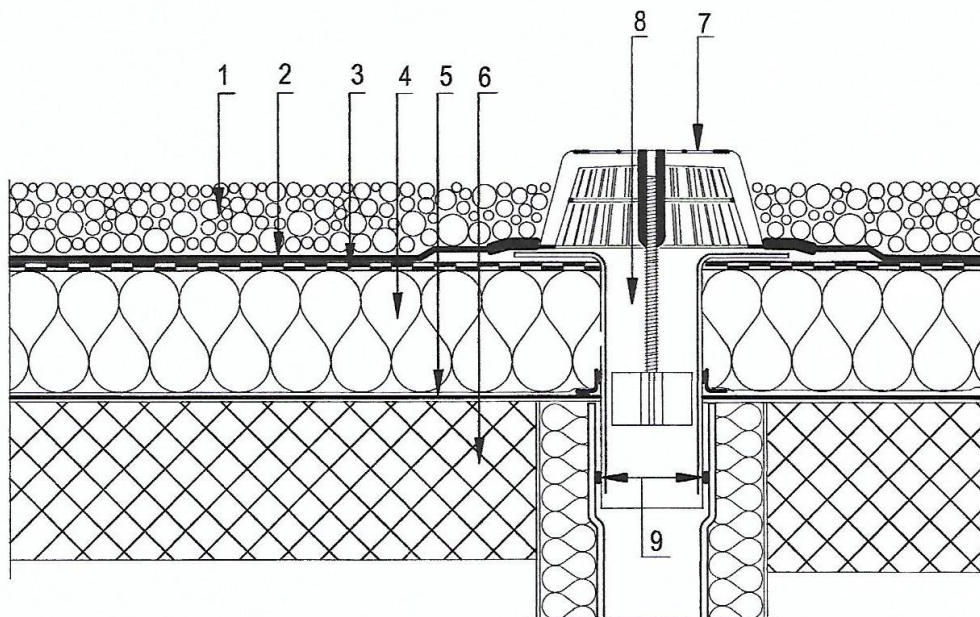


- 1 Brtvilo za PVC sa ispunom za fuge i temeljnim premazom
- 2 Kontra lim
- 3 Ljepljena traka
- 4 Vegetacija
- 5 Supstrat (zemlja)
- 6 Drenažni sustav
- 7 Geotekstil
- 8 Hidroizolacija
- 9 Toplinska izolacija
- 10 Parna brana
- 11 AB ploča

Faza projekta: <b>ZAVRŠNI RAD</b>		Vrsta projekta: <b>ARHITEKTONSKI</b>			
Mentor: doc.dr.sc. Dražen Arbutina dipl.ing.arh.		Kolegij - Završni radovi i instalacije u zgradama			
Student: Maja Zdolec, 1619/336					
Kolegij: <b>ZAVRŠNI RADovi I INSTALACIJE</b>		Sadržaj: <b>Detalj 3</b>			
Mjerilo: <b>1:50</b>	Podloga: <b>KNJIGA 1</b>		Vrsta:	Broj ortiča:	Verzija:
Datum: rujan 2020.	Crtao: IP	Akademski godina: 2019/2020	Broj zadatka: 407/2019	<b>ZG A</b>	<b>003 0</b>

Prilog 3. Detalj ravnog zelenog krova

# Slivnik na ravnom neprohodnom krovu

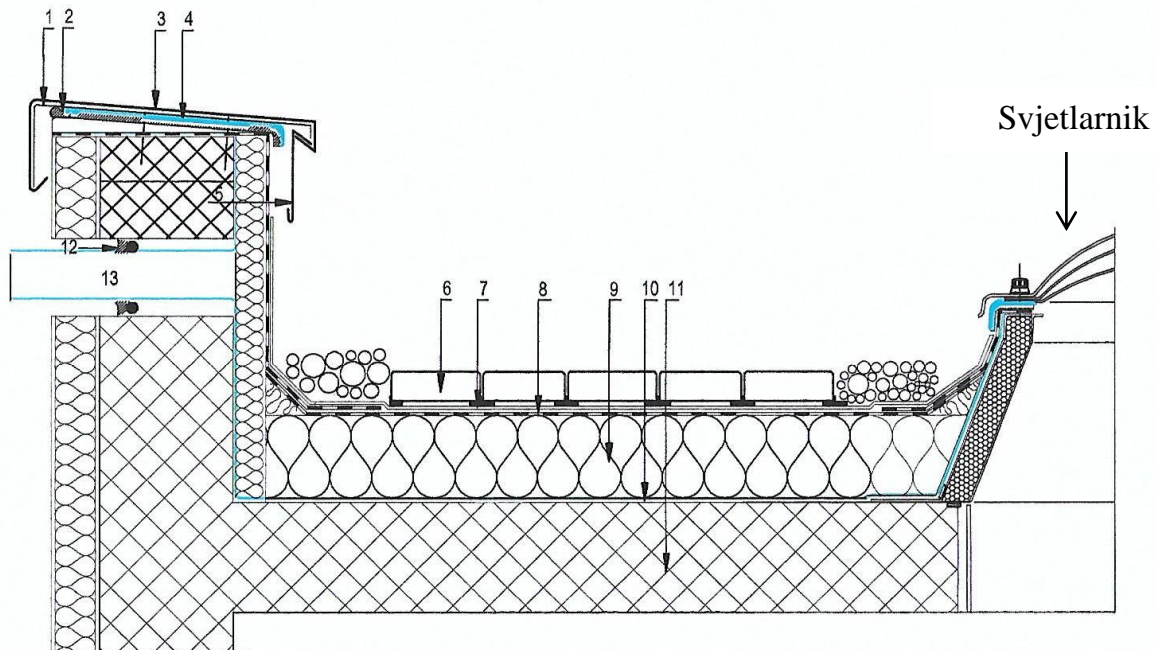


- 1 Šljunak
- 2 Geotekstil
- 3 Hidroizolacija
- 4 Toplinska izolacija
- 5 Parna brana
- 6 AB ploča
- 7 Zaštitna košara
- 8 Gotovi element slivnika
- 9 Tlačna prirubnica

Faza projekta: <b>ZAVRŠNI RAD</b>		Vrsta projekta: <b>ARHITEKTONSKI</b>	
Mentor: doc.dr.sc. Dražen Arbutina dipl.ing.arh.		Kolegij - Završni radovi i instalacije u zgradama	
Student: Maja Zdolec, 1619/336			
Kolegij: <b>ZAVRŠNI RADOVI I INSTALACIJE</b>		Sadržaj: <b>Detalj 4</b>	
Mjerilo: <b>1:50</b>	Podloga: <b>KNJIGA 1</b>	Vrsta:	Broj crteža:
Datum: ru jan 2020.	Crtao: IP	2019/2020	Broj zadatka: 407/2019
		<b>ZG</b>	<b>A</b>
		<b>004</b>	<b>0</b>

Prilog 4. Detalj slivnika na ravnom krovu

## Ravni prohodni krov sa svjetlarnikom



- 1 Metalni podložni lim
- 2 Traka za brtvljenje
- 3 Metalna okapnica
- 4 Ljepljena traka
- 5 Kontra lim
- 6 Kulir ploče na gumenim podmetačima
- 7 PE folija
- 8 Hidroizolacija
- 9 Toplinska izolacija
- 10 Parna brana
- 11 AB ploča
- 12 Brtvilo za PVC sa ispunom za fuge i temeljnim premazom
- 13 Gotovi element preljeva

Faza projekta:	ZAVRŠNI RAD	Vrsta projekta:	ARHITEKTONSKI
Mentor:	doc.dr.sc. Dražen Arbutina dipl.ing.arch.	Kolegij - Završni radovi i instalacije u zgradama	
Student:	Meja Zidolec, 1619/336		
Kolegij:	ZAVRŠNI RADOVI I INSTALACIJE	Sadržaj:	Detalj 5
Mjerilo:	1:50	Podloga:	KNJIGA 1
Datum:	rujan 2020.	Crtao:	IP
		Akademski godina:	2019./2020.
		Broj zbirke:	407/2019
		Vrsta:	ZG
		Broj crteža:	A
			005
			0

Prilog 5. Detalj ravnog prohodnog krova sa svjetlarnikom