

GRAĐEVINSKA FIZIKA

UVOD U GRAĐEVINSKU FIZIKU

GRAĐEVINSKA FIZIKA JE NAUČNA DISCIPLINA USKO VEZANA ZA GRAĐEVINSKU PRAKSU. BAVI SE FIZIKALNIM UTJECAJIMA NA ZGRADU I NJENE ELEMENTE, TE UVJETIMA BORAVKA U ZGRADI.

FIZIKALNI UTJECAJI NA ZGRADU SU:

- TOPLINA
- VODENA PARA
- ZVUK

ONI MOGU UZROKOVATI PROMJENE U KONSTRUKCIJAMA ZGRADE, RAZARANJE I GRAĐEVINSKE ŠTETE.

ZBOG TOGA SE U GRAĐEVINSKOM FIZIKALNOM PRORAČUNU(OBAVEZNI DIO TEHNIČKE DOKUMENTACIJE), TO DOKAZUJE DA SU SVE KONSTRUKCIJE U SKLADU SPOSTOJEĆIM PROPISIMA. U TOKU EKSPLOATACIJE ZGRADE NEĆE SE JAVLJATI NIKAKVE PROMJENE.

ZAKONOM JE OBAVEZNO IZRADITI GRAĐEVINSKO FIZIKALNI PRORAČUN. KOJI JE SASTAVNI DIO GLAVNOG PROJEKTA.

ELELEMENTI TOPLINSKOG PRORAČUNA

TO SU:

- TOPLINSKI PRORAČUN
- DIFUZNI PRORAČUN
- PRORAČUN TOPLINSKE STABILNOSTI
- PRORAČUN ZVUČNIH SVOJSTAVA

U GRAĐEVINSKOM FIZIKALNOM PRORAČUNU U POTPUNOSTI SU DEFINIRANE SVE VANJSKE KONSTRUKCIJE (I NEKE UNUTARNJE), NJIHOVE KARAKTERISTIKE, MATERIJALI I REDOSLJED SLOJEVA.

GRAĐ. FIZIKA UTEMELJENA JE PEDESETIH GODINA 20.st., ZBOG MASOVNE UPOTREBE A.BETONA. UOČENE SU PROMJENE NA KONSTRUKCIJAMA, KOJE NISU BILE PRISUTNE U TRADICIONALNOM NAČINU GRAĐENJA. TE PROMJENE GRAĐ. FIZIKA JE NAUČNO OBRADILA I OMOGUĆILA DA SE ONE IZBJEGNU KORISTEĆI SE PRORAČUNOM. U FAZI IDEJNOG PROJEKTA PROJEKTANT TREBA VODITI RAČUNA O FIZIKALNIM KARAKTERISTIKAMA I UTJECAJIMA NA OBLIKOVANJE.

RAZLOZI FIZIKALNOG PRORAČUNA

GRAĐEVINSKI FIZIKALNI PRORAČUN RADI SE DA BI SE:

- IZBJEGLE GRAĐEVINSKE ŠTETE
- RACIONALNO TROŠILA ENERGIJA
- EKONOMIČNO ODRŽAVALA ZGRADA, A VELIKE ZGRADE IMALE VLASTITI ENERGETSKI SUSUTAV GRIJANJA I ODRŽAVANJA
- OMOGUĆIO ZDRAV I UGODAN BORAVAK KORISNICIMA ZGRADE

Kvalitetu omotača zgrade treba prilagoditi svim ostalim elementima koji mogu imati utjecaj na toplinski komfor u zgradama i racionalnu potrošnju energije :

KVANTITATIVNI ODNOS VOLUMENA ZGRADE I OMOTAČA ZGRADE

TOPLINSKA KVALITETA NEPROZIRNIH ELEMENATA ZGRADE

TOPLINSKA KVALITETA PROZIRNIH ELEMENATA ZGRADE

KVANTITATIVNI ODNOS PROZIRNIH I NEPROZIRNIH ELEMENATA ZGRADE

DJELOVANJE SUNČEVOG ZRAČENJA – INSOLACIJA

TOPLINSKI MOSTOVI

AKUMULACIJA TOPLINE ELEMENATA ZGRADE

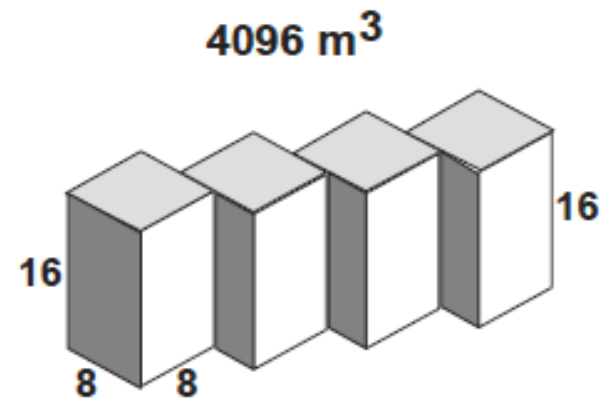
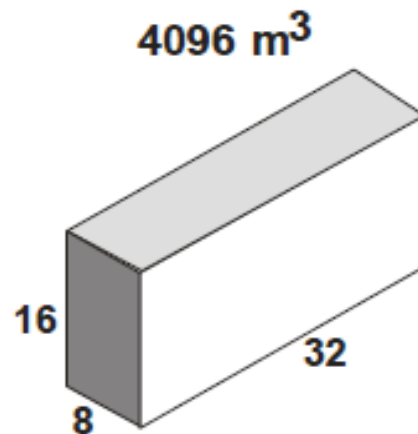
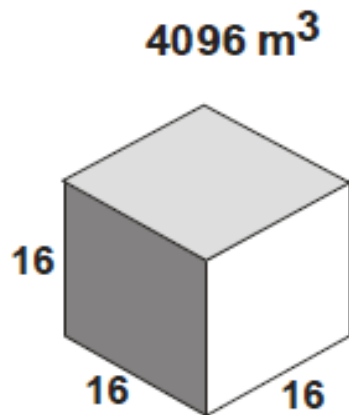
TOPLINSKA STABILNOST OBODNIH KONSTRUKCIJA I ELEMENATA U LJETNOM PERIODU

2.1.1. KVANTITATIVNI ODNOS VOLUMENA ZGRADE I OMOTAČA ZGRADE

Odnos volumena neke zgrade i površine njenog omotača može imati bitnu ulogu u količini potrošene energije potrebne za zagrijavanje zgrade.

Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama utvrđuje faktor oblika zgrade $f_o = A/V_e$ (m^{-1}). To je omjer oplošja A (m^2) i obujma V_e (m^3) grijanog dijela zgrade.

VOLUMEN ZGRADE



POVRŠINA OMOTAČA ZGRADE

1536 m²

$f_o = 0,375$

1792 m²

$f_o = 0,437$

2176 m²

$f_o = 0,531$

Zgrade razvedenih oblika mogu imati i do 35 % veću površinu omotača zgrade od zgrada pravilnih geometrijskih oblika.

Zgrade razvedenih oblika troše i više energije potrebne za zagrijavanje, pa bi zbog toga trebale imati i kvalitetniji omotač u toplinskom smislu. 13

GRAĐEVINSKO FIZIKALNI UVJETI ZA VANJSKE KONSTRUKCIJE

ZIMSKI UVJETI

1. SPECIFIČNI TOPLINSKI GUBICI ZGRADE ZA PROPISANE I PROJEKTIRANE UVJETE, MORAJU BITI MANJI OD DOPUŠTENIH. ZA SVE ZGRADE KOJE SE GRIJU NA TEMP. VEĆOJ OD $12^{\circ}\text{C} < \theta_e < 18^{\circ}\text{C}$.
GUBICI TOPLINE NADOKNĐUJU SE GRIJANJEM, ONI OVISE O:
 - DEBLJINI TOPLINSKE BRANE VANJSKIH OBODNIH KONSTRUKCIJA
 - KARAKTERISTIKAMA PROZIRNIH KONSTRUKCIJA. PROZORI, VRATA
 - KVALITETI I BROJU SPOJEVA (VEZA)
 - NAČINU VENTILIRANJA
 - OBLIKU, VELIČINI I ORIJENTACIJI ZGRADE
2. FIZIOLOŠKI KRITERIJ – TEMP. NA UNUTARNJOJ PLOHI OBODNE KONSTRUKCIJE NE SMIJE BITI NIŽA OD TEMPERATURE ROSIŠTA, ZA NAJNIŽE IZMJERENE TEMP. VANJSKOG ZRAKA NA ODREĐENOJ LOKACIJI. ŠTO JE MANJA RAZLIKA IZMEĐU TEMP. ZRAKA I PLOŠNE TEMP. TO JE MIKRO KLIMA UGODNIJA.

OSTALI ZIMSKI UVJETI ZA ODRŽAVANJE ZGRADE

3. GRANICA SMRZAVANJA

4. AKUMULACIJA

5. DIFUZNI TOK

4. AKUMULACIJA: KONSTRUKCIJA MORA AKUMULIRATI TOPLINU NAKON PRESTANKA GRIJANJA NOĆU. POMOĆU AKUMULIRANE TOPLINE ODRŽAVA SE TEMP. UNUTARNJOŠTI PROSTORIJE. AKUMULACIJSKI SLOJ JE NOSIVI DIO KONSTRUKCIJE – MATERIJAL VELIKE GUSTOĆE (A. BETON).

5. PRAVILAN DIFUZNI TOK BEZ POJAVE KONDENZATA ILI MALA KOLIČINA KONDENZATA KOJA SE LJETI OSUŠI (VODENA PARA KREĆE SE IZ UNUTARNJEG PROSTORA KROZ KONSTRUKCIJE U VANJSKI, PRI TOME SE U KONSTRUKCIJE MOŽE KONDENZIRATI ŠTO DOVODI DO OŠTEĆENJA KONSTRUKCIJE I GRAĐEVINSKE ŠTETE.

LJETNI UVJETI ZA VANJSKE KONSTRUKCIJE

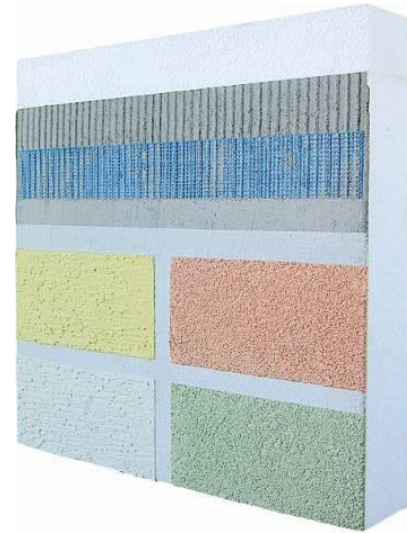
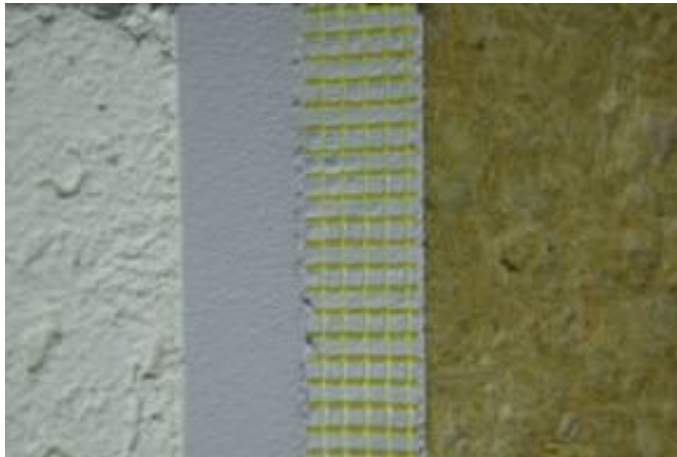
LJETNI UVJETI

- TOPLINSKA STABILNOST
TOPLINSKO PRIGUŠENJE
FAZNI POMAK
KONSTRUKCIJA MORA OSIGURATI STALNU TEMPERATURU UNUTARNJEG PROSTORA IAKO JE TEMP. VANJSKOG ZRAKA OSCILATORNA U TOKU 24 SATA.
- 2. TOPLINSKA IZOLACIJA MORA SMANJITI ŠIRENJE (DILATIRANJE)
ARM.BETONA
DILATACIONE REŠKE
TOPL. IZOLACIJA S VANJSKE STRANE.

TOPLINSKA IZOLACIJA

OSNOVNA PODJELA TOPLINSKO IZOLACIJSKIH MATERIJALA JE NA ANORGANSKE I ORGANSKE

NAJPOZNATIJI PREDSTAVNIK ANORGANSKIH IZOLACIJA JE KAMENA I STAKLENA VUNA, A ORGANSKIH MATERIJALA POLISTIREN – EKSPANDIRANI I EKSTRUDIRANI, TE POLIURETAN, ODNOSNO POLIURETANSKA PJENA



MATERIJALI ZA TOPLINSKU ZAŠTITU ZGRADE

MINERALNA VUNA - KAMENA I STAKLENA, DOBAR JE TOPLINSKI IZOLATOR S TOPLINSKOM PROVODLJIVOSTI IZMEĐU 0,035 I 0,045, ŠTO JE UVRŠTAVA MEĐU NAJBOLJE TOPLINSKE IZOLATORE

TO JE IZOLACIJSKI MATERIJAL MINERALNOG PORIJEKLA ZA TOPLINSKU, ZVUČNU I PROTUPOŽARNU IZOLACIJU U GRADITELJSTVU, INDUSTRIJI I BRODOGRADNJI

MINERALNA VUNA IMA VISOKU OTPORNOST NA POŽAR, PAROPROPUSNA JE I DJELOMIČNO VODOOTPORNA

OTPORNA JE NA STARENJE I RASPADANJE, TE NA MIKROORGANIZME I INSEKTE

KORISTI SE U SVIM VANJSKIM KONSTRUKCIJAMA ZA TOPLINSKU ZAŠTITU, TE U PREGRADNIM ZIDOVIMA ZA ZVUČNU ZAŠTITU. JEDINO MJESTO GDJE SE NE PREPORUČA JE ZA IZOLACIJU PODRUMSKIH ZIDOVA POD ZEMLJOM.

KAMENA VUNA



MW - staklena vuna - filc



MW - kamena vuna - ploče

OSIM KAMENE I STAKLENE VUNE, NA NAŠEM TRŽIŠTU NAJVIŠE SE KORISTI POLISTIREN ILI **STIROPOR** (NAZIV PRVOG PROIZVEDENOG POLISTIRENA U NJEMAČKOJ, 1954. GODINE).NAZIV STIROPOR POSTAO JE SINONIM ZA EKSPANDIRANI POLISTIREN, **EPS**

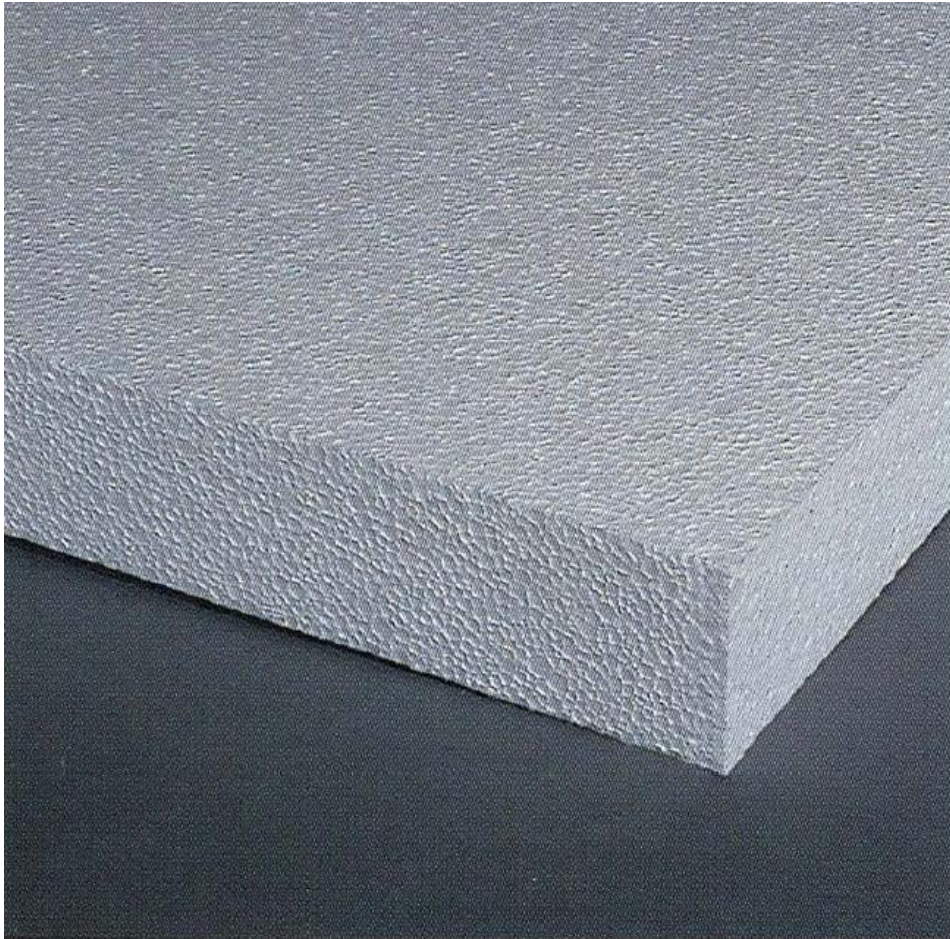
ZBOG DOBRIH IZOLACIJSKIH SVOJSTAVA $\lambda = 0,035-0,040$ W/MK, TE NISKE CIJENE I JEDNOSTAVNE UGRADNJE, DANAS JE TO JEDAN OD NAJPOPULARNIJIH IZOLACIJSKIH MATERIJALA

KORISTI SE NAJVIŠE KAO TOPLINSKA ZAŠTITA, U SVIM VANJSKIM KONSTRUKCIJAMA, TE KAO PLIVAJUĆI POD U PODNIM MEĐUKATNIM KONSTRUKCIJAMA

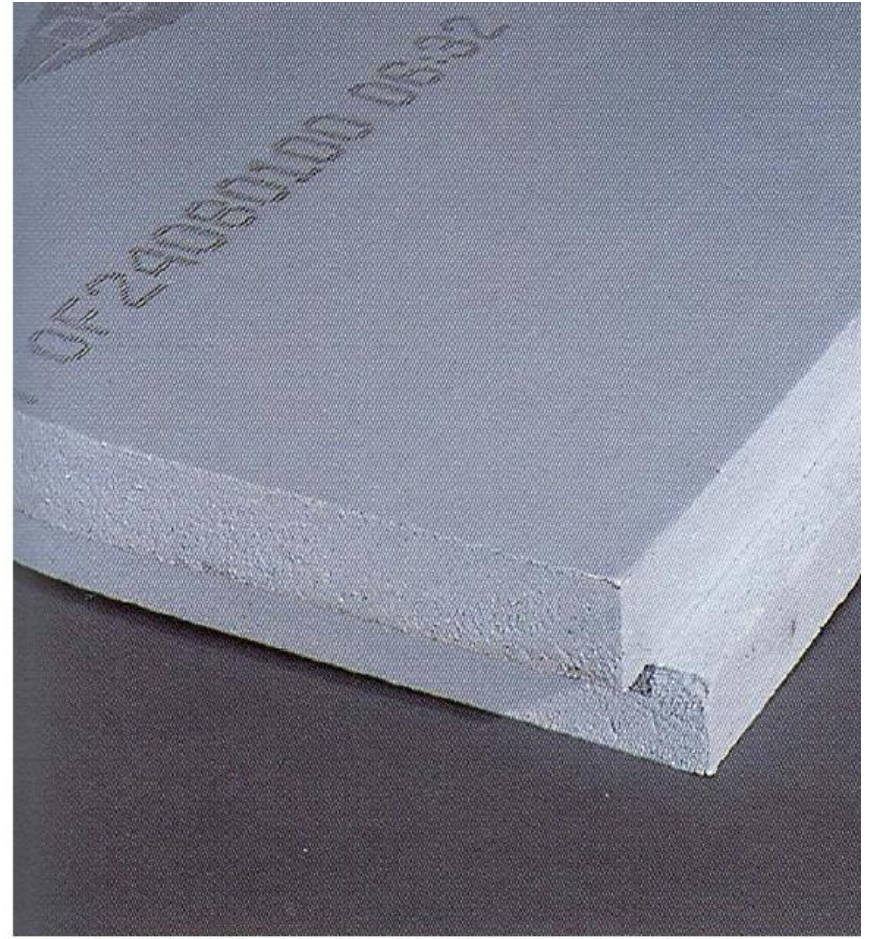
IMA ZNATNO SLABIJA PROTUPOŽARNA SVOJSTVA OD KAMENE VUNE, TE NIJE OTPORAN NA TEMPERATURE VIŠE OD 80°C

ČESTO SE KORISTI ZA TOPLINSKU ZAŠTITU PODRUMSKIH ZIDOVA – **EKSTRUDIRANI POLISTIREN**. EKSTRUDIRANI POLISTIREN ILI **XPS** JE NAJČEŠĆE OBOJEN U PLAVO ILI RUŽIČASTO, ZA RAZLIKU OD BIJELOG EKSPANDIRANOG POLISTIRENA EPS.

POLISTIRENI



EPS - ekspanzirani polistiren - ploče



XPS - ekstrudirani polistiren

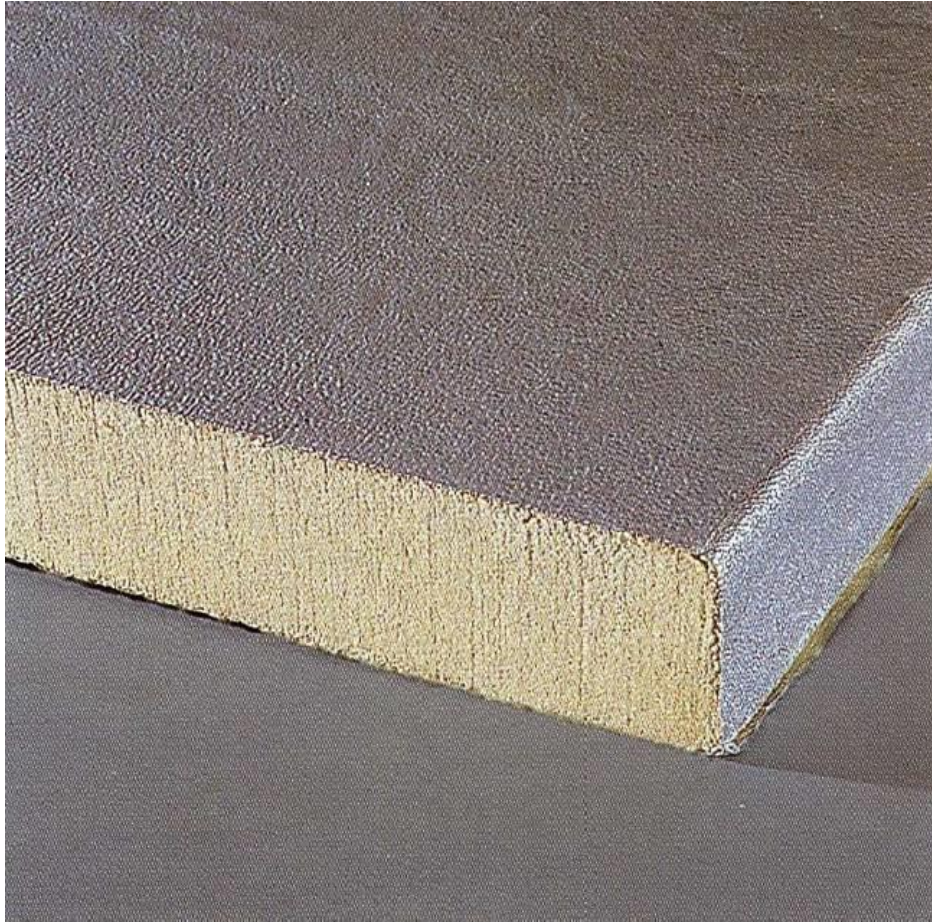
POLIURETANSKA PJENA TAKOĐER SE DOSTA KORISTI, NAROČITO PRI SANACIJAMA RAVNIH KROVOVA

IMA JOŠ BOLJA TOPLINSKO IZOLACIJSKA SVOJSTVA PA λ IZNOSI IZMEĐU 0,020 I 0,035 W/MK

IMA DOBRA SVOJSTVA NA VLAGU I TEMPERATURNE PROMJENE

MEĐUTIM, ZNATNO JE SKUPLJA OD PRVA DVA NAVEDENA MATERIJALA, TE ZBOG TOGA NIJE U ŠIROJ PRIMJENI.

POLIURETANI



PUR - poliuretan u pločama



PUR - prskani poliuretan

NA TRŽIŠTU SE SVE VIŠE POJAVLJUJU I DRUGI IZOLACIJSKI
MATERIJALI KAO ŠTO SU CELULOZA, GLINA, PERLIT,
VERMIKULIT, TRSTIKA, LAN, SLAMA, OVČJA VUNA I DRUGI

IMAJU NEŠTO SLABIJA IZOLACIJSKA SVOJSTVA, PA SU
POTREBNE VEĆE DEBLJINE

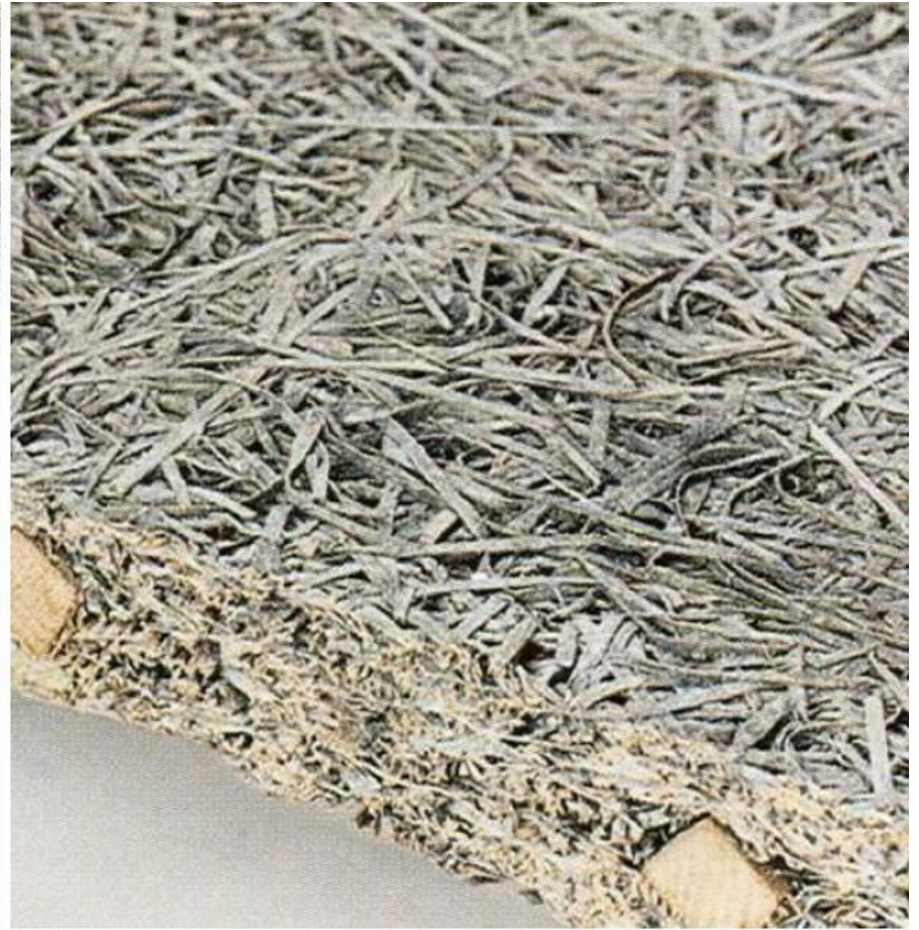
OVI SE MATERIJALI U SVIJETU KORISTE LOKALNO, PREMA
PORIJEKLU I IZVORU SIROVINE ZA PROIZVODNJU

ZA PRAVILAN IZBOR MATERIJALA ZA TOPLINSKU IZOLACIJU
POTREBNO JE DOBRO POZNAVATI NJEGOVA FIZIKALNO
KEMIJSKA SVOJSTVA, TE PREDNOSTI I MANE PRIMJENE.

DRUGI IZOLACIJSKI MATERIJALI:CELULOZA I DRVENA VUNA

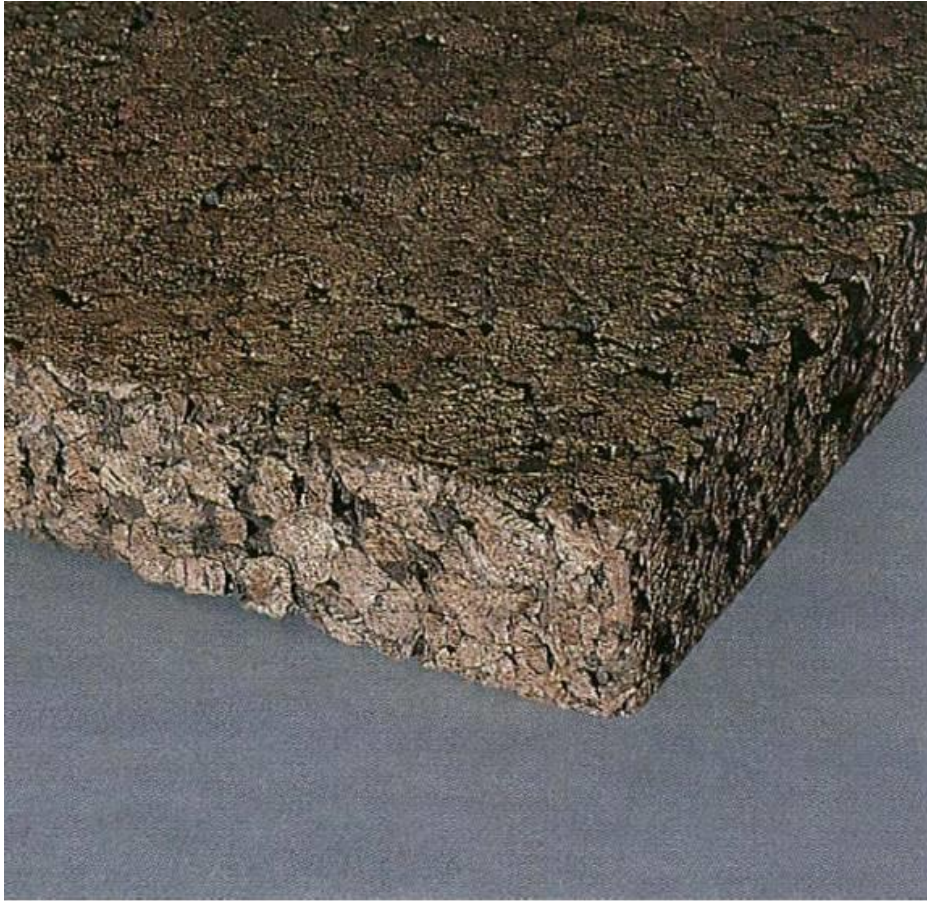


celulozna vlakna - rasuti materijal



drvena vuna

EKSPANDIRANO PLUTO I PAMUK

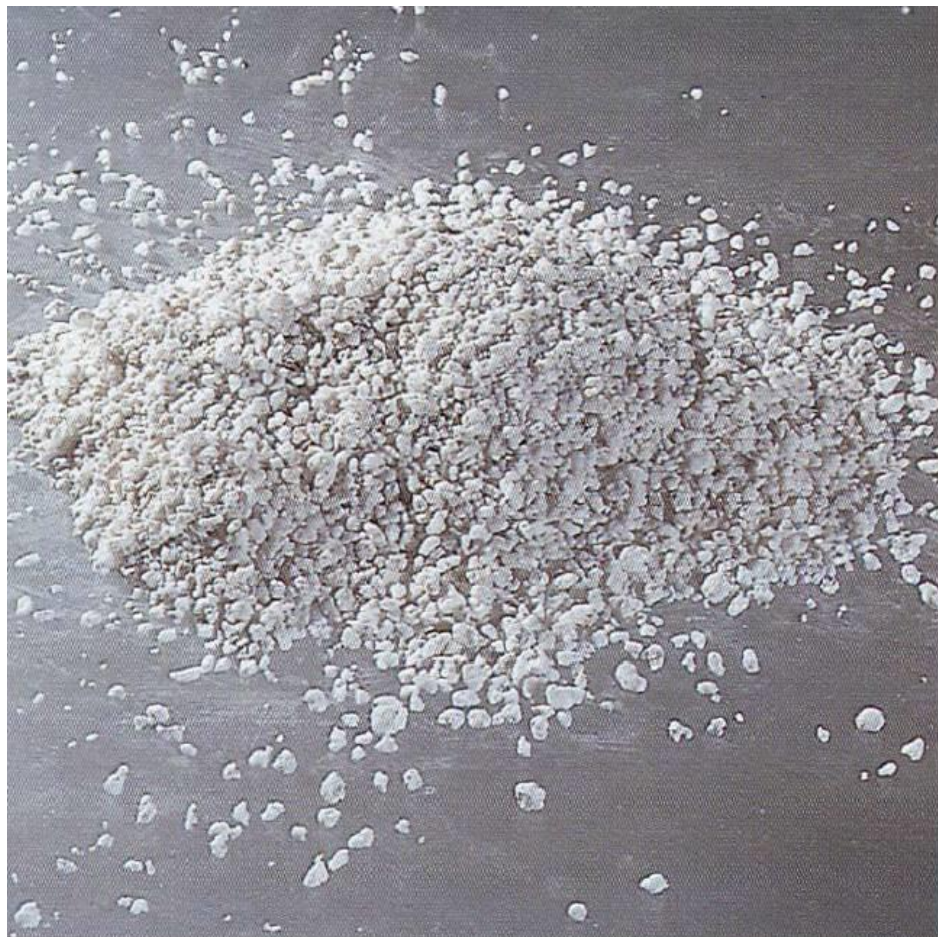


ekspandirano pluto - ploče



pamuk - filc

EKSPANDIRANI PERLIT I PJENASTO STAKLO



ekspandirani perlit - nasip



pjenasto staklo

KOMBI PLOČE

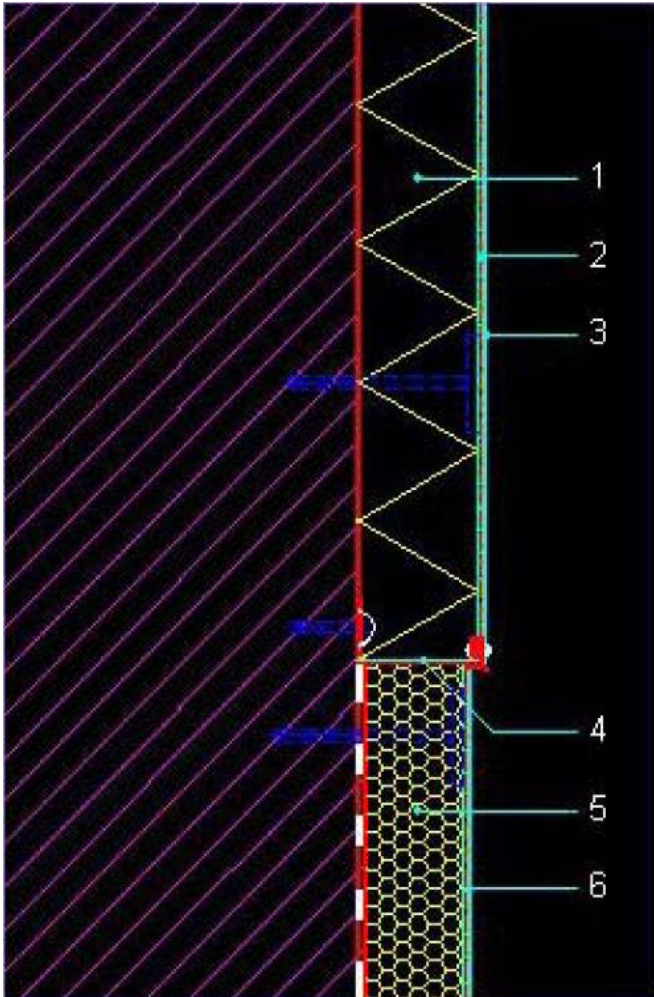


“kombi” ploče s EPS jezgrom



“kombi” ploče s MW jezgrom

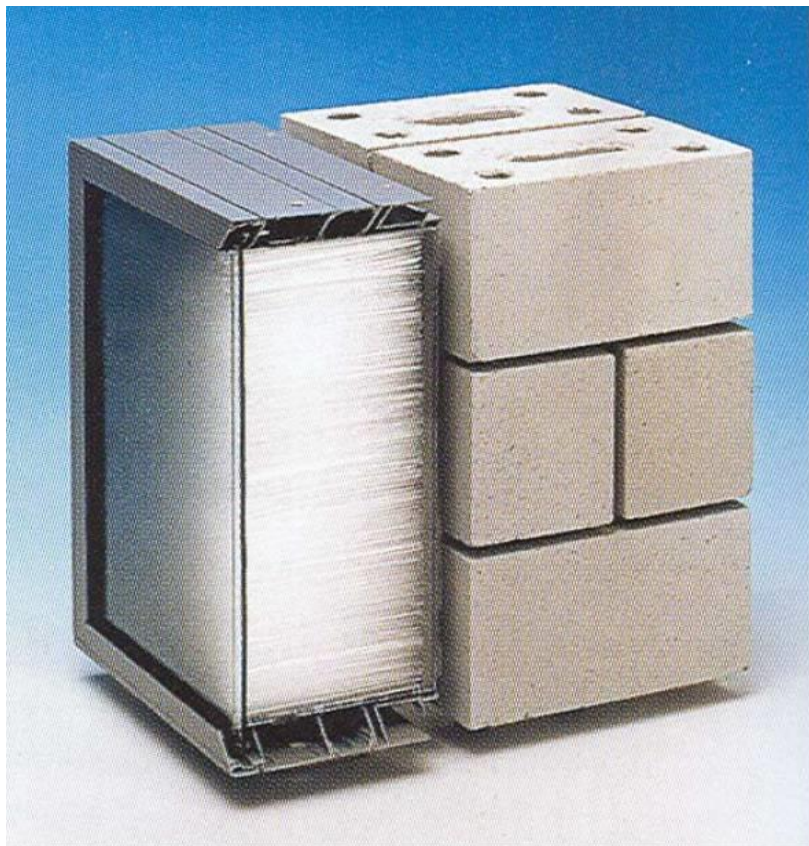
ETICS SUSTAV PRIMJER



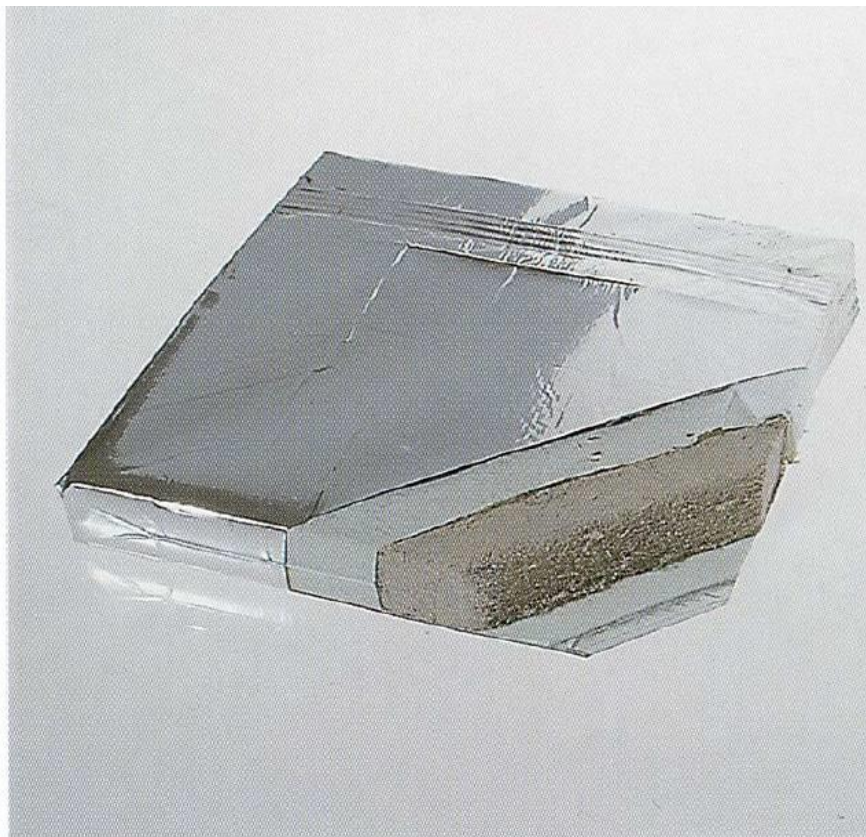
ETICS POVEZANI SUSTAV ZA TOPLINSKU IZOLACIJU na osnovi EPS-a (HRN EN 13499:2004) ili MW (HRN EN 13500:2004)

1. EPS
2. alkalno postojana staklena mrežica u građevinskom ljepilu
3. završna zaštitna žbuka
4. osnovni rubni Al profil
5. XPS
6. alkalno postojana staklena mrežica u građevinskom ljepilu –sokl završna žbuka

MATERIJALI ZA TOPLINSKU ZAŠTITU ZGRADE

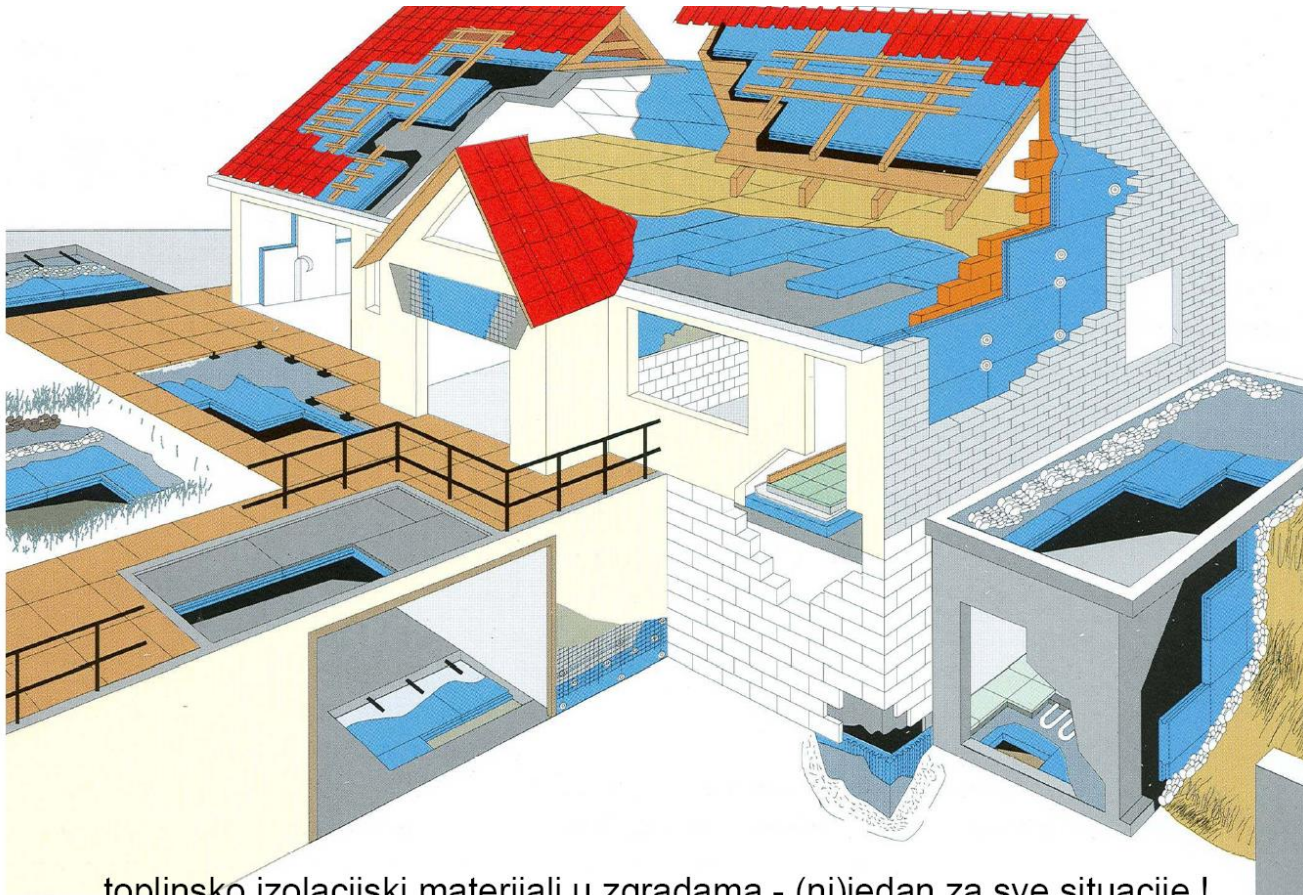


transparentne kapilarne ploče za upijanje topline



VIP - vakuumske izolacijske ploče

YTOG GRADNJA +XPS T.IZOLACIJA



toplinsko izolacijski materijali u zgradama - (ni)jedan za sve situacije !

POSTAVLJANJE TOPLINSKE IZOLACIJE



TOPLINSKI TOKOVI U KONSTRUKCIJAMA

UVOD

TOPLINA JE OBLIK UNUTRAŠNJE KINETIČKE ENERGIJE MOLEKULA KOJE SU U NEPREKIDNOM GIBANJU. SAMA OD SEBE PRELAZI S MJESTA VIŠE TEMPERATURE NA MJESTO NIŽE TEMPERATURE, KAKO BI SE USPOSTAVILA RAVNOTEŽA. JEDINICA JE J đul.

TEMPERATURA JE FIZIKALNO SVOJSTVO TIJELA KOJE KARAKTEZIRA NJEGOVO TOPLITNO STANJE. JEDINICA JE °C K (Kelvin); T,t, Q, ϑ (teta).

POVISITI TEMPERATURU NEKOM TIJELU ZNAČI POVEĆATI SREDNJU BRZINU KRETANJA NJегоVIH MOLEKULA. KELVINOVA LJESTVICA POČINJE NA APSOLUTNOJ NULI (NEMA GIBANJA). $0K = -273,15\text{ °C}$
SPECIFIČNA TOPLINA C [J/kgK] je KOLIČINA TOPLINE KOJA JE POTREBNA DA SE MASI OD 1 kg POVISI TEMPERATURA ZA 1K – KONSTANTA ZA SVAKI MATERIJAL.

KOLIČINA TOPLINE Q [J] - TOPLINSKA ENERGIJA KOJA PRELAZI S JEDNOG TIJELA NA DRUGO.

TOPLINSKI TOK \dot{Q} [W] KOLIČINA TOPLINE Q U JEDINICI VREMENA

$$J/s = W$$

$$\dot{Q} = Q/\tau$$

GUSTOĆA TOPLINSKOG TOKA q [W/m²] TOPLINSKI TOK KOJI PROLAZI
JEDINICOM POVRŠINE

$q = \dot{Q}/A$ [W/m²] količina topline koja u jedinici vremena prođe kroz jediničnu površinu.

PRENOŠENJE TOPLINE

JE PRIRODNI PROCES DO KOJEG DOLAZI ČIM POSTOJI RAZLIKA U TEMPERATURI.

NAČINI PRENOŠENJA TOPLINE:

- ZRAČENJE - RADIJACIJA
- STRUJANJE – KONVEKCIJA
- VOĐENJE – KONDUKCIJA

RADIJACIJA JE PRIJENOS TOPLINE IZMEĐU DVA TIJELA KOJA SE DOTIČU, DAKLE VANJSKI PRIJENOS TOPLINE. IMA VELIKU ULOGU U PRORAČUNU KONSTRUKCIJA IZLOŽENIH INSOLACIJI (RAVNI KROV). PLOŠNA TEMPERATURA TIH KONSTRUKCIJA OVISIT ĆE O BOJI, ORIJENTACIJI, MATERIJALU I DULJINI INSOLACIJE. ZRAČENU TOPLINU KONSTRUKCIJE REFLEKTIRAJU I APSORBIRAJU.

KONVEKCIJA – PRIJENOS TOPLINE PLINOVIMA I TEKUĆINAMA, TE PRIJENOS OD PLINA(ZRAKA) I TEKUĆINE NA ČVRSTO TIJELO.

KONDUKCIJA – NEPOSREDAN UNUTARNJI PRIJENOS TOPLINE IZMEĐU ČESTICA NEKOG TIJELA, IZJEDNAČAVANJE SREDNJE BRZINE KRETANJA MOLEKULA.

VODLJIVOST TOPLINE NEKOG MATERIJALA OVISI:

-GUSTOĆI – ŠTO JE MATERIJAL POROZNIJI S VIŠE ZRAČNIH PORA BOLJI JE IZOLATOR

-VELIČINI PORA – ŠTO SU PORE SITNIJE MATERIJAL JE BOLJI IZOLATOR

-O KOLIČINI VODENE PARE KOJU MATERIJAL MOŽE PRIMITI.

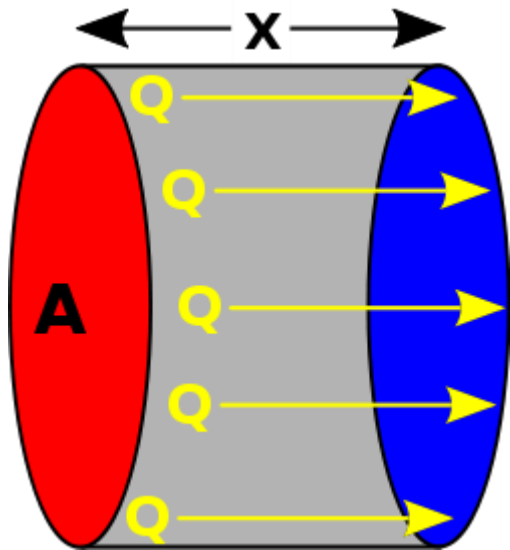
VODA JE 25 PUTA BOLJI VODIČ OD ZRAKA.

NAPOMENA: SUVREMENI MATERIJAL:”ETFE”- MEMBRANSKJE IZOLACIJSKI MATERIJAL SA SVOJSTVIMA: TRANSLUCENTNOSTI (TRANSLUCENTNI SILICI –AERO-GEL).JE IZOLACIJSKI GEL S DVOSTRUKO BOLJIM TOPLINSKIM KAREKTERISTIKAMA OD POLISITERENSKE PJENE,TRANSPARENTNOST cca 80%, VATROOTPORAN I TOPLINSKI STABILAN DO 60%.

- **provođenjem** kroz materijal (kondukcija)
- **strujanjem** tekućina ili plinova (konvekcija)
- **zračenjem** (radijacija)



KONDUKCIJA



LINEARNI TOK TOPLINE KOD PROVOĐENJA ILI KONDUKCIJE
TOPLINE

<https://www.etc-film.com/etc-membrane>

<http://www.birdair.com/tensile-architecture/membrane/etc>





<https://www.etfe-film.com/etfe-membrane>



Etfe membrane

Visoka energetska učinkovitost



Od ekstruzije do montaže, ETFE materijali troše znatno manje energije nego staklo ili slične građevinske materijale.



ETFE folije imaju malu težinu i niske troškove sirovina u proizvodnji. Time se smanjuju troškovi za potkonstrukciju. I veliki rasponi omogućuju uštedu troškova.

reciklirati



Kada se ETFE folije zamijene nakon dugog vijeka trajanja, otpadni materijal se u potpunosti može reciklirati. Zajedno s ostalim prednostima, ETFE je jedan od najodrživijih građevinskih materijala koji je danas dostupan.

GUBICI TOPLINE Φ

VRSTE GUBITAKA TOPLINE

UKUPNI GUBICI TOPLINE NEKE ZGRADE SU KOLIČINA TOPLINE KOJU TREBA NADOKNADITI U 1 SEKUNDI DA BI SE ODRŽALA RAZLIKA TEMPERATURA IZMEĐU UNUTARNJEG I VANJSKOG PROSTORA. ($\Delta t = t_i - t_e$) – računanje temp. unut. i vanjskog zraka

SATOJE SE OD:

- TRANSMISIJSKI GUBICI Φ_T
- VENTILACIJSKI GUBICI Φ_V

TRANSMISIJSKI GUBICI NASTAJU KONDUKCIJOM TOPLINE KROZ OBODNE KONSTRUKCIJE I KONVEKCIJOM KROZ KONSTRUKCIJU SA ZRAČNIM SLOJEM.

- PLOŠNI GUBICI Φ_{pT}
- LINIJSKI GUBICI Φ_{lT}
- TOČKASTI GUBICI Φ_{tT}

$$\Phi = \Phi_{pT} + \Phi_{lT} + \Phi_{tT} \text{ [W]}$$

VENTILACIJSKI GUBICI TOPLINE

- VENTILACIJSKI GUBICI NASTAJU ZBOG PRIRODNE I PRISILNE VENTILACIJE

- SPECIFIČNI GUBICI TOPLINE - GUBICI TOPLINE PO JEDINICI VOLUMENA

$$\Phi_v = \frac{\Phi}{V} \left[\frac{\text{Watt}}{\text{m}^3} \right]$$

$$\Phi_v = \Phi_{vT} + \Phi_{vV}$$

SPECIFIČNI TRANSMISIJSKI GUBICI $\Phi_{vT} \leq \text{dop } \Phi_{vT}$

SPECIFIČNI VENTILACIJSKI GUBICI $\Phi_{vV} \leq \text{dop } \Phi_{vV}$

$$\text{Dop } \Phi_{vT} = 7 + 14 f^0 \quad \text{A m}^2$$

$$f^0 - \text{FAKTOR OBLIKA ZGRADE } f^0 = \frac{\text{A}}{V} \left[\frac{\text{m}^2}{\text{m}^3} \right]$$

$\text{dop } \Phi_{vV} = 0,25 (t_i - t_e)$ ZA ZGRADE S PRIRODNOM VENTILACIJOM

Zakonodavni okvir u području energetske učinkovitosti

Tehnički propis o uštedi topl. energije i topl. zaštiti u zgradama (NN79/2005) **Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama, NN110/2008**

Novi Tehnički propis stupio na snagu 31. ožujka 2009. HRN EN ISO 13790:2008

Stambene zgrade – godišnja potrebna toplina za grijanje

za $f_0 \leq 0,20$

$$Q''_{H,nd} = 51,31 \text{ kW}\cdot\text{h}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$$

za $0,20 < f_0 < 1,05$

$$Q''_{H,nd} = 41,03 + 51,41 \cdot f_0$$

za $f_0 \geq 1,05$

$$Q''_{H,nd} = 95,01 \text{ kW}\cdot\text{h}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$$

Nestambene zgrade – godišnja potrebna toplina za grijanje

za $f_0 \leq 0,20$

$$Q''_{H,nd} = 16,42 \text{ kW}\cdot\text{h}/(\text{m}^3\cdot\text{a})$$

za $0,20 < f_0 < 1,05$

$$Q''_{H,nd} = 13,13 + 16,45 \cdot f_0$$

za $f_0 \geq 1,05$

$$Q''_{H,nd} = 30,40 \text{ kW}\cdot\text{h}/(\text{m}^3\cdot\text{a})$$

Koeficijent prolaza topline za prozore i balkonska vrata - $U(k) = 1,80 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$

Sastavni dio svakog glavnog projekta - Iskaznica potrebne topline za grijanje i hlađenje

Prvi korak u implementaciji Direktive EU o energetske značajkama zgrada
NN 128 BR. 9. 2015. PRILOG D I PRILOG C TABLICE novo

ODABIR LOKACIJE, ORIJENTACIJA I OBLIK KUĆE

AKO JE MOGUĆE, ODABRATI MJESTO IZLOŽENO SUNCU, KOJE NE ZASJENJUJU DRUGE KUĆE, A ZAŠTIĆENO JE OD JAKIH VJETROVA OTVORITI KUĆU PREMA JUGU, A ZATVORITI PREMA SJEVERU OGRANIČITI DUBINU KUĆE I OMOGUĆITI NISKOM ZIMSKOM SUNCU DA UĐE U KUĆU

ZAŠTITITI KUĆU OD PREJAKOG LJETNOG SUNCA ZELENILOM I NAPRAVAMA ZA ZAŠTITU OD SUNCA

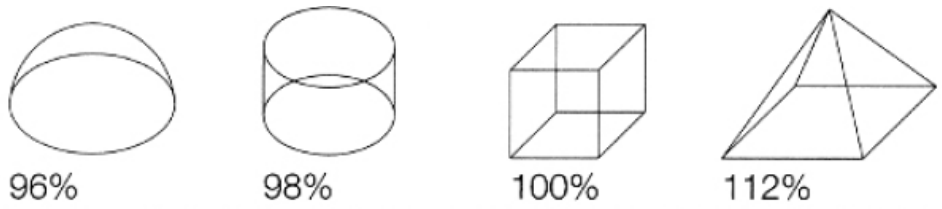
KOMPAKTAN VOLUMEN KUĆE POMAŽE SMANJENJU GUBITAKA TOPLINE

KOD PROJEKTIRANJA JE VAŽNO GRUPIRATI PROSTORE SLIČNE FUNKCIJE I SLIČNE UNUTARNJE TEMPERATURE, POMOĆNE PROSTORE SMJESTITI NA SJEVERU, A DNEVNE NA JUGU

KARAKTERISTIKE ENERGETSKI EFIKASNE GRADNJE TREBA UKLJUČITI U PROCES PROJEKTIRANJA ŠTO RANIJE, VEĆ U FAZI IDEJNOG RJEŠENJA, JER SE NA TAJ NAČIN POSTIŽU NAJKVALITETNIJI REZULTATI.

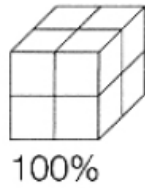
OVISNOST GEOMETRIJE ZGRADE I VANJSKOG OPLOŠJA ZGRADE

Promjena oblika tijela zgrade utječe na veličinu vanjskog oplošja

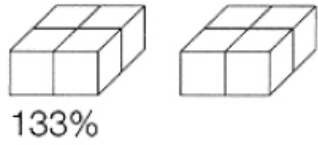


Raščlanjivanje tijela zgrade utječe na povećanje površine vanjskog oplošja

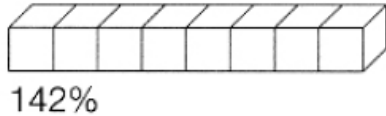
Vanjsko oplošje



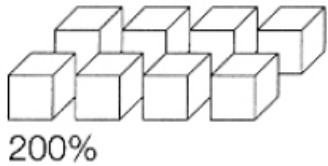
Povećanje vanjskog oplošja za 33%



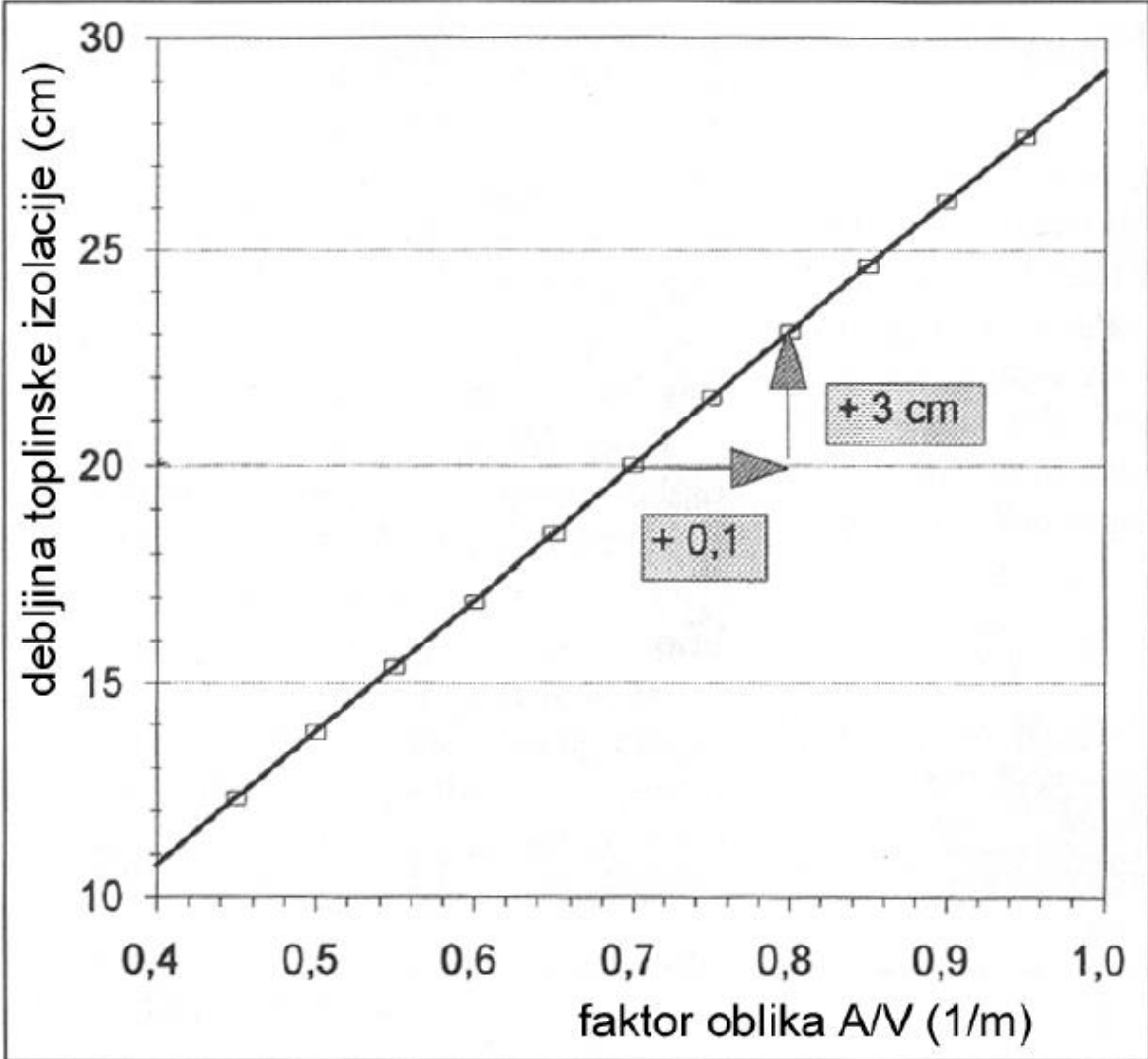
Povećanje vanjskog oplošja za 42%



Povećanje vanjskog oplošja za 200%



OVISNOST FAKTORA OBLIKA ZGRADE I POTREBNE DEBLJINE TOPLINSKE IZOLACIJE



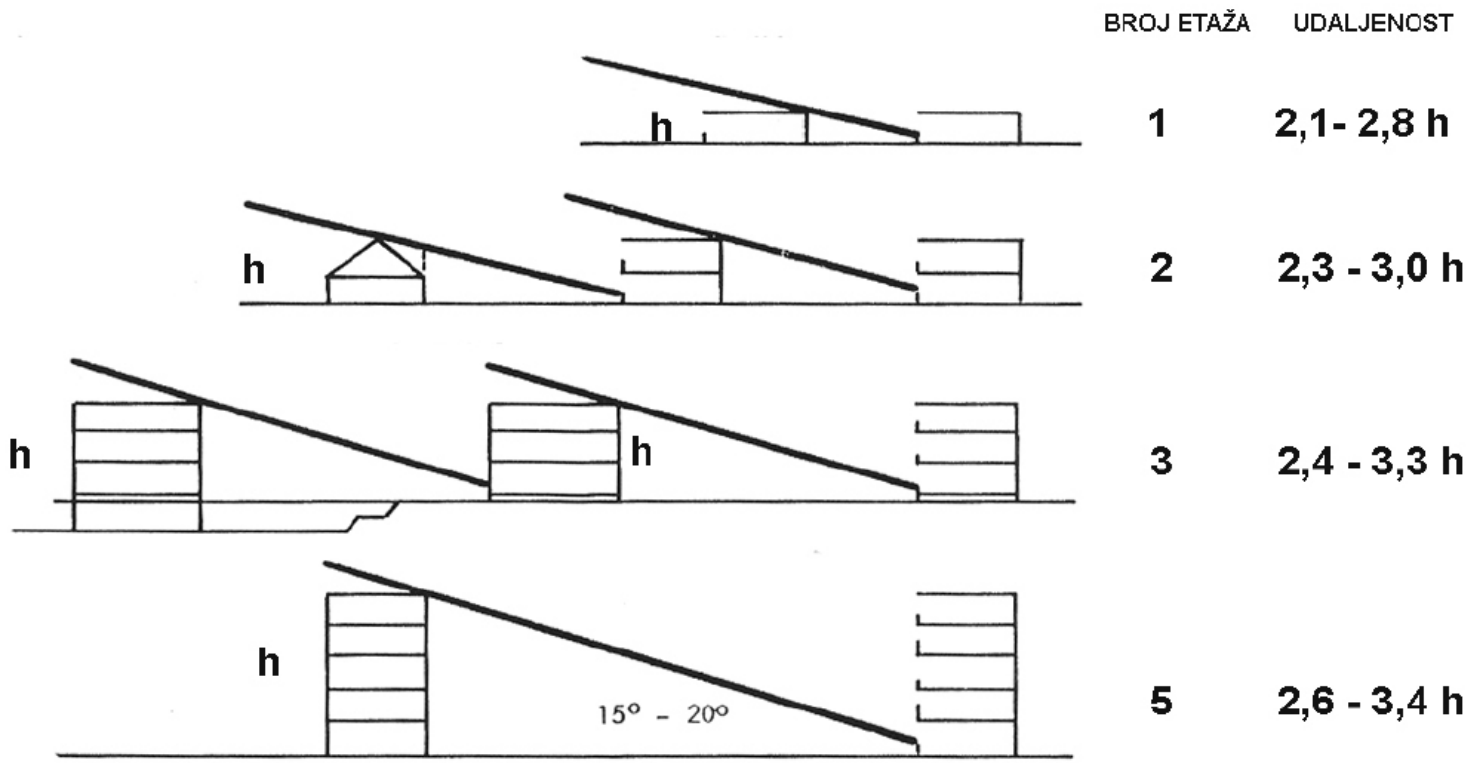
FAKTOR OBLIKA f_0

$$f_0 = A / V_e \quad (\text{m}^{-1})$$

A = vanjsko oplošje (m²)

V_e = grijani volumen (m³)

OSIGURANJE DOVOLJNOG OSUNČANJA ZGRADE

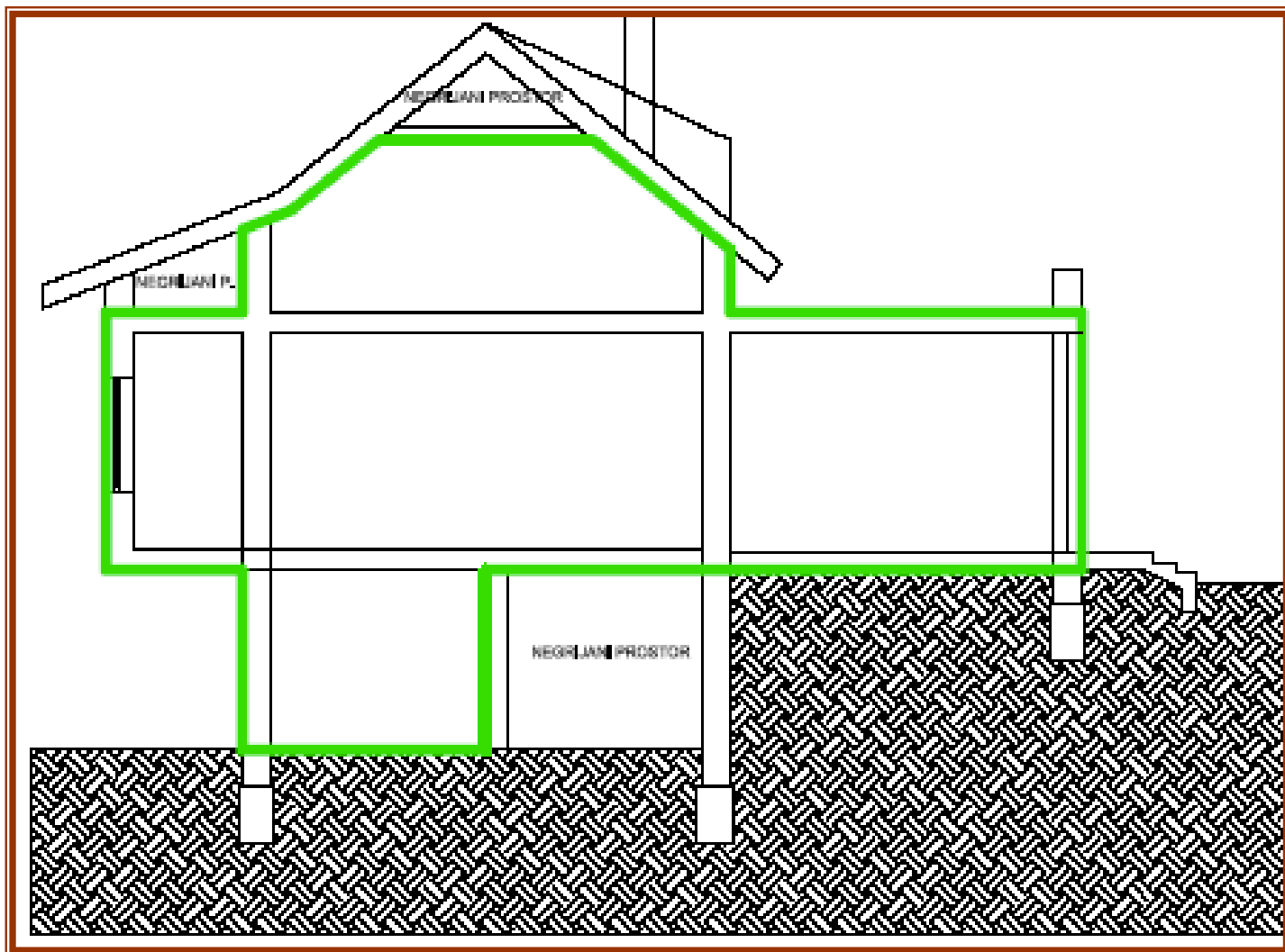


NAJMANJA UDALJENOST OD ZGRADE KOJA RADI SJENU U ODNOSU NA NJENU VISINU ZA JUŽNU ORIJENTACIJU (prema LAG smjernicama - Njemačka)

VISOKI NIVO TOPLINSKE ZAŠTITE

- VANJSKI ZID
- ZID IZMEĐU GRIJANIH PROSTORA RAZLIČITIH KORISNIKA
- ZID PREMA NEGRIJANOM PROSTORU
- VANJSKI ZID PREMA TERENU
- POD NA TERENU
- MEĐUKATNA KONSTRUKCIJA KOJA ODVAJA PROSTORE RAZLIČITIH KORISNIKA
- STROP PREMA NEGRIJANOM PODRUMU
- STROP PREMA NEGRIJANOM TAVANU
- RAVNI I KOSI KROV IZNAD GRIJANOG PROSTORA
- STROP IZNAD VANJSKOG PROSTORA
- PROZORI I VANJSKA VRATA

PRESJEK ZGRADE –VANJSKA OBLOGA T. IZOLACIJE



DOPUŠTENI SPECIFIČNI GUBICI TOPLINE

$$\text{Dop } \Phi_{vT} = 7 + 14 f^\circ$$

$$\Phi_{vT} \leq 7 + 14 f^\circ$$

f° - FAKTOR POLOŽAJA ILI FAKTOR OBLIKA ZGRADE f°

$$f^\circ = \frac{A}{V} \quad \text{m}^2/\text{m}^3 \quad [\text{m}^{-1}]$$

A – POVRŠINA SVIH KONSTRUKCIJA KROZ KOJE PROLAZI TOPLINA

V – GRIJANI VOLUMEN ZGRADE KOJI OMEĐUJU PLOHE POVRŠINE A

ŠTO JE f° TO SU DOPUŠTENI TRANSMISIJSKI GUBICI VEĆI

Pr. f° ZA KOCKU $f^\circ = \frac{A}{V} = \frac{6a^2}{a^3} = \frac{6}{a}$

$a = 1\text{m}$ $f^\circ = 6,0 \text{ m}^{-1}$

dop. $\Phi_{vT} = 91 \text{ W/m}^3$

$a = 10\text{m}$ $f^\circ = 0,6 \text{ m}^{-1}$

dop. $\Phi_{vT} = 15 \text{ W/m}^3$

$a = 100\text{m}$ $f^\circ = 0,06 \text{ m}^{-1}$

dop. $\Phi_{vT} = 7,8 \text{ W/m}^3$

ŠTO JE VEĆI VOLUMEN MANJI SU DOPUŠTENI TRANSMISIJSKI GUBICI.

SPECIFIČNI TRANSMISIJSKI GUBICI Φ_{vT}

SPECIFIČNI TRANSMISIJSKI GUBICI Φ_{vT}

$$\Phi_{vT} = \frac{U_m \times A \times \Delta t}{V} < \text{dop } \Phi_{vT}$$

U_m – SREDNJI KOEFICJENT PROLAZA TOPLINE ZGRADE

A - POVRŠINA OBODNIH KONSTRUKCIJA

$\Delta t = t_i - t_e$

V - VOLUMEN KOJI OMEĐUJU OBODNE KONSTRUKCIJE

Φ (Phi)

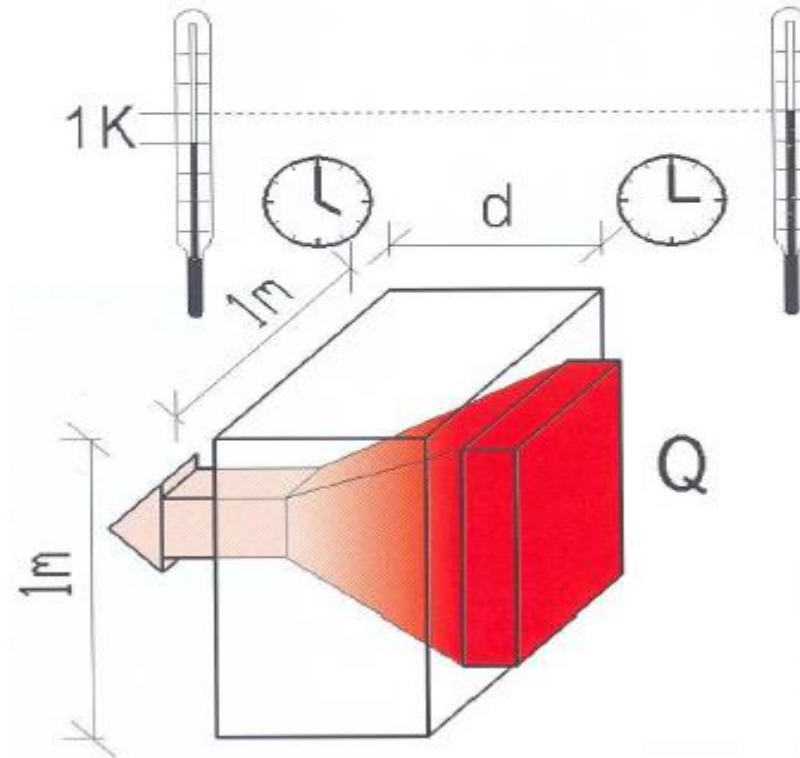
KOEFICIJENT PROLAZA TOPLINE “U”

KOEFICIJENT PROLAZA TOPLINE JE KOLIČINA TOPLINE KOJA U sek. PROĐE KROZ JEDINICU DIJELA GRAĐEVINSKE KONSTRUKCIJE (1m^2 , $1\text{m}'$, 1kom) ZA RAZLIKU TEMPERATURE ZRAKA S JEDNE I DRUGE STRANE KONSTRUKCIJE OD 1 K.

► ŠTO JE KOEFICIJENT PROLASKA TOPLINE MANJI, TO JE TOPLINSKA ZAŠTITA ZGRADE BOLJA.

Toplinska zaštita i difuzija vodene pare

Koeficijent prolaska topline - U (W/m^2K)



PLOŠNI KOEFICIJENT PROLAZA TOPLINE

PLOŠNI KOEFICIJENT PROLAZA TOPLINE U_p

LINIJSKI KOEFICIJENT PROLAZA TOPLINE U_l

TOČKASTI KOEFICIJENT PROLAZA TOPLINE U_t

PLOŠNI TRANSMISIJSKI GUBICI Φ_T^p

$$\Phi_T^p = U_p \times A \times \Delta t$$

LINIJSKI TRANSMISIJSKI GUBICI Φ_T^l

$$\Phi_T^l = U_l \times l \times \Delta t$$

TOČKASTI TRANSMISIJSKI GUBICI Φ_T^t

$$\Phi_T^t = U_t \times n \times \Delta t$$

PRORAČUN TRANSMISIJSKIH GUBITAKA TOPLINE Φ_T

PLOŠNI TRANSMISIJSKI GUBICI Φ_T^p

$$\Phi_T^p = U_p \times A \times \Delta t \text{ [W]}$$

U_p – PLOŠNI KOEFICIJENT PROLAZA TOPLINE W/ m²K

A - NETTO POVRŠINA KONSTRUKCIJE m²

$$\Delta t = t_i - t_e \text{ u K}$$

LINIJSKI TRANSMISIJSKI GUBICI Φ_T

$$\Phi_T = UI \times l \times \Delta t \text{ [W]}$$

UI - LINIJSKI KOEFICIJENT PROLAZA TOPLINE W/ mK

l - DULJINA VEZE U METRIMA (m)

$\Delta t = t_i - t_e$ u K

TOČKASTI TRANSMISIJSKI GUBICI ΦT^t

$$\Phi T^t = U_t \times n \times \Delta t$$

U_t – TOČKASTI KOEFICIJENT PROLAZA TOPLINE KROZ JEDAN SPOJNI ELEMENT – VEZU (W/K) / kom

n - BROJ VEZA

$$\Delta t = t_i - t_e \text{ u K}$$

KOEFICIJENT PROLAZA TOPLINE “U” ODREĐENE KONSTRUKCIJE

KOEFICIJENT PROLAZA TOPLINE „U“ ODREĐENE KONSTRUKCIJE „U“ ODREĐENE KONSTRUKCIJE JE PROSJEČNI TRANSMISIJSKI GUBITAK TOPLINE PO JEDINICI POVRŠINE ZA RAZLIKU TEMPERATURA OD 1K. SASTOJI SE OD PLOŠNIH , LINIJSKIH I TOČKASTIH KOEFICIJENATA, OVISNO O SLOŽENOSTI KONSTRUKCIJE, MORA BITI MANJI OD U_{dop} .

$$\Delta t = 1K$$

$$U = \frac{\Phi_p T + \Phi_l T + \Phi_t T}{A} = \frac{\text{TRANSMISIJSKI GUBICI}}{\text{POVRŠINA}}$$

RAČUNAJU SE KOEFICIJENTI : ZIDOVA U_z
 PROZORA U_{pr}
 STROPOVA, KROVA U_s
 PODOVA NA TLU U_p
 STROPOVA IZNAD OTVR. PROLAZA

U_{sv}
 SREDNJI KOEFICIJENT PROLAZA TOPLINE U_m

$$U_m = \frac{U_z \times A_z + U_{pr} \times A_{pr} + c \times A_s \times U_s + 0.5 \times U_p \times A_p + U_{sv} \times A_{sv}}{A}$$

C – FAKTOR 0.5 – 1

PLOŠNI KOEFICIJENT PROLAZA TOPLINE U_p

1

$$U_p = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{d_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_e}} \quad \text{W/m}^2\text{K}$$

d_1, d_2, d_n - DEBLJINA SLOJA U METRIMA

λ – KOEFICIJENT TOPLINSKE VODLJIVOSTI W/ mK
 IZAŽAVA SPOSOBNOST PRIJENOSA TOPLINE KONDUKCIJOM,
 EKSPERIMENTALNO SE ODREĐUJE ZA SVAKI MATERIJAL.
 KOLIČINA TOPLINE KOJA PROĐE OKOMITO KROZ 1m^2 POVRŠINE
 MATERIJALA DEBLJINE 1m U 1SEKUNDI UZ RAZLIKU
 TEMPERATURA POVRŠINA OD 1K.

ZA KONSTRUKCIJE SLOŽENE HETEROGENOSTI

$$U = \frac{\Sigma (U_p \times A) + \Sigma (U_l \times l) + \Sigma (U_t \times n)}{A} \leq U_d$$

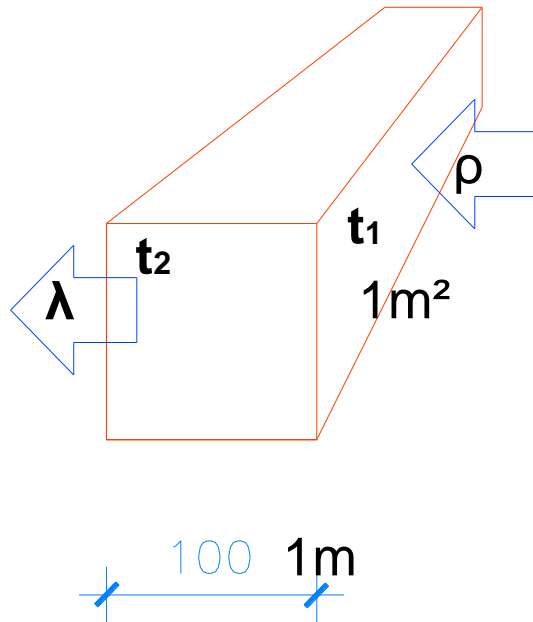
ZA KONSTRUKCIJE JEDNOSTAVNE HETEROGENOSTI

$$U = \frac{\Sigma U_p \times A}{A} \quad U_l = 0 \quad U_t = 0$$

$$U = \frac{u_1 \times A_1 + u_2 \times A_2 + \dots + u_n \times A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

λ – KOEFICIJENT TOPLINSKE VODLJIVOSTI W/ mK

t



$$t_1 - t_2 = 1\text{K}$$
$$1\text{ sek}$$

PROJEKTNE VRIJEDNOSTI TOPLINSKE PROVODLJIVOSTI ZA NEKE TOPLINSKO IZOLACIJSKE MATERIJALE, λ [W/(M·K)], PRIBLIŽNE VRIJEDNOSTI FAKTORA OTPORA DIFUZIJI VODENE PARE, TE USPOREDBA RELATIVNIH TROŠKOVA ZA UGRADNJU

OPLINSKO IZOLACIJSKI MATERIJAL	GUSTOĆA ρ kg/m ³	TOPLINSKA PROVODLJIVOST λ (W/mK)	POTREBNA DEBLJINA (cm) ZA $U=0,35$ W/m ² K	FAKTOR OTPORA DIFUZIJI VODENE PARE μ	REL. TROŠAK ZA $U=0,35$ W/m ² K
mineralna vuna (MW) prema HRN EN 13162 (kamena i staklena vuna)	10 do 200	0,035 do 0,050	9-11	1	1
ekspandirani polistiren (EPS) prema HRN EN 13163 (stiropor)	15 do 30	0,035 do 0,040	9-10	60	0,80
ekstrudirana polistirenska pjena (XPS) prema HRN EN 13164	≥ 25	0,030 do 0,040	8-10	150	2,5
tvrda poliuretanska pjena (PUR) prema HRN EN 13165	≥ 30	0,020 do 0,040	7-9	60	5-8
drvena vuna (WW) prema HRN EN 13168	360 do 460	0,065 do 0,09	16-20	3/5	4-6
ekspandirani perlit (EPB) prema HRN EN 13169	140 do 240	0,040 do 0,065	10-16	5	1,5-2,0
ekspandirano pluto (ICB) prema HRN EN 13170	80 do 500	0,045 do 0,055	11-14	5/10	2,0-3,0
ovčja vuna	15-60	0,040	10-11	1-2	

Koeficijent toplinska vodljivosti λ – tablica za neke materijale

Materijal	Koeficijent toplinske vodljivosti k [W/(m·K)]
Silicijev aerogel	0,004 - 0,04
Zrak	0,025
Drvo	0,04 - 0,4
Mineralna vuna	0,042
Alkoholi i ulja	0,1 - 0,21
Polipropilen	0,25 ^[4]
Mineralna ulja	0,138
Guma	0,16
Ukapljeni naftni plin	0,23 - 0,26
Cement, Portland	0,29
Epoksi smola (sa silicijem)	0,30
Epoksi smola (bez silicija)	0,12 - 0,177 ^{[5] [6]}
Voda (tekuća)	0,6
Toplinska mast	0,7 - 3
Toplinska epoksi smola	1 - 7
Staklo	1,1
Tlo	1,5
Beton, kamen	1,7
Led (voda)	2
Pješčenjak	2,4

KOEFICIJENT TOPL. VODLJIVOST- λ za neke materijale

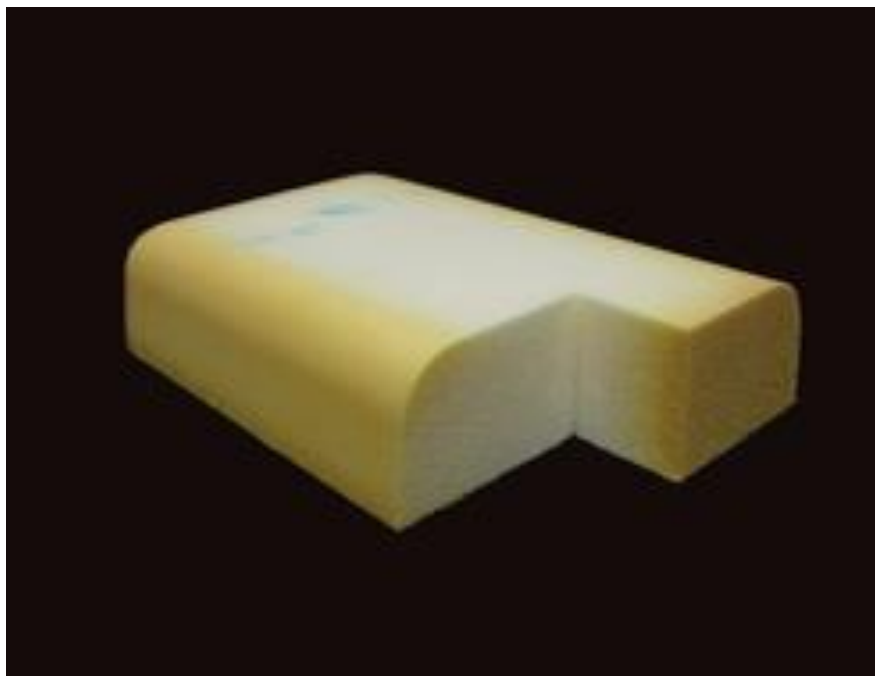


Aerogel $\lambda = 0,004 - 0,04 \text{ W/mK}$



Stiropor $\lambda = 0,0035 - 0,040$

Koeficijent toplinske vodljivosti i koeficijent toplinske provodljivosti U



poliuretan $\lambda = 0,020 - 0,035 \text{ W/mK}$

slama $U = 0,13 - 0,035 \text{ W/m}^2\text{K}$

MINERALNA VUNA



Mineralna vuna ima koeficijent toplinske vodljivosti λ između 0,035 i 0,045 W/mK

PREPORUKA ZA DEBLJINE TOPLINSKE IZOLACIJE

Za postizanje dobre toplinske zaštite vanjskog zida, preporučljivi koeficijent prolaska topline iznosi $U=0,25-0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$

Za to nam je potrebno prosječno 10-12 cm kamene vune, ili 9-11 cm polistirena, ovisno o deklariranoj vrijednosti toplinske provodljivosti materijala

Za istu vrijednost trebat će nam cca 16-20 cm debljine izolacije od drvene vune, ili 7-9 cm poliuretanske izolacije

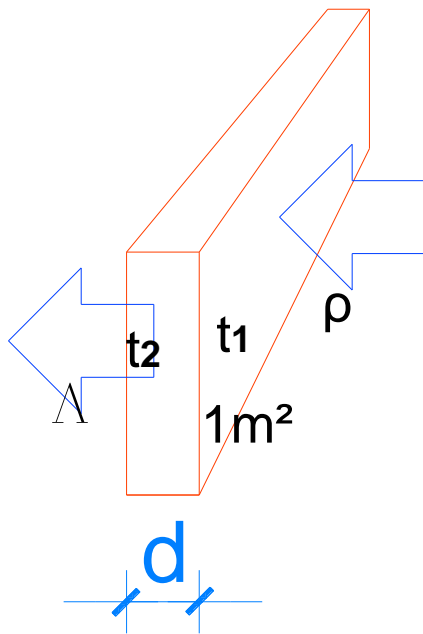
Za niskoenergetske i pasivne kuće taj koeficijent mora biti i znatno niži $U=0,10-0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$

Λ – KOEFICIJENT PROPUSTLJIVOST

Λ (v. lamda) – TOPLINSKA PROPUSTLJIVOST W/m²K

KOLIČINA TOPLINE KOJA PROĐE OKOMITO KROZ 1m²
POVRŠINE MATERIJALA DEBLJINE d U 1sekundi , UZ RAZLIKU
TEMPERATURA POVRŠINA OD 1K.
KARAKTERISTIKA ODREĐENOG SLOJA KONSTRUKCIJE.

Λ — KOEFICIJENT PROPUSTLJIVOST



$t_1 - t_2 = 1\text{K}$
1 sek

$$\Lambda = \lambda / d \text{ [W / m}^2\text{K]}$$

KARAKTERISTIKA ODREĐENOG SLOJA
KONSTRUKCIJE.

TOPLINSKI OTPOR - R

R OTPOR TOPLINSKOJ PROPUSTLJIVOSTI

R – OTPOR TOPLINSKOJ PROPUSTLJIVOSTI – TOPLINSKI OTPOR
m²K/W

$$R = \frac{1}{\Lambda} = \frac{d}{\lambda}, \quad R_1 = \frac{d_1}{\lambda_1}, \quad R_n = \frac{d_n}{\lambda_n}$$

α_i, α_e - PRIJELAZI TOPLINE

α_i – UNUTARNJI PRIJELAZ W/m²K

α_e – VANJSKI PRIJELAZ W/m²K

R_i, R_e OTPORI PRIJELAZU TOPLINE 1/ α_i = R_i, 1/ α_e = R_e m²K/W

KOEFICIJENTI PRIJELAZU TOPLINE DEFINIRAJU PRIJELAZ TOPLINE S UNUTARNJEG ZRAKA NA KONSTRUKCIJU I S KONSTRUKCIJE NA VANJSKI ZRAK.

R_k - TOPLINSKI OTPOR KONSTRUKCIJE m²K/W

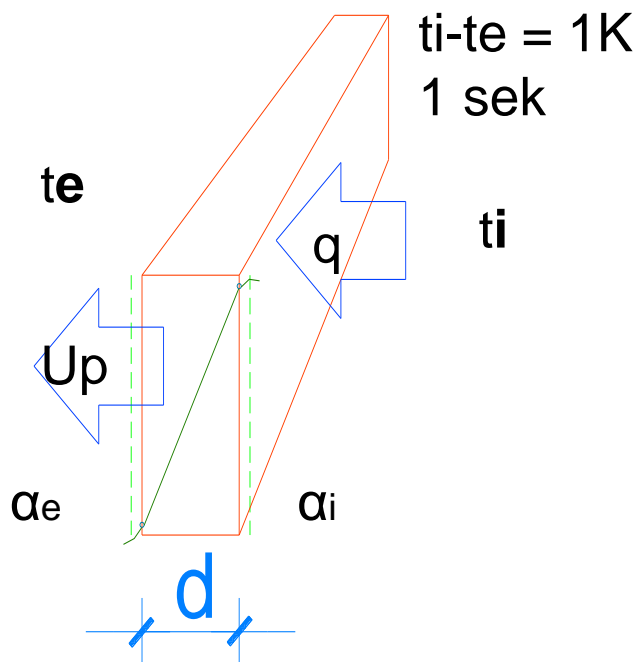
$$R_k = \frac{1}{U} \qquad U = \frac{1}{R_k}$$

$$R_k = R_i + R_1 + R_2 + \dots R_n + R_e$$

$$R_k = \frac{1}{\alpha_i} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{d_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_e} = \frac{1}{U}$$

$$\begin{matrix} t_i - t_e = 1K \\ 1 \text{ sekundi} \end{matrix} \qquad \frac{1}{U} = \frac{1}{\alpha_i} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{d_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_e}$$

U_p PLOŠNI KOEFICIJENT PROLAZA TOPLINE



$$\frac{1}{U} = \frac{1}{\alpha_i} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{d_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_e}$$

PLOŠNI KOEFICIJENT PROLAZA TOPLINE U_p JE KOLIČINA TOPLINE KOJA U 1 SEK. PROĐE OKOMITO KROZ KONSTRUKCIJU DEBLJINE d UZ RAZLIKU TEMPERATURA UNUTARNJEG I VANJSKOG ZRAKA OD 1K .

IZRAČUN ZA PRIKAZANE KONSTRUKCIJE



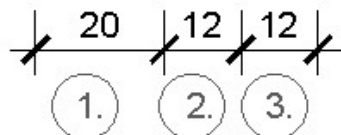
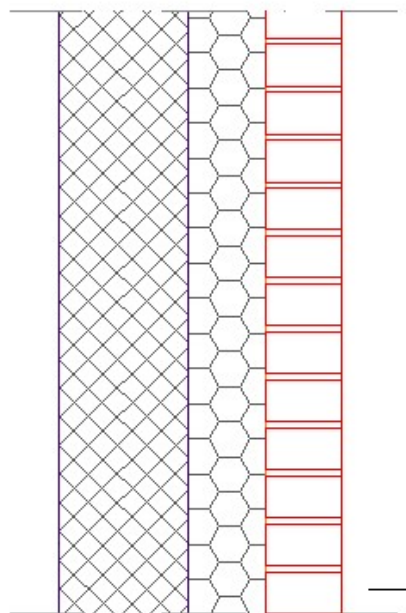
- 1-VANJSKI ZIDOVI, ZIDOVI PREMA GARAŽI, TAVANU
- 2-ZIDOVI PREMA NEGRIJANOM STUBIŠTU
- 3-ZIDOVI PREMA TLU
- 4-PODOVI NATLU
- 5-STROPOVI IZMEĐU STANOVA ILI RAZLIČITIH GRIJANIH FUNKCIONALNIH CJELINA
- 6-STROPOVI PREMA TAVANU
- 7-STROPOVI PREMA NEGRIJANOM PODRUMU
- 8-RAVNI I KOSI KROVOVI IZNAD GRIJANIH PROSTORA
- 9-STROPOVI IZNAD VANJSKOG PROSTORA I IZNAD GARAŽA

TOPLINSKI PRORAČUN

VANJSKI VIŠESLOJNI ZID

PRIMJER TOPLINSKOG PRORAČUNA

- KOEFICIJENT U
- TEMPERATURA NA GRANIČNIM POVRŠINAMA
- TEMPERATURNNA KRIVULJA



Zagreb
 $t_e = -10^{\circ}\text{C}$
arm.bet. $\rho=2500\text{kg/m}^3$
polistiren $\rho=20\text{kg/m}^3$
saćasta opeka $\rho=1200\text{kg/m}^3$

SREDNJA MJESEČNATEMPERATURA VANJSKOG ZRAKA
NAJHLADNIJEG MJESECA NA LOKACIJI ZGRADE:

Min.>+3°C I min.<+3°C.

$t_i = 20^{\circ}\text{C}$

$t_e = 12^{\circ}\text{C} < 18^{\circ}\text{C}$ i TEMPERATURE $> 18^{\circ}\text{C}$

KOEFICIJENT PROLAZA TOPLINE U

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{\alpha_i} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{d_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_e}$$

Tablica br. 3 $\alpha_i = 7 \text{ W/m}^2\text{K}$

$R_i = 0.143 \text{ m}^2\text{K/W}$

$\alpha_e = 20 \text{ W/m}^2\text{K}$

$R_e = 0,05 \text{ m}^2\text{K/W}$

Tablica br. 5 $\lambda_1 = 2.60 \text{ W/mK}$

$\lambda_2 = 0.040 \text{ W/mK}$

$\lambda_3 = 0.55 \text{ W/mK}$

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{7} + \frac{0,20}{2,60} + \frac{0,12}{0,040} + \frac{0,12}{0,55} + \frac{1}{20}$$

$$\frac{1}{U} = 0,143 + 0,077 + 2,927 + 0,22 + 0,05 = 3,403$$

$$U = \frac{1}{3,403} = 0,29 \approx 0,30 \leq 0.30 \text{ W / m}^2\text{K} \rightarrow U_{dop}$$

TEMPERATURE NA GRANIČNIM POVRŠINAMA

TOPLINSKI OTPORI

$$R_i = \frac{1}{\alpha_i} = \frac{1}{7} = 0,143 m^2 K / W$$

$$R_1 = \frac{d_1}{\lambda_1} = \frac{0,20}{2,60} = 0,077 m^2 K / W$$

$$R_2 = \frac{d_2}{\lambda_2} = \frac{0,12}{0,040} = 2,927 m^2 K / W$$

$$R_3 = \frac{d_3}{\lambda_3} = \frac{0,12}{0,55} = 0,22 m^2 K / W$$

$$R_e = \frac{1}{\alpha_e} = \frac{1}{20} = 0,05 m^2 K / W$$

$R_K = 3,403 m^2 K / W$ – UKUPNI OTPOR KONSTRUKCIJE

TEMPERATURNI PADOVI

$$\Delta t_n = \frac{t_{i-te}}{R_k} \times R_{n-1} \quad \frac{t_i - t_e}{R_k} = \frac{20 - (-10)}{3,403} = 8,82 \text{ W / m}^2$$

$$\Delta t_1 = \frac{t_{i-te}}{R_k} \times R_i \quad \Delta t_1 = 8,82 \times 0,143 = 1,26 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_2 = \frac{t_{i-te}}{R_k} \times R_1 \quad \Delta t_2 = 8,82 \times 0,077 = 0,76 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_3 = \frac{t_{i-te}}{R_k} \times R_2 \quad \Delta t_3 = 8,82 \times 2,927 = 25,82 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_4 = \frac{t_{i-te}}{R_k} \times R_3 \quad \Delta t_4 = 8,82 \times 0,55 = 1,74 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_5 = \frac{t_{i-te}}{R_k} \times R_e \quad \Delta t_5 = 8,82 \times 0,05 = 0,44 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Sigma = 30^\circ\text{C}$$

UKUPNI TEMPERATURNI PAD MORA BITI JEDNAK RAZLICI UNUTARNJE I VANJSKE TEMPERATURE $t_i - t_e$.

TEMPERATURE NA GRANIČNIM POVRŠINAMA

$$t_n = t_{n-1} - \Delta t_n$$

t_i	= 20°C
$t_1 = t_i - \Delta t_1 = 20 - 1,26$	= 18,74°C
$t_2 = t_1 - \Delta t_2 = 18,74 - 0,76$	= 17,98°C
$t_3 = t_2 - \Delta t_3 = 17,98 - 25,82$	= -7,84°C
$t_4 = t_3 - \Delta t_4 = -7,84 - 1,74$	= -9,58°C
$t_e = t_4 - \Delta t_5 = -9,58 - 0,44$	= -10,0°C

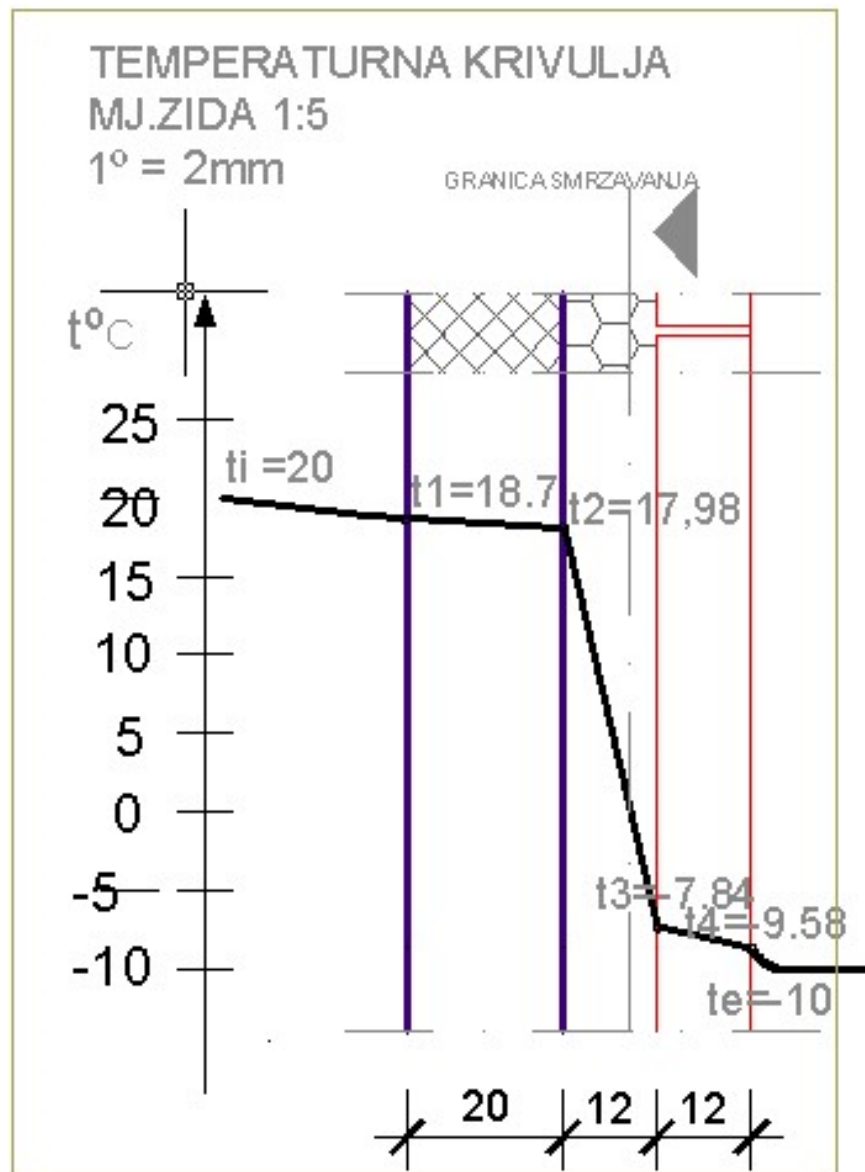
TABELA S IZRAČUNATIM PODACIMA

SLOJ	MATERIJAL	d m	Λ W/mK	R	Δt °C	t °C
1	2	3	4	5	6	7
	UNUTARNJI ZRAK					+20
	UNUTARNJI PRIJELAZ			0,143	1,26	
1	ARM.BETON	0,20	2,60	0,077	0,76	18,74
2	POLISTIREN	0,12	0,040	2,927	25,82	17,98
3	SACÁSTA OPEKA	0,12	0,55	0,22	1,74	-7,84
	VANJSKI PRIJELAZ			0,05	0,44	-9,58
	VANJSKI ZRAK					-10

TEMPERATURNI DIJAGRAMI

ISCRTAVANJE TEMPERATURNE KRIVULJE

Crtano u mjerama stvarnih debljina slojeva



TEMPERATURNI DIJAGRAM

DOBIVENE VRIJEDNOSTI NANESENE NA PRESJEK ZIDA PRIKAZUJU I GRAFIČKI PAD TEMPERATURE U POJEDINOM SLOJU I U CJELOKUPNOM PRESJEKU ZIDA.

OVAJ GRAFIČKI PRIKAZ NAZVAN JE TEMPERATURNNA KRIVULJA. MATERIJAL VEĆEG TOPLINSKOG OTPORA PREDSTAVLJEN SA STRMIJOM

KRIVULJOM, JER JE PAD TEMPERATURE OD JEDNE GRANIČNE PLOHE MATERIJALA DO DRUGE VEĆI.

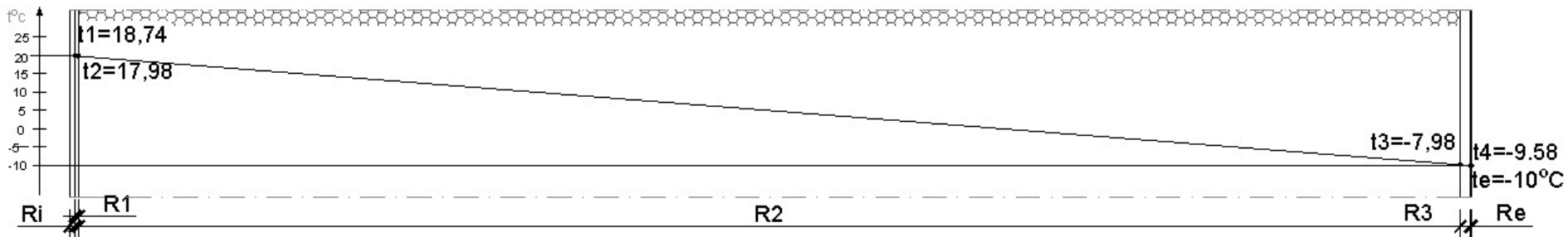
NAGIB KRIVULJE SE MIJENJA U ODNOSU NA TOPLINSKI OTPOR MATERIJALA.

DIJAGRAM TEMPERATURE-grafička metoda

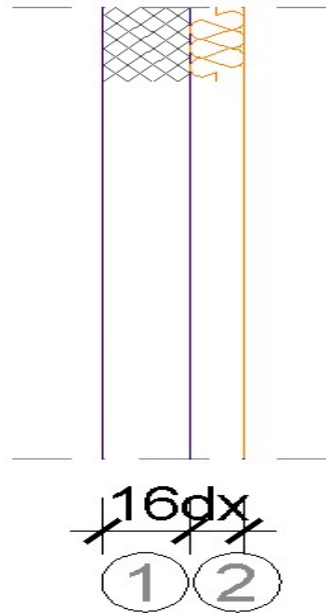
DIJAGRAM TEMPERATURE - GRAFIČKA METODA

TEMP. SKALA $1^{\circ}\text{C} = 2\text{mm}$

MJ. $1\text{cm}:0,4\text{ m}^2\text{K/W}$ (crtano u mjerama otpora prolazu topline slojeva)



PRIMJER PRORAČUNA DEBLJINE TOPLINSKE IZOLACIJE d_x



$$t_e = -5^{\circ}\text{C}, t_i = 20^{\circ}\text{C}$$

$$1.\text{arm.bet.}\rho=2500\text{kg/m}^3$$

$$2.\text{styrofoam } \rho=25\text{-}50 \text{ kg/m}^3$$

Tablica br. 1 $\alpha_i = 7 \text{ W/m}^2\text{K}$
 $R_i = 0.143 \text{ m}^2\text{K/W}$

$\alpha_e = 20 \text{ W/m}^2\text{K}$
 $R_e = 0.05 \text{ m}^2\text{K/W}$

Tablica br. 5 $\lambda_1 = 2.60 \text{ W/mK}$
 $\lambda_2 = 0.033 \text{ W/mK}$

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{\alpha_i} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_x}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_e}$$

$$U=0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{7} + \frac{0,16}{2,60} + \frac{d_x}{0,033} + \frac{1}{20}$$

$$3,33 = 0,143 + 0,0615 + \frac{dx}{0,033} + 0,05$$

$$3,33 = 0,2545 + \frac{dx}{0,033}$$

$$3,0755 \bullet 0,033 = d_x$$

$dx = 0,10\text{m} + 30\%$ zbog linijskih gubitaka topline. $dx = 13 \text{ cm} = 0,13 \text{ m}$

$$R_i = 0,143 \text{ m}^2 \text{ K/W}$$

$$R_1 = 0,062 \text{ m}^2 \text{ K/W}$$

$$R_2 = 3,939 \text{ m}^2 \text{ K/W}$$

$$R_e = 0,05 \text{ m}^2 \text{ K/W}$$

$$R_k = 4,194 \text{ m}^2 \text{ K/W}$$

TEMPERATURNI PADOVI

$$\Delta t_n = \frac{t_{i-te}}{R_k} \times R_{n-1}$$

$$\frac{t_i - t_e}{R_k} = \frac{20 - (-5)}{4,194} = 5,96 \text{ W} / \text{m}^2$$

$$\Delta t_1 = \frac{t_{i-te}}{R_k} \times R_i$$

$$\Delta t_1 = 5,96 \times 0,143 = 0,85 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_2 = \frac{t_{i-te}}{R_k} \times R_1$$

$$\Delta t_2 = 5,96 \times 0,062 = 0,37 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_3 = \frac{t_{i-te}}{R_k} \times R_2$$

$$\Delta t_3 = 5,96 \times 3,939 = 23,48 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_4 = \frac{t_{i-te}}{R_k} \times R_e$$

$$\Delta t_4 = 5,96 \times 0,05 = 0,298 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\sum = 25^\circ\text{C}$$

UKUPNI TEMPERATURNI PAD MORA BITI JEDNAK RAZLICI UNUTARNJEI VANJSKE TEMPERATURE $t_i - t_e$.

TEMPERATURE NA GRANIČNIM POVRŠINAMA

$$t_n = t_{n-1} - \Delta t_n$$

t_i		$= 20^\circ\text{C}$
$t_1 = t_i - \Delta t_i$	$= 20 - 0,85$	$= 19,15^\circ\text{C}$
$t_2 = t_1 - \Delta t_1$	$= 19,15 - 0,37$	$= 18,78^\circ\text{C}$
$t_3 = t_2 - \Delta t_2$	$= 18,78 - 23,48$	$= -4,7^\circ\text{C}$
$t_e = t_3 - \Delta t_e$	$= -4,7 - 0,298$	$= -5,00^\circ\text{C}$

DIJAGRAM TEMPERATURNE KRIVULJE

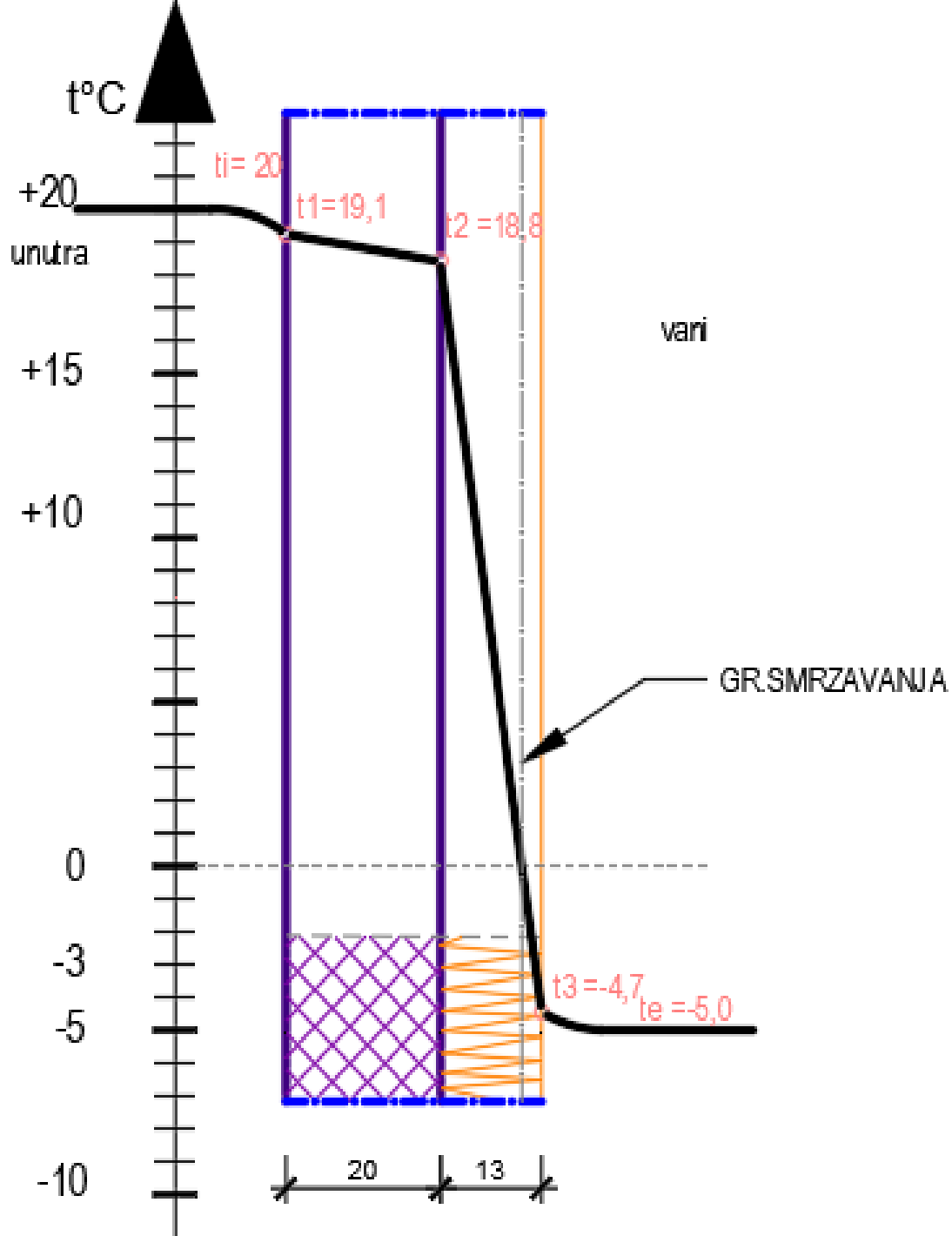
TEMPERATURA
KRIVULJA

MJ.ZIDA 1:5

$1^{\circ}\text{C} = 3\text{mm}$

ILI

$1^{\circ}\text{C} = 2\text{mm}$



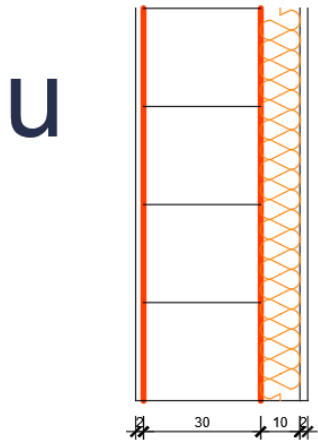
DOMAĆA ZADAĆA

IZRAČUNAJ ZA VANJSKI ZID:

TOPLINSKE OTPORE: R

KOEFICIJENT PROLAZA TOPLINE ZA ZADANI ZID: U

TEMPERATURNE PADOVE:



$$\Delta t_1 = \frac{t_{i-te}}{R_k} \times R_i$$

TEMPERATURE NA GRANIČNIM POVRŠINAMA

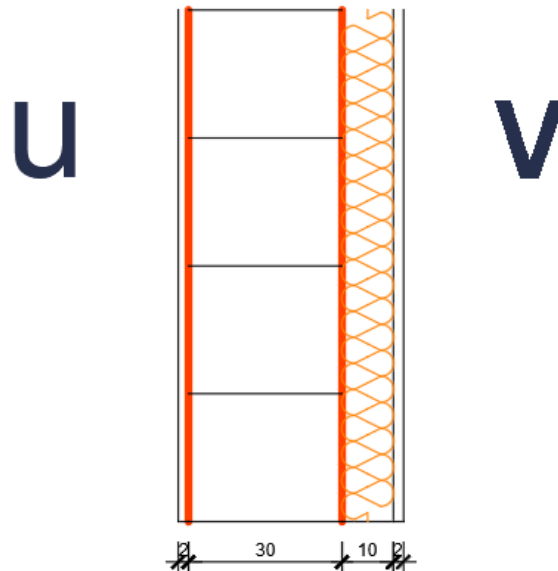
$$t_n = t_{n-1} - \Delta t_n$$

NACRTAJ TOPLINSKI DIJAGRAM ZA ZADANI ZID

DOMAĆA ZADAĆA

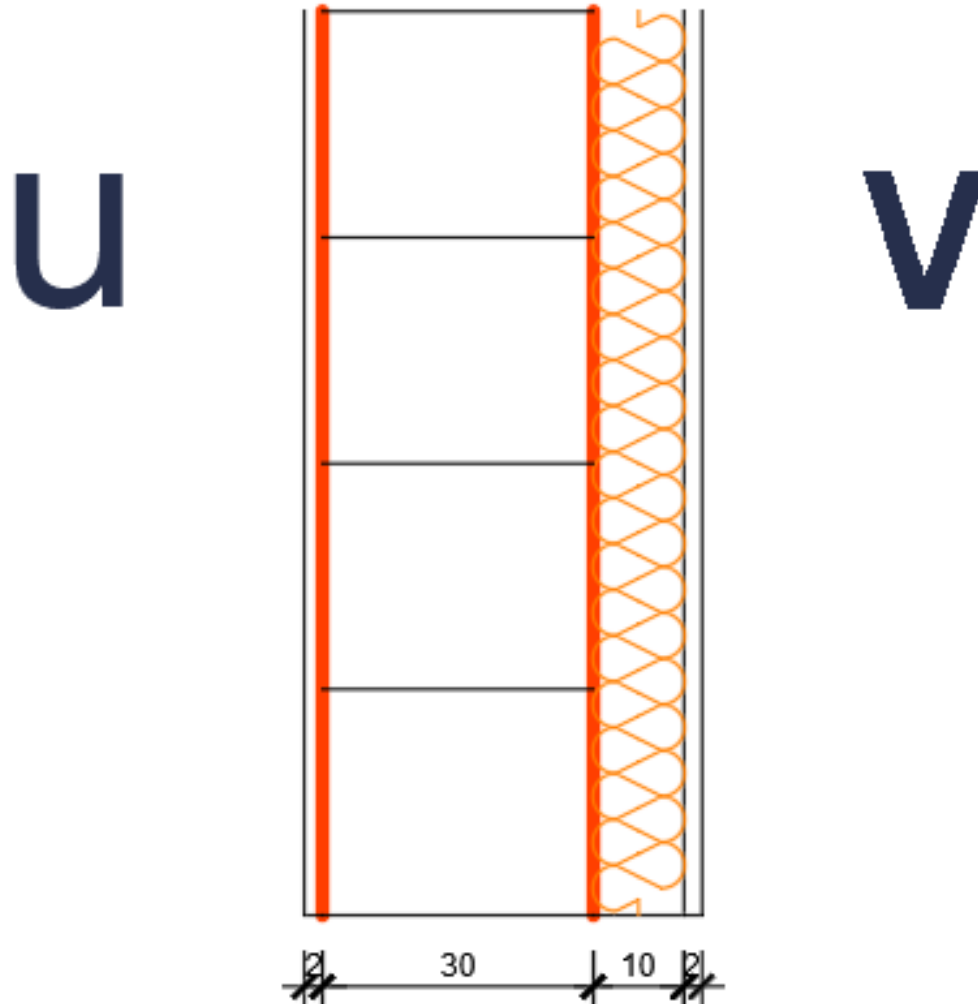
VANJSKI ZADANI ZID

1. Unutarnja vapneno - gipsan žbuka deb. 2 cm žbuka
 $\rho=1400 \text{ kg/m}^3$, $\lambda_1=0,70 \text{ W/m K}$
2. Šuplja blok opeka debljine: 30 cm, $\rho=1100 \text{ kg/m}^3$, $\lambda_2=0,48 \text{ W/m K}$
3. Toplinska izolacija debljine 10 cm, mineralna vuna
 $\rho=10- 200 \text{ kg/m}^3$, $\lambda_3=0,041 \text{ W/m K}$
4. Vapneno cementna žbuka debljine 2 cm $\rho=1800 \text{ kg/m}^3$, $\lambda_4=1,00 \text{ W/m K}$



DOMAĆA ZADAĆA

VANJSKI ZADANI ZID



DIFUZNI TOKOVI U KONSTRUKCIJAMA

DIFUZNI TOKOVI U KONSTRUKCIJAMA

SVAKA ZGRADA MORA BITI ZAŠTIĆENE OD DJELOVANJA VODE I VLAGE, TE VODENE PARE. NA KONSTRUKCIJE ZGRADE DJELUJE:

- ATMOSFERSKA VODA**
- PODZEMNA VODA I VLAGA UZ TEMELJNOG TLA**
- DIFUZNA VLAGA – VODENA PARA**

TRADICIONALNA ZGRADA ZAŠTIĆENA JE OD DJELOVANJA VODE I VLAGE IZ TLA HIDROIZOLACIJOM, A KOD SUVREMENO GRAĐENE ZGRADE OD ARMIRANOG BETONA IMAJU VELIKE PROMJENE I GRAĐEVINSKE ŠTETE KOJE MOGU NASTATI ZBOG DJELOVANJA UNUTARNJE , DIFUZNE VLAGE. ONA MOŽE IZAZVATI VEĆA OŠTEĆENJA KONSTRUKCIJE OD VANJSKE VLAGE ILI VODE, PA JE U GRAĐEVINSKOJ FIZICI PROPISAN DIFUZNI PRORAČUN.

RELATIVNA VLAŽNOST

U ZRAKU SE UVIJEK NALAZI ODREĐENA KOLIČINA VODENE PARE, ŠTO NAZIVAMO VLAGOM ZRAKA. KOLIČINA VODENE PARE KOJU ZRAK MOŽE PRIMITI JE OGRANIČENA I OVISI O NJEGOVOJ TEMPERATURI. TOPLI ZRAK AKUMULIRA VIŠE VODENE PARE OD HLADNOG:

-+20°C - 17,3 g/m³

+12°C - 10,6 g/m³

$$\varphi = \frac{g}{g'} * 100\%$$

RELATIVNA VLAŽNOST JE ODNOS IZMEĐU STVARNE KOLIČINE VODENE PARE U g/m³ ZRAKA I MAKSIMALNE MOGUĆE KOLIČINE KOJU ZRAK ODREĐENE TEMPERATURE MOŽE SAZDRŽAVATI.

φ_i – RELATIVNA VLAŽNOST UNUTARNJEG ZRAKA

φ_e – RELATIVNA VLAŽNOST VANJSKOG ZRAKA

$\varphi_i = 60\%$, $\varphi_e = 80\%$, $\varphi_e = 90\%$

ZA STAMBENE I POSLOVNE OBJEKTE BEZ OBZIRA NA KLIMATSKU ZONU.

RELATIVNA VLAŽNOST UNUTARNJEG ZRAKA JE VRLO VAŽNA JER UTJEĆE NA PSIHOFIZIČKE FUNKCIJE ČOVJEKA. PREMALI POSTOTAK VLAGE ZIMI DOVODI DO SMETNJI U DIŠNIM PUTEVIMA, JER PRAŠINA NA GRIJAČIM TIJELIMA STVARA NADRAŽUJEĆE PLINOVE. RELATIVNA VLAŽNOST MORALA BI BITI MIN. 35%.

OROŠAVANJE – KONDENZACIJA

**OROŠAVANJE – KONDENZACIJA
PRETVARANJE VODENE PARE U KAPLJICE VODE, ROSU**

**ROSIŠTE – TEMPERATURA ROSIŠTA t_r – TEMPERATURA KOD KOJE
DOLAZI DO KONDENZACIJE.**

KONDENZAT NASTAJE:

**AKO SE ZRAK OHLADI ISPOD TEMPERATURE ROSIŠTA
AKO ZASIĆENOM ZRAKU DODAJEMO NOVE KOLIČINE VODENE
PARE KOJU ON NE MOŽE PRIMITI
NA PLOHAMA ČIJA JE TEMPERATURA NIŽA OD TEMPERATURE
ROSIŠTA.**

KONDENZAT SE NA UNUTARNJOJ PLOHI VANJSKE KONSTRUKCIJE MOŽE POJAVITI SAMO AKO KONSTRUKCIJA NEMA ZADOVOLJAVAJUĆA TOPLINSKA SVOJSTVA ($U > U_d$). ON UZROKUJU DIREKTNE GRAĐEVINSKE ŠTETE, RAZARA MATERIJALE I KONSTRUKCIJU, UZROKUJE POJAVU PLJESNI I MIKROORGANIZAMA ŠTO JE NEESTETSKI I ŠTETNO PO ZDRAVLJE.

TLAKOVI VODENE PARE – PRISUSTVO VODENE PARE U ZRAKU MOŽE SE KARAKTEZIRATI I NJENIM TLAKOM
PARCIJALNI TLAK p – STVARNI TLAK PRI NEKOJ TEMPERATURI U kPa
TLAK ZASIĆENJA p' – NAJVEĆA VRIJEDNOST TLAKA ZA 100% RELATIVNE VLAŽNOSTI

$$\varphi = \frac{p}{p'} * 100\%$$

RELATIVNA VLAŽNOST φ

RELATIVNA VLAŽNOST JE ODNOS IZMEĐU PARCIJALNOG TLAKA I TLAKA ZASIĆENJA.

$$p = p' \quad \text{ZA} \quad \varphi = 100\%$$

U DIFUZNOM PRORAČUNU TREBA IZRAČUNATI p_i I p_e NA TEMELJU ZADANE VLAŽNOSTI I TLAKOVA ZASIĆENJA.

Primjer difuznog proračuna

PRIMJER: $t_i = 20^\circ\text{C}$
 $\varphi_i = 80\%$

$p' = 2,337 \text{ kPa} \rightarrow \varphi' = 100\%$

$$\varphi_i = \frac{p_i}{p'} \times 100\%$$

$$p_i = \frac{\varphi_i \times p'}{100} = \frac{80}{100} \times p' = 0.80 \times 2.337 = 1,870 \text{ kPa}$$

$\varphi = 100\% \rightarrow p' = 2,337 \text{ kPa}$

$\varphi = 80\% \rightarrow p_i = 1,870 \text{ kPa}$

DIFUZIJA VODENE PARE

DIFUZIJA VODENE PARE JE KRETANJE MOLEKULA VODENE PARE S MJESTA VIŠE KONCENTRACIJE KA MJESTU NIŽE KONCENTRACIJE. KREĆE SE KROZ SVE GRAĐEVINSKE ELEMENTE KOJI DIJELE PROSTORE TLAKOVIMA VODENE PARE . U UNUTARNJEM GRIJANOM PROSTORU VEĆI JE TLAK VODENE PARE NEGO U VANJSKOM PA SE VODENA PARA KREĆE IZ UNUTARNJEG PROSTORA KROZ VANJSKE KONSTRUKCIJE U VANJSKI PROSTOR KAKO BI SE IZJEDNAČILI PARCIJALNI TLAKOVI.

DIFUZNI TOK JE KOLIČINA VODENE PARE U kg KOJA U JEDINICI VREMENA PROĐE KROZ NEKU KONSTRUKCIJU

$$Q_m \left[\frac{kg}{h} \right]$$

GUSTOĆA DIFUZNOG TOKA

GUSTOĆA DIFUZNOG TOKA JE KOLIČINA VODENE PARE KOJA U JEDNOM SATU PROĐE OKOMITO NA 1m² POVRŠINE NEKE KONSTRUKCIJE

$$q_m = \frac{Q_m}{A} \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^2\text{h}} \right]$$

DIFUZNI TOK MOŽE BITI:

STACIONARAN – ISTA KOLIČINA VODENE PARE UĐE I IZAĐE IZ KONSTRUKCIJE.

NESTACIONARAN – DIO VODENE PARE OSTAJE U KONSTRUKCIJI, GDJE SE KONDENZIRA.

OTPOR DIFUZIJE VODENE PARE r

OTPOR DIFUZIJI VODENE PARE

RAZLIČITI MATERIJALI IMAJU RAZLIČIT DIFUZNI OTPOR. NAJČEŠĆE SU TOPLINSKI I DIFUZNI OTPORI DIVERGENTNI - DOBRI TOPLINSKI IZOLATORI SU LOŠI DIFUZNI IZOLATORI. MAERIJALI VELIKE GUSTOĆE DAJU VELIKI DIFUZNI OTPOR ŠTO JE DEFINIRANO.

KOEFIČIJENT DIFUZNOG OTPORA μ (m). TO JE NEIMENOVANI BROJ KOJI POKAZUJE KOLIKO PUTA JE VEĆI DIFUZNI OTPOR NEKOG MATERIJALA OD OTPORA ZRAKA ISTE DEBLJINE I TEMPERATURE. ODREĐEN JE ZA SVAKI MATERIJAL. VIDI TABLICU 3

RELATIVNI DIFUZNI OTPOR - r

$r_n = \mu_n \times d_n$ (m) - OTPOR JEDNOG SLOJA

$r = \sum r_n$ (m) - UKUPAN OTPOR KONSTRUKCIJE

**PAROPROPUSNOST – OTPOR DIFUZIJI VODENE PARE , GRAĐEVNI
MATERIJALI IMAJU RAZLIČITE STUPNJEVE PAROPROPUSNOSTI:
ORGANSKI MATERIJALI, TERMOIZOLATORI – PAROPROPUSNI SU ZBOG
POROZNE STRUKTURE.**

**OPEKA - LAKO UPIJA VLAGU I IMA SPOSOBNOST SAMOISUŠIVANJA.
BETON – ŠTO JE VEĆE GUSTOĆE NIŽA MU JE PAROPROPUSNOST.**

PARNE BRANE – IMA VELIKI DIFUZNI OTPOR r I VELIKE μ :

**POTPUNE : ALUMINIJSKE FOLIJE, ALUMINIJSKI I BAKRENI LIMOVI,
PJENUŠAVO STAKLO.**

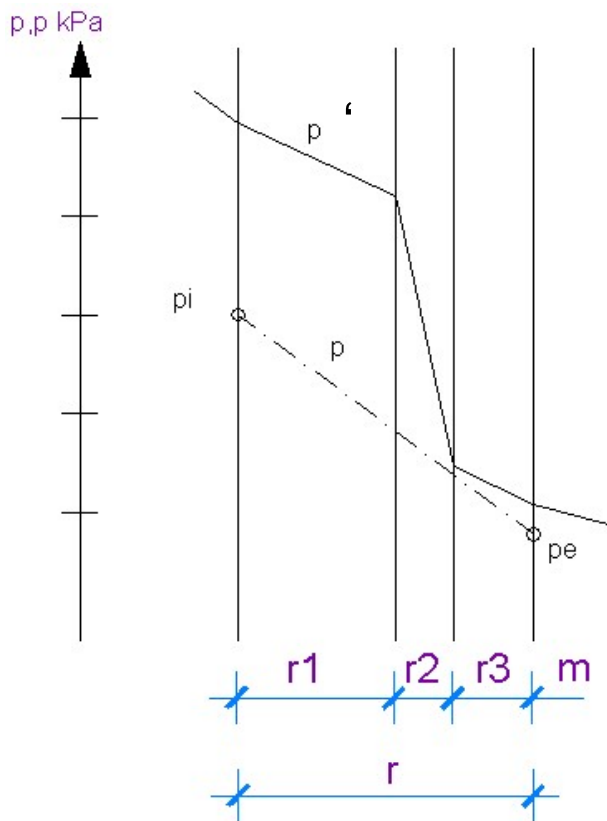
**DJELOMIČNE: ULJENI NALIČI, LAKOVI, MATERIJALI ZA
HIDROIZOLACIJU ,GUME,PLASTIČNE TAPETE I FOLIJE
PARNA BRANA UGRAĐENA U KONSTRUKCIJU SPREČAVA KRETANJE
VODENE PARE U HLADNI DIO KONSTRUKCIJE, A TIME I NJENU
KONDENZACIJU. NEOPHODNA JE NA RAVNOM JEDNOLJUSKASTOM
KROVU, A KOD ZIDOVA RIJEĐE, OSIM U NEKIM RJEŠENJIMA GDJE JE
NEOPHODNA (SANACIJE).**

**ISPITIVANJE NASTAJANJA KONDENZATA – GLASEROVA METODA
ZID ILI DRUGA KONSTRUKCIJA CRTA SE U MJERILU RELATIVNOG
DIFUZNOG OTPORA, IZ ODNOSA IZMEĐU KRIVULJA TLAKA ZASIĆENJA
I PARCIJALNOG TLAKA. ZAKLJUČUJEMO DA LI SE U KONSTRUKCIJI
POJAVLJUJE KONDENZAT.**

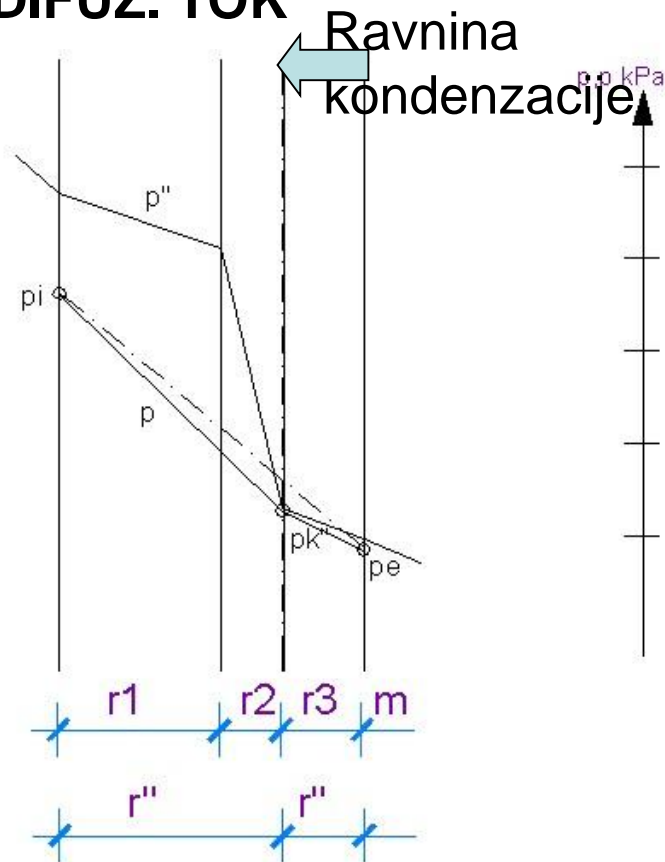
ISPITIVANJE NASTAJANJA KONDENZATA

GLASEROVA METODA

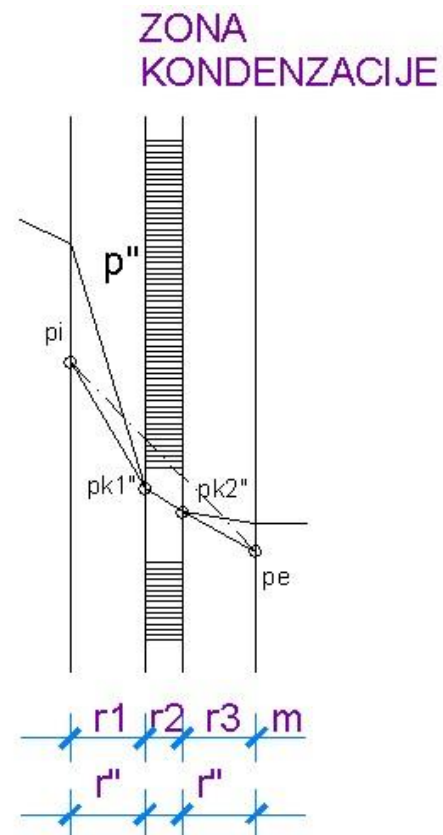
1. STACIONARAN DIF. TOK



2. NESTACIONARAN DIFUZ. TOK



3. NEST. DIFUZ. TOK



GLASEROVA METODA – PRIKAZ
KRIVULJA STVARNOG I MAKSIMALNOG TLAKA

KRIVULJE p I p' SE NE SIJEKU , NE DOLAZI DO KONDENZACIJE

KRIVULJE p I p' SE SIJEKU.

**KAKO NI U JEDNOJ TOČKI PARCIJALNI TLAK NE MOŽE BITI VEĆI OD
TLAKA ZASIĆENJA , KRIVULJE PARCIJALNOG TLAKA DOBITI ĆEMO**

TAKO DA IZ TOČAKA p_i I p_e POVUČEMO TANGENTE NA KRIVULJU p' .

TIME ODREĐUJEMO KRITIČNU TOČKU p_k' KROZ KOJU PROLAZI

RAVNINA KONDENZACIJE. VODENA PARA SE RAVNOMJERNO

KONDENZIRA U SLOJU ISPRED RAVNINE KONDENZACIJE.

RIJEĐE SE POJAVLJUJE KONDENZACIJA U ZONI KONDENZACIJE

(2 KRITIČNE TOČKE).

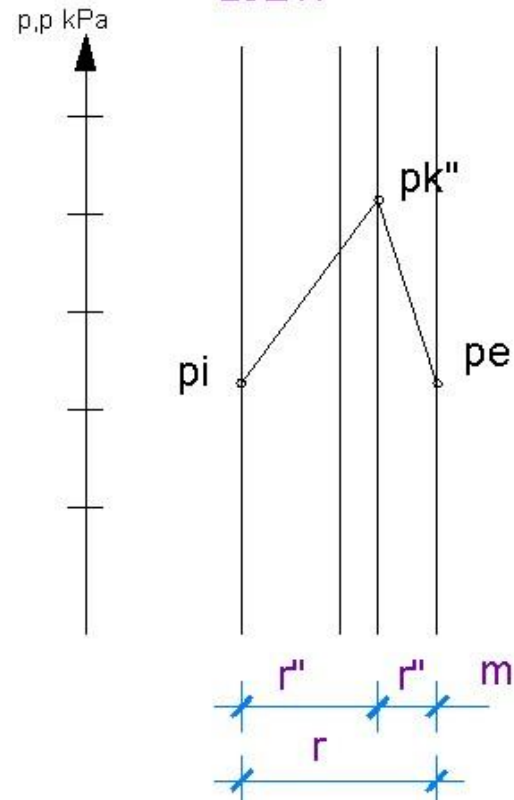
PRORAČUN ISUŠENJA

PRORAČUN ISUŠENJA

DO ISUŠENJA KONDENZATA DOLAZI LJETI KADA SU TLAKOVI VODENE PARE U ZRAKU S OBJE STRANE GRAĐ. ELEMENTA MANJI OD TLAKA ZASIĆENJA U RAVNINI KONDENZACIJE(ZONI) PA DOLAZI DO DIFUZIJE VODENE PARE IZ GRAĐ. ELEMENTA NA JEDNU I DRUGU STRANU KONSTRUKCIJE, TJ. DOLAZI DO ISUŠENJA KONDENZATA.

DIFUZNI DIJAGRAM LJETI , $\varphi_i = \varphi_e = 65\%$
 $t_i = t_e = 18^\circ\text{C}$
 $p_i = p_e$

DIFUZNI DIJAGRAM
LJETI



KOLIČINA VODENE PARE KOJA IZLAZI U JEDINICI VREMENA

$$q_m = 0,62 * \frac{p_{k'} - p_i}{r'} + 0,620 * \frac{p_{k'} - p_e}{r''} \quad (\text{g/ m}^2\text{h})$$

VRIJEME POTREBNO ZA ISUŠENJE

$$T = \frac{1,3 * q_{mz}}{q_m * 24} \quad \text{U DANIMA} \quad T < 120, 90 \text{ DANA}$$

q_{mz} - UKUPNA KOLIČINA KONDENZATA

q_m - IZLAZI IZ KONSTRUKCIJE LJETI

1,3 - KOEFICIJENT ZBOG USPORAVANJA ISUŠENJA USLIJED POSTEPENOG SMANJIVANJA DIFUZNOG TOKA.

TRAJANJE ISUŠENJA

KLIM. ZONA	I	II
BROJ SUNČ. DANA	120	90

PRIMJER DIFUZNOG PRORAČUNA NESTACIONARAN DIFUZNI TOK

$U=0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$

kamena vuna $\rho = 10\text{-}200 \text{ kg/m}^3$, $\lambda = 0,041 \text{ W/mK}$, $\mu=1$

arm.bet. $\rho = 2500 \text{ kg/m}^3$, $\lambda = 2,60 \text{ W/mK}$, $\mu=130$

$t_i = 20^\circ\text{C}$

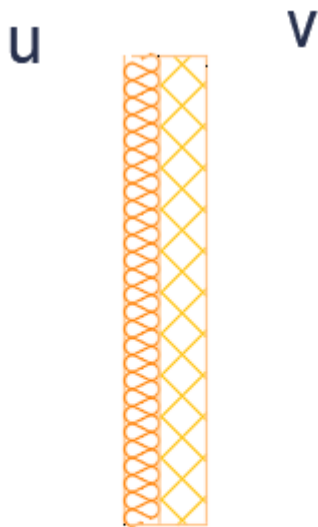
$p_i' = 2,337 \text{ kPa}$

$\varphi_i = 60\%$

$t_e = -12^\circ\text{C}$

$p_e' = 0,217 \text{ kPa}$

$\varphi_e = 90\%$



$U = 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$

150

PARCIJALNI ILI STVARNI TLAKOVI

TREBA ISPITATI DA LI U ZIDU DOLAZI DO KONDENZACIJE?

PARCIJALNI ILI STVARNI TLAKOVI

$$p_i = \varphi_i * p_i'$$

$$p_i = 0,60 * 2,337 = 1,402 \text{ kPa}$$

$$p_e = \varphi_e * p_e'$$

$$p_e = 0,90 * 0,217 = 0,1953 \text{ kPa}$$

TOPLINSKI OTPORI - PRORAČUN

$$R_i = \frac{1}{7} = 0,143 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_1 = \frac{0,15}{0,041} = 3,658 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_2 = \frac{0,20}{2,60} = 0,077 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_e = \frac{1}{20} = 0,05 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_k = 3,928 \text{ m}^2\text{K/W} \quad , \quad U = \frac{1}{3,928} = 0,25 \text{ W/m}^2\text{K} < 0,30 \text{ Udop.}$$

TEMPERATURNI PADOVI

$$\frac{t_u - t_v}{R_k} = \frac{20 - (-12)}{3,928} = \frac{32}{3,928} = 8,147$$

$$\Delta t_1 = 8,147 * 0,143 = 1,165$$

$$\Delta t_2 = 8,147 * 3,658 = 29,802$$

$$\Delta t_3 = 8,147 * 0,077 = 0,627$$

$$\Delta t_4 = 8,147 * 0,05 = 0,407$$

$$\sum 32^{\circ}\text{C}$$

$$t_i = 20^{\circ}\text{C}$$

$$t_1 = 20 - 1,165 = 18,835^{\circ}\text{C}$$

$$t_2 = 18,835 - 29,802 = - 10,967$$

$$t_3 = - 10,967 - 0,627 = - 11,594$$

$$t_e = - 11,594 - 0,407 = - 12^{\circ}\text{C}$$

TLAKOVI ZASIĆENJA p'

$$t_i = 20^\circ\text{C}$$

$$t_1 = 18,8^\circ\text{C}$$

$$t_2 = -10,9^\circ\text{C}$$

$$t_3 = -11,6^\circ\text{C}$$

$$t_e = -12^\circ\text{C}$$

$$p_i' = 2,337\text{kPa}$$

$$p_1' = 2,169\text{ kPa}$$

$$p_2' = 0,240\text{ kPa} = p_k'$$

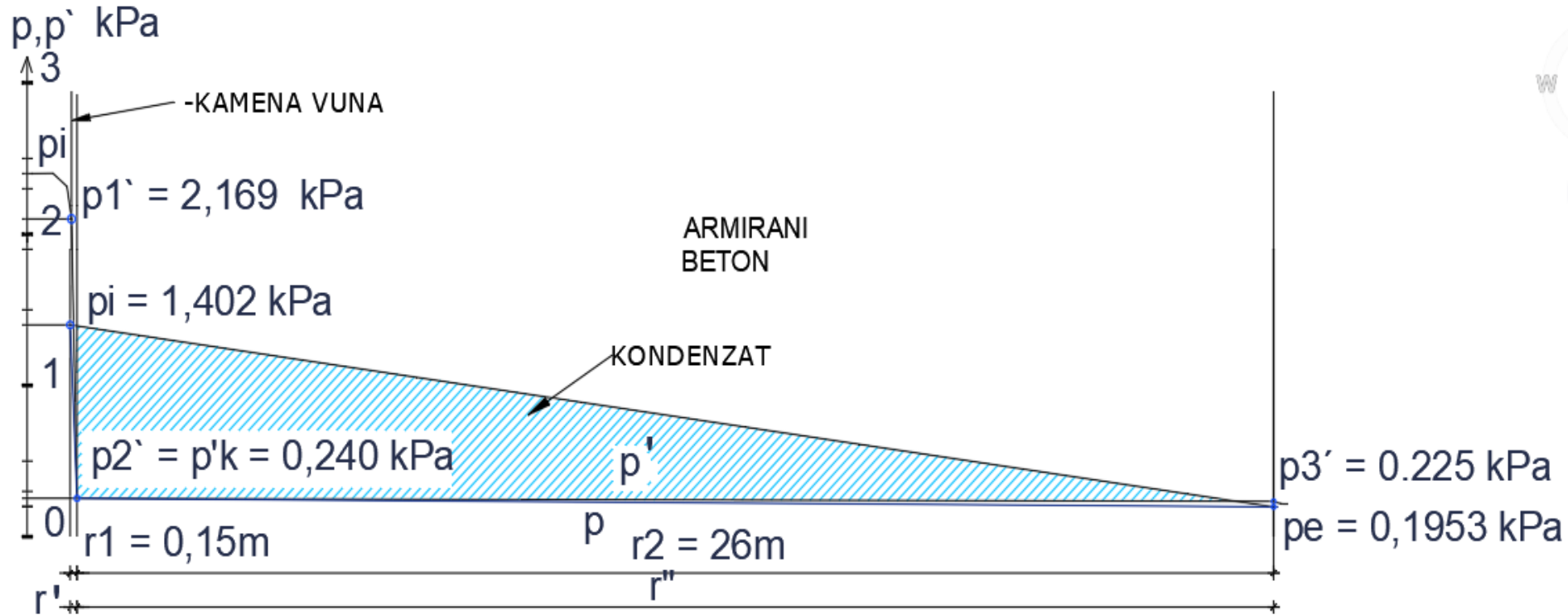
$$p_3' = 0,225\text{ kPa}$$

$$p_e' = 0,217\text{ kPa}$$

DIFUZNI DIJAGRAM

MJ. OTPORA (r) 1: 200,

1kPa = 3 cm



RELATIVNI DIFUZNI OTPOR r

$$r_1 = d_1 * \mu_1$$

$$r_1 = 0,15 * 1 = 0,15\text{ m}$$

$$r' = r_1 = 0,15\text{ m} ; \quad r'' = r_2 = 26\text{ m}$$

$$r_2 = d_2 * \mu_2$$

$$r_2 = 0,20 * 130 = 23\text{ m}$$

p' = krivulja pritisaka zasićenja vodene pare pri određenoj temperaturi

p = krivulja parcijalnih pritisaka vodene pare

PRORAČUN KOLIČINE KONDENZATA q_m U JEDINICI VREMENA

KOLIČINA KONDENZATA q_m ' U JEDINICI VREMENA

$$q_m' = q_{m1} - q_{m2}$$

$$q_m' = 0,62 * \frac{p_i - p_{k'}}{r'} - 0,62 * \frac{p_{k'} - p_e}{r''} \quad \text{g/m}^2\text{h}$$

$$q_m' = 0,62 * \frac{1,402 - 0,240}{0,15} - 0,62 * \frac{0,240 - 0,1953}{26}$$

$$q_m' = 0,62 * 7,75 - 0,62 * 0,00447 = 4,805 - 0,0027 = 4,8023 \text{ g/m}^2\text{h}$$

KOLIČINA KONDENZATA NAKON JEDNE ZIME

$$q_{mz} = q_{m'} * 24 * d \text{ [g/m}^2\text{]}$$

TRAJANJE DIFUZIJE

KLIMATSKA ZONA	I	II
d	60	60

$$q_{mz} = 4,8023 * 24 * 60 = 6\,915,31 \text{ g/m}^2$$

$$q_{mz} = 6\,915,31 \text{ [g/m}^2\text{]}$$

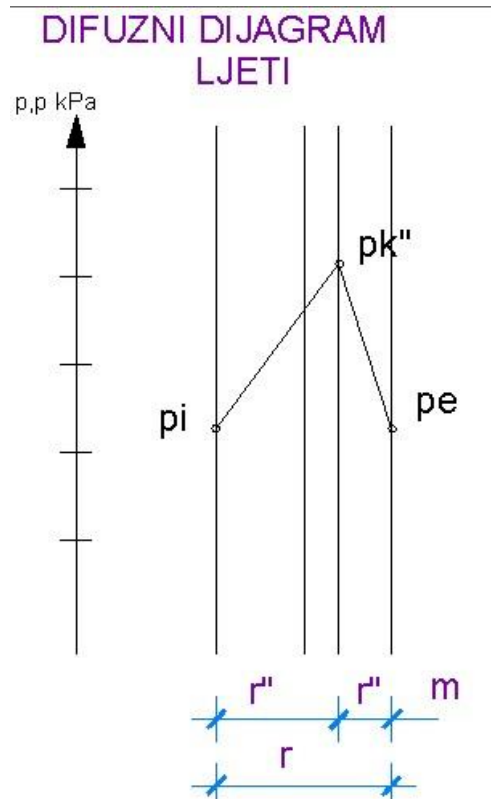
PRORAČUN ISUŠENJA ZA ZADANI ZID

$$q_{mz} = 6\,915,31 \text{ g / m}^2$$

$$q_{m'} = 4,8023 \text{ g / mh}$$

$$r' = 0,15 \text{ m}$$

$$r'' = 26 \text{ m}$$



UVJETI ZA ISUŠENJE LJETI UNUTAR KONSTRUKCIJE

$$t_i = t_e = 18^\circ\text{C}$$

$$\varphi_i = \varphi_e = 65\%$$

$$p_i = p_e = 0.65 * 2,063 = 1,341 \text{ kPa}$$

$$p_{k'} = 2,063 \text{ kPa}$$

KOLIČINA KONDENZATA KOJA SE ISUŠUJE LJETI

$$q_m = 0,62 * \frac{p_{k'} - p_i}{r'} + 0,62 * \frac{p_{k''} - p_e}{r''}$$

$$q_m = 0,62 * \frac{2,063 - 1,341}{0,15} + 0,62 * \frac{2,063 - 1,341}{26}$$

$$q_m = 0,62 * 4,813 + 0,62 * 0,028$$

$$q_m = 2,984 + 0,017 = 3,001 \text{ g/m}^2\text{h}$$

PRORAČUN ISUŠENJA

$$T = \frac{1,3 * q_{mz}}{q_m * 24} = \frac{1,3 * 6\,915}{3,001 * 24} = 124,8 \text{ DANA}$$

125 DANA > 120 DANA - I KLIMATSKA ZONA
90 DANA – II KLIMATSKA ZONA

KONSTRUKCIJA NE ZADOVOLJAVA

PRIMJER DIFUZNOG PRORAČUNA

STACIONARAN DIFUZNI TOK

PRIMJER DIFUZNOG PRORAČUNA

STACIONARAN DIFUZNI TOK

ARMIRANI BETON $\rho=2500 \text{ kg/m}^3$ debljina 20 cm

EKSPANDIRANI POLISTIREN $\rho=15 \text{ do } 30 \text{ kg/m}^3$ debljina 15 cm

$$\lambda_1 = 2,60 \text{ W/ mK}$$

$$\lambda_2 = 0,040 \text{ W/ mK}$$

$$t_i = 20^\circ\text{C}$$

$$\varphi_i = 60\%$$

$$p_i = 2,337 \text{ kPa}$$

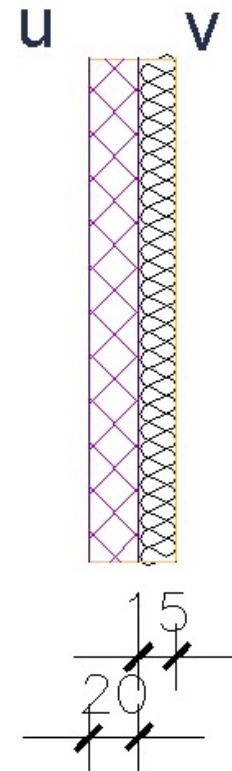
$$\mu_1 = 130$$

$$\mu_2 = 60$$

$$t_e = -11^\circ\text{C}$$

$$\varphi_e = 90\%$$

$$p_e = 0,237 \text{ kPa}$$



NASTAJNJE KONDENZATA

TREBA ISPITATI DA LI U ZIDU DOLAZI DO KONDENZACIJE VODENE PARE ?

PARCIJALNI TLAKOVI

$$p_i = \varphi_i \times p_i'$$

$$p_i = 0,6 \times 2,377 = 1,402 \text{ kPa}$$

$$p_e = \varphi_e \times p_e'$$

$$p_e = 0,9 \times 0,237 = 0,2133 \text{ kPa}$$

TOPLINSKI OTPORI

POJEDINAČNI TOPLINSKI OTPORI

$$R_i = \frac{1}{\alpha_i} = \frac{1}{7} = 0,143 m^2 K / W$$

$$R_1 = \frac{d_1}{\lambda_1} = \frac{0,20}{2,60} = 0,077 m^2 K / W$$

$$R_2 = \frac{d_2}{\lambda_2} = \frac{0,15}{0,040} = 3,75 m^2 K / W$$

$$R_e = \frac{1}{\alpha_e} = \frac{1}{20} = 0,05 m^2 K / W$$

$$R_k = 4,02 m^2 K / W$$

TEMPERATURNI PADOVI

$$\Delta t_n = \frac{t_i - t_e}{R_k} \times R_{n-1}$$

$$\frac{t_i - t_e}{R_k} = \frac{20 - (-11)}{4,02} = 7,71 \text{ W / m}^2 \quad \Delta t_1 = \frac{t_i - t_e}{R_k} \times R_i$$

$$\Delta t_1 = 7,71 \times 0,143 = 1,102 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_2 = 7,71 \times 0,077 = 0,59 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_3 = 7,71 \times 3,75 = 28,91 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_4 = 7,71 \times 0,05 = 0,385 \text{ }^\circ\text{C}$$

TEMPERATURA NA GRANIČNIM POVRŠINAMA

$$\begin{aligned}t_i &= 20^\circ\text{C} \\t_1 = t_i - \Delta t_1 &= 20 - 1,102 = 18,90^\circ\text{C} \\t_2 = t_1 - \Delta t_2 &= 18,90 - 0,59 = 18,31^\circ\text{C} \\t_3 = t_2 - \Delta t_3 &= 18,31 - 28,91 = -10,6^\circ\text{C} \\t_e = t_3 - \Delta t_4 &= -10,6 - 0,385 = -11,00^\circ\text{C}\end{aligned}$$

TLAKOVI ZASIĆENJA p_i u kPa

$$\begin{aligned}t_i = 20^\circ\text{C} & \quad p_i = 2,377\text{kPa} \\t_1 = 18,90^\circ\text{C} & \quad p_{1'} = 2,182\text{ kPa} \\t_2 = 18,31^\circ\text{C} & \quad p_{2'} = 2,102\text{ kPa} \\t_3 = -10,6^\circ\text{C} & \quad p_{3'} = 0,245\text{ kPa} \\t_e = -11,00^\circ\text{C} & \quad p_{e'} = 0,237\text{ kPa}\end{aligned}$$

DIJAGRAM DIFUZIJE VODENE PARE

STACIONARAN DIFUZNI TOK

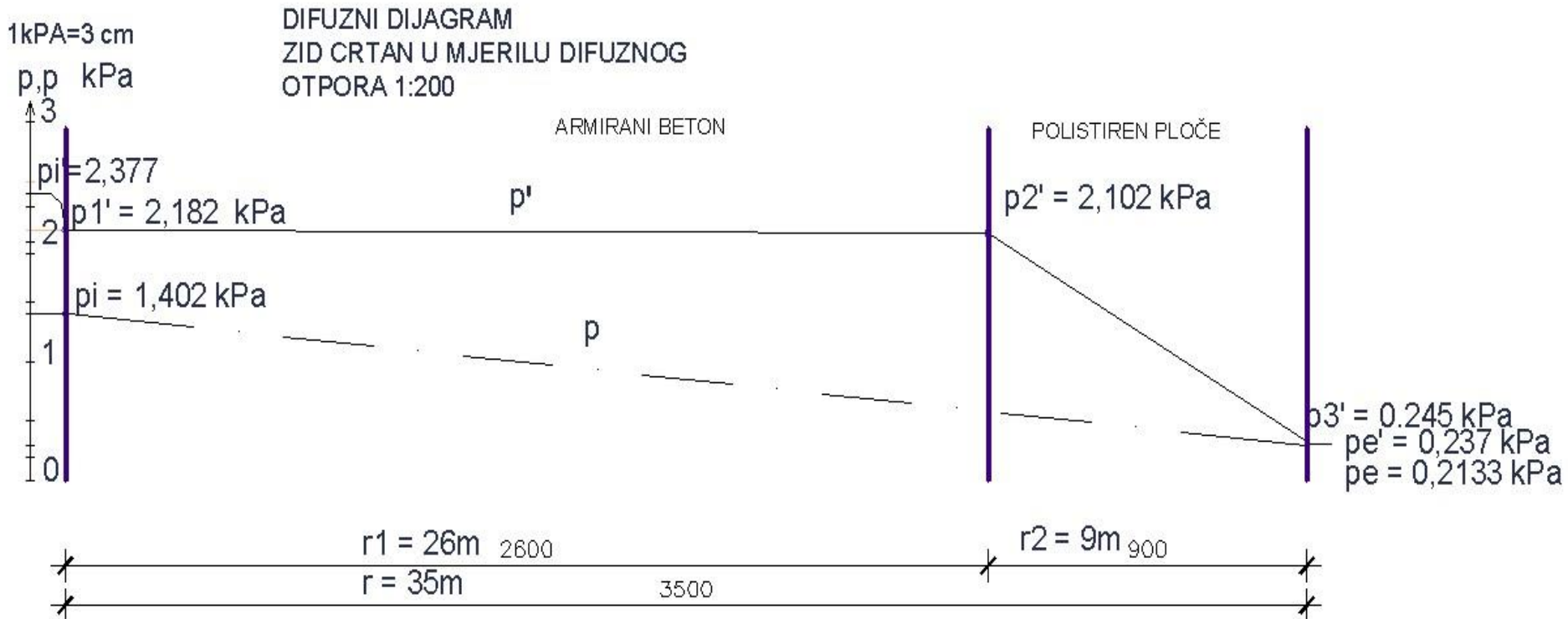
RELATIVNI DIFUZNI OTPORI

$$r_1 = d_1 \times \mu_1$$

$$r_1 = 0,20 \times 130 = 26 \text{ m}$$

$$r_2 = d_2 \times \mu_2$$

$$r_2 = 0,15 \times 60 = 9 \text{ m}$$



p' = krivulja pritisaka zasićenja vodene pare pri određenoj temperaturi

p = krivulja parcijalnih pritisaka vodene pare

TOPLINSKA STABILNOST

TOPLINSKO PRIGUŠENJE I FAZNI POMAK

TOPLINSKA STABILNOST

TOPLINSKA STABILNOST JE SVOJSTVO KONSTRUKCIJE DA OSIGURA STALNU TEMPERATURU NA SVOJOJ UNUTRAŠNJOJ POVRŠINI I U PROSTORIJI, U ODNOSU NA OSCILACIJE (PROMJENE) TEMPERATURE VANJSKOG ZRAKA, ODNOSNO NA VANJSKOJ POVRŠINI KONSTRUKCIJE.

TEMPERATURE VANJSKOG ZRAKA LJETI OSCILIRAJU U TOKU 24 SATA, ŠTO SE REFLEKTIRA I NA OSCILACIJE TOPLINSKOG TOKA.

TOPLINSKO PRIGUŠENJE I FAZNI POMAK

PRORAČUN TOPLINSKE STABILNOSTI SAS TOJI SE OD:

1. PRORAČUN FAKTORA PRIGUŠENJA AMPLITUDE OSCILACIJE

ν ν („ ν “) – TOPLINSKO PRIGUŠENJE

2. PRORAČUN VREMENSKOG POMAKA FAZE OSCILACIJE

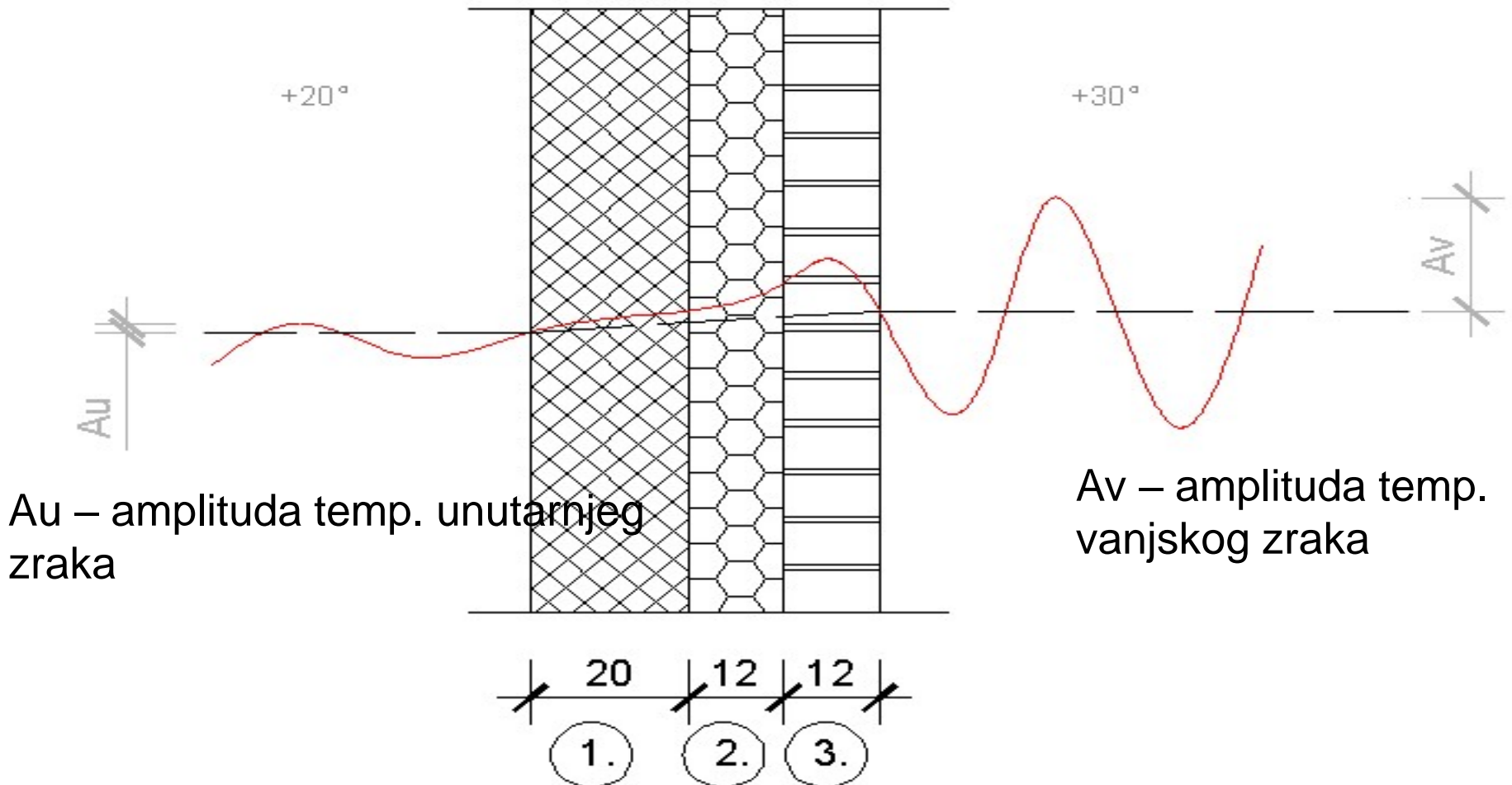
η η („ η “) – FAZNI POMAK

TOPLINSKO PRIGUŠENJE – SVOJSTVO KONSTRUKCIJE DA SAČUVA ŠTO NIŽU TEMPERATURU UNUTRAŠNJE PLOHE U ODNOSU NA TEMPERATURU VANJSKE PLOHE IZLOŽENE SUNČEVOM ZRAČENJU.

FAZNI POMAK – SVOJSTVO KONSTRUKCIJE DA SE NJENA UNUTRAŠNJA PLOHA ZAGRIJE SA ŠTO VEĆIM VREMENSKIM POMAKOM U ODNOSU NA TEMPERATURU VANJSKE PLOHE.

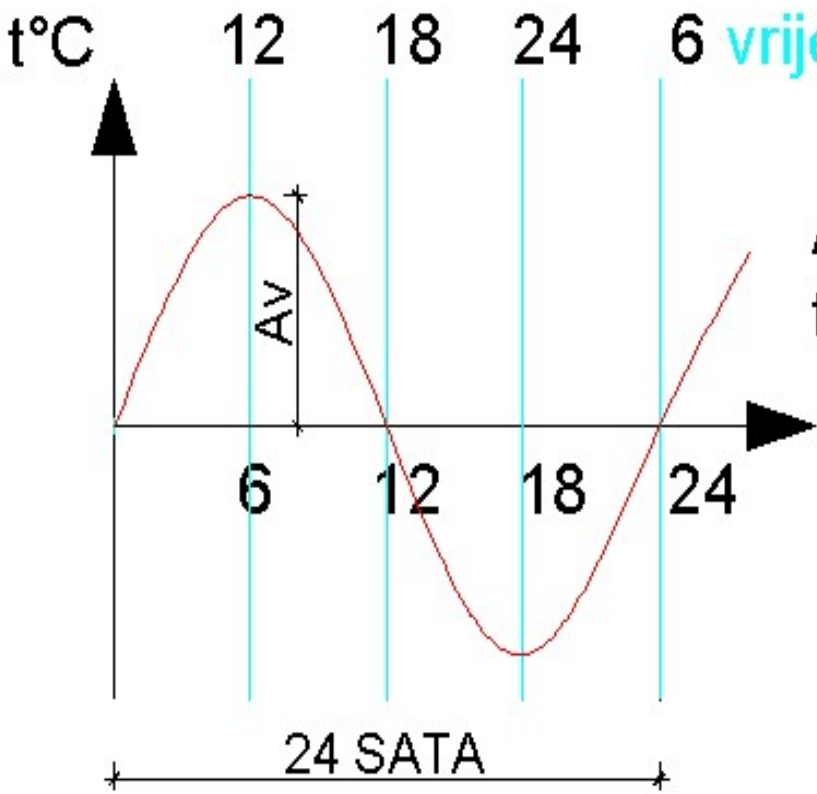
TEMPERATURNA KRIVULJA LJETI NA VANJSKOM ZIDU

TOPLINSKO PRIGUŠENJE I FAZNI POMAK



DIJAGRAM VANJSKIH PROMJENA TEMPERATURA

DIJAGRAM VANJSKIH PROMJENA TEMPERATURA

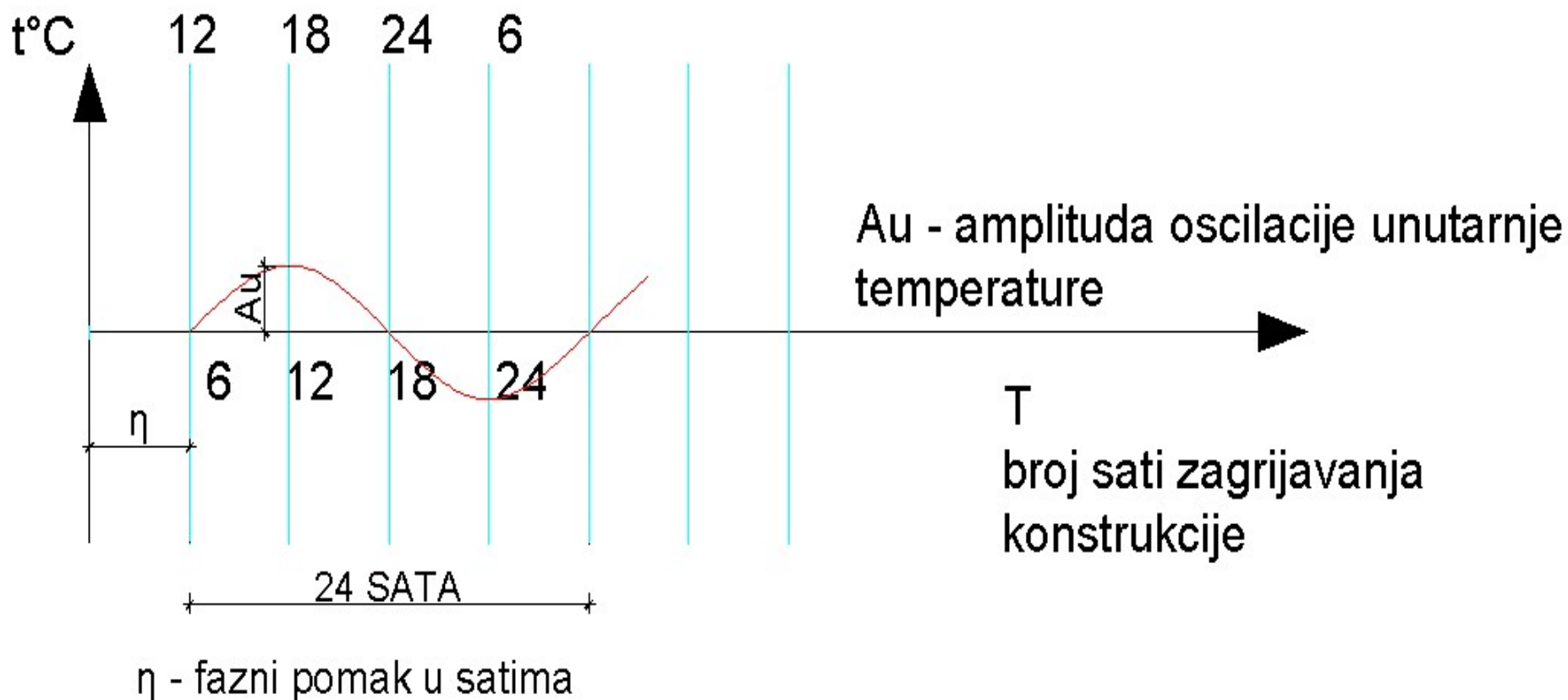


A_v - amplituda oscilacije v. t. najviša temperatura u toku dana

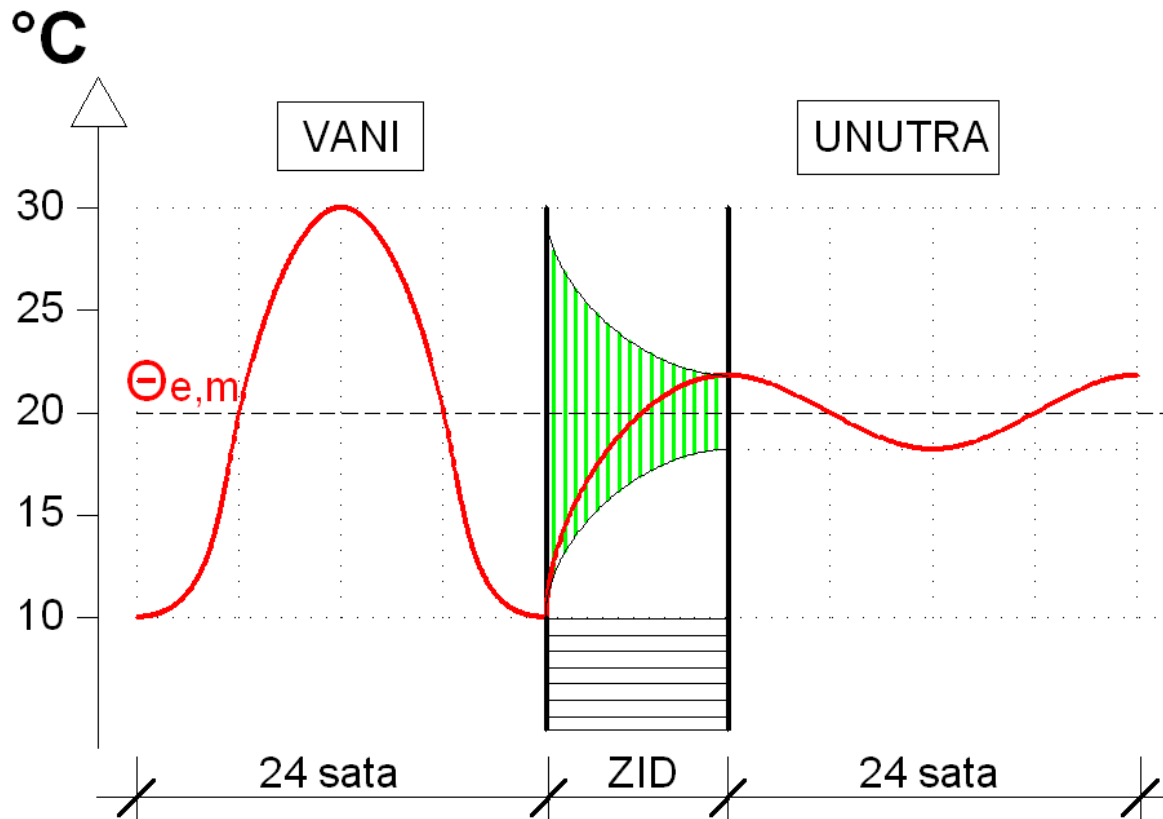
T
broj sati zagrijavanja konstrukcije

DIJAGRAM UNUTARNJH PROMJENA TEMPERATURA

DIJAGRAM UNUTARNJH PROMJENA TEMPERATURA



SHEMATSKI PRIKAZ PRIGUŠENJA AMPLITUDE I POMAKA FAZE OSCILACIJA TEMPERATURE



Slika 1 Shematski prikaz prigušenja amplitude i pomaka faze oscilacija temperature (ljetno razdoblje)

FAZNI POMAK I TOPLINSKO PRIGUŠENJE

U tablici 4 dane su proračunate vrijednosti pomaka faze i prigušenja amplitude za nekoliko tipičnih rješenja sastava vanjskih zidova od pločastih drvenih proizvoda, pri čemu ventilirana obloga pročelja nije uzeta u obzir.

Redni broj	Materijal sloja (iznutra prema van)	Debljina sloja [cm]	Koeficijent U [W/(m ² K)]	Pomak faze [sati]	Prigušenje amplitude [-]
1	-lamelirane uslojene drvene ploče	12,5	0,88	7,8	3,8
2	-lamelirane uslojene drvene ploče -mineralna vuna	12,5 5,0	0,42	10,1	15,8
3	-lamelirane uslojene drvene ploče	12,5	0,32	10,7	23,8

Redni broj	Materijal sloja (iznutra prema van)	Debljina sloja [cm]	Koeficijent U [W/(m ² K)]	Pomak faze [sati]	Prigušenje amplituda [-]
	-mineralna vuna	8,0			
4	-gipskartonske ploče -lamelirane uslojene drvene ploče -mineralna vuna	1,5 12,5 8,0	0,31	11,6	30,4
5	-gipskartonske ploče -mineralna vuna -lamelirane uslojene drvene ploče -mineralna vuna	1,5 5,0 12,5 8,0	0,22	14,4	49,4

Tablica 2 Vrijednosti pomaka faze i prigušenja amplitude za nekoliko tipičnih rješenja sastava vanjskih zidova

$$\nu = \frac{A_v}{A_u} \quad \nu_{ni} - \text{TOPLINSKO PRIGUŠENJE}$$

ŠTO JE VEĆI ν KONSTRUKCIJA IMA VEĆE PRIGUŠENJE I BOLJA JE. USPOREĐIVANJEM DIJAGRAMA VIDIMO DA SU NJIHOVE AMPLITUDE RAZLIČITE. NAJVIŠA TEMPERATURA JE OKO PODNEVA NA JUŽNOM ZIDU. VREMENSKE OZNAKE NE OZNAČAVAJU VRIJEME (SAT) DANA, VEĆ SAMO BROJ SATI ZAGRIJAVANJA I HLAĐENJA KONSTRUKCIJE. IZ DIJAGRAMA JE TAKOĐER VIDLJIVO DA SE UNUTRAŠNJA STRANA ZIDA POČINJE KASNIJE ZAGRIJAVATI, TO JE FAZNI POMAK η U SATIMA. BOLJE JE DA BUDE ŠTO VEĆI.

TEMPERATURNI RAD I TEMPERATURNNA NAPREZANJA

TEMPERATURNI RAD JE PROMJENA DIMENZIJA GRAĐEVINSKIM ELEMENTIMA (RASTEZANJE I STEZANJE) ZBOG DJELOVANJA TOPLINE.

$$\Delta l = \alpha t \times \Delta t \times L$$

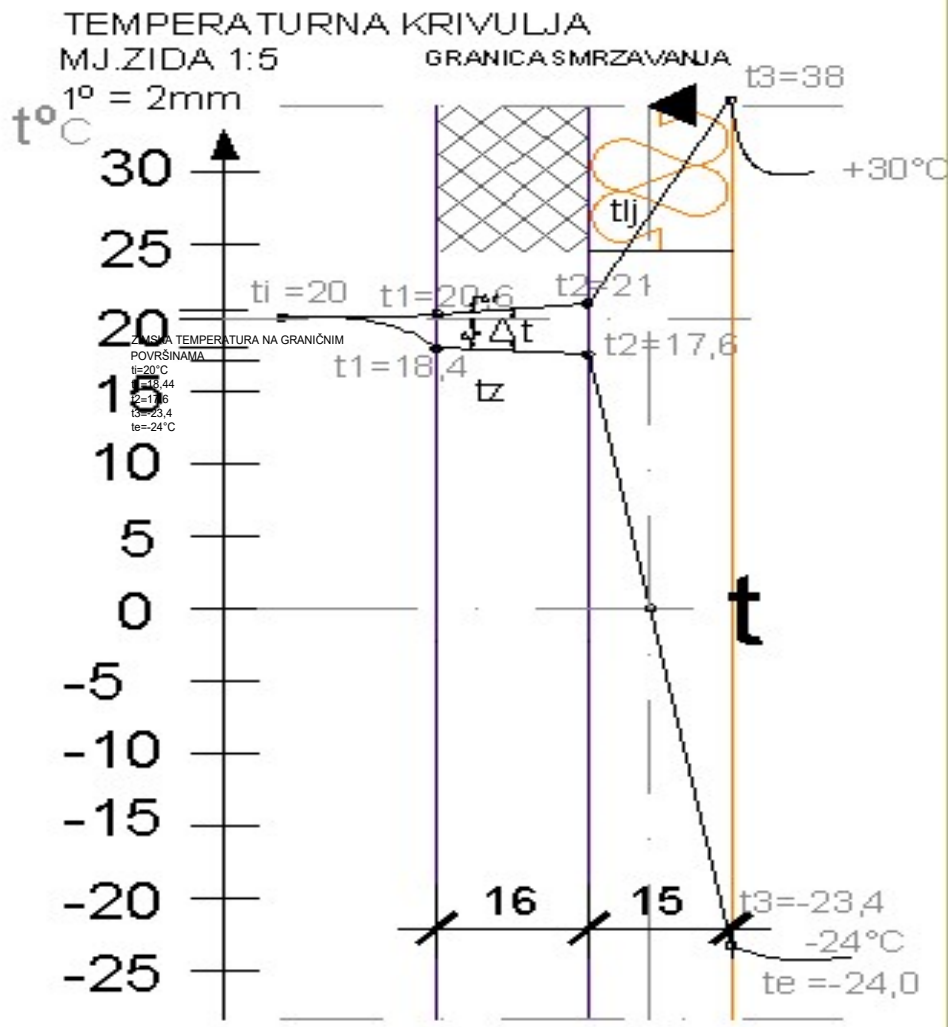
ZBOG TEMP. RADA DOLAZI U GRAĐ. ELEMENTIMA DO TEMPERATURNIH NAPREZANJA JER SU ONI UKLJEŠTENI I NE MOGU SE SLOBODNO RASTEZATI, ŠTO MOŽE DOVESTI DO POJAVE PUKOTINA („ŽIVE PUKOTINE“).

αt – KOEFICIJENT RASTEZANJA

Δt – RAZLIKA TEMPERATURA U SREDINI NOSIVOG DIJELA KONSTRUKCIJE U TOKU GODINE

L – DULJINA KONSTRUKCIJE

TEMPERATURNA KRIVULJA LJETI I ZIMI



$L = 20\text{m}$

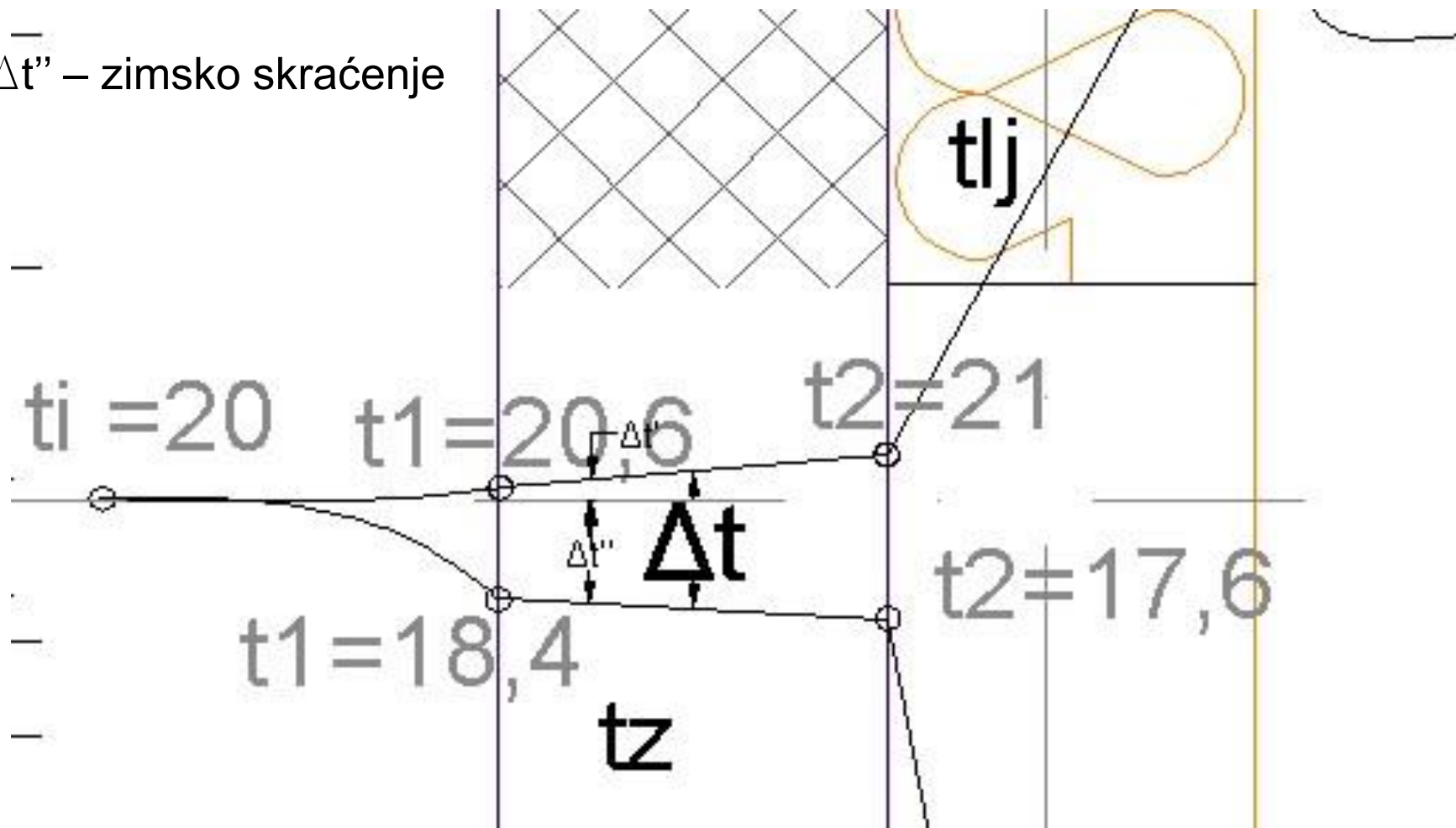
ZIMSKA TEMPERATURA NA GRANIČNIM POVRŠINAMA

$t_i = 20^\circ\text{C}$
 $t_1 = 18,44$
 $t_2 = 17,6$
 $t_3 = -23,4$
 $t_e = -24^\circ\text{C}$

PRIKAZ LJETNE I ZIMSKE KRIVULJE NA V. ZIDU

$\Delta t'$ – ljetno produljenje

$\Delta t''$ – zimsko skraćenje



Δt – razlika TEMPERATURA U SREDINI NOSIVOG DIJELA KONSTRUKCIJE U TOKU GODINE

LJETNE TEMPERATURE

$$\frac{te - ti}{Rk - \frac{1}{\alpha e}} = \frac{38 - 20}{4,02 - 0,05} = \frac{18}{3,97} = 4,53$$

Zadana temperatura na vanjskoj površini konstrukcije 38°C.

$$\Delta t_1 = 4,53 \times R_i = 0,6$$

$$\Delta t_2 = 4,53 \times R_1 = 0,34$$

$$\Delta t_3 = 4,53 \times R_2 = 16,9 = 17^\circ\text{C}$$

$$t_i = 20^\circ\text{C}$$

$$t_1 = 20 + 0,6 = 20,6$$

$$t_2 = 20,6 + 0,4 = 21$$

$$t_3 = 21 + 17 = 38^\circ\text{C}$$

$$t_{lj} = \frac{21 + 20,6}{2} = \frac{41,6}{2} = 20,8^\circ$$

$$t_z = \frac{17,6 + 18,44}{2} = 18,0^\circ \text{C}$$

ZIMSKA TEMPERATURA NA GRANIČNIM
POVRŠINAMA

$t_i = 20^\circ \text{C}$
 $t_1 = 18,44$
 $t_2 = 17,6$
 $t_3 = -23,4$
 $t_e = -24^\circ \text{C}$

$$\Delta t = 20,8 - 18,0 = 2,8^\circ \text{C}$$

Δt TEMPERATURNA RAZLIKA
IZMEĐU LJETNE I ZIMSKE
TEMPERATURE

$$\alpha t = z_{\text{beton}} 0,012 \text{ mm/m}^\circ \text{K}$$

αt je koeficijent rastezanja a.b.

$$L = 20 \text{ m}$$

$$\Delta l = 0,012 \times 2,8 \times 20$$

$$\Delta l = 0,67 \rightarrow 0,6 \text{ mm}$$

Δl je temperaturni rad konstrukcije
dužine 20m. Dozvoljeni rad a.betona 1 mm.

BETONIRANO NA 20°C

LJETNO PRODULJENJE $\Delta t'$

$$\Delta t' = t_{lj} - 20 = 20,8 - 20 = 0,8^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta l' = 0,012 \times 0,8 \times 20 = 0,2 \text{ mm}$$

ZIMSKO SKRAĆENJE

$$\Delta t'' = 20 - 18 = 2^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta l'' = 0,012 \times 2 \times 20 = 0,5 \text{ mm}$$