

**VIŠJA STROKOVNA ŠOLA ACADEMIA,
MARIBOR**

DIPLOMSKO DELO

**PROBLEMATIKA POVEČANE VLAGE V OBJEKTIH
TER POSLEDIČNI VPLIVI NA POVEČANO
TOPLOTNO PREVODNOST**

Kandidat: Uroš Mur

Študent študija ob delu

Številka indeksa: 11190122853

Program: Gradbeništvo

Mentor: Benedikt Boršič

Maribor, oktober 2011

IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA

Podpisan Uroš Mur, št. indeksa 11190122853, v kraju Maribor sem avtor diplomske naloge z naslovom

PROBLEMATIKA POVEČANE VLAGE V OBJEKTIH TER POSLEDIČNI VPLIVI NA POVEČANO TOPLOTNO PREVODNOST,

ki sem jo napisal pod mentorstvom pred. Boršič-a.

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predložena diplomska naloga izključno rezultat mojega dela.
- sem poskrbel, da so dela in mnenja drugih avtorjev, ki jih uporabljam v predloženi nalogi, navedena oz. citirana skladno s pravili Višje strokovne šole Academia.
- se zavedam, da je plagiatorstvo – predstavljanje tujih del oz. misli, kot moje lastne – kaznivo po Zakonu o avtorskih in sorodnih pravicah; UL št. 16/2007; (v nadaljevanju ZASP), prekršek pa podleže tudi ukrepom VSŠ Academia skladno z njenimi pravili.
- Skladno z 32. členom ZASP dovoljujem VSŠ Academia objavo diplomske naloge na spletnem portalu šole.

Maribor, 19.10.2011

Podpis študenta:

ZAHVALA

Človek potuje po svetu, da bi našel kar potrebuje in se vrača domov, da to najde.

(Moore)

Včasih je pot ravna, včasih zavita, polna ovir in pasti. Od nas samih pa je odvisno, kako dolgo bomo potrebovali, da jo prehodimo. Bistveno pa je, da pridemo do cilja.

Zahvaljujem se mentorju Višje strokovne šole Academia Maribor Benediktu Boršič-u za strokovno vodenje pri pisanju diplomske naloge, kakor tudi celotni ekipi Academie Maribor, gospe Kralj, Srečku, Maji.... vsem sošolcem in seveda Gospe Mirjani Ivanuša, ki zna zmeraj najti pravi trenutek, da z svojim optimizmom povrne motivacijo za delo.

Vodušek Alji se zahvaljujem za jezikovni pregled naloge.

Nazadnje največja zahvala moji zlati Nataši, ki je zaradi moje odsotnosti nemalokdaj opravljala nalogo očeta in mame ter opravičilo Luc-u in Niki za čas, ki ga je bilo mnogokrat premalo.

Vsem skupaj iskreno hvala!

POVZETEK

Problematika povečane vlage v objektih ter posledični vplivi na povečano toplotno prevodnost

Prekomerna navlaženost materialov in konstrukcij ter posledična spremenjena toplotna prevodnost je ena tistih gradbeno fizikalnih težav, ki lahko opazno vplivajo na obratovalne in vzdrževalne stroške, kakovost bivanja in ne nazadnje na trajnost in vrednost nepremičnine. Sanacija problemov z vlago je praviloma povezana z visokimi stroški in zapletenimi tehničnimi posegi. Preprečevanje prekomernega navlaženja materialov in konstrukcij je zato eden od ključnih ukrepov, s katerimi zagotavljamo trajnost in funkcionalnost stavbe in njenih sestavnih delov skozi vso življenjsko dobo. S strokovno pravilno graditvijo, uporabo in vzdrževanjem stavbe želimo zmanjšati nevarnost prekomernega navlaženja na najmanjšo možno mero, če pa težave vseeno nastopijo, so potrebni hitri, učinkoviti in naravi problema ustrezni ukrepi za odpravo vzrokov in sanacijo posledic.

V diplomski nalogi sem predstavil vzroke prekomerne vlage v stavbah ter navedel ustrezne ukrepe.

Ključne besede: vlaga, toplotna prevodnost, sanacije

ABSTRACT

The problems of excessive moisture in buildings and consecutive change of thermal conductivity

Excessive moisture and consecutive change of heat are the construction – physical problems, that have influence on the cost of living and sustentation, on the quality of living, stability and the worth of the real estate. Preventing water problems is connected with high costs and complicated technical interventions. To alleviate the wetness is one of the most important steps to assure constancy and functionalism of the buildings. We can reduce moisture with technically correct construction, usage and keeping of the building. In case the difficulty arise, we have to react fast, effective and with the right method.

In my degree I have presented the main reasons for the moisture and the proper steps to remedy in wetness.

Key words: wetness, change of heat, remedy in moisture

KAZALO VSEBINE

1 UVOD	9
1.1 Opredelitev obravnavane teme	9
1.2 Namen, cilji in osnovne trditve diplomskega dela	10
1.3 Predpostavke in omejitve	11
1.4 Metode raziskovanja.....	11
2 PROBLEMATIKA POVEČANE VLAGE NA GRADBENIH OBJEKTIH.....	12
2.1 Vzrok za pojav.....	12
2.2 Posledice pojava	13
2.3 Vpliv vlage na materiale.....	14
2.4 Vpliv na toplotno prevodnost in toplotno prehodnost materialov.....	15
2.5 Faktor dušenja in fazni zamik.....	18
2.6 Vpliv na kakovost bivanja	18
2.7 Polistirenske toplotne izolacije.....	19
3 ANALIZA VZROKOV KI VPLIVAJO NA POVEČANJE VLAGE V STAVBAH	21
3.1 Vlaga zaradi kapilarnega dviga	21
3.1.1 Kaj je kapilarni dvig	21
3.1.2 Analiza vzrokov za pojav ter posledice.....	22
3.1.3 Primeri širjenja kapilarne vlage.....	23
3.1.4 Sanacijske metode	24
3.1.5 Analiza tveganja	27
3.2 Vlaga zaradi vdora vode	28
3.2.1 Kje in kdaj se pojavlja	28
3.2.2 Analiza vzrokov za pojav ter posledice.....	29
3.2.3 Primeri vdora vode	33
3.2.4 Sanacijske metode	34
3.2.5 Analiza tveganja	36
3.3 Vlaga zaradi kondenzacije.....	38
3.3.1 Kaj je kondenzacija in kdaj se pojavlja	38

3.4	Analiza vzrokov za pojav ter posledice	40
3.5	Primeri pojava kondenzacije in nastanek toplotnih mostov	42
3.6	Sanacijske metode	43
4	TOPLOTNE IZGUBE NA PRIMERU OBJEKTA: Cerkev Polzela	45
4.1	Izračun toplotne prevodnosti	45
4.2	Sanacija prizadetih delov zgradbe	45
4.3	Terminski plan sanacije	54
4.4	Stroškovni plan sanacije	55
4.5	Tehnični pripomočki in gradbena mehanizacija pri postopku sanacije.....	56
4.6	Kemični pripomočki	56
5	ZAKLJUČEK	57
6	LITERATURA IN VIRI	58
6.1	Literatura	58
6.2	Viri.....	58
6.3	Internetni viri	58

KAZALO SLIK

Slika 1:	Mesto nastanka toplotnega mosta	13
Slika 2:	Termovizija pokaže mesta, kjer se pojavi toplotni most.....	14
Slika 3:	Drenaža.....	25
Slika 4:	Vrtanje lukenj v zid.....	26
Slika 5:	Namestitev kemijske bariere	27
Slika 6:	Ravna pohodna streha	29
Slika 7:	Prezračevana lahka poševna streha	32
Slika 8:	Prehod vlage (na sliki vodne kapljice) skozi prezračevalno fasado.....	33
Slika 9:	Nastanek plesni ob okenski špaleti.....	39
Slika 10:	Namestitev Calsitherm plošče.....	44
Slika 11:	Izkop jarka za drenažo.....	46
Slika 12:	Izolacija odkopanega dela stene	47
Slika 13:	Vrtanje stene.....	48

Slika 14: Prepojitev zidu z silikonsko tekočino	49
Slika 15: Način vrtanja zidu iz kamna.....	49
Slika 16: Namestitev lijakov	50
Slika 17: Stekanje emulzije v fasado	51
Slika 18: Dolivanje emulzije	51
Slika 19: Gantogram sanacije (drenaža, odvod meteorne vode, ometi in bariera).....	54

KAZALO TABEL

Tabela 1: Lastnosti toplotnoizolacijskih materialov.....	16
Tabela2: Konstrukcijska sestava in izračun toplotne prehodnosti sklopa – strop proti neogrevanem podstrešju	17
Tabela 3: Produkcija vlage	41
Tabela 4: Stroškovni plan sanacije	55

1 UVOD

Stavbe so gradbene konstrukcije, sestavljene iz različnih materialov z različnimi kemijsko-fizikalnimi lastnostmi. Nepoznavanje teh lastnosti ter osnovnih predpisov gradnje, nepravilna uporaba bivalnih prostorov, izredne vremenske razmere, so le eni izmed vzrokov težav, ki lahko nastanejo na področju gradbene fizike. Materiali v naravi niso povsem suhi. Pogoji za navlaženje je poroznost materialov. Zaradi higroskopnosti, absorpcije vlage s kapilarnim vlekem iz virov, s katerimi je material v stiku in zaradi akumulacije vlage kot posledice kondenzacije vodne pare, je v materialih prisotna voda. Pri gradnji govorimo o »vgrajeni« ali »gradbeni« vlagi, ki se v primeru pravilne gradnje sčasoma izsuši. Določitev meje, kdaj je določen material moker, oziroma kdaj govorimo o prekomerni vlažnosti, je težka. Posledice prevelike vlažnosti so lahko različne: fizično propadanje materiala, kristalizacija soli, zamrzovanje, ... V nekaterih primerih ni pomembna trenutno največja vsebnost vlage, temveč njeno nihanje, ki lahko povzroči npr. spremembe toplotnih lastnosti materiala ali dimenzijske spremembe in posledično premike konstrukcijskih elementov, čemur je najbolj podvržen les. Nihanje vsebnosti vlage lahko vpliva tudi na gostoto materialov. Pri materialih z večjo gostoto in manjšo poroznostjo je razlika med suhim in nasičenim stanjem zelo mala. Visoka gostota pomeni veliko toplotno prevodnost in slab toplotni upor. Ti materiali so pogosto mikroporozni in zanje so značilne poškodbe zaradi kristalizacije soli. Materiali z manjšo gostoto so bolj porozni, njihova gostota se, tako kot toplotna prevodnost, ob absorbiranju večjih količin vlage poveča, zmanjša pa se toplotni upor.

1.1 *Opredelitev obravnavane teme*

Povečana vlažnost v stavbah ima lahko različne vzroke, med najpogostejše pa spadajo kapilarna vlaga, vdor vode v stavbo, kondenz in poškodovana vodovodna napeljava. Ne glede na izvor, vidne ali nevidne posledice, vpliva na lastnosti materialov in posamezne gradbene konstrukcije, naše počutje in zdravje.

V diplomski nalogi sem predstavil vzroke povečane vlažnosti, preventivne ukrepe pri posameznih vzrokih ter možne načine sanacije. Odpravljanje posledic lahko v nekaterih

primerih izvedemo sami, v zahtevnejših pa je bolje poiskati nasvet in pomoč strokovnjaka z ustreznimi izkušnjami, saj lahko z neustrezno izbrano metodo sanacije, nepravilno uporabljenimi materiali, nepravilno izvedenimi postopki, pomanjkanjem znanja o gradbeništvu, kemijsko – fizikalnih lastnostih gradbenih konstrukcij in materialov, nastalo škodo le še povečamo.

1.2 Namen, cilji in osnovne trditve diplomskega dela

Namen diplomske naloge je predstaviti teoretične in praktične vidike problemov ter rešitev, povezanih z vlago v stavbah, glede njihove vzročnosti

Cilj naloge je razčlenitev problematike vlage v stavbah, s preventivnimi ukrepi v posameznih fazah graditve in uporabe stavbe, z načini ugotavljanja vzrokov in s postopki za odpravo napak ter dobiti odgovor na vprašanja:

- kaj je vlaga v gradbenih objektih
- kako vpliva na trajnost, trdnost, kvaliteto ... objekta
- kje je vzrok
- se jo da trajno odpraviti
- na kakšen način
- za kakšno ceno
- v kakšnem času
- katera metoda je najprimernejša
- kako vpliva na toplotno prevodnost elementov objekta

Osnovne trditve diplomskega dela so:

- da lahko v večini primerov že pri načrtovanju preprečimo nastanek vlažnosti
- da je odpravljanje vzrokov in posledic vlage tehnično zahtevno in pogosto povezano z visokimi stroški
- da pogosto sami vplivamo na nastanek vlage

- da je treba v primeru nastanka vlažnosti ali ko opazimo katero izmed posledic, nemudoma ustrezno ukrepati
- da je treba pri izvedbi sanacije poskati pomoč strokovnjaka z ustreznim znanjem in izkušnjami.

1.3 Predpostavke in omejitve

Z diplomsko nalogo želim nadgraditi svoje znanje o težavah, povezanih z vlago v prostorih ter odpravo faktorjev, ki jo z svojim delovanjem povečujejo. Želim raziskati vse metode za sanacijo v različnih vzročnih primerih, njihovo medsebojno povezavo, ter ustrezne tehnične pripomočke pri posameznih sanacijskih postopkih. Predvidevam, da bom z diplomsko nalogo potrdil predpostavke, ki sem jih navedel v prejšnji točki kot osnovne trditve diplomskega dela.

Omejitve so lahko: novejša, ustrežnejša metode, ki niso dovolj natančno predstavljene.

1.4 Metode raziskovanja

V diplomskem delu sem raziskoval vzroke za pojav povečane vlage v stavbah v odvisnosti od gradbenih materialov, toplotno prevodnost grajenih elementov v odvisnosti od vlage, higroskopičnost določenih frakcij glede na njihovo zrnastost, opravil pa sem tudi primerjalno raziskavo metod sanacije in napravil gantogram. Za svoje delo sem uporabil tujo in slovensko literaturo, spletne informacije, objavljene članke ter raziskave pa tudi lastne izkušnje.

2 PROBLEMATIKA POVEČANE VLAGE NA GRADBENIH OBJEKTIH

2.1 Vzrok za pojav

Vzroki za povečano vlago so različni. Lahko se pojavijo zaradi uporabe samega prostora in aktivnosti v njem (dihanje, znojenje, umivanje, kuhanje, pranje, sušenje perila, sobne rastline, izhlapevanje iz vodnih površin...), nezadostnega prezračevanja, zaradi gradbeno-fizikalnih nepravilnosti (toplotni mostovi - slika1), poškodb in konstrukcijskih napak posameznih sklopov zgradbe (poškodovane instalacije, poškodovana fasada, zamakanje strehe). Pri novogradnjah lahko pride do odvečne vlage v estrihih, stenah in ostalih gradbenih konstrukcijah, ki niso dovolj osušene. Vlaga iz podložnega sloja se pojavi pri estrihih in drugih gradbenih konstrukcijah, ki so v neposrednem stiku s terenom in niso zaščitene z ustrezno parno zaporo. Pomembno je omeniti tudi problem hladnih stropov. V primeru, kjer iz različnih vzrokov gradimo v fazah, se lahko kljub dobremu projektu in dobri izvedbi pojavijo napake. V zgradbi, ki ima dobro toplotno izoliran zunanji ovoj in še neizolirano podstrešje, lahko strop povzroči velik toplotni most. Toplotni mostovi so mesta v zunanjem ovoju stavbe, kjer je toplotni upor bistveno manjši od toplotnega upora na sosednjih mestih.

Vlaga v zraku in materialih je torej tudi posledica gradbenih napak na objektu (npr. slaba toplotna izolacija zgradbe, prekinjen toplotni ovoj stavbe, navlažen material,...), zaradi česar lahko pride do pojava manj ali bolj intenzivnih toplotnih mostov, ki so najbolj izraziti v hladnejših mesecih. To pomeni, da je na toplotnem mostu v zimskem času toplotni tok iz notranjega, ogrevanega okolja, v zunanje okolje močno povečan. Na takem mestu je zato temperatura notranje površine ovoja stavbe znižana. Glede na vzrok nastanka ločimo konstrukcijske in geometrijske toplotne mostove, v praksi pa pogosto naletimo na kombinacijo obeh in jih zato imenujemo kombinirani toplotni mostovi. Obstajajo tudi konvekcijski toplotni mostovi, ki nastanejo na mestih v ovoju stavbe, kjer je zaradi prekinitev ali netesnosti omogočen pretok notranjega, navlaženega zraka v konstrukcijski sklop.

2.2 Posledice pojava

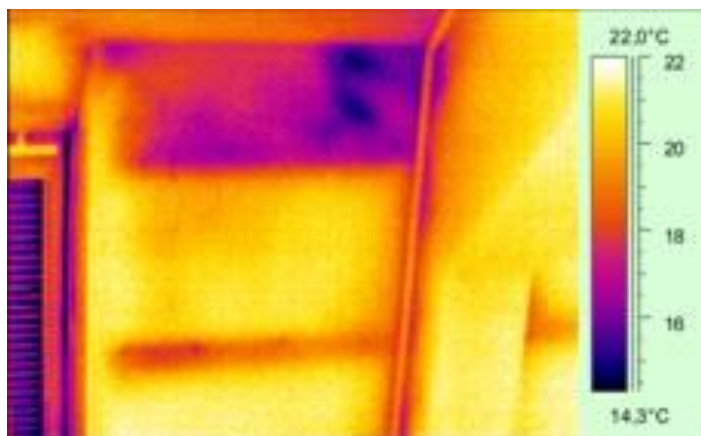
Toplotni mostovi vplivajo na toplotno bilanco stavbe in na kakovost bivalnega okolja. Negativen učinek toplotnih mostov je izrazit zaradi znižanih notranjih površinskih temperatur in s tem povezane nevarnosti lokalne površinske kondenzacije vodne pare iz zraka, kar povzroči poškodbe materiala, estetske probleme in težave zaradi razvoja zidne plesni.

V območju toplotnih mostov se temperatura notranje površine precej zniža. Ena izmed posledic je povečano odlaganje prahu na takih mestih. Ob določenih neugodnih razmerah v prostoru (prenizka temperatura in visoka relativna vlažnost ob sočasnem nezadostnem prezračevanju bivalnega prostora), v zimskem času, je lahko temperatura notranje površine nižja od temperature rosišča, posledica pa je površinska kondenzacija vodne pare. Če se to dogaja pogosto, lahko pride do pojava plesni. Tudi razvoj lesne gobe in fizičen propad lesenih delov konstrukcije zaradi površinske kondenzacije ob ali na teh delih je lahko posledica toplotnega mostu. Pomembno je vedeti, da je nevarnost površinske kondenzacije precej odvisna tudi od vlažnosti notranjega zraka. Z ustrezno "uporabo" prostorov, to je z zadostnim in predvsem pravilnim prezračevanjem, lahko problem omilimo.



Slika 1: Mesto nastanka toplotnega mosta

Vir: <http://www.varcna-gradnja.si/sanacije/termovizija.html>, dne 26.7.2011



Slika 2: Termovizija pokaže mesta, kjer se pojavi toplotni most

Vir: <http://www.varcna-gradnja.si/sanacije/termovizija.html>, dne 26.7.2011

2.3 Vpliv vlage na materiale

Predvsem v starejših zgradbah prihaja zaradi neustrezno izvedene ali celo manjkajoče hidroizolacije do navlaženja določenih predelov v stanovanju ali na objektu. Zaradi povišane vsebnosti vlage se temu podvrženim materialom in konstrukcijskim sklopom, spremenijo osnovne lastnosti. Povišana je predvsem toplotna prevodnost oziroma zmanjšan toplotni upor. To pomeni, da ima tako prizadet konstrukcijski sklop višje transmisijske toplotne izgube v primerjavi z enakim, normalno suhim predelom. Poslabšajo se njegove toplotne karakteristike, kar še posebej ogroža funkcionalnost toplotno-izolacijskih materialov.

Povečanje vsebnosti vlage vpliva tudi na hitrejšo staranje in propadanje materialov. Na navlaženih notranjih površinah se lahko razvijejo plesni, nekateri materiali se ob sušenju krivijo, razširijo, odstopijo od podlage, nastanejo lahko tudi razpoke med njimi. Vlaga, ki se nabira na površinah materialov in povzroči razvoj in rast plesni, lahko s slednjim vpliva na degradacijo materialov. Vpojne površinske plasti (barva, les, ...), ki so dalj časa izpostavljene močnejšemu in dolgotrajnejšemu površinskemu kondenzu, se lahko močneje poškodujejo.

Voda, ki se transportira po konstrukcijah do površin, s seboj prenaša tudi v vodi topne in netopne soli, ki so prisotne v gradbenih materialih. Pri izsuševanju (na konstrukcijskih površinah ali tik pod njimi) se te soli izločajo in s kristalizacijo povzročajo drobilni učinek v materialih ter vplivajo na odstopanje zgornjih plasti materiala, posledično pa tudi na kasnejše resnejše poškodbe materiala. Na površini se pojavijo madeži iz finih kosmatih ali igličastih oblog soli, ki so lahko netopne v vodi in jih voda le prenese na površino.

Sam proces propadanja materialov je še hitrejši ob prisotnosti velikih temperaturnih sprememb (npr. povečan parni tlak v ravnih stenah pod hidroizolacijami, zmrzovanje, razkrivanje, trganje materialov). Nizkim temperaturam izpostavljeni mokri materiali (posebej konstrukcijski) so v nevarnosti hitrega propada zaradi zmrzovanja vsebujoče vode in rušilnih učinkov ledu.

2.4 Vpliv na toplotno prevodnost in toplotno prehodnost materialov

Osnovni konstrukcijski materiali, uporabljeni pri gradnji, zagotavljajo zgradbi nosilnost in trdnost, vendar prevajajo več toplote, kot je glede na uveljavljene postopke in določila sprejemljivo. Merilo za prehod toplote skozi ovoj stavbe je toplotna prehodnost U (nova oznaka; stara oznaka je bila k) [$\text{W/m}^2\text{K}$], ki mora biti čim manjša, zato je potrebno ovoj dodatno toplotno izolirati.

Pri izbiri toplotnega materiala je treba upoštevati:

- protipožarno odpornost
- difuzijsko prepustnost
- tlačno trdnost
- toplotno prevodnost
- stisljivost
- trajnost
- občutljivost na navlaževanje
- vsebnost škodljivih snovi
- ekološko neoporečnost proizvodnega postopka
- čim manjša raba energije pri proizvodnji
- kratke transportne poti
- razpoložljivost surovin
- primernost za ponovno uporabo in odstranitev
- odstranitev
- predvideno mesto in način vgradnje
- ceno.

Najbolj izpostavljena, toplotna prevodnost materialov (λ [W/mK]), je specifična lastnost materialov, ki nam pove, kolikšen toplotni tok preteče v 1 sekundi skozi površino 1 m^2 določenega material z debelino 1m, pri temperaturni razliki 1 K. Vrednost za posamezen toplotnoizolativen material izolacije mora biti manjša od $0,04 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Material	Toplotna prevodnost (λ) v W/mK	Toplotna prehodnost pri 10 cm (k) v W/m ² K	Potrebna debelina za $k=0.4 \text{ W/m}^2\text{K}$ v cm	Relativ. strošek za material brez vgradnje za $k=0.4 \text{ W/m}^2\text{K}$	Vgrajena energ. pri proizvodnji v kWh za $k=0.4 \text{ W/m}^2\text{K}$	Prisotnost borovih snovi
Celuloza	0.045	0.45	10-11	1.12-1.71	8.5	Da
Pluta	0.045-0.05	0.45-0.5	11	2.00-2.94	77-86	Ne
Perlit	0.050-0.055	0.50-0.55	13	1.24-1.82	11-24	Ne
Lan	0.04-0.045	0.4-0.45	10-11	1.76-1.88	-	Ponekod
Ovčja volna	0.04-0.045	0.4-0.45	10-11	1.82-2.59	-	Ponekod
Bombaž	0.040	0.40	10	1.76	-	Da
Lesna vlakna	0.04-0.045	0.4-0.45	10-11	2.76	74-95	Ne
Kokosova vlakna	0.05	0.5	13	2.59-2.94	11	Da
Penjeno steklo	0.04-0.055	0.4-0.55	10-13	3.70-4.12	85	Ne
Ekspandirana glina	0.10-0.16	1.0-1.6	25-40	4.12-8.94	73-168	Ne
Lesna volna	0.09	0.9	23	4.53-5.71	45-74	Ne
Slama	0.09-0.130	0.9-1..3	23-33	-	-	Ne
Trstika	0.04-0.06	0.4-0.6	10-15	1.88-2.47	-	Ne
Mineralna volna	0.03-0.045	0.3-0.45	8-11	1.00	9-90	Ne
-kamena					47	(vsebujejo lahko
-steklena					15	formaldehid)
Poliuretan	0.020-0.035	0.20-0.35	5-9	2.12	47-64	Ne (drugo)
Ekspandiran polistiren	0.035-0.040	0.35-0.40	9-10	0.70-0.82	39-95	Ne (druge spor. snovi)
Ekstrudiran polistiren	0.030-0.035	0.30-0.35	6-9	2.29	43-89	Ne (drugo)

Tabela 1: Lastnosti toplotnoizolacijskih materialov

Vir: www.aure.gov.si/eknjiznica/IL_2-03.PDF, dne 16.10.2011

Iz tabele je razvidno, da se karakteristike posameznih materialov med seboj močno razlikujejo. Toplotna prehodnost konstrukcije je tako odvisna od vrste vgrajenih materialov, njihove toplotne prevodnosti ter debeline. Ti dejavniki so pomembni tudi pri računanju toplotnih karakteristik posameznih konstrukcij.

Primer izračuna toplotne karakteristike zunanjega zidu pri naslednji sestavi:

MATERIAL	λ (W/mK)	d (m)	R (m ² K/W)
apneno mavčni notranji omet YTONG	0,70	0,01	0,0143
termo blok YTONG	0,13	0,40	3,077
lepilna malta za kameno volno	0,90	0,005	0,0056
kamena volna Rockwool RP-PL	0,04	0,14	3,5
lepilna malta za kameno volno	0,90	0,005	0,0056
zaključni sloj	0,45	0,003	0,0067

Tabela 2: Konstrukcijska sestava in izračun toplotne prehodnosti sklopa – strop proti neogrevanem podstrešju

Vir: <http://hisaytong.wordpress.com/2008/01/20/nacrtovanje-konstrukcijskih-sklopov-ovoja-hise/>, dne 14.9.2011

Pri tem je $R_1 \dots R_n$ toplotni upor na prehodu toplote skozi posameznega sloja gradbene konstrukcije, ki ga določimo po enačbi: $R_1 \dots R_n = d_1 \dots_n / \lambda_1 \dots_n$

$$R = 6,78 \text{ m}^2\text{K/W}$$

R_i in R_e sta upora na prestopu toplote s konvekcijo in sevanjem na notranji in zunanji strani konstrukcije (m²K/W) :

$$R_i = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_e = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Skupni upor konstrukcije izračunamo po formuli:

$$U = 1/R_i + R_1 + R_2 + \dots R_n + R_e$$

$$U = 0,147 \text{ (W/m}^2\text{K)}$$

Največje dovoljene toplotne prevodnosti in dovoljene masne vlažnosti posameznih gradbenih materialov so določene s Pravilnikom o toplotni zaščiti in učinkoviti rabi energije v stavbah (zadnja verzija PURES 2 2010). Daljša izpostavljenost navlaženju poveča količino vlage v posameznih gradbenih konstrukcijah in spremeni njihove lastnosti. Toplotna prevodnost navlaženih elementov se poveča in posledično je pretok toplote iz ogrevanih notranjih

prostorov v zunanost večji. Z vgrajevanjem toplotne izolacije dosežemo ponovno toplotno stabilnost.

2.5 Faktor dušenja in fazni zamik

Temperatura zunanjega zraka in površin konstrukcije niha s periodo 24 ur. Amplituda temperaturnega vala prodira skozi konstrukcijo in se pri tem zmanjšuje (duši). Dušenje temperature je karakteristična vrednost, s katero opišemo toplotno stabilnost konstrukcije. Faktor dušenja (n) predstavlja razmerje amplitude temperaturnega nihanja zunanjega zraka in amplitude temperaturnega nihanja notranje površine.

Temperaturna zakasnitev (fazni zamik (h)) je čas, ki poteče med pojavom najvišje temperature zunanjega zraka in pojavom najvišje temperature na notranji površini konstrukcije. Faktor (h) nam pove, kdaj se bo najvišja nihajoča temperatura z ene strani konstrukcije pojavila na drugi strani.

Čeprav faktorja v sodobnem standardu nimata več velike vrednosti, nam lahko pomagata pri oceni toplotne stabilnosti konstrukcije, če primerjamo med seboj različne sestave konstrukcij z vgrajenimi različnimi izolacijskimi materiali.

2.6 Vpliv na kakovost bivanja

Pojav prekomerne vlage v prostorih je lahko posledica različnih dejavnikov. Povzroči lahko razvoj plesni na notranjih obodnih površinah, ki vpliva na trajnost gradbenih elementov in notranje opreme. Prav tako pa poslabšajo higienske in zdravstvene razmere za bivanje, kar lahko pri uporabnikih takih prostorov povzroči alergije, kronična obolenja dihal, ..

Posledica navlaženosti je tudi poslabšana lastnost toplotne izolacije. Toplotni tok, skozi navlažene materiale, je zaradi nižjega toplotnega upora povečan, zato so notranje površinske temperature nižje, kar poslabša toplotno ugodje ter udobje uporabnika.

Navlaženi gradbeni elementi predstavljajo tudi vir vlage za notranje okolje, zato je relativna vlažnost zraka v takem prostoru povišana.

Vlaga v bivalnih prostorih in pojav plesni negativno vplivata na zdravje in kakovost življenja uporabnikov, hkrati pa povečan pretok toplega zraka vpliva na višanje obratovalnih in vzdrževalnih stroškov zgradbe ter zmanjšanje tržne vrednosti objekta.

2.7 Polistirenske toplotne izolacije

Toplotnoizolacijske plošče ekspanzirani polistiren (EPS) - stiropor in ekstrudiran polistiren (XPS) - styrodur se v gradbeništvu, glede na vzročnost in mesto povečane vlažnosti, uporabljajo zaradi specifičnih lastnosti in visoke toplotne izolativnosti.

Stiropor se med drugim uporablja zaradi zelo dobre izolacijske sposobnosti, mehanskih lastnosti, lahkega načina vgradnje, paroprepustnosti. Področja uporabe:

- *kontaktna toplotnoizolativna fasada.* Lastnosti fasadne plošče morajo, med drugim, biti velika odpornost na strižne sile, velika razplastna trdnost, visoka stopnja dimenzijske stabilnosti, ustrezna paropropustnost in togost.
- *zunanjí zidovi.* Pri zunanjih zidovih ne smemo pozabiti na namestitev parne zapore ali parne ovire, katere položaj in tehnične karakteristike pokaže izračun toplotne prehodnosti in difuzije vodne pare. Posebej pozorni moramo biti v primerih, ko je toplotna izolacija na notranji strani masivnega zidu in takrat, ko je vstavljena v lahko zunanjo steno.
- *strop proti podstrešju.* Če površina podstrešja ni pohodna in ni drugače obremenjena, lahko izberemo stiroporno ploščo, katere nosilnost je zahvaljujoč togi strukturi stiropora še vedno velika: 10 % deformacijo povzročimo s tlačno napetostjo 70 kPa, ali povedano drugače z enakomerno obremenitvijo 7000 kg/m². Za površine podstrešij, ki so obremenjene s hojo, odlaganjem predmetov, pa moramo uporabiti plošče z višjo tlačno trdnostjo. Pri tem moramo omogočiti čim bolj enakomerno porazdelitev obtežbe. Priporoča se izvedba plavajočega estriha ali vsaj uporabo plošč (vezanih, lesnocementnih ...), ki omogočajo porazdelitev obtežbe na večjo površino.
- *vkopani objekti.* V področje zunanjega zidu pod terenom vgrajujemo posebne perimetre plošče. To so plošče, proizvedene v kalupu in iz posebne vodoodbojne surovine. Opravljajo funkcijo mehanske zaščite hidroizolacije in toplotne zaščite stavbe.

Styrodur je toplotno izolacijski material, ki zaradi zaprte celične strukture vpije manj kot 0,4% vode, zdrži velike tlačne obremenitve in ima visoko toplotno izolativnost. Področja uporabe:

- *ravne strehe*. Ravne strehe morajo izpolnjevati številne kriterije: zahtevana nosilnost, dobra toplotna izolativnost, zaščita pred meteorno vodo in kondenzacijo, požarna varnost, zvočna izolacija pred zunanjim hrupom. Za doseganje teh se uporabljajo visoko izolativni, samougasljivi ali negorljivi materiali z vrednostmi toplotne prevodnosti med 0,035 in 0,041 W/mK. Ker styrodur ne vpija vlage, ga ni treba zaščititi pred navlaževanjem kot ostale toplotno izolacijske materiale. Polaga se na hidroizolacijo. Zaradi male teže ga je pri obrnjenih strehah potrebna dodatna otežiti in prekriti s filtracijsko plastjo za zaščito pred ultravijoličnimi žarki.
- *kletni zidovi*. Zaradi stalnega stika z vlažno zemljo je priporočljiva neprekinjena toplotna izolacija na zunanji strani sten, s toplotno prevodnostjo izolacijskih materialov $\lambda = 0,027$ do 0,05 W/mK in debelino vsaj 50 mm. Toplotno-izolacijski material polagamo v eni plasti, z dobro zatesnjenimi stiki med posameznimi ploščami, zamaknjenimi glede na predhodno vrsto. V primeru drenaže moramo paziti na pravilno zasipavanje v slojih, ki se jih ustrezno zgoščuje. Sicer lahko pride do posedanja zasipa, kar lahko povzroči premikanje toplotno-izolacijskih plošč.
- *pod kleti*. Pod kleti lahko toplotno zaščitimo z namestitvijo izolacijskih materialov po celotni površini kleti ali z izolacijo pod tlakom kleti, ni pa vgrajena pod nosilnimi deli stavbe. Zaradi prevelike stisljivosti, uporabimo stiropor za toplotno izolacijo pod tlakom kleti in penjeno steklo pod stebri in zidovi.

3 ANALIZA VZROKOV KI VPLIVAJO NA POVEČANJE VLAGE V STAVBAH

3.1 Vlaga zaradi kapilarnega dviga

3.1.1 Kaj je kapilarni dvig

Pri kletnih stenah in tleh, ki so v neposrednem kontaktu s terenom ali vkopani v teren, se vlaga, zaradi kapilarnosti posameznih gradbenih materialov, povzpne v takšne materiale, kjer se lahko zaradi nastanka podtlaka dvigne tudi do nekaj metrov in navlaži stene ter tla pritličja. Tekoča voda potuje po kapilarah poroznega materiala iz katerega so zgrajene posamezne gradbene konstrukcije. Najpogosteje se pojavlja v starejših objektih ali delih objektov zaradi specifičnosti uporabljenih materialov in stika s terenom. Običajno gre pri tem za kletne stene in tla, ter stene in tla pritličja, v primeru, da so ti gradbeni elementi v neposrednem kontaktu s terenom ali vkopani v teren. Do širjenja vlage pa lahko pride tudi, če so konstrukcije in materiali podvrženi razmeroma konstantnemu viru vlage. Širjene vlage je pri tem odvisno od dolžine kapilar ter poroznosti materiala.

S kapilarnim dvigom navadno opisujemo vlago, ki jo stena ob svojem vznožju kapilarno vsrkava iz terena. Enakomerna vlažnost ob vznožju tako zunanjih kot notranjih sten je večinoma posledica neobstoječe, slabo izvedene ali prekinjene, neprimerne ali poškodovane plasti hidroizolacije. Ta pojav je, iz istih razlogov, mogoče opaziti tudi pri tleh, ki ležijo neposredno na terenu. Najpogostejši vzrok povečane vlage so slabo izvedeni spoji horizontalne in vertikalne hidroizolacije v območju stika med tlemi in steno ter prekinitve hidroizolacije v območju stebrov, ki ležijo neposredno na nosilni plošči. H kapilarnemu dvigu v veliki meri pripomorejo (Jordan, Knez, 2009, 6):

- način gradnje

- nepoznavanje materialov in gradbeno-fizikalnih procesov
- nezaščitenost vertikalnih in horizontalnih konstrukcij proti kapilarni vlagi
- zaščita izvedena v premajhni meri

Na novejših stavbah pa zaradi (Jordan, Knez, 2009, 6,7):

- slabo izvedene ali poškodovane hidroizolacijske plasti
- slabo izdelanih detajlov
- poddimenzioniranih elementov odvajanja
- nezadostnega poznavanja uporabe gradbenih materialov in produktov,...

3.1.2 Analiza vzrokov za pojav ter posledice

Osnovni pogoj za pojav kapilarnega dviga je stik gradbene konstrukcije s tekočo vodo. Tekočina zato zmoči material, pri čemer se na površini pojavi manjši tlak, ki ga uravnoteži hidrostatski tlak vode. Ta vodo potisne po kapilari in dobimo kapilarni dvig. Kapilarni dvig je tem bolj izrazit, čim manjša je kapilara. Ni takojšen pojav, ima svojo dinamiko, ki je odvisna od tekočine in geometrijskih lastnosti kapilar. Kapilare v elementih so lahko odprte ali zaprte. Pri odprtih ločimo prepustne (s konstantno ali spreminjajočo se širino) in neprepustne. Pri skoraj vseh objektih so vsaj podzemne konstrukcije lahko v stiku s tekočo vodo, zato se kapilarni transport lažje pojavi. Za kapilarno širjenje vlage je značilno, da se le ta širi po konstrukcijah navzgor od tistih predelov, ki so v stiku z vodo, do predelov, kjer se izsušuje navzven. Višina vlažnih madežev je tako lahko od 2 do 3 m nad nivojem tal. Vsebnost vlage se, zaradi možnosti izsuševanja preko površin izpostavljenih zraku, v odvisnosti od trenutne relativne vlažnosti zraka, z višino spreminja.

Posledice tega pojava na vertikalnih konstrukcijah so večje ali manjše temneje obarvane lise na notranjih ali zunanjih stenah. Barva lis je tem bolj intenzivna, čim več umazanije ali barve voda transportira s seboj. Soli, ki se s kapilarnim dvigom transportirajo po konstrukciji, se kristalizirajo na površini ob izhlapevanju vlage. S tem povečajo volumen in drobijo pore gradbene konstrukcije, kar lahko povzroči luščenje barve, odpadanje ometa, v ekstremnih primerih tudi razpadanje osnovnega gradbenega materiala (opeka, malta). Konstantno navlaženje konstrukcijskih sklopov vpliva na spremembe osnovnih lastnosti gradbenih

materialov. Povišana vsebnost vlage zniža toplotni upor, oziroma, se na delu konstrukcije, kjer je povečana količina vlažnosti, poveča toplotna prehodnost. Zaradi higroskopičnosti lahko soli nase vežejo vlogo iz prostora tudi tam, kjer sicer ni vira vlažnosti. S tem pa še dodatno negativno vplivajo na toplotno prevodnost. Toplotni pretok je na teh predelih povečan, kar povečuje tudi transmisijske toplotne izgube, v primerjavi z enakim, normalno suhim elementom.

3.1.3 Primeri širjenja kapilarne vlage

- **Kapilarno širjenje vlage iz terena.** V starejših stavbah, kjer so kletni prostori v neposrednem stiku s terenom, so lahko kletne stene navlažene po celotni vkopani višini. V teh primerih se vlaga po stenah dvigne do pritličja. Izsuševanje vlage s površin povzroči v kletnih prostorih visoko relativno zračno vlago, zrak je zatohel, površinski materiali začnejo razpadati, na navlaženih delih površin pa se lahko pojavi plesen. V primeru, da so navlaženi nosilni elementi, lahko vlaga tudi poslabša njihovo nosilnost in s tem ogrozi stabilnost zgradbe.

Glavni vzrok za ta pojav je pomanjkljiva hidroizolacija ali pa pomanjkanje te izolacije. Do tega pojava pride pri vseh vrstah zidov, se pa betonski kletni zidovi obnašajo precej bolje kot opečnati. Posebej težavni so stari, debeli, kamniti zidovi, kjer je zid mnogokrat dvoslojen ali troslojen oziroma dvoslojen s slabim jedrom iz raznovrstnega drobirja. Taki zidovi so navadno debeli, tudi do 1 m, kar še dodatno otežuje sanacijo.

Vlaga se lahko širi tudi horizontalno (še posebej pri opečnih obokih). Posledice so tako omejene na poškodbe pritličja. V tem primeru se vlaga lahko dviga do nivoja 50 cm od tal ali več, odvisno od vrste materiala, iz katerega je bila stena grajena. Vidne posledice, ki se pri tem pojavijo so mokri madeži, madeži soli ali luščenje površinskih slojev.

Zamakanje določenega dela v novejših stavbah povzroči t.i. »mokri vogal,« ki je najpogostejše posledica poškodovane hidroizolacijske zaščite. Pri ugotavljanju vzroka za nastanek tega pojava je najbolje opraviti diagnostiko z infrardečo kamero, ki jo opravljajo za to specializirana podjetja in institucije.

Kapilarna vlaga lahko doseže tudi pritlične objekte. Vzrok je v nekontroliranemu odvodnjavanju meteorne vode, ki iz različnih razlogov ob objektu zastaja ali zateka. Do tega pride zaradi nevzdrževanja zunanjih površin, katerega posledica je zablatenje in zaraščanje tlaka oziroma neustrezen in /ali premajhen naklon tlaka. Zato je pomembno, da so zunanji tlaki ob objektih, s primernim naklonom in odvodnjavanjem, dobro izdelani.

- **Kapilarno širjenje vlage zaradi razlitja.** Vlaga se lahko dviga tudi sredi objekta izven območja zunanjih sten in na tistih delih nadstropij, ki niso v stiku z zemljino. V tem primeru pomislimo na vdor meteorne vlage v notranjost ali na razlivanje vode. Voda se lahko razlije iz katerega izmed sistemov ali naprav, ki vsebujejo vodo (ogrevalni ali vodovodni sistem, pralni, pomivalni stroj, ...). Čeprav lahko gre pri tem za enkratni dogodek, lahko voda zateka v spodnje plasti horizontalnih konstrukcij, kar lahko povzroči dolgotrajnost sanacij.

Večji problem predstavlja neopaženo puščanje katerega izmed omenjenih sistemov ali vdor meteorne vode, ki lahko pride v notranjost skozi razpoke na fasadi, netesnosti na stiku vgrajenega stavbnega pohištva, ...

Posebna primera sta izliv vode, katerega izmed sistemov, ki potekajo po zemljini (v tem primeru je sam vir pogosto zaradi nedostopnosti ali otežene dostopnosti težko odstraniti) in poplave. Pri poplavah gre pravzaprav za hudo zamakanje, ki je podobno razlitju. Sušenje namočenih gradbenih konstrukcij je v tem primeru dolgotrajno, zato je priporočljivo pri gradnji na območjih, ki so ogrožene s poplavami, uporabljati materiale, ki so odpornejši na stik z vodo ter konstrukcije zasnovati tako da se čim bolje in čim hitreje sušijo.

3.1.4 Sanacijske metode

Osnovni element pri sanaciji kapilarne vlage je odvajanje meteorne in druge vode od stavb. To lahko naredimo z nakloni finalnih slojev terena in z drenažami v terenu na nivoju pete temelja ali še nižje. Pri izbiri sanacijske metode moramo upoštevati višino podtalnice, višino kapilarne vode ter možnost odvajanja vode iz drenaže. Način za izvedbo drenaže je predpisan s predpisi DIN 4095, ki se nanašajo tudi na gradbena dela, izvedena nad in pod instalacijo ter služijo kot podlaga za projektiranje in izvedbo del. Izvedba hidroizolacije je še posebej poudarjena po DIN 18195. Instalacija za drenažo mora v zemlji potekati okoli vseh zidov

objekta in se zaključiti kot zaprt krožni vod. Drenažo izvedemo tako, da skopljemo jarek 30 do 50 cm pod gradbenim elementom, ki ga nameravamo osušiti. Pri tem moramo paziti, da ne ogrozimo trdnosti stavbe. Na zunanji strani ometanih kletnih zidov izvedemo zaščitni premaz in namestimo hidroizolacijo. Ob hišnih vogalih morajo biti revizijski jaški ali čistilni priključki. V jarek položimo filc, tako, da ga nad zemljo ostane pol metra. Ta preprečuje zablatenje. Najmanjši dovoljeni premer drenažne cevi po DIN 4095 znaša DN 100. Na filc nasujemo gramoz, nanj položimo drenažno cev, ki jo na koncu zasujemo z gramozom. Drenažne cevi morajo biti dovolj nagnjene proti kanalski cevi, ponikalnici ali zbiralniku, da lahko voda iz njih odteka.



Slika 3: Drenaža

Vir: <http://www.podsvojostreho.net/vsebina/node/658>, dne 3.8.2011

Poseben problem se pojavi pri starejših objektih, kjer zaradi možnosti zmanjšanja nosilnosti konstrukcije, ne moremo izvesti drenaže oziroma vkopati objekta. V tem primeru lahko izvedemo fizično oviro z rezanjem zidov in vgradnjo hidroizolacije ter kemično oviro z

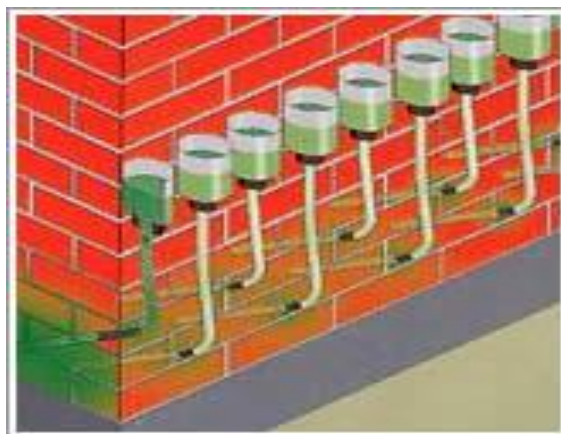
injektiranjem ustreznih materialov v zid. Zid je potrebno prerezati na čim nižjem mestu in vanj vstaviti horizontalno plast bitumenske hidroizolacije, ki vlagi prepreči vstop. Ta postopek lahko uporabimo v primeru, ko imamo pod zidom izveden betonski podzidek ali temelj. Pri tem moramo biti pozorni na možnost zmanjšanja potresne stabilnosti objekta, detajl stika horizontalne hidroizolacije s finaliziranimi tlaki v prostoru, problem reševanja vlage v delu pod in nad nivojem rezanja ter obdelavo in izvedbo zaključka na površini zidu v nivoju reza. Bolj razširjen način, primeren za opečne, kamnite in zidove iz drugih materialov, je injektiranje. Pri tem postopku v očiščene navrtane luknje v zidu vbrizgamo silikonsko emulzijo. Porozne površine zidu v območju vrtanja predhodno zatesnimo ali obdelamo s sanacijskim ometom, da preprečimo iztekanje emulzije iz zidu. Vbrizgana masa zapolni kapilare in ustvari kemijsko oviro. Uporaba postopka v zidovih z večjimi predvidenimi ali nepredvidenimi votlinami (zidovi iz votlakov, stari kamniti z drobirjem polnjeni zidovi) ni tako uspešna, saj emulzija steče v votline in ne ustvari dovolj velike ovire.



Slika 4: Vrtanje lukenj v zid

Vir: http://www.isa-mernik.si/static/uploaded/htmlarea/images/utrjevanje_zidov.jpg, dne

17.8.2011



Slika 5: Namestitev kemijske bariere

Vir: <http://www.webgradnja.hr/specifikacije/7/stigosil/>, dne 17.8.2011

Pri manjših kapilarnih dvigih vode v nekateri primerih zadostuje že uporaba difuzijsko odprtih materialov, sanirnih ometov, ki omogočajo sušenje zidov. Te omete uporabimo tudi za sušenje vlage, ki ostane nad oviro. Pred nanosom sušilnih ometov z zidov odstranimo namočen omet in jih omečemo s sanacijskim paroprepustnim sušilnim ometom, ki vlago odvaja v prostor v obliki pare. Paroprepustni morajo biti tudi vsi nadaljnji nanosi, da omet ostane trajno suh in se na njem ne bodo pojavljale soli in mokri madeži.

Tretji način sanacije, elektroosmoza, ne zahteva fizičnih posegov v konstrukcijo. Na mesto, kjer je vlaga najbolj izrazita namestimo posebno napravo, ki deluje na principu elektronskega in magnetnega delovanja. Ustvarja šibko elektromagnetno polje, ki z določenimi frekvencami počasi potiska vlago v zidu proti tlorozu oziroma temeljem stavbe. Pomanjkljivost te vrste sanacije je, da objekt ostane suh, le dokler naprava deluje.

3.1.5 Analiza tveganja

Pri gradnji drenaže moramo paziti na samo izvedbo, uporabljene materiale in predpise, ki določajo gradnjo. Do napak lahko pride zaradi napačne globine in premajhnega naklona drenaže. V primeru, da drenažo namestimo pregloboko, se ne bo vsa voda stekala v drenažo, ampak bo prišla prej do objekta. Od ustreznega naklona je odvisno, če se bo voda, ki se nabira v drenažnih ceveh dovolj hitro stekala proti kanalski cevi ali zbirališču. Pri premajhnem ali celo napačnem naklonu lahko zastaja v ceveh ali se, v najslabšem primeru, steka proti

objektu. Drenažna sposobnost je odvisna tudi od vrste materiala ter števila lukenj cevi, skozi katere se voda steka. Porožna sestava in večje število lukenj, razporejenih po celi površni cevi, povečata količino zbranega presežka vode. V primeru 100% perforacije cevi lahko ob uporabi neustreznega nasutja voda steka skozi spodnje luknje in tako do stavbe. Zato v takih primerih pod cevi nasujemo betonsko muldo, podloženo s filcem. Voda se lahko tako steka po muldi okrog zidu in odteka pod padcem. Vrsta nasipa ob cevi vpliva na prepustnost meteorne vode, vrsta nasutja ob cevi, pa na prepustnost snovi.

Nad ovirami, s katerimi preprečimo dvigovanje, v konstrukciji ostane vlaga, ki jo je potrebno izsušiti s sušilnimi ometi. Pri tem je pomembno redno zračenje, sicer lahko voda, ki jo ometi odvajajo, vpliva na ponovno povečanje zračne vlažnosti v prostorih in možnost ponovitve nastanka vlage.

3.2 Vlaga zaradi vdora vode

3.2.1 Kje in kdaj se pojavlja

Zunanji ovoj stavbe je sestavljen iz različnih elementov in materialov. Je sestavljena struktura, ki v ne dopušča napak v projektiranju ali gradnji. Ena izmed osnovnih funkcij streh in fasad je zaščita stavbe pred vdorom direktne meteorne vode in odvajanje vode od objekta. Ob nepravilni zasnovi in gradnji lahko pride do netesnosti na posameznih delih, detajlih, stikih. Posledica tega je vdor meteorne vode v stavbo. Čeprav lahko do tega pojava pride na vseh delih ovoja, spadajo med najbolj občutljive sisteme ravne strehe. Zaradi kompleksnosti in občutljivosti sestave, se napake pogosto pojavijo že med projektiranjem. Pri izvedbi je kontrola tesnosti slojev in detajlov težje izvedljiva, prav tako pa so najbolj izpostavljene različnim zunanjim vplivom in nevarnostim za degenerativne spremembe.

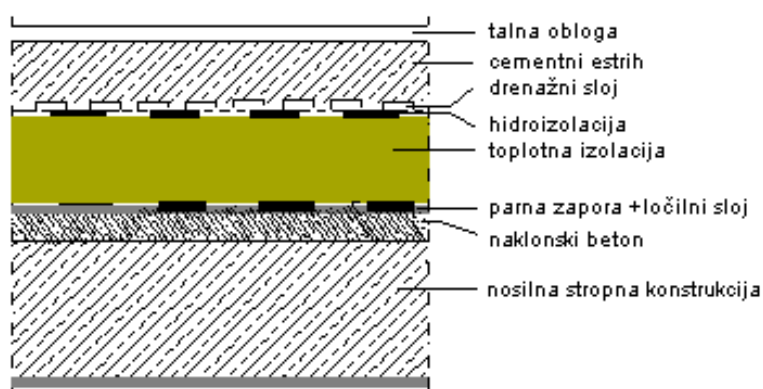
Do vdora vode lahko pride tudi skozi starejše montažne stene v skeletni gradnji, kjer tesnilne mase s časom popustijo in stiki postanejo netesni.

Posledica napačno načrtovanega minimalnega kota poševne strehe ali napake na detajlih okrog strešnih oken je prav tako vdor vode v notranjost stavbe.

3.2.2 Analiza vzrokov za pojav ter posledice

Strehe so eden najpomembnejših elementov zgradbe, ki je močno izpostavljen gradbeno – fizikalnim in vremenskim spremembam, zato od izvajalca ter konstruktorja zahtevajo precej znanja.

Ravne strehe lahko delimo na pohodne ali nepohodne. Nepohodne strehe niso namenjene uporabi in zato nimajo prostega dostopa. Zadrževanje na takih strehah lahko povzroči poškodbe izolacijskih slojev in prodiranje vode v objekte. Spodnja slika (slika 6) prikazuje pravilno izvedbo plasti pri polaganju ravne strehe.



Slika 6: Ravna pohodna streha

Vir: <http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/Grobovsek/PT287.html>, dne 8.10.2011

Nosilna stropna konstrukcija teh streh je v večini primerov vpeta, delno vpeta ali prosto ležeča betonska plošča. Pri projektiranju je potrebno upoštevati raztezanje in krčenje teh plošč (t.i. »dihanje«, ki se lahko omogoči tudi z dilatacijskimi režami), ki lahko, če so togo vpete, poškodujejo izolacijske sloje. Zato je potrebno med nosilno konstrukcijo in izolacijskim slojem poskrbeti za drsni kontakt, ki poskrbi, da se zaradi delovanja konstrukcije ne poškoduje izolacija, ter paroizenačevalni sloj, ki preprečuje vdor vodne izparine v toplotno izolacijo. Zabetonirana mora biti v ustreznem nagibu (0,5% do 5 %), da omogoča odvajanje vode. V nasprotnem primeru je treba dodati betonski sloj iz toplotno – izolacijskega materiala, ki mora vsebovati dilatacijske reže, če so te v osnovni konstrukciji. Toplotna izolacija, izdelana iz kakovostnih materialov, preprečuje nastanek kondenza v konstrukciji in večja raztezanja ter krčenja zaradi toplotnih sprememb. Pri tem je pomembno, da je vgrajena

na zunanji strani, sicer pripomore le k boljšim toplotnim razmeram v bivalnih prostorih pod streho. Prav tako je pomembna izbira kakovostnih materialov, ki prenesejo obremenitve na ravnih strehah, ki nastanejo že med samo izdelavo. Hidroizolacija varuje objekt pred padavinami, in je plast, ki je najbolj izpostavljena mehanskim in vremenskim vplivom.

Po sestavi ločimo neprezračevalne ravne strehe, kjer so vsi sloji položeni drug na drugega in med seboj spojeni. Kombinirane strehe, ki niso prezračevane, sloji so položeni drug vrh drugega in med seboj spojeni, nosilna konstrukcija pa ima hkrati tudi funkcijo toplotne izolacije. Obrnjene neprezračevane ravne strehe, kjer je toplotna izolacija položena pod toplotno izolacijo.

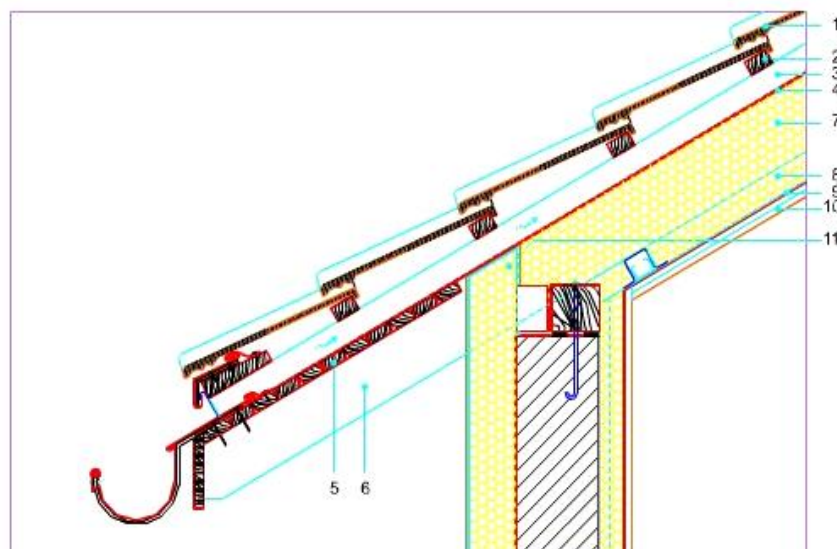
Vedno večji trend predstavljajo t.i. zelene strehe. Pogoji za konstruiranje in gradnjo take strehe je dobra hidroizolacija, ki mora biti zaščitena tudi pred vdorom korenin, cela streha pa prilagojena dodatni teži prsti, rastlinja in vode, ki jo ta plast zelenja lahko vpije. Prednost teh streh je v zadrževanju meteorne vode, ki počasneje steka v kanalizacijo, predstavlja pa tudi dodatni zaščitni sloj pred temperaturnimi spremembami. Slabost je zahtevno vzdrževanje, ki ga pa lahko olajšamo z dobro drenažo in uporabo rastlinja, ki ne potrebuje veliko nege.

Včasih je imelo podstrešje funkcijo skladišča, zato vlaga, ki je prišla v podstreho, ni predstavljala problema in je k škarnikom prigrajena spodnja zaščitna folija zadostovala. Če podstrešje uporabljamo kot bivalni prostor, moramo biti pozorni na kritine, ki tvorijo sklenjeno odvajalno površino, po kateri voda teče v žlebove in vertikalne odtoke. Vlogo sekundarne zaščite imajo sekundarne kritine ter prezračevalni sloj pod kritino. Tudi pri teh strehah so pomembni detajli in stiki. Pri gradnji je potrebno paziti na dosledno nameščeno (zrakotesnost na stiku s stenami in strešnimi preboji) in ustrezno izbrano vrsto parne zapore, zadostno debelino toplotne izolacije ter zadosten naklon strehe.

Prezračevana lahka poševna streha in prezračevane ali neprezračevane masivne strehe, so sestavljene iz nosilne konstrukcije, parne zapore, toplotne izolacije, plasti za prezračevanje, sekundarne kritine in kritine. Parne zapore pri poševnih strehah preprečujejo difuzijo vodne pare iz ogrevanega prostora v toplotno izolacijo. S tem se prepreči nastajanje kondenzacije v sami toplotni izolaciji ali pa zmanjšanje na dovoljen minimum. Vgradimo jo na toplejši strani, glede na plast toplotne izolacije in s tem zmanjšamo kondenzacijo na notranji površini. Pri neprezračevanih strehah izvedemo parno zaporo z izolacijskimi trakovi z vgrajeno Alu-folijo, za prezračevane strehe pa lahko uporabimo PE folijo. Pravilno nameščena toplotna izolacija

ugodno vpliva na klimatske razmere v podstrešnih bivalnih prostorih, preprečuje prekomerno segrevanje, zmanjša porabo energije pri ogrevanju in zadošča zahtevam za toplotno stabilnost v poletnem času. Pri lahkih prezračevanih konstrukcijah poševnih streh jo polagamo med in pod leseno konstrukcijo, v primeru masivne nosilne strešne plošče, pa na samo ploščo. Če ni dovolj prostora med leseno strešno konstrukcijo, je potrebno izdelati dodatno leseno ali kovinsko pod-konstrukcijo, med katero se položi toplotna izolacija. Pod-konstrukcija je priporočljiva pri vseh vrstah poševnih streh, ker se s tem druga plast toplotne izolacije polaga po celi površini (čez vse toplotne mostove in čez vse stike med izolacijskimi ploščami prve plasti). Pri lahkih prezračevanih poševnih strehah preprečuje toplotno delovanje in s tem nastanek razpok na finalni oblogi stropa. Debelino toplotne izolacije je potrebno izračunati, v praksi pa se izvaja po plasteh, v skupni debelini najmanj 15 cm. Plast za prezračevanje se nahaja med strešno kritino in toplotno izolacijo in ne sme biti tanjša od 5 cm. Površina vhodnih in izhodnih odprtin za zrak je odvisna od naklona in površine strehe. K ugodnemu bivanju pripomore le pravilno izvedena plast za prezračevanje. V primeru slabe izvedbe lahko pride do nastajanja kondenza na spodnji strani strešne kritine ali do gradbenih škod pod sekundarno kritino oziroma do škod pri topljenju snega, ki v strešnih žlebovih ponovno zmrzuje. Sekundarna kritina (bitumenizirani trakovi ali paropropustne polimerne folije) se pri prezračevanih poševnih strehah polaga na leseni opaz (kadar je ta uporabljen) ali na leseno konstrukcijo, z napenjanjem in mehanskim pritrdjevanjem. Sekundarna kritina mora biti postavljena tako, da omogoča prezračevanje. Pri neprezračevanih, masivnih ravnih strehah, se le ta polaga na toplotno izolacijo. Pri izboru materiala za streho je treba upoštevati naklon strehe, klimatske pogoje, okolico.

Z uporabo paroprepustnih materialov, v zgoraj opisanem zaporedju, dosežemo difuzijsko odprtost streh. Skladno s predpisi nameščena parna zapora ali ovira onemogoča nabiranje kondenza v posameznih slojih zaradi vlage iz notranjih prostorov ter izsuševanje vlage, ki nastane v konstrukciji čez zimo in se čez poletje izsuši.

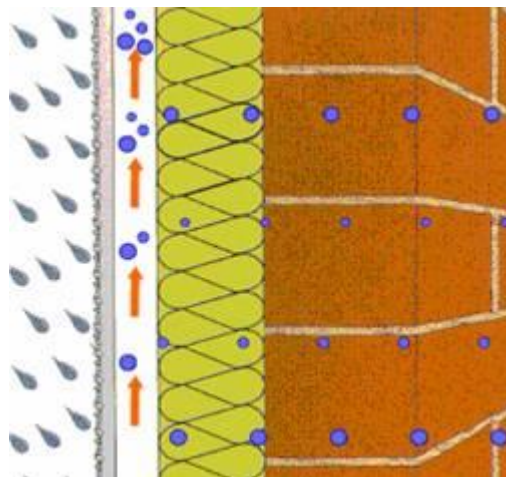


1. STREŠNA KRITINA
2. LETVE 5/3 CM
3. KONTRA LETVE 8/5 CM - PREZRAČEVANI ZRAČNI SLOJ POVEZAN Z ZUNANJIM ZRAKOM
4. PAROPROPUSTNA FOLIJA
5. DESKE ZA OPAŽ
6. VIDNI ŠKARNIKI
7. NOVOLIT STIROPOR EPS - 70
8. NOVOLIT STIROPOR EPS - 100 POD ŠKARNIKI
9. PARNA ZAPORA
10. MAVČNOKARTONSKE PLOŠČE
11. STEKLENA MREŽICA IN GRADBENO LEPILO PREVLEČENO NA FASADNE PLOŠČE NOVOLIT STIROPOR EPS - F

Slika 7: Prezračevana lahka poševna streha

Vir: <http://www.novolit.si/slo/posevni1.html>, dne 3.8.2011

Neprezračevalne fasade, ki so jih včasih uporabljali, so s parno zaporo med zidom in toplotno izolacijo pari preprečile izparevanje v okolico (stavba ni »dihala«). Posledica je bila povišana vlažnost zidu, ki je ob nepravilnem prezračevanju prostorov pogosto povzročila pojav plesni in občutek zatohlosti. Paro nepropustni zunanji omet je povzročil še poslabšanje izolacijske lastnosti vgrajene toplotne izolacije ter hkrati povzročil plesnenje fasade. V novejših načinih gradnje se uporablja prezračevalna fasada, ki je za približno 4 cm odmaknjena od toplotne izolacije. Odmik se izvede s podkonstrukcijo, pritrjeno na osnovni zid. S tem povzročimo kroženje zraka v navpičnem zračnem toku, med toplotno izolacijo in fasadno oblogo, ki pozimi odvaja mrzel zrak, poleti pa topel. Tako zgrajena fasada je difuzijsko odprta, to pomeni, da preprečuje nastanek kondenza, hkrati pa pripomore k ugodnejši klimi, zmanjšajo potrebo po prezračevanju saj uravnavajo vlago v prostoru.



Slika 8: Prehod vlage (na sliki vodne kapljice) skozi prezračevalno fasado

Vir: <http://www.re-mi.si/fasade.html>, dne 16.8.2011

3.2.3 Primeri vdora vode

Vzroki za vdor vode na ovoju stavbe so različni. Najpogostejši so pri večjih, večnamenskih (npr. nakupovalni centri, dvorane) ali visokih objektih z ravnimi strehami. Pri novejših je pogostejše vzrok za vdor slabo načrtovanje, neustrezna izvedba in nepredvidene naknadne montaže. Do vdora vode pri starejših strehah (večinoma več-lastniški objekti) najpogostejše pride zaradi težav pri doseganju skupnih dogovorov o posegih. Zato so pogosto nevzdrževane, nekontrolirane ali zanemarljive. Posledica so zablateno prodnato nasutje, v katerem voda zastaja, ne odteka in tako omogoča rast rastlin, njihove korenine pa še dodatno zavirajo dreniranje vode s strehe. Direktna izpostavitve UV žarkom povzroči prezgodnje postaranje materialov, vpliva na dinamiko temperaturnega delovanja, povzroči lahko tudi odlučanje zgornjega zaščitnega sloja (razlog za odlučanje je lahko tudi hoja po nepohodni strehi). Upogibi nosilne konstrukcije pri večjih razponih in posedanje lahko povzročijo zmanjšanje naklonov za odvajanje vode ali se pa se ti obrnejo v napačno smer. Voda zato zastaja in si poišče drugo pot navzdol. Večje lokalno posedanje nosilne konstrukcije ali upogibanje nosilnih elementov lahko povzročijo mehanske poškodbe na nosilni konstrukciji in zaščitnih slojih.

Voda si skozi nastale poškodbe na strehi poišče najkrajšo pot, zato na stropu najvišje etaže nastanejo madeži. Ti skoraj nikoli niso na mestu vdora, ampak najpogostejše na najnižji točki

horizontalne konstrukcije. Lokacijo vdora vode je tako težko določiti, še posebej, če je streha starejša in je na zunaj vidnih več znakov staranja in več možnih poškodb različnih materialov, na različnih mestih. Lokacijo vdora je lažje določiti pri poškodbah, nastalih zaradi nepravilno izvedenih dodatnih del, kot na primer pri vrtanju, zabijanju.

Poševne kritine zaradi svoje konstrukcije hitreje odvajajo vodo od objekta. Do manjših vdorov lahko pride skozi kritino, ki se v večini primerov sproti posušijo. Meteorno vodo, ki vdre skozi zaščitno plast, ter kondenz, sproti odvaja zračni sloj. Močnejši vdori se v večini primerov pojavijo na detajlih vgrajenih strešnih oken in drugih vgrajenih elementih, kot na primer dimnik, ali zaradi hujših mehanskih poškodb kritine, kot posledica toče ali hoje po strehi.

Voda, ki se steka po fasadi, lahko v konstrukcijo in notranjost fasade vdre skozi netesnosti, kot so konstrukcijske razpoke, razpoke na zaščitnih slojih ter špranje pri vgrajenih fasadnih elementih. Pogost pojav je zbiranje vode na horizontalnem elementu z slabo izvedenim ali manjkajočim odkapom, kjer z roba steče na spodnjo stran in se nato steka proti fasadi in skozi netesnosti prodre v notranjost konstrukcije. Velikost vdora je odvisna od izpostavljenosti, vpojnosti fasadnega materiala, števila in velikosti elementov, po katerih se voda lahko zateka.

3.2.4 Sanacijske metode

Glede na vzrok vdora vode poškodovan del stavbnega ovoja saniramo. Pri sanaciji poševne strehe z zunanje strani odstranimo strešno kritino in letve ter morebitno sekundarno izolacijo. Večinoma pri starejših zgradbah uporabljeno porozaporno bituminizirano strešno lepenko zamenjamo s paroprepustno folijo. Ohlajevanje zraka ali prepih ob hladnih vetrovnih dneh, kaže na poškodovano ali neustrezno nameščeno obstoječo parno zaporo. To lahko z notranje strani saniramo z lepljenjem ali z zunanje strani, tako da čez obstoječe sloje položimo parno zaporo z ustreznim koeficientom difuzijskega upora, ki bo z že obstoječo ter finalno notranjo oblogo upočasnila prehod vodne pare v novo izolacijo ter čezmeren pretok zraka skozi posamezne sloje strehe. Novo parno zaporo pritrdimo na škarnike z bočnimi letvami. Sanacijo nadaljujemo z odstranitvijo stare izolacije, ter namestitvijo novega prvega sloja izolacije URSA SF 35, SF 38 ali DF 40. Skupna debelina izolacije je določena v Pravilniku o toplotni

zaščiti in učinkoviti rabi energije, meriti mora 25-30 cm. Zahtevano debelino dobimo tako, da na škarnike z zgornje strani prečno namestimo letve in med njih položimo dodatni sloj izolacije tako, da zagotovimo prostor še za drugi sloj izolacije. Čez zgornji, drugi sloj izolacije, položimo paroprepustno folijo (sekundarno kritino, sintetična folija ($S_d = 0,02 \text{ m}$)) in jo na stikih prelepimo s paroprepustnim lepilnim trakom. Letve najprej namestimo vzdolžno, nanje jih pa pritrdimo še prečno, ustvarijo zračni kanal, ki preprečuje kondenzacijo pod kritino, nameščeno, na prečne letve. Zračni kanal je visok od 5 – 8 cm, odvisno od dolžine strehe.

Pri mansardah z spuščnim stropom najprej postavimo konstrukcijo za gips-kartonske plošče. Med vešala namestimo prvi sloj izolacije, enake kombinacije kot pri poševnih strehah, tako da stiki med ploščami niso opazni, sicer lahko nastanejo toplotni mostovi. Drugi sloj izolacijskih plošč namestimo z zamikom, tako da prekrijemo stike med ploščami prvega sloja. Skupna debelina toplotne izolacije je enaka kot pri poševnih strehah. Na kovinsko konstrukcijo prilepimo parno oviro ter namestimo mavčno-kartonsko ploščo. Toplotna prehodnost tako izolirane strehe mora biti $U < 0,20 \text{ (W/m}^2\text{K)}$.

V primeru, da podstrešja ne uporabljamo za bivalni prostor, moramo le ta biti dobro izoliran. Na nosilno konstrukcijo položimo parno zaporo in prvi sloj izolacije med lesene distančnike. Med distančnike, ki so pravokotni na spodnje, pravokotno položimo drugi sloj izolacije. Postopek lahko zaključimo tako, da čez drugi sloj izolacije položimo deske in tako dobimo pohodno podstrešje. Primer toplotno izoliranega stropa proti neogrevanem podstrešju z $U < 0,25 \text{ (W/m}^2\text{K)}$:

- apneno mavčni notranji omet YTONG ($\lambda = 0,70 \text{ (W/mK)}$; $d = 0,01 \text{ m}$; $R = 0,0143 \text{ (m}^2\text{K/W)}$)
- stropna plošča YTONG ($\lambda = 0,18 \text{ (W/mK)}$; $d = 0,20 \text{ m}$; $R = 1,111 \text{ (m}^2\text{K/W)}$)
- parna ovira ($\lambda = 0,19 \text{ (W/mK)}$; $d = 0,00013 \text{ m}$; $R = 0,0007 \text{ (m}^2\text{K/W)}$)
- toplotna izolacija kamena volna – Multirock ($\lambda = 0,04 \text{ (W/mK)}$; $d = 0,25 \text{ m}$; $R = 6,25 \text{ (m}^2\text{K/W)}$)
- paropropustna folija ($\lambda = 0,19 \text{ (W/mK)}$; $d = 0,00013 \text{ m}$; $R = 0,0007 \text{ (m}^2\text{K/W)}$)

Pred odločitvijo izbire sanacijskega postopka ravne strehe preverimo sestavo strehe, vodotesnost hidroizolacije, ustreznost naklona odvajanja, izvedbo zaključkov strehe,... V

nekaterih primerih zadostuje nanos druge strešne prevleke. V primeru da streha spušča, je meteorna voda prišla v toplotno - izolacijski sloj, ki ne opravlja več funkcije toplotne izolacije. V tem primeru je potrebno toplotno izolacijo zamenjati.

Pri sanaciji fasade je potrebno najprej ustrezno pripraviti podlago. To pomeni, da je potrebno gladko površino razbrazdati, odstraniti omete, plesen, malto (in njene ostanke), vpojno podlago očistiti in premazati z ustreznim egalizacijskim premazom. Med manjkajočimi deli, med opaznimi ploščami, je potrebno izvesti nosilno podlago z lepljenjem ali sidranjem, fuge (manjše kot 5 mm) med betonskimi ploščami zapolniti s cementno malto in fuge zapolnjene s peno za montažo, nosilni omet ali barvo očistiti z vodo in osušiti. Fasado, glede na vzrok, nato saniramo z sanacijski ometi. Pri poškodbah, nastalih zaradi vlage in soli, odstranimo poškodovan omet, in 1 m ometa nad njim, nato poglobimo reže med zidaki za 2 cm (če je zid grajen iz zidakov), reže zapolnimo z sanacijsko malto, nanjo naneseemo sanacijski obrizg, sanacijski omet ter finalni sloj mineralnega ometa. Pri nemirujočih razpokah na fasadi, po predhodno ustrezno pripravljeni podlagi, omet v premeru 20 cm okoli razpoke odstranimo ter ga nadomestimo z lahkim ometom ali lepilom z dodatnim armiranjem. V zunanjo tretjino debeline armirnega sloja, vtisnemo v fasadno lepilo armirno mrežico iz steklenih vlaken (kot pri starih, nebarvanih, razpokanih fasadah). Fasadno površino preplastimo in izravnamo s pomočjo srednjeslojnega fasadnega lepila. Površino finalno obdelamo glede na vrsto zaključnega sloja (na primer zgladimo z zobato gladilko v primeru debeloslojnega mineralnega praskanega ometa), navlažimo ali premažemo s premazom za omete ter naneseemo finalni sloj.

3.2.5 Analiza tveganja

Pri sanacijskih postopkih lahko zaradi neustrezne izvedbe ali slabega načrtovanja pride do številnih napak. Pozorni moramo biti tudi na lastnosti posameznih uporabljenih materialov.

Postopki, napake in problemi na katere moremo biti pri sanacijah pozorni, so sledeči:

- Pri nameščanju bitumenske izolacije ne delamo z odprtim ognjem, temveč uporabljamo samolepilne hidroizolacijske trakove.
- Kloridi polivinilkloridne (PVC) hidroizolacije ob neposrednem kontaktu negativno vplivajo na polistirenske plošče, zato se med njih namesti sestavi ustrezen ločilni sloj.

- Nezaželena dodatna obtežba zelenih streh pri načrtovanju ali izvajanju sanacije.
 - Omejitve višine otežujejo namestitve zadostne debeline toplotne izolacije pri pohodnih terasah.
 - Zelene strehe še dodatno povečajo zahtevo po večji debelini toplotne izolacije.
 - Z nameščanjem toplotne izolacije do strešne lepenke pod kritino, ne da bi izvedli prezračevalni kanal, povzročimo nabiranje kondenza na lepenki. Posledica tega je zmanjšana toplotna izolacija, možnost zamakanja v podstrešne prostore, v poletnih mesecih pa pregrevanje podstrešnih prostorov.
 - Izvedba sanacije brez dodatne toplotne izolacije, s spodnje strani špirovcev, povzroči toplotne mostove, s približno 4 krat slabšo toplotno izolativnostjo. To preprečimo z namestitvijo vsaj 10 cm debelega sloja izolacije pod špirovci.
 - Poškodbe parne zapore ob namestitvi elektroinstalacij na mestih, kjer so preboji. Tam prihaja do prevelikega prehajanja vlažnega zraka proti zunanjim slojem. Posledica je kondenzacija pod paroprepustno folijo ali pod strešno kritino. V izogib temu morajo biti vsi vzdolžni spoji, preboji in priključki na zidove izvedeni tesno s preklopi in morajo biti zalepljeni.
- Neustrezna uporaba parne zapore in parne ovire. Za ta namen uporabljene folije so označene z oznako S_d , ki predstavlja upor prehodu pare oz. relativno difuzijsko upornost parni oviri in jo izračunamo s pomočjo enačbe $S_d = d \cdot \mu$. Koeficient d predstavlja debelino materiala, koeficient μ pa pove, kolikokrat večja je odpornost materiala proti prehodu pare v primerjavi z zrakom. Dobimo ga iz že izdelanih tabel. Nižja kot je vrednost μ , bolj material prepušča paro. Okvirne vrednosti parne zapore so med 10 in 160m, parne ovire pa manj od 2m. Z notranje strani nameščena parna zapora sicer reši problem vlage v prostoru, ne omogoča pa izsuševanja vlage, ki ostane v konstrukciji po končani sanaciji. Zato je vgradnja parne zapore z zaporno vrednostjo sloja za vodno paro S_d , vsaj 10 – krat večja, kot je pri foliji, ki je vgrajena na hladni strani, v nekaterim primerih ustrežnejša. Lahko se odločimo tudi za uporabo hibridne parne ovire, ki deluje na principu pivnika. Odvečno vlago iz prostora vpija posebna plast na foliji in jo oddaja nazaj v prostor, ko se zrak v prostoru izsuši. Natančen izbor ustrezne folije je možen le z izračunom parno difuzijskih karakteristik, pri čemer upoštevamo načelo, da naj bo od notranje strani prosti zunanji, vsaka naslednja plast konstrukcije bolj paroprepustna.

3.3 Vlaga zaradi kondenzacije

3.3.1 Kaj je kondenzacija in kdaj se pojavlja

Ena izmed sestavin zraka je voda v plinasti obliki. Količina vodne pare v zraku se spreminja, na kar ima največji vpliv temperatura zraka. Pri njenem segrevanju se vodna para redči in zapolni vso kapaciteto zraka za sprejem vode (nastane npr. megla). Pri ohlajanju se zmanjša največjo možno količino vodne pare v zraku, posledica, v obeh primerih, je presežek vodne pare, zato se le ta začne v obliki tekočine izločati. Ta proces, pri katerem snov preide iz plinastega v kapljevinsko agregatno stanje, imenujemo kondenzacija. Kondenz nastaja na površinah, ki predstavljajo mejo med toplim in hladnim zrakom. Temperatura mejne plasti se ohladi pod temperaturo rosišča in izloči se kondenz.

Kondenz, ki nastane na objektih, lahko vidimo ali pa ostane neopazen. V večini primerov se pojavlja na ovoju stavb, ki predstavlja mejo med ogrevano notranjostjo ter hladnejšim zrakom zunanosti. Neopazen kondenz, ki nastaja v ogrevanih objektih na notranjih površinah stavbnega ovoja, je veliko bolj nevaren kot kondenz, ki ga vidimo. Nastaja na mestih, imenovanih toplotni mostovi, za katere je značilno, da je toplotni tok tam večji kot na ostalem delu ovoja, in so zato nižje površinske temperature.

Ločimo več vrst toplotnih mostov:

- *materialni toplotni mostovi*. Do teh pride zaradi spremembe sicer enakomernega toplotnega upora ovoja stavbe. Potencialna mesta na ovoju za nastanek teh mostov nastanejo tam, kjer je ovoj stavbe prekinjen ali predrt z materialom, ki ima veliko toplotno prevodnost in ni toplotno zaščiten (na primer mesto križanja konstrukcijskih sklopov, preboji zaradi dimnikov ali zračnikov, pri okenskih špaletah in omaricah za roloje, pri neposrednih nadaljevanjih armiranobetonskih plošč in zidov v balkonske plošče in stene). S pravilnim načrtovanjem in izvedbo zagotovljena enakomerna, povezana toplotne zaščite ali nameščena dodatna toplotna plast, preprečita nastanek teh mostov.



Slika 9: Nastanek plesni ob okenski špaleti

Vir:

http://nepremicnine.si21.com/Okna_in_zasteklitve/Toplotni_mostovi_zaradi_nepravilne_vgradnje_oken.html, dne 6.8.2011

- *geometrijski toplotni mostovi*. Ti nastopijo na delu ovoja, pri katerem je zunanja površina, kjer prehaja toplota iz ogrevanega prostora v zunanje okolje, večja od notranje. V praksi se jim ne moremo izogniti. Pretok toplega zraka lahko zmanjšamo, če se izogibamo stikom pod kotom manjšim od 90° in pri ukrivljenih elementih ali sklopih načrtujemo čim večji radij. Tipičen primer geometrijskega toplotnega mostova je zunanji vogal. Skrbno načrtovani in izvedeni detajli, brez prekinitve plasti toplotne zaščite, imajo manjši vpliv na toplotno bilanco. V nekaterih primerih lahko geometrijski toplotni mostovi nastopijo skupaj s konstrukcijskimi: armiranobetonska protipotresna vogalna vez, toplotno neizoliran stik dveh zunanjih sten in podobno.

- *konvekcijski toplotni mostovi*. Ti mostovi nastanejo na mestih ovoja, kjer je zaradi prekinitev ali netesnosti omogočena kondenzacija vode v konstrukcijskem sklopu. Skozi slabo izveden stik lahko v konstrukciji sklop hitro prodre velika količina zraka z veliko vsebnostjo vodne pare iz notranjega prostora.

Kondenz lahko nastaja tudi v notranjosti sten, kadar stene ne »dihajo«, kar povzroči difuzijo vodne pare skozi steno. Tok vlage se vedno giblje iz toplejših prostorov v hladnejše in s tem navlažuje posamezne konstrukcijske sloje. S koeficientom paropropustnosti in S_d vrednostjo predstavimo upor difuziji vodne pare določenega materiala. Višja vrednost pomeni večjo parozapornost. Pri tem je pomembno upoštevati paroprepustnost vseh slojev, ki naj bi se večala od notranjosti proti zunanosti. Kondenzacijo preprečimo, če imajo lahke konstrukcije v notranjosti parno oviro s koeficientom S_d sedemkrat večjim kot zunanji paroprepustni sloji. Difuzijo preverimo z izračunom, skladnim z veljavnim standardom SIST 1025.

3.4 Analiza vzrokov za pojav ter posledice

Zaradi sodobnih načinov gradnje, kompleksnejše sestave in detajlov ter višjih zahtev po varčevanju z energijo, prihaja v gradnji do čedalje večjih in pogostejših problemov z nastankom kondenza. Napake, ki lahko nastanejo že v fazi načrtovanja, so posledica nepoznavanja gradbenih materialov, postopkov vgradnje, nenatančnost pri tesnjenju, mestih stikanja in križanja materialov. Posledica zato nastalega kondenza je omogočen razvoj plesni na površinah ter prevelika količina nabranega kondenza v notranjosti konstrukcije, ki se v sezoni ne izsuši. Poseben primer v delu gradbene konstrukcije, kjer voda zmrzuje, je nastanek t.i. zmrzlinke cone, ki poveča tveganje in nastanek resnih poškodb slojev gradbenih konstrukcij.

Kondenz nastane kot posledica neusklajenosti vlažnosti in temperaturnih razmer. Zaradi številnih dejavnikov, od katerih sta odvisni, je optimalno vlažnost in temperaturo težko določiti. Za zimske razmere je zaželena 40-50 % vlažnost. Vlažnost pod 30 % lahko povzroči probleme s kožo, nad 50 % pa razvoj plesni. Optimalna temperatura je med 18 – 22 °C.

Relativna vlažnost zraka (izražena v g/m³) pri dani temperaturi, je razmerje med dejansko količino vlage in največjo možno količino vlage v zraku. Spreminja se s temperaturo. Pri ohlaiditvi zraka, s konstantno vsebnostjo vlage, njegova relativna vlažnost narašča, ob segrevanju pa pada. Zato je zrak v ogrevanih prostorih brez uravnavanja vlažnosti bolj suh. Tipična relativna vlažnost poleti v prostorih je 60 – 70 % in pozimi 40 – 50 %. Da bi uravnavali vlažnost, jo moramo najprej izmeriti. To lahko storimo npr. z lasnim ali

elektronskim higometrom. Izmerjene vrednosti niso na 1 % natančne, ker bi za to potrebovali natančnejše vlagometre, zato pri vrednosti upoštevamo $\pm 5 \%$. Vlagometra se razlikujeta v principu delovanja in hitrosti odzivanja. Lasni higometer je zaradi počasnejšega odzivanja bolj primeren za merjenje povprečne vlažnosti, elektronski pa za domačo uporabo.

Faktor padca površinske temperature f_{Rsi} je merilo, s katerim ocenimo možnost nastanka plesni na površinah. Je razmerje med temperaturno razliko med notranjim zrakom in površino ter razliko med notranjim in zunanjim zrakom. Primerna vrednost f_{Rsi} je 0,70 ali več. To je vrednost, ki ustreza notranji temperaturi površine $12,6 \text{ }^{\circ}\text{C}$ in notranji temperaturi zraka $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ter zunanji temperaturi zraka $-5 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Ena izmed tehnik ugotavljanja površinske temperature je termografija, s katero lahko razberemo tudi mesta toplotnih mostov. Vrednost f_{Rsi} se spreminja. Za razvoj plesni so pomembna dnevna, tedenska, mesečna povprečja. Uporaba prostorov, sušenje zidov in pri novogradnjah je vlažnost zraka povečana, zato je pomembno bivalne prostore večkrat dnevno intenzivno zračiti. S svojimi aktivnostmi lahko bistveno povečamo količino vlage v prostoru, zato jo je potrebno istočasno odvajati iz prostorov.

DEJAVNOSTI ČLOVEKA	PRODUKCIJA VLAŽE
lažje aktivnosti	30 – 40 g/h
sušenje (ožetega) perila	50 – 200 g/h
sobne rože, lončnice	5 – 15 g/h
srednje velike okrasne rastline	10 – 20 g/h
akvarij	cca – 40 g/h

Tabela 3: Produkcija vlage

Vir: Jordan, Friderik K., 2009, 20

Posledica površinskega kondenza je povečano odlaganje prahu na notranjih površinah. Električna izmenjava, med seboj privlačnih dipolov molekul vode in ionov prahu, povzroči večje odlaganje prašnih delcev na hladnejših površinah ter površinsko obarvanje, ki je vidno šele čez čas. Rast plesni, ki je veliko bolj neugodna in nehygienična posledica, se najpogosteje pojavlja v skladiščih, pomožnih in vlažnih prostorih. Plesni sodijo med glive, ki predstavljajo

eno izmed obsežnih kraljestev živih bitij. Nimajo klorofila, zato niso odvisne od svetlobe in lahko naseljujejo tudi temne habitate. Imajo vegetativno telo, sestavljeno iz hif, za prehrano uporabljajo rastlinske in živalske snovi. Fizikalni in kemijski dejavniki za njihovo rast so temperatura, pH ter vlaga. Vpliv plesni na materiale je povezan s poškodbami zaradi rasti plesni in degradacijo materialov. V primeru močnejšega in dolgotrajnejšega navlaževanja lahko plesen poškoduje površinske plasti. Prisotnost manjših količin plesni lahko pri ljudeh povzroči nahod, nadraženje oči, kašelj, poslabšanje astme, utrujenost, glavobol, težave s koncentracijo. Vdihovanje večje količine spor in delcev plesni pa lahko privede do alergičnih reakcij in hujših respiratornih obolenj.

Mesta nastanka kondenza v notranjosti konstrukcij so po navadi v toplotno izolacijskih slojih, kjer je padec temperature največji. Tako navlaženi sloji imajo povečano toplotno prevodnost in s tem se njihova funkcionalnost zmanjša. Zaradi vsebnosti vlage se prizadeti sloji hitreje starajo ali propadajo, kar še dodatno pospeši povečan parni tok v ravnih strehah, pod hidroizolacijami, ob visokih temperaturah, zaradi namočene toplotne izolacije, zmrzovanje, razkrivanje ali trganje materialov ob nizkih temperaturah.

3.5 Primeri pojava kondenzacije in nastanek toplotnih mostov

Pri projektiranju ovoja stavbe, zmanjšamo možnost nastajanja toplotnih mostov z načrtovanjem detajlov, ki v praksi ne bi predstavljali toplotnega mosta in enakomerno toplotno izolacijo. Potrebno je poskrbeti za natančno gradnjo detajlov, hidroizolacije, zaključnega fasadnega sloja in drugih elementov, ki bi lahko vplivali na nastanek toplotnega mostu. Pri namestitvi enakomerno debele neprekinjene plasti toplotne zaščite na ovoju, ne bi ostali le geometrijski mostovi. V praksi izvedba takšne izolacijske plasti ni mogoča. Do prekinitev pride na primer pri vgrajenem oknu v zunanji steni. Napake se pojavljajo na območju toplotno neizoliranih špalet ali netesnih stikov in priključkov. Okensko špaleta praviloma vgradimo na sredini plasti toplotne zaščite ali tik ob njej, da lahko izolacijo zaključimo na okvir. Če je okvir okna umaknjen od sloja toplotne zaščite je treba detajl špalete zasnovati tako, da ga lahko toplotno izoliramo.

Toplotni mostovi nastanejo tudi zaradi prekinitev fasadnega toplotnoizolacijskega sloja na armiranobetonski plošči, ki poteka kontinuirano navzven in se nadaljuje v balkonsko ploščo (predstavlja dvodimenzionalni toplotni most), neizvedene toplotne izolacije pod oklom ali na temelju, kjer toplotni tok še dodatno povečajo vogali (še posebej tridimenzionalni), pohišstvo in zavesa.

Aktivnosti kot so intenzivno tuširanje in kuhanje povzročijo nastanek površinskega kondenza na gladkih nevpojnih površinah, ki je neškodljiv, vendar le, če jim z zračenjem omogočimo osušitev namesto zastajanja.

3.6 Sanacijske metode

V nekaterih primerih znaki toplotnih mostov niso takoj vidni. Nevidne razkrije termografska analiza objekta, ki pokaže vse napake v toplotni izolaciji in povečano toplotno prevodnost, poškodbe oken, vlago v objektu. Pregled se izvaja v kurilni sezoni (od oktobra do aprila), ko je razlika med zunanjo in notranjo temperaturo vsaj 10 °C in so toplotni mostovi najbolj vidni. Saniramo jih z namestitvijo dodatnega izolacijskega sloja na zunanjem delu.

V primerih, ko je problem kondenzacije prehodna ali sanacija ni mogoča, lahko z začasnimi ukrepi, kot je povečano zračenje in uporaba razvlaževalca, zmanjšamo količino kondenza. Odvečna vlaga se kondenzira v napravi in odvaja v posebno posodo ali odtok, dokler ne dosežemo želene vrednosti vlažnosti zraka. Pri izbiri razvlaževalnika je pomembna velikost prostora, kakovost in lega, najvišja in najnižja temperatura ter želena vlažnost. V primeru, ko moramo vodno škodo sanirati v zelo kratkem času, posušiti dragocene materiale ali na mestih, kjer sušenje s konvencionalnimi metodami ni uspešno lahko odvečno vlago saniramo z mikrovalovnim sušenjem. Ko smo poskrbeli za izničenje možnosti pojava kondenzacije vlage, razvoja zidne plesni in odstranitev toplotnih mostov, lahko gradbene konstrukcije premažemo z zaščitnimi premazi.

Kadar naravno ali umetno odvajanje vlage ni učinkovito in odprava gradbenih napak na objektu ni možna, lahko uporabimo sistem klimatskih plošč Calsitherm. Plošče lahko

uporabimo, kadar ni možno izvesti toplotne izolacije na zunanji stran objekta, pri sanaciji hiš s predalčnimi gradbenimi konstrukcijami, pri sanaciji geometrijskih toplotnih mostov. Izdelane so iz kalcijevega silikata, na osnovi mineralnih osnovi, katerega kristali tvorijo mikroporozno strukturo. Mikropore so povezane med sabo in z zunanjim zrakom ter imajo visoko kapilarnost. So difuzijsko odprte, kapilarno aktivne, toplotnoizolacijske, negorljive in ekološko neoporečne. Zaradi visoke bazičnosti preprečujejo nastanek plesni in glivic. Higroskopičnost ploščam omogoča uravnalne procese vlage (nase prevzemajo odvečno vlago, ki jo kasneje v sušnem obdobju ponovno oddajajo v prostor), zaradi česar so konstrukcije suhe in zavirajo rast plesni. Uporabljamo jih v kombinaciji z lepilom za lepljenje klimatskih plošč, impregnacijskim premazom in izravnalno maso za obdelavo neravnih površin. Primer uporabe plošče na kamniti steni :

- Odstranitev starega ometa.
- Impregnacija z emulzijo Calsitherm KP-SchimmelEx.
- Lepljenje in fugiranje Calsitherm Klimaplatte plošč na podlago s Calsitherm KP Kleber lepilom.
- Impregnacija plošč s Calsitherm KP-Tiefgrund sredstvom.
- Nanos ometa Calsitherm KP-Innenputz v debelini 3-6 mm.



Slika 10: Namestitev Calsitherm plošče

Vir: <http://www.diaagnostika-plevnik.si/klima-plosce-calsitherm/>, dne 6.8.2011

Pri paroprepustnih ali poroznih površinah (ometi, estrihi) se kondenz ne nabira na površini, ampak v notranjosti konstrukcije, kjer v obliki kapilarne vlage prodre na površje. Med beton in estrih zato položimo toplotno izolacijo in s tem povečamo temperaturo posameznih slojev.

4 TOPLOTNE IZGUBE NA PRIMERU OBJEKTA: CERKEV POLZELA¹

4.1 Izračun toplotne prevodnosti

Toplotna prevodnost ovoja stavbe je odvisna toplotne izolacije posameznih konstrukcij in je določena s Pravilnikom o toplotni zaščiti in učinkoviti rabi energije v stavbah. V primeru vzorčnega objekta je bila ugotovljena povečana vlažnost in glede na lokacijo ter vzrok, so določili spodaj opisane sanacijske ukrepe.

4.2 Sanacija prizadetih delov zgradbe

Predlagani so bili naslednji sanacijski ukrepi:

Izvedba drenaže. Za izvedbo tega postopka je bilo najprej treba porušiti 8 cm asfalta ob cerkvi, da se je lahko ob objektu izkopal drenažni jarek globine 1,4 m z naklonom do 2 % proti zbirališču meteorne vode ali ponikalnici. Odkopan zid se je nato opral, pri tem se je odstranila še poškodovana ali že odpadajoča malta. Pred ponovnim kapilarnim dvigom ga je bilo potrebno zaščititi s sidranjem in polaganjem armaturne mreže, izvedbo opaža ter betona debeline 6-8 cm ter razopaženje.

¹ Vir: Gradbeno podjetje Granit d.d.



Slika 11: Izkop jarka za drenažo

Vir: Interno gradivo gradbenega podjetja Granit d.d



Slika 12: Izolacija odkopanega dela stene

Vir: Interno gradivo gradbenega podjetja Granit d.d

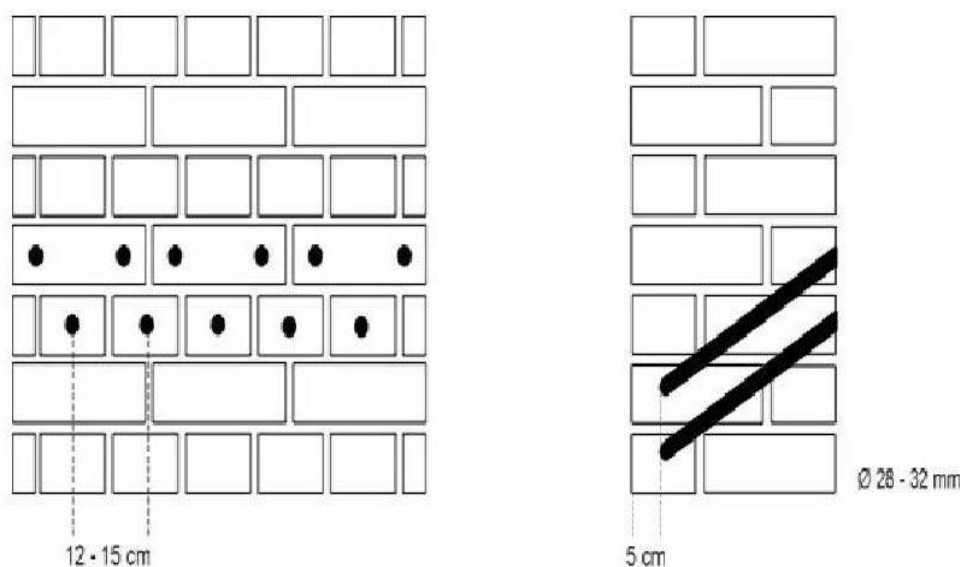
Za zaščito drenažnih cevi pred nasipom je potrebno v jarek položiti filc, katerega naloga je med drugim preprečevanje vnosa večjih delcev iz nasipa v cevi z meteorno vodo. Na filc položimo drenažne cevi premera 150 mm, ter jih zasipljemo. Material, ki ostane od izkopa, odpeljemo na za to predvideno mesto.

Meteorna odtočna kanalizacija. Deževnico iz žlebov na strehah lahko speljemo v vodotesni peskolov, ki se uporablja za filtriranje grobih delcev (kamenje, pesek, listje, manjše veje, ...) iz vode, preden ta pride v drenažno cev ali zbiralnik deževnice. Pri izbiri dimenzije

upoštevamo, da se morajo pri največjem možnem pretoku vode hitro izločati usedljive snovi. Že iz namembnosti je razvidno, da morajo imeti predviden način odstranjevanja usedlin ter biti dostopni zaradi nujnega rednega čiščenja. V našem primeru so za ta namen položili PVC cevi komplet SNV 4 s fazonskimi komadi, premera 160 mm in 200 mm, ki so ga priključili na obstoječo meteorno ulično kanalizacijo.

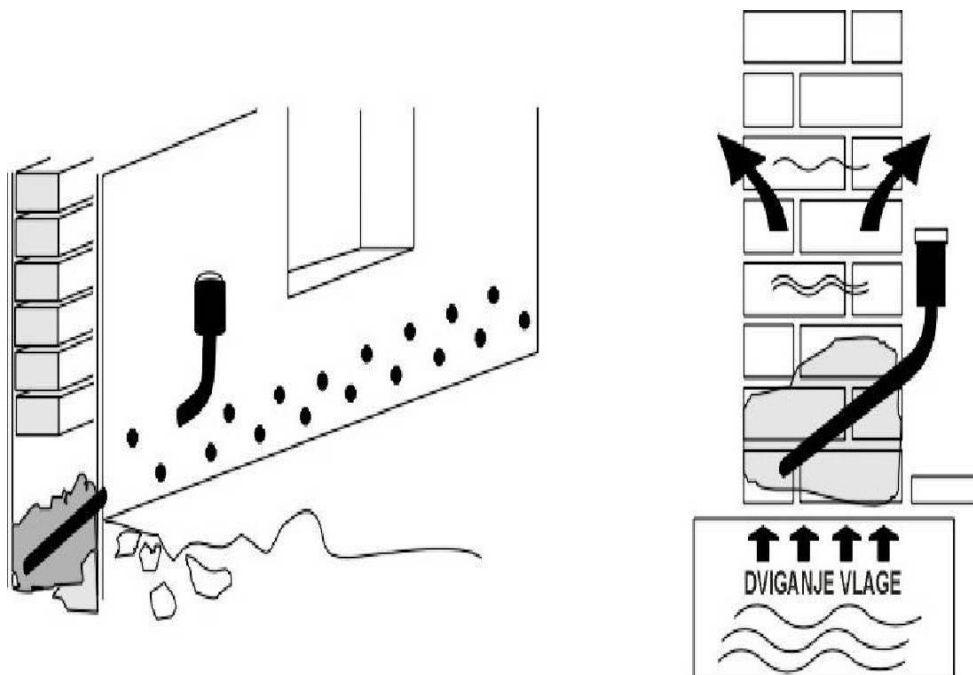
Ureditev okolja. Zaradi lokacije objekta je bilo najprej potrebno rezanje robov 125,04 m² asfalta. Nato je bil v načrtu predviden nasip z drenažnimi krogli v sloju 15 cm ter polaganje granitnih kock 10/10 v pesek. Po 25 cm debeli pripravljeni podlagi, je bil v širini cca. 60 cm položen 5 cm grobi in 3 cm fini asfalt s premazanimi stiki.

Sušilni ometi in vodooporna bariera. Pred nanosom ali vgradnjo teh ometov ali barier moramo na zunanji strani fasade očistiti in fasadne omete in omete podstavka, na notranji strani pa rege in notranje omete. Za izvedbo horizontalne bariere se izvede vrtanje na zunanji in notranji strani stene. Cilj vrtanja je kvalitetna prepojitvev horizontalnega prereza stene s silikonsko emulzijo. Pri tem je potrebno upoštevati, da mikroemulzija prepoji še približno 5-7 centimeterski pas ob in pod izvrtino. Steno vrtamo po naslednji shemi.



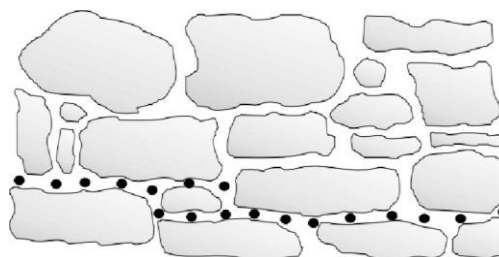
Slika 13: Vrtanje stene

Vir: Interno gradivo gradbenega podjetja Granit d.d.



Slika 14: Prepojitev zidu z silikonsko tekočino

Vir: Interno gradivo gradbenega podjetja Granit d.d



Slika 15: Način vrtanja zidu iz kamna

Vir: Interno gradivo gradbenega podjetja Granit d.d

Iztekanje emulzije iz zidu pri poroznih in neometanih površinah predhodno obdelamo s sušilnim ometom. Iz vrtin izpihamo ali odsesamo prah, vanje s pomočjo hitrovezne malte HIDROZAT namestimo cevi in lijake. Lijake, ki jih lahko izdelamo tudi iz plastičnih steklenic, pritrdimo na desko nad luknjami.



Slika 16: Namestitev lijakov

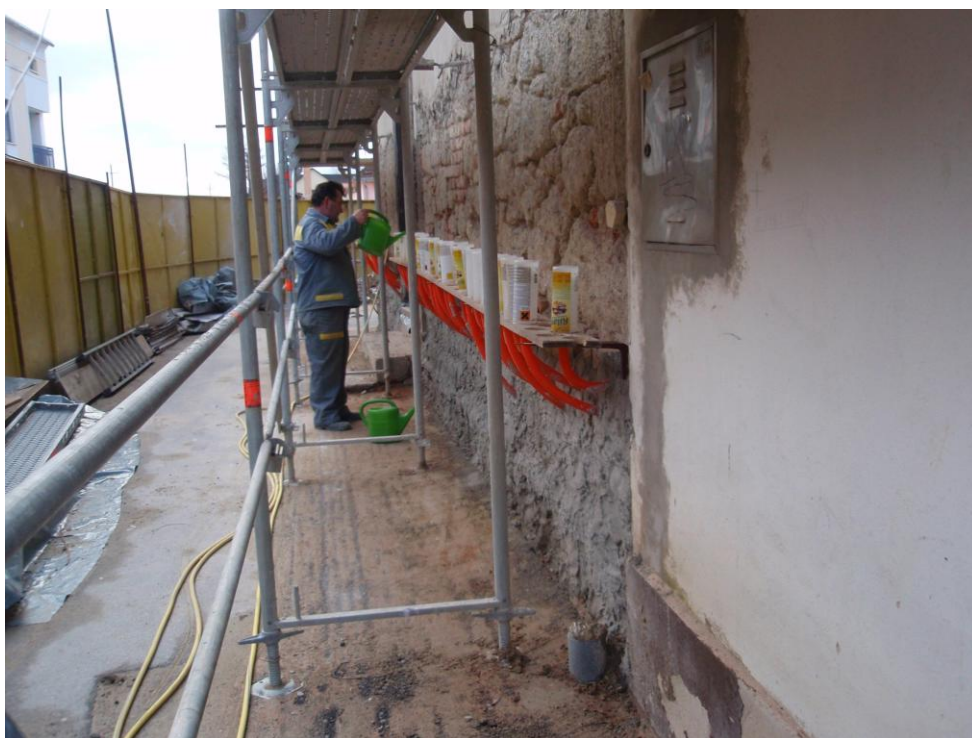
Vir: Interno gradivo gradbenega podjetja Granit d.d

Mikrosilikonsko emulzijo za prekinitev dviga kapilarne vlage KEMASOL MICRO nalivamo v lijake dokler zid vpija emulzijo.



Slika 17: Stekanje emulzije v fasado

Vir: Interno gradivo gradbenega podjetja Granit d.d



Slika 18: Dolivanje emulzije

Vir: Interno gradivo gradbenega podjetja Granit d.d

V primeru nekontroliranega odtekanja emulzije v izvrtino prekinemo z nalivanjem, luknjo napolnimo s suspenzijo, ki jo še v svežem stanju očistimo iz izvrtine s kovinsko šipko. Po tem lahko nadaljujemo z nalivanjem emulzije. Po popolni prepojitvi zidu z emulzijo lahko že naslednji dan vrtnine zalijemo s HIDROSTOPOM 94.

Sušilni omet HYDROMENT, na bazi kremenčevega agregata, uporabimo na površinah zidov, kjer so vidne poškodbe zaradi kapilarne vlage ali pa je bila tam izmerjena povečana vlažnost. Višina, do katere moramo nanest omet, znaša 1,5 debelino zidu višje in širše od vidne ali izmerjene povečane vlage.

HYDROMENT je paroprepustni sanacijski omet, ki omogoča izsuševanje vlage iz zidov. Posebna struktura por in kapilar preprečuje prehajanje vode v obliki pare. S tem se prepreči prehod v vodi topnih soli na površino stene ali v okolico. Omet je enostaven za uporabo (primešat je treba le vodo), zahteva pa se, da so vsi premazi in nanosi na omet paroprepustni s $S_d < 0,16$ m. Z upoštevanjem in korektno izvedbo navodil bo stena ostala suha, prekomerna vlaga pa se bo izsušila. Pri tem ne smemo pozabiti na redno zračenje, saj se zaradi prehoda vlage iz stene lahko poveča zračna vlažnost prostora, kar lahko povzroči nastanek kondenza na površinah.

Uporaba sušilnega ometa:

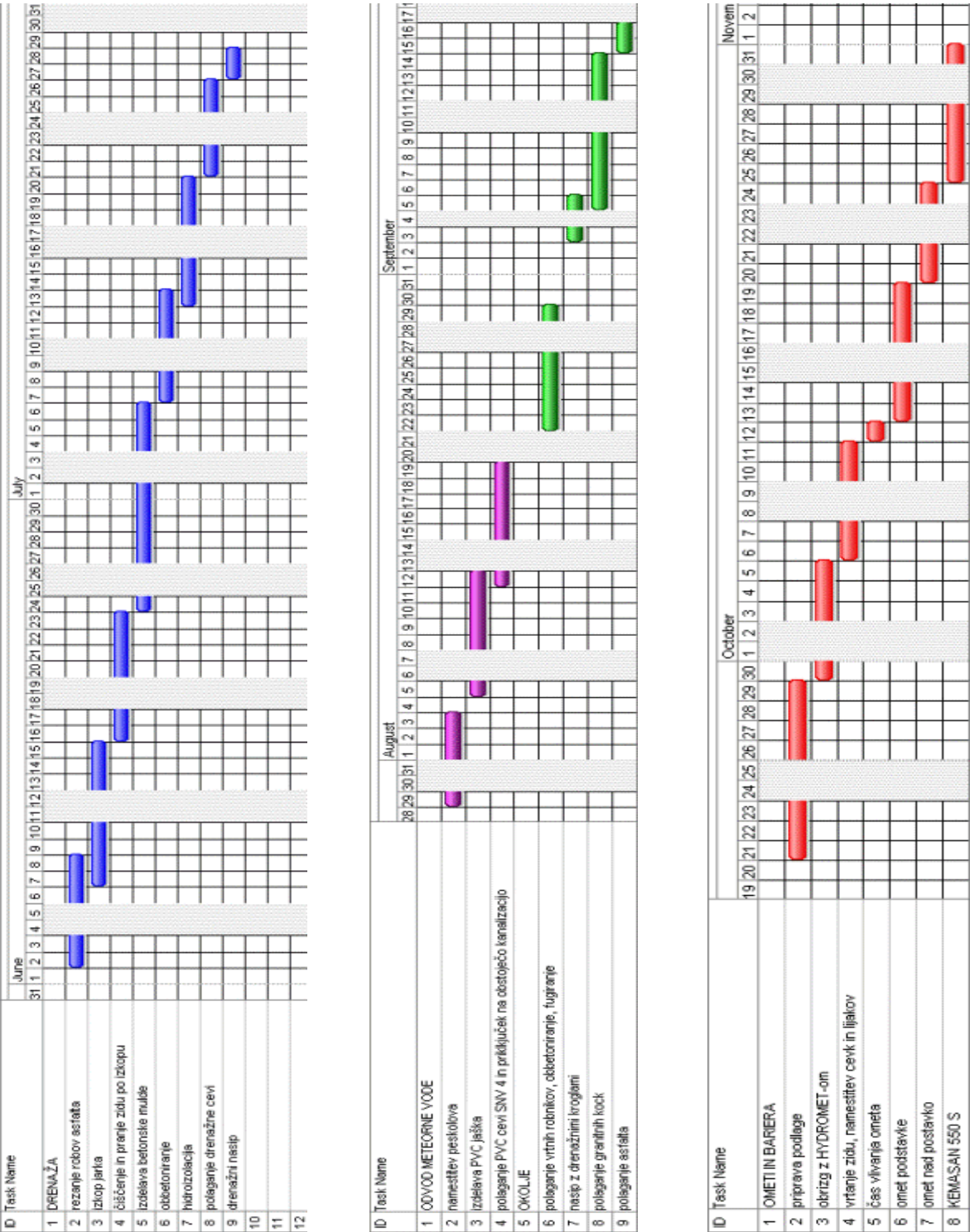
- Odstranimo vse ostanke starega ometa sten do opeke. Iz fug odstranimo slabo vezan ali razpadajoči material in jih poglobimo do globine 2 cm. Približno pol ure pred obmetavanjem površino intenzivno navlažimo z vodo.
- Nanesemo prvi sloj ometa (lahko brez veznega obrizga) v debelini 1 cm in ga ne zglajujemo. Luknje v zidu pozidamo s koščki opeke in sušilnim ometom, ki ga uporabimo kot malto.
- Naslednji dan intenzivno navlažimo prvi nanos ometa, ga ponovno omečemo z sušilnim ometom do skupne debeline najmanj 2 cm. Da preprečimo možnost nastajanja razpok, nanesemo vsak naslednji nanos (po potrebi) v debeli 1 cm, dokler ne dosežemo željene debeline. Debelino uravnavamo s predhodno pripravljenimi vodilnimi letvami ali fažami narejenimi iz ometa. Zadnji sloj ometa z izravnalno desko porežemo od spodaj navzgor. Odstranimo vodilne letve in še preden se naneseni sloj ometa strdi, zapolnimo prazne žlebove.

- Glede na videz lahko zadnji sloj ometa po strditvi oblikujemo z leseno ali plastično gladilko (za srednje gladke strukture), oblikujemo določeno strukturo z zidarsko žlico za dosego videza starejših stavb ali pa naneseemo ca. 2 mm HYDROMENT finega ometa (2 tedna po izvedbi) za popolnoma gladko površino. HYDROMENT sušilni omet lahko po treh tednih pobarvamo s fasadno barvo s paroprepustnostjo $S_d < 0,16 \text{ m}$.

KEMASAN 550S je apnenocementni sanirni omet, z visoko vsebnostjo difuzijsko odprtih mikropor, prilagojen za stojno nanašanje. Uporaba:

- Odstranimo vse ostanke starih ometov, premazov, plesni, 1 cm malte iz fug in prašne delce.
- Tik pred nanosom površino močno navlažimo.
- Omet naneseemo na površino v obliki obrizga, s katerim zapolnimo fuge, poškodbe in razpoke.
- Po najmanj dvanajstih urah naneseemo drugi sloj 2 cm debelega ometa. Pri nadaljnjih nanosih (po potrebi), prejšnje sloje predhodno nahrapavimo z zobatim gladilom.
- Zadnji sloj lahko že po eni uri zgladimo.
- Po treh tednih lahko omet prebarvamo s paropropustno barvo, ki ima vsaj takšno paropropustnost kot KEMASAN 550S.

4.3 Terminski plan sanacije



Slika 19: Gantogram sanacije (drenaža, odvod meteorne vode, ometi in bariera);
Vir: Lasten

4.4 Stroškovni plan sanacije

DEJAVNOST/ MATERIAL	m/kg	CENA
DRENAŽA		
Rušenje asfalta	231,34 m ²	578,35 €
Izkop jaška	161,85 m	1505, 205 €
Izdelava betonske mulde	72,53 m	558,481 €
hidroizolacija	140,06 m ²	523, 82 €
Polaganje drenažne cevi	72, 53 m	1077, 07 €
Drenažni nasip	67, 23 m ³	1116, 69 €
METEORNA KANALIZACIJA		
PVC peskolov ϕ 400	1 komplet	67, 88 €
PVC jašek ϕ 600	1 komplet	220, 00 €
PVC cevi SNV 4 ϕ 160	63 m	850,5 €
PVC cevi SNV 4 ϕ 200	1 komplet	236,99 €
OKOLJE		
Polaganje vrtnih robnikov 5/25/100	73,18 m	534,21 €
Nasip drenažnih krogel v debelini 15 cm	10,50 m ³	99,75 €
Granitne kocke 10/10/10	1 komplet; 2.76 m ²	53,82 €
Nanos asfalta	97,03 m ²	1989, 11€
SUŠILNI OMETI IN VOODPORNA BARIERA		
Obrizg z HYDROMENT-om (sušilni in fini)	325 m ²	4888 €
Namestitev cev in lijaka	74,80 m	19,15 €
Notranji sanacijski omet	41,13 m ²	146, 00 €

Tabela 4: Stroškovni plan sanacije
Vir: Lasten

4.5 Tehnični pripomočki in gradbena mehanizacija pri postopku sanacije

Pred načrtom sanacije s pomočjo IR kamere določimo mesta toplotnih mostov, torej mesta, ki jih moramo sanirati. Pomagamo si lahko tudi z higometri, s katerimi merimo vlažnost zraka. Po izdelanem načrtu ustrezno zavarujemo območje in pri samem delu uporabimo letve, plošče, podloge, lepilne trakove, kanalete in običajna zidarska orodja.

4.6 Kemični pripomočki

Kemični pripomočki, ki jih uporabljamo, so primerna lepila, dodatki ometom za hitrejše sušenje, za povečanje oprijemljivosti, lepilni trakovi, s katerimi zlepimo posamezne izolacijske dele.

5 ZAKLJUČEK

Nevidna, komaj čutna vlaga je naravna sestavina našega okolja. Dnevno uniči na milijone skladiščnega blaga, pohištva in podobnih predmetov. Zidna plesen, rja in gniloba poškodujejo stavbe, naprave in vozila. Vlaga ima lahko negativni učinek, če so določene vrednosti vlage prekoračene. Premalo ali preveč vlage je škodljivo. Večinoma zasledimo večjo vlažnost, kot je dovoljeno. Visoka zračna vrednost v delovnih in bivalnih prostorih slabo vpliva na organizem človeka in ima lahko trajne zdravstvene posledice.

Ob zgodnjem opazanju in ustreznih ukrepih pri povečanju vlage, lahko preprečimo njeno širjenje. Z nepravilno uporabo bivalnih prostorov pogosto sami povzročimo povečanje količine vlage v zraku, ki ob vedno večjih temperaturnih razlikah ustvarja ugodne pogoje za nastanek plesni. Zaradi nepozornosti na začetek nastanka, vlagi omogočimo širjenje po konstrukcijah, s tem pa povečamo obseg sanacije in tudi nastali strošek. Zaradi stroškov povezanih s tem, ljudje pogosto poskušajo s pomočjo opisanih postopkov na internetu sami odpraviti nastalo škodo. Pri tem ne smemo pozabiti, da so primeri, opisani na internetu zelo specifični. Gradbene konstrukcije, njihova velikost, sestava, uporabljeni materiali (ki se s časom prav tako spreminjajo), se lahko med sabo zelo razlikujejo. Nenazadnje tudi mi sami vplivamo na to raznolikost. Brez poznavanja gradbeništva (osnovnih pravil pri gradnji), lastnosti materialov, njihovem vplivu, načinu izvedbe sanacij, lahko bistveno poslabšamo že tako nastalo škodo in s tem še dodatno povečamo stroške sanacije.

Zato je pomembno, da že pri prvih znakih nastanka vlage poiščemo pomoč strokovnjaka in z njim postopoma najdemo ustrezno rešitev.

6 LITERATURA IN VIRI

6.1 Literatura

1. Arendt C., Seele J.: *Feuchte und Salze in Gebäuden*, Verlagsanstalt Alexander Koch GmbH, 2000.
2. Bogner H.: *Richtig Feuchtigkeitsschäden erkennen und Beheben*, Compact München, 1992.
3. Jordan S., Knez F.: *Vlaga v stavbah zaradi vdora vode*, Verlag Dashöfer, založba d.o.o., Ljubljana, 2009.
4. Jordan S., Knez F.: *Vlaga v stavbah zaradi kondenzacije*, Verlag Dashöfer, založba d.o.o., Ljubljana, 2009.
5. Jordan S., Knez F.: *Vlaga v stavbah zaradi kapilarnega dviga*, Verlag Dashöfer, založba d.o.o., Ljubljana, 2009.
6. Moritz K.: *Richtig und falsch im Wärmeschutz, Feuchtigkeitsschutz, Bautenschutz, Temperaturspannung, Dampfdiffusion, Feuchtigkeitsausfall, Eigenfeuchtigkeit, Ausblühungen*, Berlin Bauverlag, Wiesbaden, 1970.
7. Pregizer D.: *Schimmelpilz-bildungen in Gebäuden : bautechnische Maßnahmen zur Vorbeugung und Instandsetzung*, Heidelberg : C.F. Müller, cop. 2003.

6.2 Viri

1. Gradbeno podjetje Granit d.d.

6.3 Internetni viri

1. <http://www.ravago.si/clanki.php>, dne 17.8.2011
2. http://www.ravago.si/clanki_gradbeni_material.php#ethafoam, dne 18.8.2011
3. <http://gcs.gi-zrmk.si/>, dne 20.8.2011
4. <http://www.gradim.si/#>, dne 15.7.2011

5. <http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/Grobovsek/PT287.html>, dne 3.7.2011
6. <http://www.varcna-gradnja.si/sanacije/termovizija.html>, dne 26.7.2011
7. <http://montaza-dobnikar.si/?page=vidne>, 28.7.2011
8. <http://hisaytong.wordpress.com/2008/01/20/nacrtovanje-konstrukcijskih-sklopov-ovoja-hise/>, dne 1.8.2011
9. <http://www.podsvojostreho.net/vsebina/node/658>, dne 3.8.2011
10. <http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/Grobovsek/PT287.html>, dne 3.8.2011
11. <http://www.novolit.si/slo/posevni1.html>, dne 3.8.2011
12. http://nepremicnine.si21.com/Okna_in_zasteklitve/Toplotni_mostovi_zaradi_nepravilne_vgradnje_oken.html, dne 6.8.2011
13. <http://www.diaagnostika-plevnik.si/klima-plosce-calsitherm/>, dne 6.8.2011
14. <http://www.re-mi.si/fasade.html>, dne 16.8.2011
15. <http://www.webgradnja.hr/specifikacije/7/stigosil/>, dne 17.8.2011
16. http://www.isa-mernik.si/static/uploaded/htmlarea/images/utrjevanje_zidov.jpg, dne 17.8.2011
17. <http://hisaytong.wordpress.com/2008/01/20/nacrtovanje-konstrukcijskih-sklopov-ovoja-hise/>, dne 14.9.2011
18. <http://varcevanje-energije.si/termoizolacije/stiropor-univerzalen-toplotni-in-zvocni-izolator.html>, dne 8.10.2011
19. <http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/Grobovsek/PT18.html>, dne 8.10.2011
20. <http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/Grobovsek/PT46.html>, dne 8.10.2011
21. <http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/Grobovsek/PT287.html>, dne 8.10.2011
22. www.aure.gov.si/eknjiznica/IL_2-03.PDF, dne 16.10.2011