

Univerza v Ljubljani
Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo

Smer:

Gradbeništvo

Predmet:

Projektiranje gradbenih konstrukcij

Šolsko leto: 2017/2018

Cilji predmeta so podati razlike v obnašanju konstrukcij iz različnih materialov, podati osnove za snovanje in projektiranje gradbenih konstrukcij in podati podlage za izbiro ustreznega računskega modela nosilne gradbene konstrukcije za sposobnost snovanja in projektiranja enostavnih masivnih in lesenih konstrukcij.

Predavanja: 2 h tedensko → 30 ur

Vaje: 2 h tedensko → 30 ur

PREDAVANJA

Vsebina:

- Postopek projektiranja gradbenih konstrukcij
- Posebnosti obnašanja lesenih, betonskih in zidanih konstrukcij
- Principi smotrne izbire konstrukcijskega sistema v odvisnosti od izbranega materiala
- Projektna obtežba
- Osnove projektiranja lesenih konstrukcij (mehanske in reološke lastnosti materiala, dimenzioniranje linijskih lesenih elementov, temeljna pravila izvedbe priključkov lesenih konstrukcij)
- Projektiranje betonskih konstrukcij (dimenzioniranje in konstrukcijska izvedba linijskih konstrukcij, plošč in sten ter temeljev)
- Osnove projektiranja zidanih konstrukcij (mehanske lastnosti zidakov, malte in zidovja, dimenzioniranje nearmiranih zidanih konstrukcij na osno-upogibno in strižno obremenitev, izvedba potresnovarnih enostavnih zidanih konstrukcij)

VAJE

Vsebina:

- Seminarske vaje (računski primeri)

Literatura

- H. Nilson, D. Darwin, C.W. Dolan, Design of Concrete, Structures-thirteenth edition, strani 321-374, 412-479, 545-574, 599-633, ISBN 0007-123260-5, McGraw-Hill, 2003.
- W.G. Curtin, G. Shaw, J.K. Beck, W.A. Bray, Structural Masonry Designers' Manual-third edition, ISBN 0-632-05612-6, strani 1-72, Blackwell Science, 2006
- S. Thelanderson, H.J. Larsen (urednika), Timber Engineering, ISBN 0-470-84469-8, strani 1-11, 131-168, 221-240, John Wiley & Sons, 2003.
- M. J. Tomlinson, Foundation Design and Construction-seventh edition, ISBN 0-13-031180-4, strani 137-174, Pearson Education Ltd, 2001.
- Študijsko gradivo predavatelja (v pripravi)
- Elektronski viri: Spletno mesto Katedre za masivne in lesene konstrukcije: <http://www.fgg.uni-lj.si/kmlk/index.htm>

Vsebina

1. Postopek projektiranja in izvedbe gradbenih konstrukcij	7
1.1 <i>Račun gradbenih konstrukcij.....</i>	9
2. Posebnosti obnašanja lesenih, betonskih in zidanih konstrukcij	13
3. Principi smotrne izbire konstrukcijskega sistema v odvisnosti od izbranega materiala	15
3.1 <i>MATERIAL</i>	23
3.2 <i>VRSTA KONSTRUKCIJE.....</i>	23
3.3 <i>PREČNI PREREZ</i>	24
3.4 <i>MATEMATIČNI POSTOPEK OPTIMIZACIJE</i>	24
3.5 <i>Vrste lesenih konstrukcij</i>	28
3.5.1 Nosilne konstrukcije stavb	28
3.5.2 Nosilni sistemi inženirskih objektov	29
3.5.1 Predpisi	31
3.6 <i>Vrste betonskih konstrukcij</i>	32
3.6.1 Stavbe	32
3.6.2 Inženirski objekti	32
3.6.3 Predpisi	35
3.7 <i>Vrste zidanih konstrukcij</i>	36
3.7.1 Predpisi	36
4. Projektna obtežba	37
4.1 <i>Klasifikacija obtežb po EC 1 – SIST EN 1991-1</i>	37
4.2 <i>Projektna stanja</i>	38
4.3 <i>SIST EN 1991-1-1: Splošni vplivi – Gostote, lastna teža, koristne obtežbe stavb</i>	41
4.3.1 STALNA OBTEŽBA	41
4.3.2 KORISTNA OBTEŽBA	46
4.4 <i>SIST EN 1991-1-3: Splošni vplivi – Obtežba snega</i>	49
4.5 <i>SIST EN 1991-1-4: Splošni vplivi – Obtežba vetra</i>	51
4.6 <i>SIST EN 1998-1: Splošna pravila, potresni vplivi in pravila za stavbe</i>	56
5. Projektiranje lesenih konstrukcij	62
5.1 <i>Mehanske in reološke lastnosti materiala</i>	62
5.2 <i>Dimenzioniranje linijskih lesenih elementov.....</i>	62
5.3 <i>Temeljna pravila izvedbe priključkov lesenih konstrukcij</i>	62
6. Projektiranje betonskih konstrukcij	62
6.1 <i>Dimenzioniranje in konstrukcijska izvedba linijskih konstrukcij, plošč in sten ter temeljev</i>	62
7. Projektiranje zidanih konstrukcij	62
7.1 <i>Mehanske lastnosti zidakov, malte in zidovja.....</i>	62
7.2 <i>Dimenzioniranje nearmiranih zidanih konstrukcij na osno-upogibno in strižno obremenitev.....</i>	62
7.3 <i>Izvedba potresnovarnih enostavnih zidanih konstrukcij</i>	62

Slike

Error! Reference source not found.

Error! Reference source not found.

Preglednice

Error! Reference source not found.

Posebnosti obnašanja lesenih, betonskih in zidanih konstrukcij.....14

UVOD

V okviru predmeta Projektiranje gradbenih konstrukcij bomo spoznavali razlike v obnašanju konstrukcij iz različnih materialov, osnove za snovanje in projektiranje gradbenih konstrukcij in podlage za izbiro ustreznega računskega modela nosilne gradbene konstrukcije, da bomo sposobni snovanja in projektiranja enostavnih masivnih in lesenih konstrukcij.

1. Postopek projektiranja in izvedbe gradbenih konstrukcij

OPIS POSTOPKA PROJEKTIRANJA IN IZVEDBE GRADBENIH KONSTRUKCIJ.

KAJ JE PROJEKTNA DOKUMENTACIJA?

KAJ JE TEHNIČNA DOKUMENTACIJA?

KAJ JE PGD?

KAJ JE PZI?

KAJ JE PID?

KAJ JE PODLAGA ZA PROJEKTIRANJE, GRADNJO IN VZDRŽEVANJE GRADBENIH KONSTRUKCIJ?

KAJ JE EVROKOD?

KATERI EVROKODI SO SPREJETI V SLOVENIJI?

Preden j se začne gradnja objekta se odvije lepo število aktivnosti. Bodoči uporabnik ima želje, ki mu jih projektant pomaga oblikovati v uresničljivo obliko objekta. Po izdelavi projektne dokumentacije, s katero pridobi tudi soglasja za gradnjo, se začne izvedba objekta. Zaključku del na gradbišču sledi izdelava tehnične dokumentacije in pridobitev uporabnega dovoljenja, ki uporabniku omogoči želeno dejavnost v objektu.

ŽELJA, POTREBA (bodoči uporabnik ali investitor)

IDEJE MOŽNIH REŠITEV (bodoči uporabnik ali investitor v sodelovanju s projektantom)

Bistvene zahteve za objekte, na podlagi katerih se določijo njihove tehnične značilnosti, so:

- mehanska odpornost in stabilnost,
- varnost pred požarom,
- higienska in zdravstvena zaščita in zaščita okolice,
- varnost pri uporabi,
- zaščita pred hrupom,
- varčevanje z energijo in ohranjanje toplote.

PROJEKTNA DOKUMENTACIJA

IDEJNA ZASNOVA (projektant)

Idejna zasnova je skica in opis bistvenih značilnosti nameravane gradnje.

LOKACIJSKA INFORMACIJA (pristojna občina)

IDEJNI PROJEKT **IP** (projektant)

Idejni projekt je sistematično urejen sestav takšnih načrtov, na podlagi katerih je investitorju omogočeno, da se odloči o najustreznejši možnosti nameravane gradnje.

PRIDOBITEV PROJEKTNIH POGOJEV (soglasodajalci: komunala, elektro, ...)

PROJEKT ZA PRIDOBITEV GRADBENEGA DOVOLJENJA **PGD** (projektant) S SOGLASJI (soglasodajalci)

Projekt za pridobitev gradbenega dovoljenja je sistematično urejen sestav takšnih načrtov, na podlagi katerih je pristojnemu organu omogočeno, da presodi vse okoliščine, pomembne za izdajo gradbenega dovoljenja.

VLOGA ZA PRIDOBITEV GRADBENEGA DOVOLJENJA

GRADBENO DOVOLJENJE (upravni organ)

PROJEKT ZA RAZPIS (projektant)

Projekt za razpis je sistematično urejen sestav takšnih načrtov, na podlagi katerih je investitorju omogočeno pridobiti najustreznejšega izvajalca.

PROJEKT ZA IZVEDBO **PZI** (projektant)

Projekt za izvedbo je projekt za pridobitev gradbenega dovoljenja, dopolnjen s podrobnimi načrti, na podlagi katerih se v skladu s pogoji iz gradbenega dovoljenja gradnja lahko izvede.

PZI vsebuje podrobne načrte tehničnih rešitev in detajlov, ki nadgrajujejo posamezne načrte projekta za pridobitev gradbenega dovoljenja, popise del z vseh področij projektiranja, od arhitekture in statike do električnih in strojnih vodov, zato je nujen dokument za izvajalce, saj imajo v njem rešene in tudi grafično prikazane tehnične detajle, s katerimi se pri gradnji objekta srečujejo, kot so detajli toplotne izolacije, hidroizolacije, greznice, jaški, okna, vrata, stopnice, električne, vodovodne in druge napeljave.

PZI vsebuje tudi natančen popis materiala in predračunske vrednosti posameznih del, kar pomeni, da lahko investitor na podlagi tega popisa sam nabavlja material ali pridobiva ponudbe različnih izvajalcev. Zelo pomembno je, da lahko na podlagi popisa primerja tudi dejansko vgrajene količine materiala in porabljenega dela, ki jih je obračunal izvajalec, z načrtovanimi, ki jih je predvidel projektant, in tako nadzira delo izvajalcev.

GRADNJA OBJEKTA (gradbeniki, izvajalci elektro in strojnih vodov ter obrtniki)

TEHNIČNA DOKUMENTACIJA

PROJEKT IZVEDENIH DEL **PID** (projektant)

Projekt izvedenih del je projekt za izvedbo, dopolnjen s prikazom vseh izvedenih del in morebitnih sprememb v vseh delih projekta za izvedbo, ki so nastale med gradnjo, na podlagi katerega je mogoče na tehničnem pregledu ugotoviti, ali je zgrajeni oziroma rekonstruirani objekt v skladu z gradbenim dovoljenjem.

PROJEKT ZA VZDRŽEVANJE IN OBRATOVANJE OBJEKTA (projektant)

Projekt za vzdrževanje in obratovanje objekta je sistematično urejen zbir slikovnega gradiva, načrtov in besedil v obliki jamstev, potrdil, seznamov, shem, navodil in podobnih sestavin, ki določajo pravila za uporabo oziroma obratovanje in vzdrževanje zgrajenega oziroma rekonstruiranega objekta in vgrajenih vodov oziroma tehnoloških naprav, na podlagi katerih je vsakokratnemu lastniku objekta omogočeno objekt vzdrževati na ustrezen način.

PROJEKT ZA VPIS V URADNE EVIDENCE (projektant)

Projekt za vpis v uradne evidence je dokumentacija, na podlagi katereje investitorju oziroma lastniku objekta omogočeno, da se zemljiška parcela, na kateri stoji objekt evidentira v zemljiškem katastru, oziroma če gre za stavbo, tudi v katastru stavb, in da se objekti gospodarske javne infrastrukture evidentirajo v katastru gospodarske javne infrastrukture..

TEHNIČNI PREGLED (upravni organ)

UPORABNO DOVOLJENJE (upravni organ)

UPORABA (uporabnik)

1.1 Račun gradbenih konstrukcij

Podlaga za projektiranje, gradnjo in vzdrževanje gradbenih konstrukcij so:

- pravni predpisi (Zakon o urejanju prostora, Zakon o graditvi objektov, Zakon o gradbenih proizvodih),
- tehnični predpisi (standardi, pravilniki).

Pravilniki so v obvezni uporabi. Standardi niso obvezni, obvezni pa lahko postanejo v povezavi s pravilniki.

Za projektiranje gradbenih konstrukcij v Republiki Sloveniji se od 1.1.2008 uporabljajo povezani evropski standardi za projektiranje gradbenih konstrukcij Evrokodi:

EVROKOD 0: Osnove projektiranja konstrukcij

EVROKOD 1: Vplivi na konstrukcije

- SIST EN 1991-1-1: Splošni vplivi – Gostote, lastna teža, koristne obtežbe stavb,
- SIST EN 1991-1-2: Splošni vplivi – Vpliv požara na konstrukcije,
- SIST EN 1991-1-3: Splošni vplivi – Obtežba snega,
- SIST EN 1991-1-4: Splošni vplivi – Obtežba vetra,
- SIST EN 1991-1-5: Splošni vplivi – Toplotni vplivi,
- SIST EN 1991-1-6: Splošni vplivi – Vplivi med gradnjo,
- SIST EN 1991-1-7: Splošni vplivi – Nezgodni vplivi,
- SIST EN 1991-2: Vplivi na konstrukcije – Prometna obtežba mostov,
- SIST EN 1991-3: Vplivi na konstrukcije – Vpliv žerjavov in drugih strojev,
- SIST EN 1991-4: Vplivi na konstrukcije – Silosi in rezervoarji,

EVROKOD 2: Projektiranje betonskih konstrukcij

- SIST EN 1992-1-1: Splošna pravila in pravila za stavbe,
- SIST EN 1992-1-2: Splošna pravila – Projektiranje požarnoodpornih konstrukcij,
- SIST EN 1992-2: Betonski mostovi – Projektiranje in pravila za konstruiranje,
- SIST EN 1992-3: Zadrževalniki tekočin,

EVROKOD 3: Projektiranje jeklenih konstrukcij

- SIST EN 1993-1-1: Splošna pravila in pravila za stavbe
- SIST EN 1993-1-2: Splošna pravila - Požarnoodporno projektiranje
- SIST EN 1993-1-3: Splošna pravila - Dodatna pravila za hladno oblikovane profile in pločevino
- SIST EN 1993-1-4: Splošna pravila - Dodatna pravila za nerjavna jekla
- SIST EN 1993-1-5: Elementi pločevinaste konstrukcije
- SIST EN 1993-1-6: Trdnost in stabilnost lupinastih konstrukcij
- SIST EN 1993-1-7: Predmet pločevinaste konstrukcije obremenjen s prečno obtežbo
- SIST EN 1993-1-8: Projektiranje spojev
- SIST EN 1993-1-9: Utrujanje
- SIST EN 1993-2: Mostovi
- SIST EN 1993-3-1: Stolpi in jambori
- SIST EN 1993-3-1: Dimniki
- SIST EN 1993-4-1: Silosi
- SIST EN 1993-4-2: Rezervoarji
- SIST EN 1993-4-3: Cevovodi
- SIST EN 1993-5: Pilotiranje
- SIST EN 1993-6: Žerjavne proge

EVROKOD 4: Projektiranje sovprežnih konstrukcij iz jekla in betona

- SIST EN 1994-1-1: Splošna pravila in pravila za stavbe
- SIST EN 1994-1-2: Splošna pravila – Požarnoodporno projektiranje
- SIST EN 1994-2: Splošna pravila in pravila za mostove

EVROKOD 5: Projektiranje lesenih konstrukcij

- SIST EN 1995-1-1: Splošna pravila in pravila za stavbe,
- SIST EN 1995-1-2: Splošna pravila – Projektiranje požarnih konstrukcij,
- SIST EN 1995-2: Mostovi,

EVROKOD 6: Projektiranje zidanih konstrukcij

- SIST EN 1996-1-1: Splošna pravila za armirano in nearmirano zidovje
- SIST EN 1996-1-2: Splošna pravila – Požarnoodporno projektiranje
- SIST EN 1996-2: Projektiranje z upoštevanjem izbire materialov in izvedbo zidovja
- SIST EN 1996-3: Poenostavljene računske metode za nearmirane zidane konstrukcije

EVROKOD 7: Geotehnično projektiranje

- SIST EN 1997-1: Splošna pravila
- SIST EN 1997-2: Preiskovanje in preskušanje tal

EVROKOD 8: Projektiranje potresnoodpornih konstrukcij

- SIST EN 1998-1: Splošna pravila, potresni vplivi in pravila za stavbe,
- SIST EN 1998-2: Mostovi,
- SIST EN 1998-3: Ocena in prenova stavb
- SIST EN 1998-4: Silosi, rezervoarji in cevovodi
- SIST EN 1998-5: Temelji, oporne konstrukcije in geotehnični vidiki
- SIST EN 1998-6: Stolpi, jambori, dimniki

EVROKOD 9: Projektiranje konstrukcij iz aluminijevih zlitin

- SIST EN 1999-1-1: Splošna pravila za konstrukcije
- SIST EN 1999-1-2: Projektiranje požarnovarnih konstrukcij
- SIST EN 1999-1-3: Konstrukcije, občutljive na utrujanje
- SIST EN 1999-1-4: Hladno oblikovane konstrukcijske pločevine
- SIST EN 1999-1-5: Lupinaste konstrukcije

2. Posebnosti obnašanja lesenih, betonskih in zidanih konstrukcij

SPOSOBNOSTI ZA PREVZEM DOLOČENE VRSTE OBTEŽBE PRI POSAMEZNIH VRSTAH MATERIALOV.

KAKŠNA JE NOSILNOST LESENEGA ELEMENTA?

KAKŠNA JE NOSILNOST BETONSKEGA ELEMENTA?

KAKŠNA JE NOSILNOST ZIDANEGA ELEMENTA?

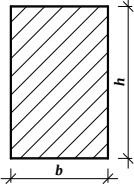
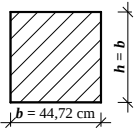
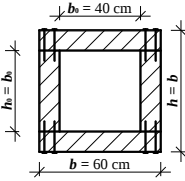
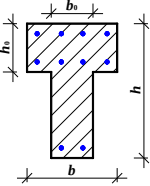
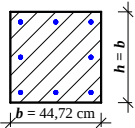
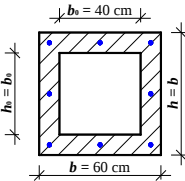
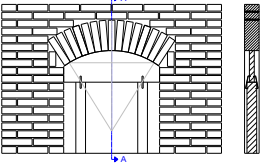
Konstrukcije izdelujemo iz:

- lesa,
- jekla,
- betona,
- kompizitnih materialov,
- umetnih materialov,

lahko pa so sovprežne, narejene iz:

- betona in jekla,
- betona in lesa,
- betona in umetnega materiala.

Preglednica 1 Posebnosti obnašanja lesenih, betonskih in zidanih konstrukcij

	nosilnost	Pri upogibnih nosilcih se zahteva zadostna upogibna nosilnost materiala.	Pri tlačnih stebrih se zahteva zadostna tlačna nosilnost materiala.
LESENE KONSTRUKCIJE	f_{c0d} ... tlačna trdnost v smeri vlaken f_{c90d} ... tlačna trdnost, pravokotno na vlakna f_{md} ... upogibna trdnost f_{td} ... natezna trdnost f_{wd} ... strižna trdnost		 $A_{x,1} = A_{x,2} = 200 \text{ cm}^2$  uklonsko odpornejši prečni prerez
BETONSKE KONSTRUKCIJE	f_{cd} ... tlačna trdnost $f_{td} \cong 0$... natezna trdnost		 $A_{x,1} = A_{x,2} = 200 \text{ cm}^2$  uklonsko odpornejši prečni prerez
ZIDANE KONSTRUKCIJE	f_{cd} ... tlačna trdnost $f_{td} \cong 0$... natezna trdnost	 Povezava med zidaki ne nudi upogibne nosilnosti, zato sistem oblikujemo v lok, ki navpično obtežbo prenese z normalnimi tlačnimi napetostmi.	1. sloj  2. sloj  Uporabljajo se pri manj obremenjenih konstrukcijskih sistemih, ker ne dosega visoke nosilnosti. Primerni so za okrasne stebre.

3. Principi smotrne izbire konstrukcijskega sistema v odvisnosti od izbranega materiala

KAJ VPIVA NA SMOTRNO IZBIRO KONSTRUKCIJSKEGA SISTEMA?

- VRSTA OBJEKTA,
- VSTAVITEV V PROSTOR,
- VRSTA UPORABLJENEGA KONSTRUKCIJSKEGA MATERIALA,
- EKONOMIČNOST GRADNJE.

Projektiranje konstrukcij poteka skozi fazo optimizacije, v okviru katere izbiramo:

- ustrezeni material,
- ustrezno vrsto konstrukcije,
- ustrezne prečne prereze elementov konstrukcije.

ŠOL L:	LETNIK:	IME IN PRIIMEK:	PREDMET:	VAJA ŠT.:	LIST ŠT.:
--------	---------	-----------------	----------	-----------	-----------

1

3] PRINCIPI SMOTRNE IZBIRE KONSTRUKCIJSKEGA SISTEMA V ODVISNOSTI OD IZBRANEGA MATERIALA

Konstruktivni sistemi:

- Plošče
- Grede
- stebri
- stene

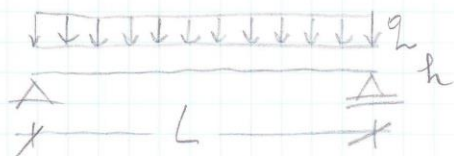
Materiali:

- Jeklo
- Armirani beton
- Les

Približne ocene začetnih dimenzij:

Podane razmerja med razponom in višino konstr.

- Prostoлеžni nosilec



JEKLO: $h/L = 1/20$ do $1/25$, izjemoma $1/30$

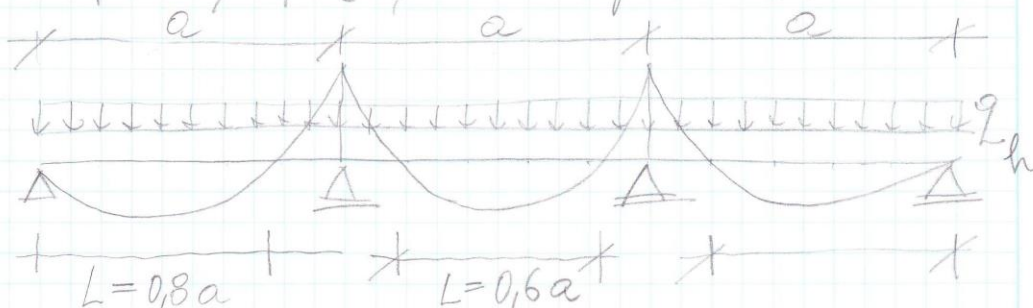
ARMIRANI BETON: $h/L = 1/15$ do $1/20$, izjemoma $1/25$

LES: $h/L = 1/10$ do $1/15$, izjemoma $1/20$

AB nosilec dolžine $L = 10\text{m}$ mora biti višje med 50 in 67 cm.

- Kontinuirani nosilec

Je dolžina L se v računu upoštevajo le deli razponov, kjer so momenti pozitivni.



FGG

ŠOL. L.	LETNIK	IME IN PRIIMEK	PREDMET	VAJA ŠT.	LIST ŠT.
---------	--------	----------------	---------	----------	----------

2

Navedene vrednosti višine h so odvisne od:

- Obtežbe

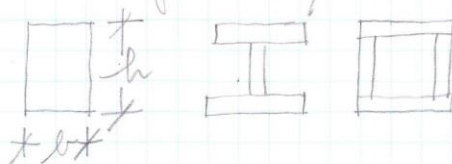
Upoštevano vrednost je 10 kN/m^2 (npr. močnejše obremenjene greda v stropih). V primeru manjše obtežbe (npr. lahke stube, sklene stube, nepohodne stube, zračne konstrukcije, greda z majhnimi razmaki, ...) je lahko višina nosilca h manjša.

V primeru večjih obtežb je potrebna višina h večja (npr. skladišča, tiskarne, veliki razmaki med gredami, ...)

- Prečnega preseka

Omenjene razmere h/ℓ veljajo v primeru:

- armirane betone, lesa in pravokotni presek,



- jekla in I presek obročastih razmerij, saj ni pravosti lokalnega uplone in bočne zornice

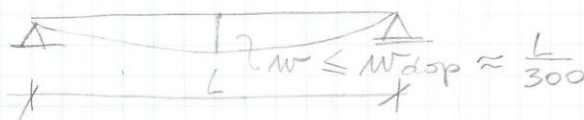
Z ugodnejšim oblikovanjem prečnega preseka betonski ali leseni I nosilec ali zložljivi presek, jekleni presek ojačani z laminami, statični nosilci, Vierendel nosilci, ..., lahko potrebno višino nosilca še dodatno zmanjšamo. Upoštevano je, da je prečni presek konstanten po vsej dolžini nosilca. S prilagojenimi višinami nosilca momentni črti, lahke prečni

ŠOL. L:	LETNIK:	IME IN PRIIMEK:	PREDMET:	VAJA ŠT.:	LIST ŠT.:
---------	---------	-----------------	----------	-----------	-----------

3

povez. se zoptimiziramo (vute).

— Omejitve največjega poveza



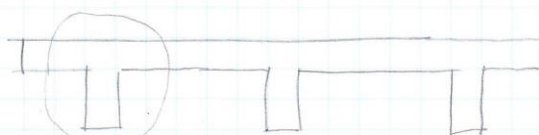
Kriterij povezor v omejenih izrazih $\Delta w/L$ ni upoštevna

Nižji momenti $\Rightarrow$ manjši vzhajnostni moment $\Rightarrow$
 $\Rightarrow$ večji pomiki.

Kriterij povezor lahko zahteva nižje nosilce.

— Povezave mobilov s ploščami

- omogočen dvostranski poraz obtežbe
- to je možno pri AB in Guprežnih konstrukcijah



Soobsevanje nosilca in plošče

ni možno pri lesenih ali montažnih AB konstrukcijah

mobli v dveh pravokotnih smereh delujejo bremeno.

ŠOL. L:	LETNIK:	IME IN PRIIMEK:	PREDMET:	VAJA ŠT.:	LIST ŠT.: 4
---------	---------	-----------------	----------	-----------	-------------

- Prednapetje

Pri AB konstrukcijah je možno potrebno visoko gred zmanjšati, če jih prednapnemo.

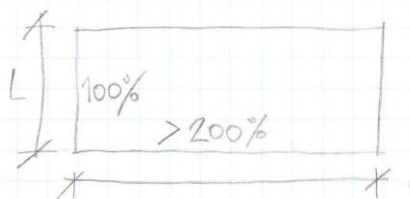
potek kabla sledi liniji uporišnih momentov

ŠOL. L:	LETNIK:	IME IN PRIIMEK:	PREDMET:	VAJA ŠT.:	LIST ŠT.:
---------	---------	-----------------	----------	-----------	-----------

5

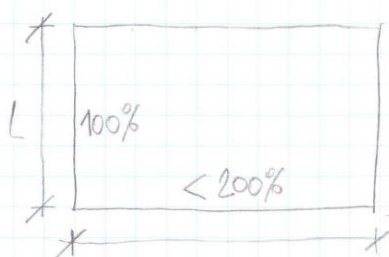
RAZMERJE d/L ZA ARMIRANO BETONSKO PLOŠČE

— Plošče z enosmernim razpoko debeline d



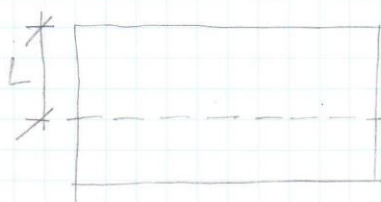
$$d/L = 1/30$$

— Plošče z dvosmernim razpoko debeline d



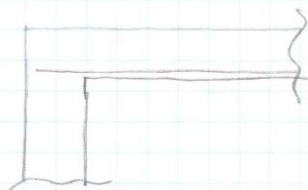
$$d/L = 1/35 \text{ do } 1/40$$

— Previsi in balkoni debeline d

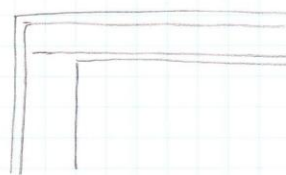


$$d/L = 1/10 \text{ do } 1/15$$

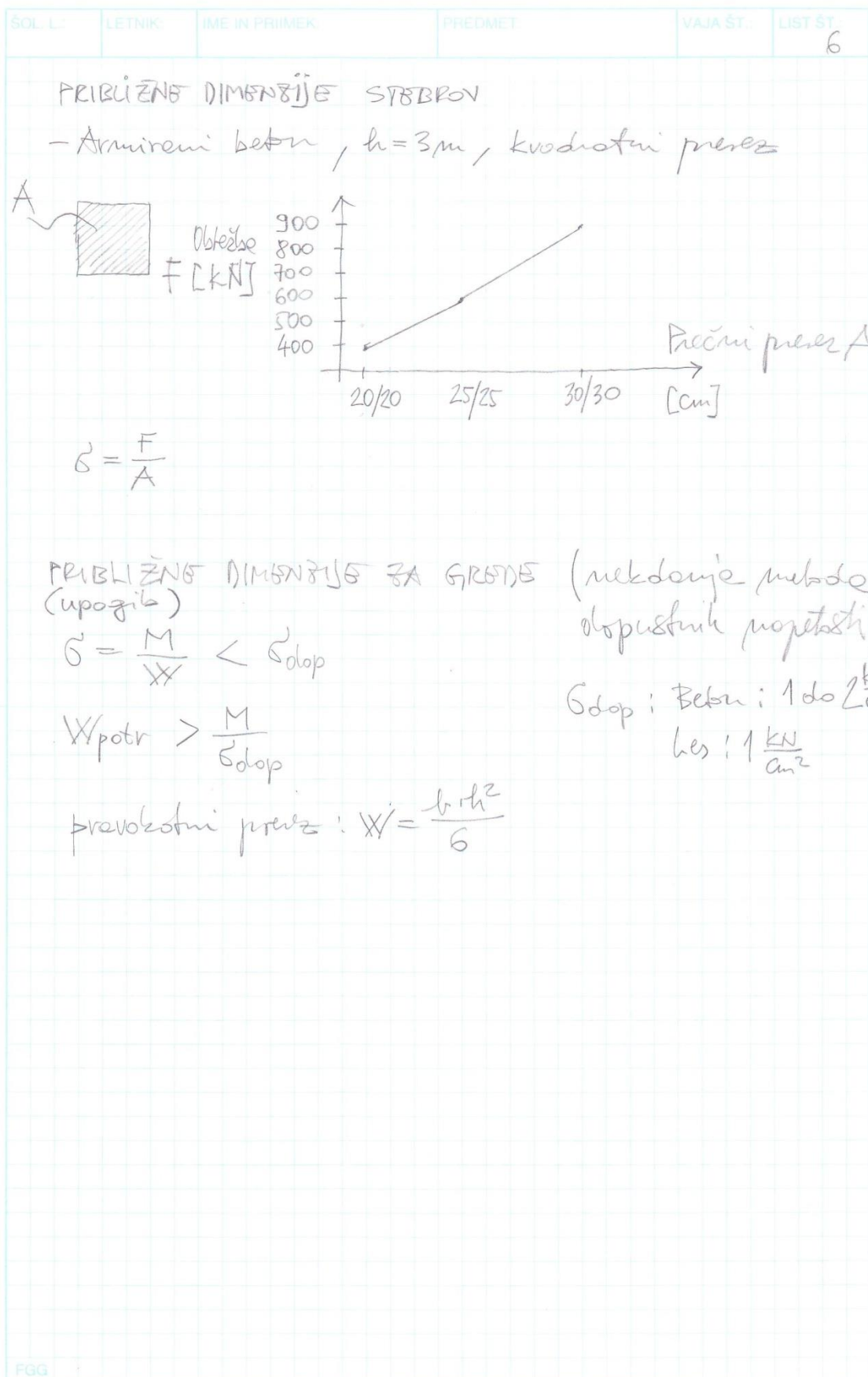
Armiranje vogala:



vogel razpoka



vogel ne razpoka



Calculating the deflection of a concrete member

For span-depth ratios below the following limits no further checks is needed

$$\frac{l}{d} = K \left[11 + 1,5 \sqrt{f_{ck}} \frac{\rho_0}{\rho} + 3,2 \sqrt{f_{ck}} \left(\frac{\rho_0}{\rho} - 1 \right)^{3/2} \right] \quad \text{if } \rho \leq \rho_0 \quad (7.16.a)$$

$$\frac{l}{d} = K \left[11 + 1,5 \sqrt{f_{ck}} \frac{\rho_0}{\rho - \rho'} + \frac{1}{12} \sqrt{f_{ck}} \sqrt{\frac{\rho'}{\rho_0}} \right] \quad \text{if } \rho > \rho_0 \quad (7.16.b)$$

l/d is the limit span/depth

K is the factor to take into account the different structural systems

ρ_0 is the reference reinforcement ratio = $\sqrt{f_{ck}} \cdot 10^{-3}$

ρ is the required tension reinforcement ratio at mid-span to resist the moment due to the design loads (at support for cantilevers)

ρ' is the required compression reinforcement ratio at mid-span to resist the moment due to design loads (at support for cantilevers)

22 February 2008

140



Limit values for l/d below which no calculated verification of the deflection is necessary

The table below gives the values of K (Eq.7.16), corresponding to the structural system. The table furthermore gives limit l/d values for a relatively high ($\rho=1,5\%$) and low ($\rho=0,5\%$) longitudinal reinforcement ratio. These values are calculated for concrete C30 and $\sigma_s = 310$ MPa and satisfy the deflection limits given in 7.4.1 (4) and (5).

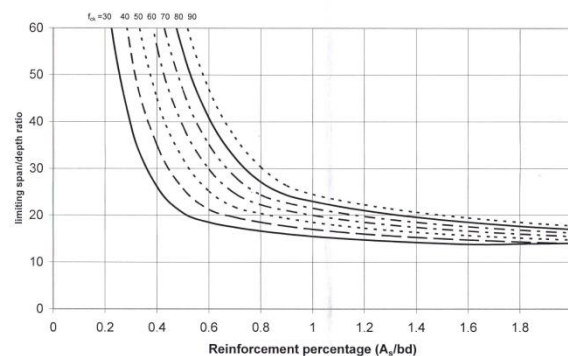
Structural system	K	$\rho = 0,5\%$	$\rho = 1,5\%$
Simply supported slab/beam	1,0	$l/d=14$	$l/d=20$
End span	1,3	$l/d=18$	$l/d=26$
Interior span	1,5	$l/d=20$	$l/d=30$
Flat slab	1,2	$l/d=17$	$l/d=24$
Cantilever	0,4	$l/d=6$	$l/d=8$

22 February 2008

142



Previous expressions in a graphical form (Eq. 7.16):



22 February 2008

141



3.1 MATERIAL

Konstrukcije izdelujemo iz:

- lesa,
- jekla,
- betona,
- kompozitnih materialov,
- umetnih materialov,

lahko pa so sovprežne, narejene iz:

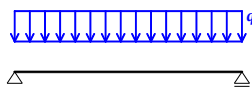
- betona in jekla,
- betona in lesa,
- betona in umetnega materiala.

3.2 VRSTA KONSTRUKCIJE

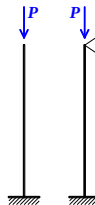
Ločimo:

- linijske konstrukcije:

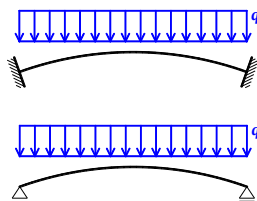
- grede,



- stebri,



- lokovi,



- ploskovne konstrukcije:

- plošče:

- nosilne v eni smeri,
- nosilne v dveh smereh,
- kontinuirne v eni smeri,
- kontinuirne v dveh smereh,

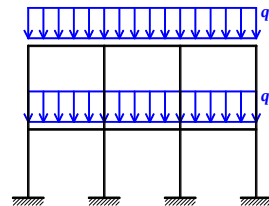
- stene,

- lupine:

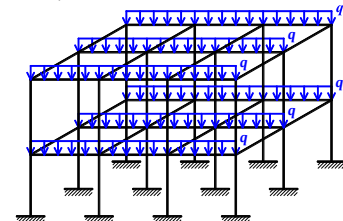
- membrane,
- upogibne lupine,
- mrežaste lupine.

- okvirji:

- ravninski,



- prostorski,



- paličja:

- ravninska,

- prostorska,

- brane,

3.3 PREČNI PREREZ

Betonski prečni prerezi ustaljenih – regularnih oblik so:

- pravokotni,
- T prerezi,
- I prerezi,
- škatlasti prerezi, ...

Uporabljamo tudi konstrukcije, s prečnimi prerezi posebnih – neregularnih oblik.

Pomembna parametra betonskega prečnega prereza sta stopnja armiranja in razporeditev armature po prerezu in konstrukciji.

Leseni prečni prerezi ustaljenih – regularnih oblik so:

- pravokotni,
- I prerezi,
- lamelirani prerezi, ...

Jekleni prečni prerezi ustaljenih – regularnih oblik so:

- valjani ali
- varjeni.

Ločimo:

- L prereze,
- C prereze,
- I prereze,
- T prereze,
- pravokotne škatlaste prereze,
- cevi, ...

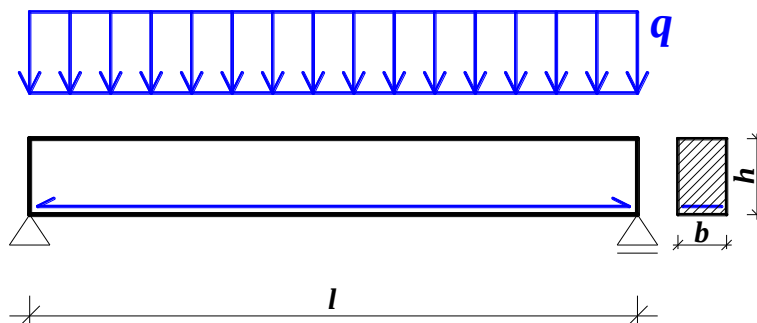
3.4 MATEMATIČNI POSTOPEK OPTIMIZACIJE

Neodvisne spremenljivke v postopku optimizacije konstrukcije, kot so višina prečnega prereza, prerez armature, ročica notranjih sil ali druge, so vključene v namensko ali kriterialno funkcijo, ki predstavlja ceno izdelave konstrukcije, porabo materiala, čas gradnje, stroške vzdrževanja, prihranek energije ali drugo. Poleg namenske funkcije imamo še poljubno mnogo dopolnilnih pogojev ali zahtev, kot so upogibna nosilnost, torzijska nosilnost, nevarnost preboja, stopnja armiranja, velikost premikov, širina razpok, lastna frekvenca nihanja, velikost posedkov, velikost diferenčnih posedkov in druge.

Matematični postopek optimizacije konstrukcij temelji na numeričnih metodah, ki se izvajajo po postopku:

- linearnega programiranja, kjer so neodvisne spremenljivke v namenski funkciji linearno odvisne med seboj – neznanka nastopa v prvi potenci,
- nelinearnega programiranja, kjer so neodvisne spremenljivke v namenski funkciji nelinearno odvisne med seboj – neznanka nastopa v potencah višjih redov ali drugih matematičnih funkcijah.

Primer optimizacije cene pravokotnega armirano betonskega nosilca
UPOGIBNO-OSNO OBREMENJEN ELEMENT



Obremenitev:

- upogibni moment M
- osna sila N

Predpostavke:

- širina prečnega prereza b je določena - je konstanta
- količina stremenske armature je določena - je konstanta
- enotne cene so neodvisne od količine materiala

Iščemo:

- višino prečnega prereza tako, da bo cena elementa, ob izpolnjenih pogojih nosilnosti, najmanjša

Iščemo minimum namenske funkcije

$$S_{\text{element}} = S_{\text{beton}} + S_{\text{armatura}} + S_{\text{opaž}}, \quad (3.1)$$

pri čemer je

S_{elementa} ... strošek materiala potrebenega za izdelavo elementa,

S_{betona} ... strošek betona,

S_{armature} ... strošek armature,

$S_{\text{opaža}}$... strošek opaža.

Če so

c_{betona} ... cena betona na enoto višine prečnega prereza,

c_{armature} ... cena armature na enoto višine prečnega prereza,

$c_{\text{opaža}}$... cena opaža na enoto višine prečnega prereza, pri čemer upoštevamo le vertikalni opaž,

$$S_{\text{element}} = c_{\text{beton}} \cdot h + c_{\text{armatura}} \cdot \frac{1}{h} + c_{\text{opaž}} \cdot h. \quad (3.2)$$

Ekstrem namenske funkcije nastopi, kadar je

$$\frac{dS_{\text{element}}}{dh} = 0, \quad (3.3)$$

$$\frac{dS_{\text{element}}}{dh} = c_{\text{beton}} - c_{\text{armatura}} \cdot \frac{1}{h^2} + c_{\text{opaž}}, \quad (3.3)$$

$$c_{\text{beton}} - c_{\text{armatura}} \cdot \frac{1}{h^2} + c_{\text{opaž}} = 0, \quad (3.4)$$

$$c_{\text{beton}} \cdot h - c_{\text{armatura}} \cdot \frac{1}{h} + c_{\text{opaž}} \cdot h = 0, \quad (3.5)$$

$$S_{\text{beton}} - S_{\text{armatura}} + S_{\text{opaž}} = 0, \quad (3.6)$$

pogoj optimalnosti je

$$h_{optimalno} = \sqrt{\frac{c_{armatura}}{c_{beton} + c_{opaž}}}, \quad (3.7)$$

$$S_{armatura} = S_{beton} + S_{opaž}. \quad (3.8)$$

V praksi se pri stopnji armiranja $1\% \leq \mu_{armatura} \leq 1,2\%$ koeficient k v pogoju optimalnosti

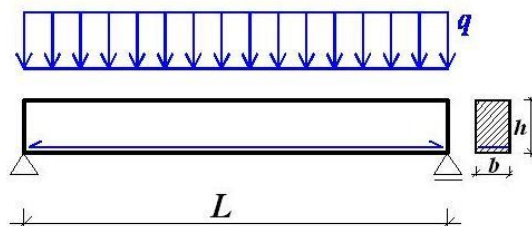
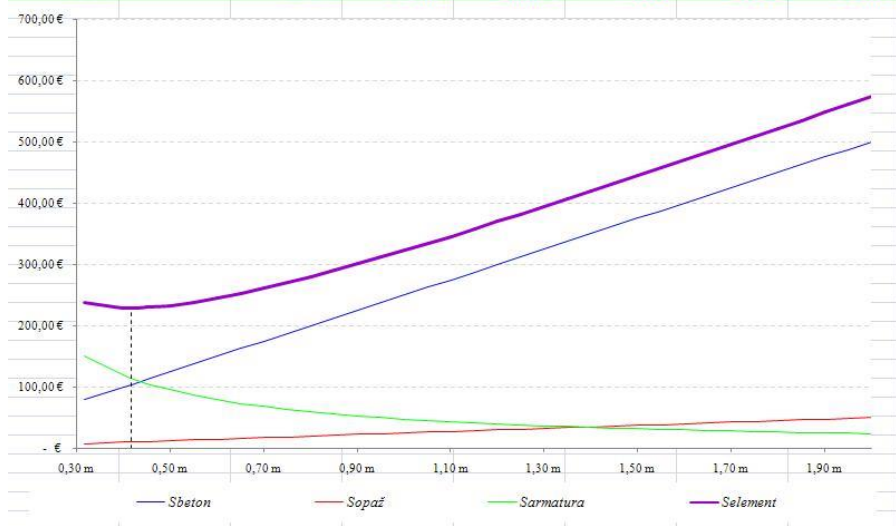
$$k \cdot S_{armatura} = S_{beton} + S_{opaž} \quad (3.9)$$

giblje med $\frac{2}{3} \leq k \leq \frac{3}{2}$.

beton	C30/37	h		S_{beton}	S_{opaž}	S_{armatura}	S_{element}
<i>f_{cd}</i> =	20 kN/m ²	0,317 m		79,13 €	7,91 €	150,60 €	237,64 €
jeklo	S500	0,400 m		100,00 €	10,00 €	119,16 €	229,16 €
<i>f_{yd}</i> =	434,7826087 kN/m ²	0,416 m		104,08 €	10,41 €	114,49 €	228,98 €
<i>a</i> =	0,025 m	0,450 m		112,50 €	11,25 €	105,92 €	229,67 €
<i>L</i> =	2,5 m	0,500 m		125,00 €	12,50 €	95,33 €	232,83 €
<i>b</i> =	1 m	0,550 m		137,50 €	13,75 €	86,67 €	237,92 €
<i>q_d</i> =	3 kN/m	0,600 m		150,00 €	15,00 €	79,44 €	244,44 €
<i>M</i> =	2,34375 kNm	0,650 m		162,50 €	16,25 €	73,33 €	252,08 €
<i>k_d</i> =	0,402	0,700 m		175,00 €	17,50 €	68,09 €	260,59 €
<i>d_{min}</i> =	0,292 m	0,750 m		187,50 €	18,75 €	63,55 €	269,80 €
<i>A_{c,min}</i> =	3165,11 cm ²	0,800 m		200,00 €	20,00 €	59,58 €	279,58 €
<i>k_s</i> =	1,411	0,850 m		212,50 €	21,25 €	56,08 €	289,83 €
<i>A_{s,max}</i> =	260,92 cm ²	0,900 m		225,00 €	22,50 €	52,96 €	300,46 €
<i>μ</i> =	8%	0,950 m		237,50 €	23,75 €	50,17 €	311,42 €
<i>c'_{beton}</i> =	100 €/m ³	1,000 m		250,00 €	25,00 €	47,67 €	322,67 €
<i>c'_{opaž}</i> =	5 €/m ²	1,050 m		262,50 €	26,25 €	45,40 €	334,15 €
<i>c'_{armatura}</i> =	6266,73 €/m ³	1,100 m		275,00 €	27,50 €	43,33 €	345,83 €
<i>c_{beton}</i> =	250 €/m	1,150 m		287,50 €	28,75 €	41,45 €	357,70 €
<i>c_{opaž}</i> =	25 €/m	1,200 m		300,00 €	30,00 €	39,72 €	369,72 €
<i>c_{armatura}</i> =	47,67 €/m	1,250 m		312,50 €	31,25 €	38,13 €	381,88 €
<i>h_{optimalno}</i> =	0,41632939 m	1,300 m		325,00 €	32,50 €	36,67 €	394,17 €
		1,350 m		337,50 €	33,75 €	35,31 €	406,56 €
		1,400 m		350,00 €	35,00 €	34,05 €	419,05 €
		1,450 m		362,50 €	36,25 €	32,87 €	431,62 €
		1,500 m		375,00 €	37,50 €	31,78 €	444,28 €
		1,550 m		387,50 €	38,75 €	30,75 €	457,00 €
		1,600 m		400,00 €	40,00 €	29,79 €	469,79 €
		1,650 m		412,50 €	41,25 €	28,89 €	482,64 €
		1,700 m		425,00 €	42,50 €	28,04 €	495,54 €
		1,750 m		437,50 €	43,75 €	27,24 €	508,49 €
		1,800 m		450,00 €	45,00 €	26,48 €	521,48 €
		1,850 m		462,50 €	46,25 €	25,77 €	534,52 €
		1,900 m		475,00 €	47,50 €	25,09 €	547,59 €
		1,950 m		487,50 €	48,75 €	24,44 €	560,69 €
		2,000 m		500,00 €	50,00 €	23,83 €	573,83 €

UPOGIBNO OBREMENJEN ELEMENT

$$S_{element} = S_{beton} + S_{armatura} + S_{opaž}$$



Določitev optimalnega betonskega prereza pravokotne oblike glede na ceno v odvisnosti od višine h

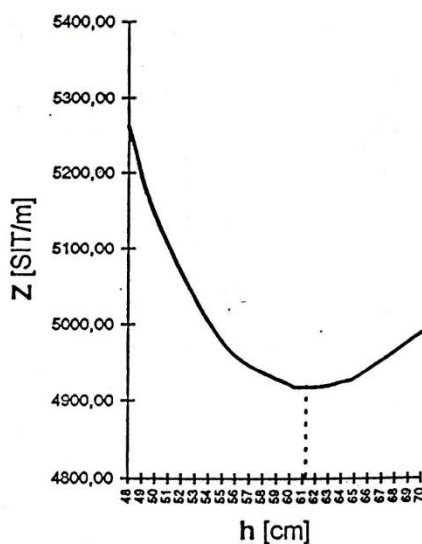
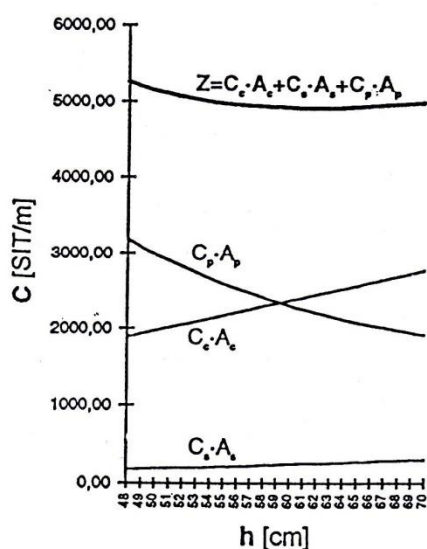
Namenska funkcija je minimalna cena nosilca na enoto dolžine

$$Z = C_c \cdot A_c + C_s \cdot A_s + C_p \cdot A_p = C_c \cdot A_c + \bar{C}_s \cdot A_s \cdot \rho_s + \bar{C}_p \cdot A_p \cdot \rho_p + C_0 \cdot F_0$$

Z cena nosilca na enoto dolžine
 A_c prerez betona
 A_s prerez mehke armature
 A_p prerez kabske armature
 $\bar{C}_s$ cena 1 kg mehke armature
 $\bar{C}_p$ cena 1 kg kabske armature
 ρ_s prostorninska teža mehke armature
 ρ_p prostorninska teža kabske armature
 C_c cena 1 m³ betona
 C_s cena 1 m³ mehke armature
 C_p cena 1 m³ kabske armature

$\bar{C}_s =$ 80 SIT/kg
 $\bar{C}_p =$ 240 SIT/kg
 $\rho_s =$ 7800 kg/m³
 $\rho_p =$ 7800 kg/m³
 $C_c =$ 9880 SIT/m³
 $C_p =$ 1872000 SIT/m³
 $C_s =$ 624000 SIT/m³

b	h	A_c	A_p	A_s	$C_c \cdot A_c$	$C_p \cdot A_p$	$C_s \cdot A_s$	Z
cm	cm	cm ²	cm ²	cm ²	SIT/m	SIT/m	SIT/m	SIT/m
40	48	1920	17,02	2,871	1896,96	3186,14	179,15	5262,25
40	50	2000	15,93	3,007	1976,00	2982,10	187,64	5145,73
40	55	2200	13,84	3,411	2173,60	2590,85	212,85	4977,29
40	60	2400	12,33	3,880	2371,20	2308,18	242,11	4921,49
40	61	2440	12,07	3,971	2410,72	2259,50	247,79	4918,01
40	62	2480	11,83	4,061	2450,24	2214,58	253,41	4918,22
40	63	2520	11,60	4,152	2489,76	2171,52	259,08	4920,36
40	64	2560	11,38	4,253	2529,28	2130,34	265,39	4925,00
40	65	2600	11,17	4,344	2568,80	2091,02	271,07	4930,89
40	70	2800	10,26	4,833	2766,40	1920,67	301,58	4988,65



Primer optimizacije cene pravokotnega prednapetega armirano betonskega prečnega prereza.

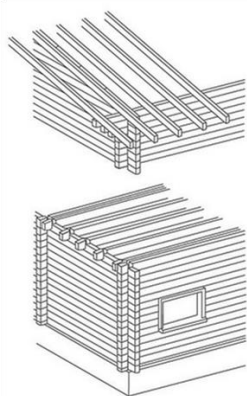
3.5 Vrste lesenih konstrukcij

3.5.1 Nosilne konstrukcije stavb

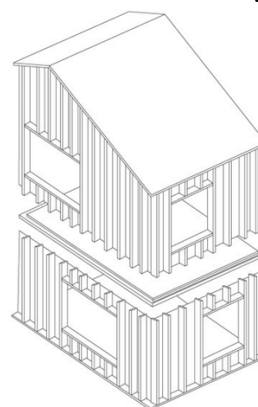
Lesene konstrukcije stavb se uporabljajo za gradnjo enostanovanjskih in večstanovanjskih hiš, poslovnih in stanovanjsko-poslovnih objektov, ki imajo zmerne razpetine. Najpogostejše so naslednje vrste lesenih nosilnih konstrukcij:

- kladna oziroma brunasta nosilna konstrukcija (log construction, slika 1),
- predalčna nosilna konstrukcija (timber frame construction, slika 2),
- stebrna nosilna konstrukcija (timber stud construction, slika 3),
- panelna nosilna konstrukcija (panel construction, slika 4),
- okvirna nosilna konstrukcija (frame construction, slika 5),
- masivna nosilna konstrukcija (solid timber construction, slika 6).

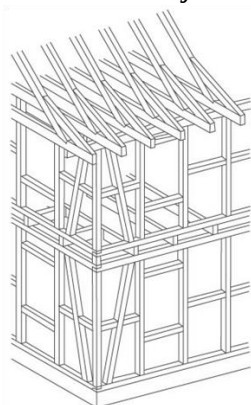
Glede na način izvedbe ločimo tradicionalno gradnjo in napredne nosilne konstrukcije.



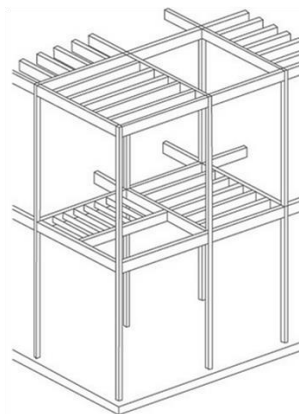
Slika 1 Kladna oziroma brunasta nosilna konstrukcija.



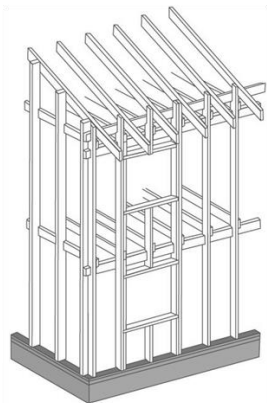
Slika 4 Panelna nosilna konstrukcija.



Slika 2 Predalčna nosilna konstrukcija.



Slika 5 Okvirna nosilna konstrukcija.



Slika 3 Stebrna nosilna konstrukcija.

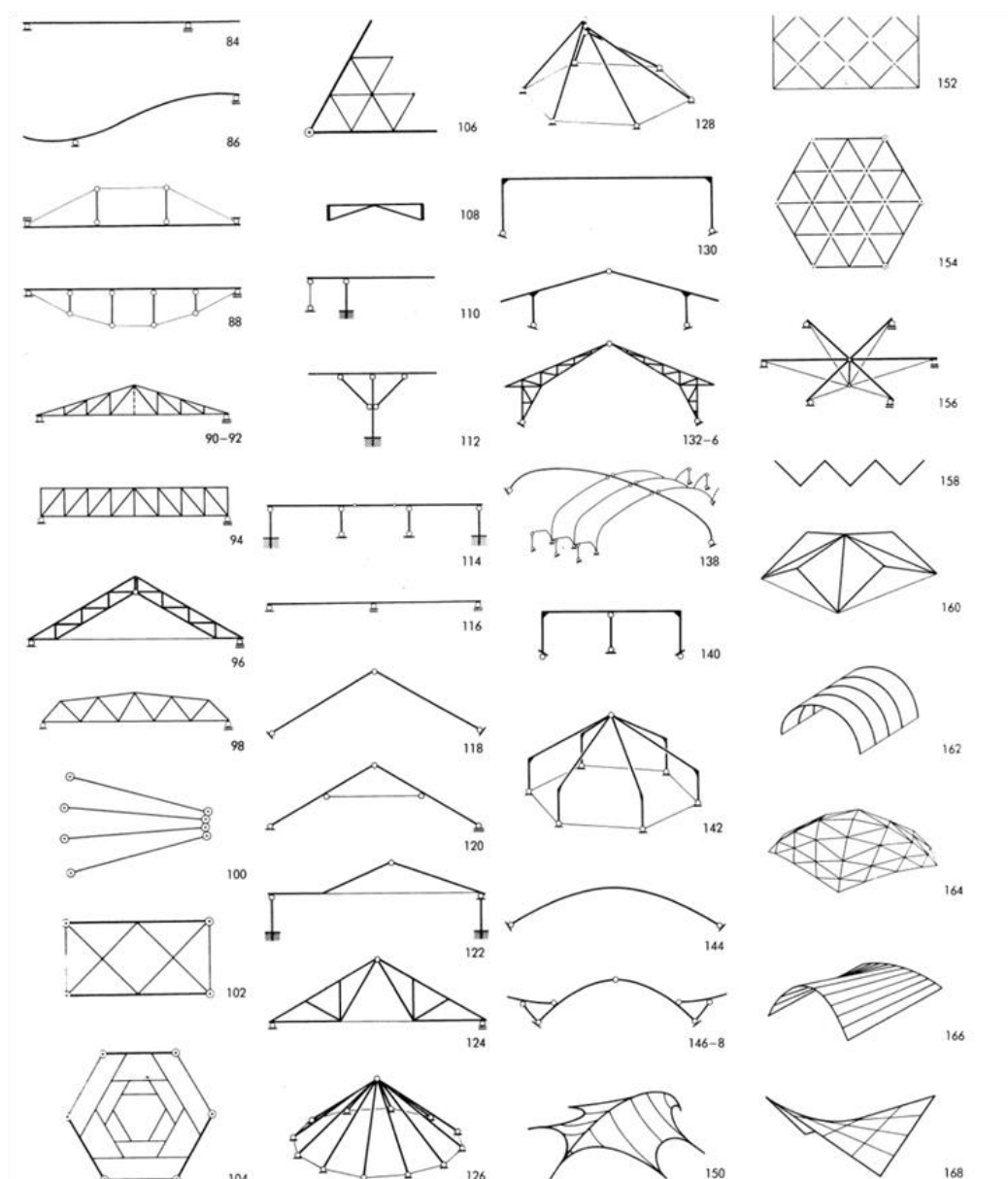


Slika 6 Masivna nosilna konstrukcija.

3.5.2 Nosilni sistemi inženirskih objektov

Inženirski objekti večjih razponov z leseno nosilno konstrukcijo so:

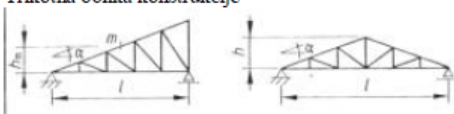
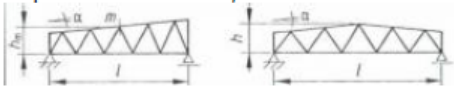
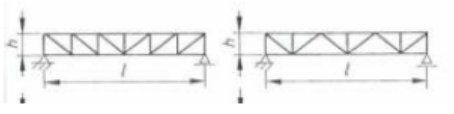
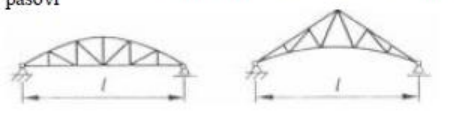
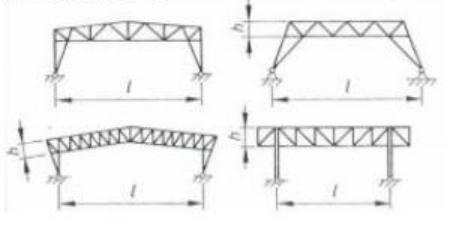
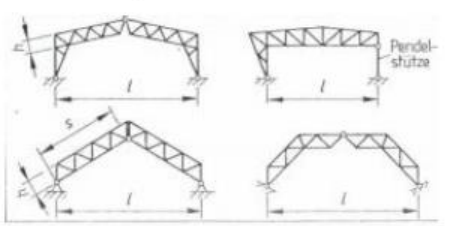
- športni in rekreacijski objekti:
 - o športne dvorane,
 - o plavalni bazeni, termalna kopališča,
- industrijski objekti,
- razstavniki objekti,
- kulturni objekti,
- šolski objekti,
- sakralni objekti,
- mostovi.



Slika 7 Primeri nosilnih konstrukcij.

Preglednica 2

Palični nosilci in oviri iz masivnega in lameliranega lesa.

Konstruktivski sistemi	Razpon l (v metrih)	Višina nosilca h (v metrih)	Naklon α
Trikotna oblika konstrukcije 	Enokapnica 10 do 20 Dvokapnica 10 do 30	h, h_m $\geq 1/10$	10° do 30°
Trapezna oblika konstrukcije 	10 do 30	h, h_m $\geq 1/12$	3° do 8°
Konstrukcija z vzporednimi pasovi 	Elementi iz lameliranega lesa 20 do 60	$\geq 1/12$ $\geq 1/15$	
Konstrukcija z ukrivljenimi spodnjimi in/ali zgornjimi pasovi 	Elementi iz masivnega lesa 15 do 40 Elementi iz lameliranega lesa 25 do 60		
Dvočlenski okvirji 	Elementi iz masivnega lesa 15 do 30 Elementi iz lameliranega lesa 25 do 50	$1/12$ do $1/18$ $1/12$ do $1/18$	
Tričlenski okvirji 		$1/12$ do $1/15$ $\geq s/12$ $1/12$ do $1/15$ $\geq s/12$	



Slika 8 Lesena ostrešja.

3.5.1 Predpisi

Predpis Evrokod 5 je namenjen projektiranju stavb in gradbenih inženirskih objektov v lesu, pri čemer se uporablja masivni les, žagan, oblan ali v obliki droga, lepljeni lamelirani les sli drugi leseni konstrukcijski proizvodi, kot je slojnati furnirni les LVL, ali leseni paneli, povezani skupaj z lepilom ali mehanskimi veznimi sredstvi. Evrokod 5 izpolnjuje načela in zahteve glede varnosti in uporabnosti konstrukcij v skladu z osnovami projektiranja, podanimi v predpisu Evrokod 0.

Evrokod 5 obravnava samo zahteve za mehansko odpornost, uporabnost, trajnost in požarno odpornost lesenih konstrukcij. Ostale zahteve, kot so na primer zahteve glede toplotne ali zvočne izolacije, niso obravnavane.

Evrokod 5 se uporablja skupaj z:

- EN 1990: Osnove projektiranja konstrukcij,
- EN 1991: Vplivi na konstrukcije,
- EN: Gradbeni proizvodi, pomembni za lesene konstrukcije,
- ENV 13670: Izvedba betonskih konstrukcij,
- EN 1997: Geotehnično projektiranje,
- EN 1998: Projektiranje potresnoodpornih konstrukcij, ko so lesene konstrukcije grajene na potresnih območjih.

Evrokod 5 je razdeljen na dva dela:

- Del 1: Splošno:
 - Del 1-1: Splošna pravila in pravila za stavbe,
 - Del 1-2: Splošna pravila – Projektiranje požarnovarnih konstrukcij,
- Del 2: Mostovi.

Pri lesenih konstrukcijah je temeljnim zahtevam iz poglavja 2 standarda EN 1990 zadoščeno, če velja naslednje:

- dimenzioniranje po metodi mejnih stanj v povezavi z metodo delnih faktorjev varnosti je v skladu z EN 1990,
- vplivi so v skladu z EN 1991,
- kombinacija vplivov je v skladu z EN 1990 in
- odpornost, trajnost in uporabnost konstrukcij so v skladu s standardom Evrokod 5.

3.6 Vrste betonskih konstrukcij

3.6.1 Stavbe

Stavbe z nosilno konstrukcijo iz betona so:

- stanovanjski objekti,
- pomožni objekti,
- poslovne stavbe,
- visoke stavbe, ...

3.6.2 Inženirski objekti

Inženirski objekti z nosilno konstrukcijo iz betona so:

- športni in rekreacijski objekti,
- industrijski objekti,
- razstavni objekti,
- kulturni objekti,
- šolski objekti,
- sakralni objekti,
- viadukti,
- mostovi,
- dolinske pregrade,
- tlačne posode,
- črpalne ploščadi,
- zadrževalniki tekočin, ...



Slika 9 Armiranobetonski stanovanjski objekt.



Slika 10 Armiranobetonski industrijski objekt.

Slika 11 *Armiranobetonski šolski objekt.*Slika 12 *Armiranobetonski dimnik.*Slika 13 *Armiranobetonska dolinska pregrada.*

Peljhan, M. 2006. Kritična ocena projektiranja montažnih armiranobetonskih hal po EC8.

V Sloveniji se vse bolj uveljavlja montažna gradnja konstrukcij. Predvsem industrijski objekti in velika nakupovalna središča so ponavadi narejeni iz prefabriciranih betonskih elementov. Prednost takih konstrukcij je, da so izdelane v proizvodnih obratih, v kontroliranih pogojih, predvsem kar se tiče sušenja in strjevanja betona. Gradnja je tudi hitrejša, saj se uporablja tipske opaže za vsako vrsto elementov. Poleg tega pa je terensko delo zmanjšano na minimum. Na gradbišče se namreč pripelje narejene elemente in se jih tam samo sestavi in poveže med seboj.

Med potresom se, v odvisnosti od jakosti potresa, na konstrukcijo prenese določena količina potresne energije, ki jo mora konstrukcija na nek način disipirati. Največ energije se pretvori v nepovratne oblike pri plastičnem deformiranju elementov konstrukcije na mestih, ki so najbolj izpostavljena. Ker ne želimo rušenja konstrukcij, moramo stremeti za konstrukcijami, ki bodo lahko prenesle velike plastične deformacije, ne da bi se pri tem porušile. To so duktilne konstrukcije. Način, kako bomo zagotovili duktilno obnašanje konstrukcije, je predvsem odvisen od izbranega materiala, izbire konstrukcijskega sistema in izvedbe detajlov.

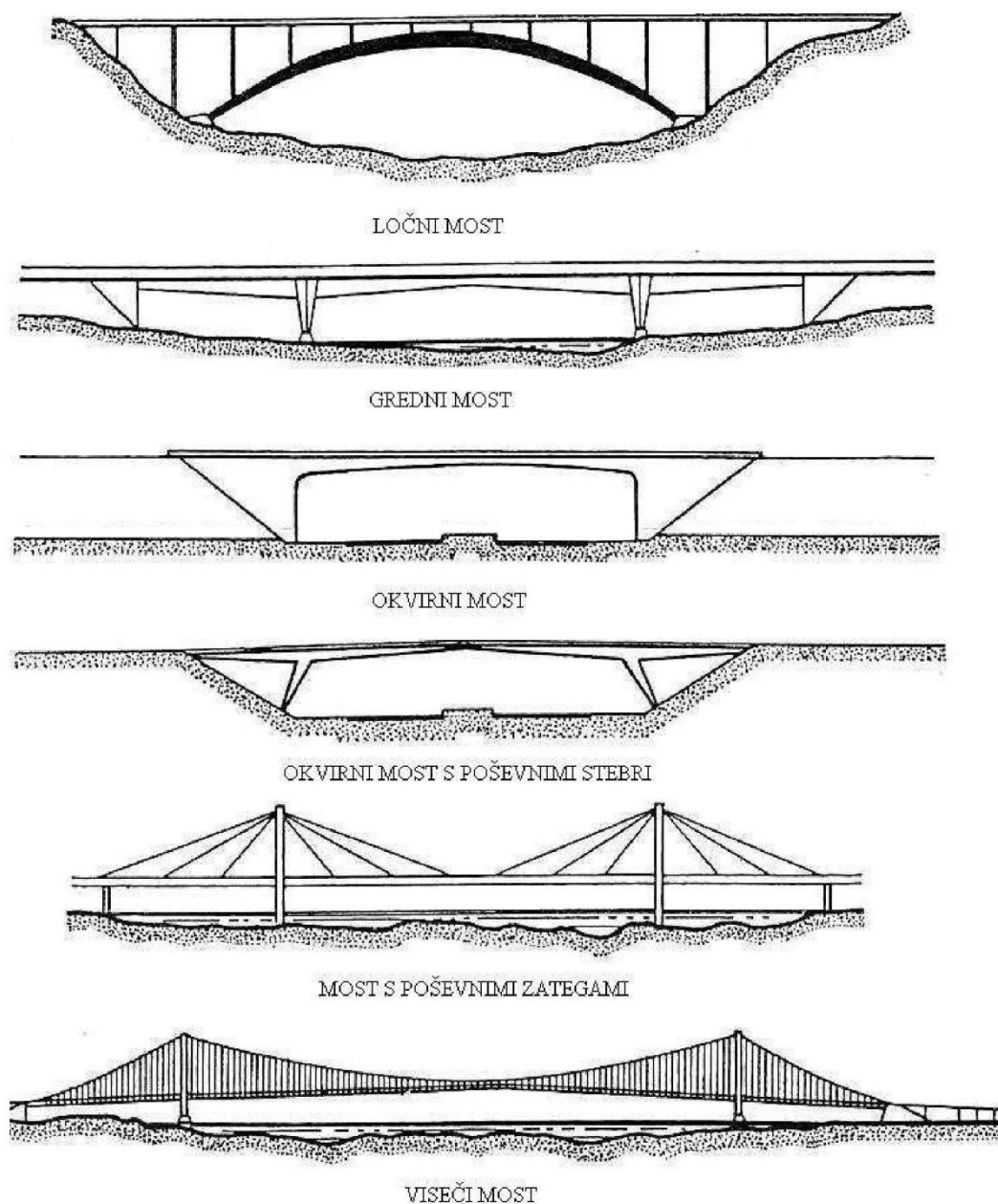
V Sloveniji se vse bolj množično uporablja montažni način gradnje, predvsem za industrijske objekte ter velike nakupovalne centre. Vzroki za tako množičen porast tovrstnih konstrukcij so lažja izvedba, neodvisnost od vremenskih vplivov med samo izdelavo, kontrolirani pogoji izdelave ter cenovna ugodnost. Prav zaradi množičnosti gradnje in pomembnosti objektov za varnost ljudi in opreme, ki se v objektih nahaja, se pojavlja vprašanje potresne odpornosti takih hal.

Mekić V. 2010. Sodobne tehnologije gradnje mostov.

V začetku so bili premostitveni objekti v glavnem iz lesa in kamna. Kitajci so že davno gradili kamnite mostove, ki stojijo še danes. Kamniti mostovi so bili značilni tudi za Rimljane in za obdobje srednjega veka. V Sloveniji imamo velik Solkanski most, ki še danes velja v mnogih pogledih za rekordni dosežek med kamnitimi mostovi. Izpostaviti je potrebno tudi Mostarski kamniti most, ki je bil zgrajen že leta 1566. Ta most je eden najznamenitejših dosežkov turške arhitekture. Mostarski most je bil za svoje čase tako napreden, da so zanj rekli, da je mojstrovina, ki bo osramotila vse arhitekta. Nekateri še danes trdijo, da je to rimski in ne turški most. Kasneje so kamnite mostove nadomestili jekleni, betonski in sovprežni mostovi. V začetku 20. stoletja stopi beton med konkurenčne materiale in postane v sredini 20. stoletja primarni material za gradnjo premostitvenih objektov. Med premostitvene objekte uvrščamo mostove in viadukte.

Mostove lahko delimo po raznih kriterijih, na primer: po namenu, materialu, lokaciji. Za projektiranje, konstruiranje in statično analizo je najvažnejša razdelitev glede na nosilne sisteme. Glede na zasnovo konstrukcije, obliko, način prevzema ter prenosa sil razlikujemo pet osnovnih nosilnih konstrukcijskih sistemov mostov:

- gredne sisteme,
- okvirne sisteme,
- ločne sisteme,
- viseče sisteme in
- sisteme s poševnimi zategami.



Slika 14 Razdelitev mostov glede na nosilne sisteme

<http://www.slonep.net/montazne-hise/montazna-gradnja/skeletna-okvirna-in-masivna>

Skeletna, okvirna in masivna gradnja

Bistvo montažne gradnje je, da objekt sestavljamo na gradbišču iz vnaprej izdelanih elementov v proizvodnji dvorah. Elementi montažne gradnje so lahko betonski, kovinski ali leseni. Če je temeljna nosilna konstrukcija lesena, je ta lahko skeletna, okvirna ali masivna.

Za razliko od montažne hiše, skeletna temelji na skeletu, ki stoji samostojno, oz. je statično neodvisna in ne potrebuje konstrukcijskih plošč. Bistvo skeletne lesene konstrukcije je, da je sestavljena iz stebrov in nosilcev, ki so lahko iz masivnega ali konstrukcijskega

kompozitnega lesa. Ker stene nimajo nosilnih funkcij, je možna kasnejša sprememba tlorisa. Skelet je obdan oz. se zapira z različnimi materiali: s steklom, polnimi predizdelanimi elementi ali pa se zazida. Skelet je tako lahko obdan z materiali, ki imajo najboljše toplotne karakteristike in so dobro paroprepustni. Enako kot pri klasični gradnji, se strojne in električne instalacije izvajajo na gradbišču in se lahko prilagodijo željam posameznika. Ker so predzidalni elementi običajno lahki, lahko zgradimo skeletno hišo na vsaki lokaciji oz. tudi na terenu, kjer dostop za tovornjake ni mogoč.

Skeletna hiša je lahko postavljena v nekaj dneh, cena pa je primerljiva s klasično montažno gradnjo oz. zidanimi objekti. Sam način gradnje omogoča upoštevanje individualnosti in arhitekturno svobodo. Stopnja kakovosti bivanja je zaradi načina gradnje in uporabe naravnih in paropropustnih materialov, ki omogočajo »dihanje« hiše, zelo visoka. Energijsko varčna skeletna hiša pomeni nizke stroške bivanja. Nenazadnje pa je za ekološko osveščene kupce pomembno tudi dejstvo, da zaradi biološko razgradljivih materialov odstranitev objekta ne predstavlja obremenitev za okolje.

Poleg skeletne, je lesena temeljna nosilna konstrukcija lahko tudi okvirna. Kot že samo ime pove, pri tej vrsti konstrukcije sestavljajo stene leseni okviri iz stebrov in prečk. Okvir, ki je nosilni element, je obojestransko obložen z mavčnimi, vlaknениmi, lesocementnimi ali ivernimi ploščami. Polnilo, ki zapolnjuje prostor med ploščami, ima toplotno izolativno funkcijo. Obloge ščitijo notranjost in zunanost hiše pred požarom in zunanjimi podnebnimi vplivi.

Za razliko od okvirne konstrukcije so pri masivni konstrukciji stene objekta polne. Izdelane so lahko iz brun, tramov, plošč iz lepljenega lesa ali masivnega lesa v obliki plošč ali lesenih zidakov. Navadno so stene masivne konstrukcije enostransko obložene z izolacijo ali izolacijskimi ploščami.

Tudi pri lesenih montažnih hišah so temelji, plošča in kletni prostori betonski oz. zidani. Za natančno in korektno izvedbo mora biti betonska plošča popolnoma vodoravna in pravokotno izvedena, klet pa mora biti izdelana po načrtu. Sama izgradnja poteka tako, da se na betonsko osnovo postavijo zunanje stene, nato sledi postavitve notranjih nosilnih predelnih sten. Če po načrtu hiše ni predvidena mansarda, se vgradijo predelne stene šele po pokritju strehe in izdelavi stropov.

Postavitve montažnih lesenih hiš je odvisna od stopnje predhodne izdelave elementov v proizvodnih dvoranih in od načina sestavljanja teh elementov na terenu. Pri velikostenskemu sistemu podjetje pripelje na gradbišče celotno hišo: že v tovarni v celoti izdelane stenske in stropne elemente z že izdelano fasado, vgrajenimi okni, vrati, balkoni, terasnimi stenami. Hišo sestavijo v nekaj dneh, nato sledi še fina notranja obdelava. Za takšen sistem gradnje mora biti zagotovljen urejen dovoz za dvigalo. V nasprotnem primeru, kjer je dostop do zemljišča za velike tovornjake oviran, se na gradbišče pripeljejo ali v skrajnem primeru prinesejo le nosilci, izolacija in obložene plošče, samo konstrukcijo pa sestavijo na terenu.

3.6.3 Predpisi

Predpis Evrokod 2 se uporablja pri projektiranju stavb in inženirskih objektov iz nearmiranega, armiranega in prednapetega betona. Evrokod 2 ustreza načelom in zahtevam po varnosti in uporabnosti konstrukcij, osnovam projektiranja in preverjanja konstrukcij, ki so navedene v EN 1990: Osnove projektiranja konstrukcij.

Evrokod 2 se nanaša samo na zahteve po mehanski odpornosti, uporabnosti, trajnosti in požarni odpornosti betonskih konstrukcij. Drugih zahtev, kot sta na primer toplotna in zvočna izolacija, standard ne upošteva.

Evrokod 2 je namenjen za uporabo v povezavi z navedenimi predpisi:

EN 1990:	Osnove projektiranja konstrukcij
EN 1991:	Vplivi na konstrukcije
hEN's:	Gradbeni proizvodi za betonske konstrukcije
ENV 13670:	Izvedba betonskih konstrukcij
EN 1997:	Geotehnično projektiranje
EN 1998:	Projektiranje potresnoodpornih konstrukcij, če se betonske konstrukcije gradijo na potresnih območjih

Evrokod 2 vsebuje naslednje dele:

Del 1-1:	Splošna pravila in pravila za stavbe
Del 1-2:	Požarnoodporno projektiranje
Del 2:	Armirani in prednapeti betonski mostovi
Del 3:	Konstrukcije zadrževalnikov tekočin

Pri betonskih konstrukcijah je temeljnim zahtevam iz poglavja 2 standarda EN 1990 zadoščeno, če velja naslednje:

- dimenzioniranje po metodi mejnih stanj v povezavi z metodo delnih faktorjev varnosti je v skladu z EN 1990,
- vplivi so v skladu z EN 1991,
- kombinacija vplivov je v skladu z EN 1990 in
- odpornost, trajnost in uporabnost konstrukcij so v skladu s standardom Evrokod 2.

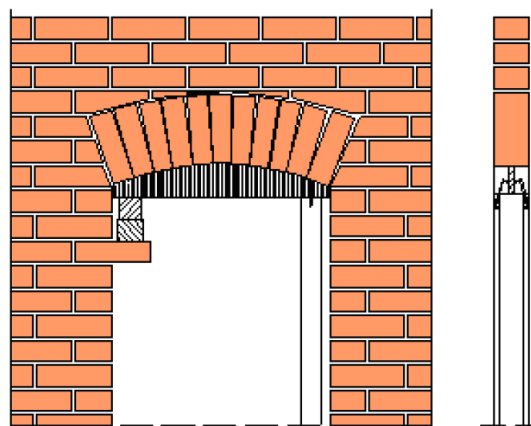
3.7 Vrste zidanih konstrukcij

Zidane konstrukcije se uporabljajo za gradnjo enostanovanjskih in večstanovanjskih hiš, poslovnih in stanovanjsko-poslovnih objektov, kulturnih in sakralnih objektov, ki imajo zmerne razpetine. Najpogostejše so naslednje vrste zidanih nosilnih konstrukcij:

- stene,
- loki,
- stebri.



Slika 15 Zidan stanovanjski objekt.



Slika 16 Opečni lok.

3.7.1 Predpisi

Predpis Evrokod 6 se uporablja pri projektiranju stavb in inženirskih objektov in njihovih delov, ki so grajeni iz nearmiranega, armiranega, prednapetega ali povezanega zidovja.

Evrokod 6 obravnava samo zahteve za odpornost, uporabnost in trajnost konstrukcij. Ostale zahteve, kot so na primer zahteve za toplotno in zvočno izolirnost, niso obravnavane.

Izvedba del je zajeta le v obsegu, potrebnem za izbiro kakovosti materialov in gradbenih proizvodov, ki jih je treba uprabit, ter standardov za izvedbo del na gradbišču, da so izpolnjene predpostavke pravil za projektiranje.

Evrokod 6 ne obsega posebnih zahtev za potresnoodporno projektiranje. Določila, povezana s temi zahtevami, so podana v predpisu Evrokodu 8, ki dopolnjuje predpis Evrokod 6 in je skladen z njim.

Številčne vrednosti vplivov na stavbe in gradbene inženirske objekte, ki se morajo upoštevati pri projektiranju, niso navedene v predpisu Evrokod 6. Te vrednosti so podane v predpisu Evrokodu 1.

Pri zidanih konstrukcijah je temeljnim zahtevam iz poglavja 2 standarda EN 1990 zadoščeno, če velja naslednje:

- dimenzioniranje po metodi mejnih stanj v povezavi z metodo delnih faktorjev varnosti je v skladu z EN 1990,
- vplivi so v skladu z EN 1991,
- kombinacija vplivov je v skladu z EN 1990 in
- odpornost, trajnost in uporabnost konstrukcij so v skladu s standardom Evrokod 6.

4. Projektna obtežba

KAJ JE PROJEKTNA OBTEŽBA?

PROJEKTNA OBTEŽBA JE PRIČAKOVANA OBTEŽBA, KI BO Z DOLOČENO VERJETNOSTJO DELOVALA NA KONSTRUKCIJO.

Projektiranje armiranobetonskih konstrukcij (AB konstrukcij) izvajamo po metodi mejnih stanj (MMS) skladno s standardom Evrokod EC 2 – SIST EN 1992-1-1.

Pri dimenzioniranju AB konstrukcij moramo zagotoviti

- mejno stanje nosilnosti,
- mejno stanje uporabnosti.

Mejna stanja nosilnosti so stanja porušitev različnih vrst, ki lahko ogrozijo človeška življenja

- izguba ravnotežja konstrukcije ali dela konstrukcije kot togega telesa,
- porušitev ali prekomerna deformacija prerezov ali konstrukcij,
- utrujanje.

Mejna stanja uporabnosti so stanja, pri katerih konstrukcija ne izpolnjuje pogojev uporabnosti

- preveliki pomiki (onemogočena normalna uporaba),
- prevelike razpoke (zmanjšana trajnost),
- neugodne vibracije (neugodno počutje, škode na objektu).

V sklopu mejnega stanja nosilnosti moramo določiti mejno obremenitev prereza in preveriti, ali le-ta prekorači mejno nosilnost prereza.

Kaj pomeni mejna obremenitev prereza?

Mejna obremenitev prereza so notranje sile (upogibni moment M , osna sila N , prečna sila V , torzijski moment T), ki jih dobimo tako, da konstrukcijo modeliramo z linearno elastičnim materialnim modelom (upoštevamo Hookov zakon) in jo obtežimo s faktorirano verjetno zunanjo obtežbo (lastna teža, sneg, veter, ...) ali pa s stanji, ki preprečujejo deformiranje konstrukcije zaradi spremembe temperature, krčenja betona, pomika podpor itd.

4.1 Klasifikacija obtežb po EC 1 – SIST EN 1991-1

Z izrazom obtežba (action) označujemo po EC 1 vse sile in vplive okolja na gradbeno konstrukcijo. Obtežbo definiramo kot vpliv okolja, ki povzroča spremembo notranjih napetosti v konstrukciji. Ti vplivi so lahko

- neposredni ali direktni (direct action): točkovne ali koncentrirane, ploskovne, prostorske sile,
- posredni ali indirektni (indirect action): vsiljene ali preprečene deformacije (temperaturni vplivi, krčenje, lezenje, ...).

Vsako obtežbo lahko razdelimo glede na njen

- časovni učinek oziroma kako se obtežba po velikosti spreminja časovno,
- prostorski učinek oziroma kako se lega obtežbe spreminja po konstrukciji.

Glede na časovno spreminjanje obtežbe ločimo:

- stalne ali mrtve obtežbe G (lastna teža, pritrjena oprema, ...),
- spremenljive obtežbe Q (koristna obtežba, veter, ...),
- nezgodne obtežbe A (eksplozije, udarci, ...).

Glede na prostorsko razporeditev pa ločimo

- fiksne oziroma nespremenljive obtežbe (lastna teža, ...),
- proste obtežbe (premične obtežbe, sneg, veter, ...), za katere iščemo najbolj neugodno postavitve oziroma vpliv na konstrukcijo.

Nadaljnji pomemben pojem je karakteristična vrednost obtežbe F_k

- karakteristična vrednost lastne teže G_k se izračuna na podlagi nazivnih mas in gostot, pri čemer pravilnik v primerih, ko so možna večja odstopanja za stalno obtežbo, definira zgornjo mejo ali supremum $G_{k,sup}$ in spodnjo mejo ali infimum $G_{k,inf}$,
- karakteristično vrednost spremenljive obtežbe Q_k določimo tako, da le-ta z določeno verjetnostjo v življenjski dobi konstrukcije ne bo presežena oziroma z določeno verjetnostjo v dobi konstrukcije niti ne bo dosežena,
- karakteristična vrednost nezgodne obtežbe A_k je pogosto kar predpisana vrednost.

Pomemben pojem je tudi reprezentativna vrednost spremenljive obtežbe. Ločimo

- karakteristično vrednost spremenljive obtežbe ali glavno reprezentativno vrednost obtežbe Q_k ,

s pomočjo faktorjev ψ_i , ki jih podaja EC 1, pa so določene še

- kombinacijska vrednost spremenljive obtežbe $\psi_0 \cdot Q_k$,
- pogosta vrednost spremenljive obtežbe $\psi_1 \cdot Q_k$,
- navidezno stalna vrednost spremenljive obtežbe $\psi_2 \cdot Q_k$.

4.2 Projektna stanja

Ločimo tri projektna stanja:

- trajno, ki odgovarja fazi normalne uporabe konstrukcije,
- prehodno, ki odgovarja fazam gradnje, popravil, ...,
- nezgodno.

Pri trajnem in prehodnem projektnem stanju vse spremenljive vrednosti ne dosežejo karakteristične vrednosti istočasno, zato je smiselno, da glavno spremenljivo obtežbo upoštevamo v karakteristični vrednosti, ostale spremenljive obtežbe pa upoštevamo v njihovih kombinacijskih vrednostih.

V nezgodnem projektnem stanju je malo verjetno, da bi spremenljive obtežbe nastopale v polni vrednosti med delovanjem nezgodne obtežbe. Tako spremenljive obtežbe upoštevamo na ta način, da glavno spremenljivo obtežbo upoštevamo v njeni pogosti vrednosti, ostale pa v obliki navidezno stalne vrednosti.

Koeficienti ψ_0 , ψ_1 , ψ_2 so podani v EC 1. Priporočene vrednosti faktorjev ψ za stavbe so podane v preglednici 2.

Preglednica 3 Delni varnostni faktor za obtežbe za različne osnovne obtežne primere.

Vpliv	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Koristna obtežba v stavbah (glej EN 1991-1-1)			
Kategorija A: bivalni prostori	0,7	0,5	0,3
Kategorija B: pisarne	0,7	0,5	0,3
Kategorija C: stavbe, kjer se zbirajo ljudje	0,7	0,7	0,6
Kategorija D: trgovine	0,7	0,7	0,6
Kategorija E: skladišča	1,0	0,9	0,8
Kategorija F: prometne površine – vozilo s težo ≤ 30 kN	0,7	0,7	0,6
Kategorija G: prometne površine – 30 kN < teža vozila ≤ 160 kN	0,7	0,5	0,3
Kategorija H: strehe	0	0	0
Obtežba snega na stavbah (glej EN 1991-1-3)*			
Finska, Islandija, Norveška, Švedska	0,7	0,5	0,2
Druge članice CEN, za kraje z nadmorsko višino nad 1.000 m	0,7	0,5	0,2
Druge članice CEN, za kraje z nadmorsko višino pod 1.000 m	0,5	0,2	0
Obtežba vetra na stavbah (glej EN 1991-1-4)	0,6	0,2	0
Spremembe temperature (ne pri požaru) v stavbah (glej EN 1991-1-5)	0,6	0,5	0

OPOMBA: Vrednosti faktorjev ψ so lahko določene v nacionalnem dodatku.

*) Za države, ki niso omenjene v nadaljevanju, glej ustrezne krajevne pogoje.

Projektna vrednost vpliva obtežb je definirana z izrazom

$$F_d = \gamma_f \cdot F_k, \quad (4.1)$$

pri čemer je γ_f delni varnostni faktor za obtežbe, podan v EC 1. Z delnim varnostnim faktorjem γ_f upoštevamo določeno odstopanje obtežbe, nezanesljivo modeliranje obtežbe, ... γ_f je za različne osnovne obtežne primere podan v preglednici 3.

Preglednica 4 Delni varnostni faktor za obtežbe za različne osnovne obtežne primere.

Vpliv	Stalna obtežba G	Spremenljiva obtežba Q
Ugoden	1,0 * ($\gamma_{G,inf}$)	0,0
Neugoden (istosmiseln vpliv)	1,35 * ($\gamma_{G,sup}$)	1,50

* Za račun globalnega ravnotežja konstrukcij lahko izjemoma uporabimo $\gamma_{G,inf}=0,90$ in $\gamma_{G,sup}=1,10$.

Podobno je definirana tudi projektna trdnost materiala

$$X_d = \frac{X_k}{\gamma_M}, \quad (4.2)$$

pri čemer je γ_M delni varnostni faktor za materiale, X_k pa karakteristična trdnost materiala določena s standardnimi testi na podlagi statističnih podatkov (fraktila).

Preglednica 5 Delni varnostni faktorji za materiale za v mejnem stanju nosilnosti kot jih podaja standard SIST EN 1992-1-1 oziroma EC 2.

Projektna stanja	γ_C za beton	γ_S za mehko armaturo	γ_S za prednapeto armaturo
Stalna in začasna	1,5	1,15	1,15
Nezgodna	1,2	1,0	1,0

Pri kontroli v mejnem stanju uporabnosti moramo, za delne varnostne faktorje za materiale, upoštevati vrednosti, ki so podane v posebnih členih tega evrokoda.

Opomba: Vrednosti varnostnih faktorjev γ_C in γ_S v mejnem stanju uporabnosti za uporabo v posamezni državi lahko najdemo v ustreznem nacionalnem dodatku. Priporočene vrednosti za projektna stanja, ki niso obravnavana v posebnih členih tega evrokoda, je 1,0.

Projektna vrednost učinka vpliva E_d predstavlja odziv konstrukcije, to so notranje sile, napetosti, deformacije in pomiki

$$E_d = E(F_d, a_d, X_d) \quad (4.3)$$

in je funkcija projektne vrednosti vpliva oziroma obtežbe F_d , projektne vrednosti geometrijskega podatka a_d in projektne vrednosti lastnosti materiala X_d .

Kombinacije vplivov oziroma kombinacije obtežb podaja standard SIST EN 1990. Za vsak kritični obtežni primer je treba določiti projektne vrednosti učinkov vplivov E_d s kombiniranjem vrednosti vplivov, za katere se ocenjuje, da se bodo pojavili istočasno. Vedno iščemo za določeno vrednost vpliva merodajni obtežni primer. Poiščemo največjo osno silo N_{max} v kritičnem prerezu in njej pripadajoči upogibni moment $M_{prip}(N_{max})$, poiščemo največji upogibni moment M_{max} v kritičnem prerezu in njemu pripadajočo osno silo $N_{prip}(M_{max})$ ali pa poiščemo najmanjši upogibni moment M_{min} v kritičnem prerezu in njemu pripadajočo osno silo $N_{prip}(M_{min})$.

V mejnem stanju uporabnosti ločimo dve kombinaciji vplivov:

- osnovna kombinacija vplivov – kombinacija vplivov za stalna in začasna projektna stanja, kjer je obremenitev podana kot funkcija obtežb, pri čemer lastna teža nastopa v obliki računske vrednosti $\gamma_{G,j} \cdot G_{k,j}$, prištejemo ji prevladujočo spremenljivo obtežbo $\gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1}$, ostale spremenljive obtežbe $\gamma_{Q,i} \cdot Q_{k,i}$ pa množimo s kombinacijskimi faktorji $\psi_{0,i}$, saj vse spremenljive obtežbe ne nastopajo naenkrat in v polni vrednosti

$$E_d = E \left(\sum_j \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \right), \quad (4.4)$$

- nezgodna kombinacija vplivov – kombinacija vplivov za nezgodna projektna stanja, kjer je obremenitev podana kot funkcija obtežb, pri čemer lastni teži $G_{k,j}$ prištejemo obtežbo zaradi nezgode A_d , pogosto $\psi_{1,1} \cdot Q_{k,1}$ in navidezno stalno $\psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$ spremenljivo obtežbo

$$E_d = E \left(\sum_j G_{k,j} + A_d + \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i>1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \right) \quad (4.5)$$

Poseben nezgodni primer je potres

$$E_d = E \left(\sum_j G_{k,j} + \sum_{i>1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} + A_{E,d} \right), \quad (4.6)$$

pri čemer $A_{E,d}$ predstavlja vrednost vpliva zaradi potresnih sil oziroma deformacij.

4.3 SIST EN 1991-1-1: Splošni vplivi – Gostote, lastna teža, koristne obtežbe stavb

4.3.1 STALNA OBTEŽBA

Preglednica A.1: Gradbeni materiali – betoni in malte

Materiali	Prostorninska teža γ [kN/m ³]
Betoni (glej EN 206)	
Lahki betoni razreda	
LC 1,0	9,0–10,0 ¹⁾²⁾
LC 1,2	10,0–12,0 ¹⁾²⁾
LC 1,4	12,0–14,0 ¹⁾²⁾
LC 1,6	14,0–16,0 ¹⁾²⁾
LC 1,8	16,0–18,0 ¹⁾²⁾
LC 2,0	18,0–20,0 ¹⁾²⁾
Običajni beton	24,0 ¹⁾²⁾
Težki beton	> 24,0 ¹⁾²⁾
Malte	
cementna malta	19,0–23,0
mavčna malta	12,0–18,0
apneno-cementna malta	18,0–20,0
apnena malta	12,0–18,0
¹⁾ Pri običajnem odstotku armiranja in/ali prednapetja z jeklenimi kabli se poveča za 1 kN/m ³ . ²⁾ Pri svežem betonu se poveča za 1 kN/m ³ .	
OPOMBA: Glej točko 4.	

Preglednica A.2: Gradbeni materiali – zidovi

Materiali	Prostorninska teža γ [kN/m ³]
Zidaki	
glineni zidaki	glej prEN 771-1
zidaki iz kalcijevega silikata	glej prEN 771-2
betonski zidaki	glej prEN 771-3
zidaki iz poroznega betona	glej prEN 771-4
zidaki iz umetnega kamna	glej prEN 771-5
stekleni votli zidaki	glej prEN 1051
terakota	21,0
Naravni kamen , glej prEN 771-6	
granit, sienit, porfir	27,0–30,0
bazalt, diorit, gabro	27,0–31,0
tahilit	26,0
bazaltna lava	24,0
peščenjak, sivi bazaltni peščenjak	21,0–27,0
gosti apnenci	20,0–29,0
drugi apnenci	20,0
vulkanski tuf	20,0
gnajs	30,0
glinasti skrilavci	28,0
OPOMBA: Glej točko 4.	

Preglednica A.3: Gradbeni materiali – les

Materiali	Prostorninska teža γ [kN/m ³]
Les , za trdnostne razrede lesa (glej EN 338):	
C14	3,5
C16	3,7
C18	3,8
C22	4,1
C24	4,2
C27	4,5
C30	4,6
C35	4,8
C40	5,0
D30	6,4
D35	6,7
D40	7,0
D50	7,8
D60	8,4
D70	10,8
Lepljen lameliran les , za trdnostne razrede (glej EN 1194):	
homogen	
GL24h	3,7
GL28h	4,0
GL32h	4,2
GL36h	4,4
kombiniran	
GL24c	3,5
GL28c	3,7
GL32c	4,0
GL36c	4,2
Vezan les	
mehak les	5,0
breza	7,0
laminati in mizarske plošče	4,5
Iverke	
običajne iverke	7,0–8,0
cementne iverke	12,0
sendvičaste iverke	7,0
Vlknaste plošče	
trde	10,0
srednje	8,0
lahke	4,0
OPOMBA: Glej točko 4.	

Preglednica A.4: Gradbeni materiali – kovine

Materiali	Prostorninska teža γ [kN/m ³]
Kovine	
aluminij	27,0
medenina	83,0–85,0
bron	83,0–85,0
baker	87,0–89,0
lito železo	71,0–72,5
kovano železo	76,0
svinec	112,0–114,0
jeklo	77,0–78,5
cink	71,0–72,0

Preglednica A.5: Gradbeni materiali – drugi materiali

Materiali	Prostorninska teža γ [kN/m ³]
Steklo	
razbito steklo	22,0
steklo v ploščah	25,0
Plastični materiali	
akrilne plošče	12,0
ekspandiran polistiren, kroglice	0,3
penasto steklo	1,4
Skriljevec	28,0

Preglednica A.6: Materiali za mostove

Materiali	Prostorninska teža γ [kN/m ³]
Tlaki na cestnih mostovih	
liti asfalt in asfaltni beton	24,0–25,0
mastiks	18,0–22,0
vroče valjani asfalt	23,0
Polnila za mostove	
pesek (suh)	15,0–16,0 ¹⁾
gramoz, prodec	15,0–16,0 ¹⁾
gramozna greda	18,5–19,5
drobljena žilindra	13,5–14,5 ¹⁾
drobljenec	20,5–21,5
peščena glina	18,5–19,5
Tlaki na železniških mostovih	
zaščitni beton	25,0
običajni gramoz (npr. granit, gnajs)	20,0
bazaltni gramoz	26,0
Tir z gramozno gredo	Teža na enoto dolžine grede²⁾³⁾ g_k [kN/m]
2 tračnici UIC 60	1,2
prednapeti betonski pragovi s pritrditvijo tračnic	4,8
betonski pragovi s prečko iz jeklenih kotnikov	–
leseni pragovi s pritrditvijo tračnic	1,9
Tiri brez gramozne grede	
2 tračnici UIC 60 s pritrditvijo tračnic	1,7
2 tračnici UIC 60 s pritrditvijo tračnic, mostnim nosilcem in zaščitno ograjo	4,9
¹⁾ V drugih preglednicah so navedene vrednosti za nasute materiale.	
²⁾ Brez gramozne grede.	
³⁾ Privzet razmik pragov je 60 cm.	
OPOMBA 1: Vrednosti za tračnice so uporabne tudi izven železniških mostov.	
OPOMBA 2: Glej točko 4.	

Preglednica A.8: Uskladiščeni kmetijski proizvodi

Proizvodi	Prostorninska teža γ [kN/m ³]	Kot notranjega trenja ϕ [°]
Naravna gnojila		
hlevski gnoj z najmanj 60 % suhe snovi	7,8	–
hlevski gnoj s suho slamo	9,3	45
suhi perutinski gnoj	6,9	45
gnojevka z najmanj 20 % suhe snovi	10,8	–
Umetna gnojila		
NPK, zrnat	8,0–12,0	25
tomasova žlindra, mleta	13,7	35
fosfat, drobljen	10,0–16,0	30
kalijev sulfat	12,0–16,0	28
ureja	7,0–8,0	24
Krma, zelena, rahlo nakopičena	3,5–4,5	–
Žito		
nemleto (≤ 14 % vlage, če ni drugega podatka) na splošno		
ječmen	7,8	30
pivski ječmen, moker	7,0	30
travno seme	8,8	–
koruza, nasuta	3,4	30
koruza v vrečah	7,4	30
oves	5,0	–
oljna repica	5,0	30
rž	6,4	25
pšenica, nasuta	7,0	30
pšenica v vrečah	7,8	30
travne kocke	7,5	–
	7,8	40
Seno		
balirano	1,0–3,0	–
valjane bale	6,0–7,0	–
Kože in krzna		
	8,0–9,0	–
Hmelj		
	1,0–2,0	25
Slad		
	4,0–6,0	20
Moka		
mlela	7,0	45
kocke	7,0	40
Šota		
suha, nasuta	1,0	35
suha, stisnjena in balirana	5,0	–
mokra	9,5	–
Silaža		
	5,0–10,0	–
Slama		
nasuta, suha	0,7	–
balirana	1,5	–
Tobak, baliran		
	3,5–5,0	–
Volna		
nasuta	3,0	–
balirana	7,0–13,0	–
OPOMBA: Glej točko 4.		

Preglednica A.7: Uskladiščeni gradbeni materiali

Materiali	Prostorninska teža γ [kN/m ³]	Kot notranjega trenja ϕ [°]
Agregati (glej EN 206)		
lahki	9,0–20,0 ¹⁾	30
običajni	20,0–30,0	30
težki	>30,0	30
Gramoz in pesek, nasut		
	15,0–20,0	35
Pesek		
	14,0–19,0	30
Metlurška žlindra		
kosi	17,0	40
drobljena	12,0	30
drobljena penjena	9,0	35
Opečni pesek, drobljena opeka, razbita opeka		
	15,0	35
Vermikulit		
luščen, agregat za beton	1,0	–
neobdelan	6,0–9,0	–
Bentonit		
nasut	8,0	40
zvitiran	11,0	–
Cement		
razsut	16,0	28
v vrečah	15,0	–
Premogov filterški pepel		
	10,0–14,0	25
Steklo, plošče		
	25,0	–
Mavec, mlet		
	15,0	25
Lignitni filterški pepel		
	15,0	20
Apno		
	13,0	25
Apnenec, prah		
	13,0	25–27
Magnezija, mleta		
	12,0	–
Plastika		
polietilen, polistirolo zrnat	6,4	30
polivinilklorid, prah	5,9	40
poliestrska smola	11,8	–
smolno lepilo	13,0	–
Voda, pitna		
	10,0	–
¹⁾ Za lahki beton glej preglednico A.1.		
OPOMBA: Glej točko 4.		

Preglednica A.9 – Uskladiščeni živilski proizvodi			
Proizvodi	Prostorninska teža [kN/m ³]	Kot notranjega trenja φ [°]	
Jajca v embalaži	4,0–5,0	–	
Moka			
nasuta	6,0	25	
pakirana	5,0	–	
Sadje			
jabolka	8,3	30	
– nasuta	6,5	–	
– v zabojih	7,8	–	
češnje	5,9	–	
hruške	2,0	–	
maline na pladnjih	1,2	–	
rdeče jagode na pladnjih	6,8	–	
paradižnik			
Sladkor			
nasut	7,5–10,0	35	
pakiran	16,0	–	
Povrtnine, zelene			
ohrovt	4,0	–	
solata	5,0	–	
Povrtnine, stročnice			
fižol	8,1	35	
– splošno	7,4	30	
– soja	7,8	–	
grah			
Povrtnine, koreni			
splošno	8,8	–	
rdeča pesa	7,4	40	
korenje	7,8	35	
čebula	7,0	35	
repa	7,0	35	
Krompir			
nasut	7,6	35	
v zabojih	4,4	–	
Sladkorna pesa			
sušena, v kosih	2,9	35	
surova	7,6	–	
mokra, v kosih	10,0	–	
OPOMBA: Glej točko 4.			

Preglednica A.10: Uskladiščene tekočine	
Proizvodi	Prostorninska teža [kN/m ³]
Pijače	
pivo	10,0
mleko	10,0
voda	10,0
vino	10,0
Naravna olja	
ricinusovo olje	9,3
glicerin	12,3
laneno olje	9,2
oljčno olje	8,8
Organske tekočine in kisline	
alkohol	7,8
eter	7,4
solna kislina (40 % masnega deleža)	11,8
gorlini špirt	7,8
dušikova kislina (91 % masnega deleža)	14,7
žveplena kislina (30 % masnega deleža)	13,7
žveplena kislina (87 % masnega deleža)	17,7
terpentin, beli špirt	8,3
Oglikovodiki	
anilin	9,8
bencol	8,8
premogovni eter	10,8–12,8
kreosot	10,8
nafta	7,8
parafin	8,3
lahki bencin	6,9
zemeljsko olje	9,8–12,8
dizel	8,3
kurilno olje	7,8–9,8
težko olje	12,3
mazivno olje	8,8
bencin kot gorivo	7,4
tekoči plin	
butan	5,7
propan	5,0
Druge tekočine	
živo srebro	133
minij	59
svinčevo belilo	38
blato z več kot 50 % vode	10,8
OPOMBA: Glej točko 4.	

Preglednica A.11: Uskladiščena trdna goriva

Proizvodi	Prostorninska teža γ [kN/m ³]	Kot notranjega trenja ϕ [°]
Oglje		
napolnjeno z zrakom	4,0	–
brez zraka	15,0	–
Premog		
kvadrasti briketi, nasuti	8,0	35
kvadrasti briketi, zloženi	13,0	–
jajčasti briketi	8,3	30
surov iz jame	10,0	35
v pralnih bazenih	12,0	–
premogov prah	7,0	25
koks	4,0–6,5	35–45
vmesni proizvod v drobilnicah	12,3	35
usedline odpadne vode v premogovnikih	13,7	35
vse druge vrste premoga	8,3	30–35
Drva	5,4	45
Lignit/rjavi premog		
briketi, nasuti	7,8	30
briketi, zloženi	12,8	–
moker	9,8	30–40
suh	7,8	35
prah	4,9	25–40
nizkotemperaturni koks	9,8	40
Šota		
črna, sušena, stisnjena in pakirana	6,0–9,0	–
črna, sušena, rahlo nasuta	3,0–6,0	45
OPOMBA: Glej točko 4.		

Preglednica A.12: Uskladiščeni industrijski in splošni proizvodi

Proizvodi	Prostorninska teža γ [kN/m ³]	Kot notranjega trenja ϕ [°]
Knjige in dokumenti		
knjige in dokumenti	6,0	–
gosto zloženi	8,5	–
Regali in omare	6,0	–
Obleke in blago, povezano	11,0	–
Led v koščkih	8,5	–
Usnje, zloženo	10,0	–
Papir		
v rolah	15,0	–
zložen	11,0	–
Guma	10,0 – 17,0	–
Kamena sol	22,0	45
Sol	12,0	40
Žaganje		
suho, pakirano	3,0	–
suho, nasuto	2,5	45
mokro, nasuto	5,0	45
Katran, bitumen	14,0	–
OPOMBA: Glej točko 4.		

4.3.2 KORISTNA OBTEŽBA

STAVBE

Preglednica 6.1: Kategorije uporabe

Kategorija	Opis uporabe	Primeri
A	Bivalni prostori	Sobe v stanovanjih in hišah, spalnice in oddelki v bolnišnicah, spalnice v hotelih, kuhinje v gostilnah in sanitarije
B	Pisarne	
C	Površine, kjer se zbirajo ljudje (z izjemo površin v kategorijah A, B, D ¹⁾)	C1: Površine z mizami, npr. v šolah, kavarnah, restavracijah, jedilnicah, čitalnicah, sprejemnicah C2: Površine s pritrjenimi sedeži, npr. v cerkvah, gledališčih in kinih, konferenčnih dvoranh, predavalnicah, skupščinskih dvoranh, čakalnicah, železniških čakalnicah C3: Površine brez ovir za gibanje ljudi, npr. v muzejih, razstaviščih, dostopnih prostorih v javnih in upravnih stavbah, hotelih, bolnišnicah, preddverja železniških postaj C4: Površine za telesnokulturne dejavnosti, npr. plesne dvorane, telovadnice, odri C5: Površine, na katerih lahko pride do gneče, npr. prireditvene stavbe, koncertne dvorane, športne dvorane vključno s tribunami, terase, dostopne površine, železniške ploščadi
D	Trgovine	D1: Površine v trgovini na drobno D2: Površine v veleblagovnicah
¹⁾ Zlasti pri površinah C4 in C5 je treba upoštevati 6.3.1.1(2). Glej EN 1990, kadar je treba upoštevati dinamične učinke. Za kategorijo E glej preglednico 6.3.		
OPOMBA 1: Glede na pričakovano uporabo so površine, ki bi bile sicer lahko uvrščene v kategorijo C2, C3 ali C4, lahko uvrščene v kategorijo C5, če se tako odloči naročnik in/ali to določa nacionalni dodatek.		
OPOMBA 2: Nacionalni dodatek lahko predvidi podkategorije za kategorije A, B, C1 do C5, D1 in D2.		
OPOMBA 3: Za skladišča in industrijske površine glej 6.3.2.		

Vrednost q_k je namenjena za določitev globalnih učinkov na konstrukciji, vrednost Q_k pa za določitev lokalnih učinkov. Nacionalni dodatek lahko določi drugačne pogoje uporabe te preglednice.

Preglednica 6.2: Koristne obtežbe na tleh, balkonih in stopnicah stavb

Kategorije površin		q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]
A	– tla na splošno	1,5 do <u>2,0</u>	<u>2,0</u> do 3,0
	– stopnice	<u>2,0</u> do 4,0	<u>2,0</u> do 4,0
	– balkoni	<u>2,5</u> do 4,0	<u>2,0</u> do 3,0
B		2,0 do <u>3,0</u>	1,5 do <u>4,5</u>
C	– C1	2,0 do <u>3,0</u>	3,0 do <u>4,0</u>
	– C2	3,0 do <u>4,0</u>	2,5 do 7,0 (<u>4,0</u>)
	– C3	3,0 do <u>5,0</u>	<u>4,0</u> do 7,0
	– C4	4,5 do <u>5,0</u>	3,5 do <u>7,0</u>
	– C5	<u>5,0</u> do 7,5	3,5 do <u>4,5</u>
D	– D1	<u>4,0</u> do 5,0	3,5 do 7,0 (<u>4,0</u>)
	– D2	4,0 do <u>5,0</u>	3,5 do <u>7,0</u>

SKLADIŠČA

Preglednica 6.3: Kategorije skladiščnih in industrijskih površin

Kategoriji površin	Namen uporabe	Primer
E1	Površine, kjer je mogoče kopičiti blago, vključno z dostopnimi površinami	Skladiščne površine vključno s skladišči knjig in drugih dokumentov
E2	Industrija	

Preglednica 6.4: Koristne obtežbe tal v skladiščih

Kategorija površine	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]
E1	7,5	7,0

Preglednica 6.5: Teže praznih viličarjev in bremen ter mere razredov FL

Razred viličarja	Teža praznega viličarja [kN]	Breme [kN]	Širina osi a [m]	Celotna širina b [m]	Celotna dolžina l [m]
FL 1	21	10	0,85	1,00	2,60
FL 2	31	15	0,95	1,10	3,00
FL 3	44	25	1,00	1,20	3,30
FL 4	60	40	1,20	1,40	4,00
FL 5	90	60	1,50	1,90	4,60
FL 6	110	80	1,80	2,30	5,10

Preglednica 6.6: Osnovni pritisk viličarjev

Razred viličarja	Pritisk prve osi Q_k [kN]
FL 1	26
FL 2	40
FL 3	63
FL 4	90
FL 5	140
FL 6	170

PROMETNE POVRŠINE STAVB

Preglednica 6.7: Prometne in parkirne površine v stavbah

Kategorije prometnih površin	Opis uporabe	Primer
F	Prometne in parkirne površine za lahka vozila (s skupno težo ≤ 30 kN in ≤ 8 sedežev brez voznika)	garaže, parkirišča, parkirne hiše
G	Prometne in parkirne površine za srednje težka vozila (s skupno težo > 30 kN, ≤ 160 kN, z dvema osema)	dostopne poti, dostavne površine, površine, na katere je mogoč dovoz gasilskih vozil (s skupno težo ≤ 160 kN)
OPOMBA 1: Dostop do površin kategorije F mora biti omejen s fizičnimi ovirami, vgrajenimi v konstrukcijo.		
OPOMBA 2: Površine kategorij F in G morajo biti primerno označene.		

Preglednica 6.8: Koristne obtežbe v garažah in na površinah za promet z vozili

Kategorija prometnih površin	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]
F vozila s skupno težo ≤ 30 kN	q_k	Q_k
G vozila s skupno težo > 30 kN ≤ 160 kN	5,0	Q_k
OPOMBA 1: Za kategorijo F se lahko za q_k izberejo vrednosti med 1,5 in 2,5 kN/m ² , za Q_k pa med 10 in 20 kN.		
OPOMBA 2: Za kategorijo G se lahko za Q_k izberejo vrednosti med 40 in 90 kN.		
OPOMBA 3: Če so vrednosti v opombah 1 in 2 dane v razponu, so lahko vrednosti določene v nacionalnem dodatku. Priporočene vrednosti so podčrtane.		

STREHE

Preglednica 6.9: Kategorije streh

Kategorije obteženih površin	Opis uporabe
H	Strehe, dostopne le za normalno vzdrževanje in popravila
I	Strehe, dostopne za uporabo v skladu s kategorijami A do D
K	Strehe, dostopne za posebne namene, kot je pristajanje s helikopterjem

Preglednica 6.10: Koristne obtežbe streh kategorije H

Streha	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]
kategorija H	q_k	Q_k
OPOMBA 1: Za kategorijo H se lahko za q_k izberejo vrednosti med 0,0 in 1,0 kN/m ² , za Q_k pa med 0,9 in 1,5 kN. Kjer je dan razpon vrednosti, je lahko v nacionalnem dodatku določena ena vrednost. Priporočeni vrednosti sta $q_k = 0,4$ kN/m ² in $Q_k = 1,0$ kN.		
OPOMBA 2: q_k se lahko spreminja glede na naklon strehe, kar je določeno v nacionalnem dodatku.		
OPOMBA 3: q_k deluje na površini A, ki je določena v nacionalnem dodatku. Priporočena površina je 10 m ² , mogoče pa jo je določiti v razponu od 0 do celotne površine strehe.		
OPOMBA 4: Glej tudi 3.3.2(1).		

Preglednica 6.11: Koristne obtežbe helikopterjev na strehah kategorije K

Razred helikopterja	Vzletna obtežba Q helikopterja	Vzletna obtežba Q_k	Mere obtežene površine (m x m)
HC1	$Q \leq 20$ kN	$Q_k = 20$ kN	0,2 x 0,2
HC2	$20 \text{ kN} < Q \leq 60$ kN	$Q_k = 60$ kN	0,3 x 0,3

VODORAVNE OBTEŽBE

Preglednica 6.12: Vodoravne obtežbe na predelne stene in ograje

Obtežena površina	q_k [kN/m]
Kategorija A	q_k
Kategorija B in C1	q_k
Kategorija C2 do C4 in D	q_k
Kategorija C5	q_k
Kategorija E	q_k
Kategorija F	Glej dodatek B
Kategorija G	Glej dodatek B
OPOMBA 1: Za kategorije A, B in C1 se lahko za q_k izberejo vrednosti med 0,2 in 1,0 (<u>0,5</u>).	
OPOMBA 2: Za kategorije C2 do C4 in D se lahko za q_k izberejo vrednosti med 0,8 in <u>1,0</u> kN/m.	
OPOMBA 3: Za kategorijo C5 se lahko za q_k izberejo vrednosti med <u>3,0</u> in 5,0 <u>kN</u> .	
OPOMBA 4: Za kategorijo E se lahko za q_k izberejo vrednosti med 0,8 in <u>2,0</u> <u>kN</u> . Za površine E je vodoravna obtežba odvisna od uporabe in jo je zato treba preveriti v posebnih primerih.	
OPOMBA 5: Kjer so v opombah 1, 2, 3 in 4 dani razponi vrednosti, se lahko v nacionalnem dodatku določi ena vrednost. Priporočene vrednosti so podčrtane.	
OPOMBA 6: Nacionalni dodatek lahko predpiše dodatno koncentrirano silo Q_k in/ali trdo ali mehko trčenje telesa, ki se uporablja za računske in preskusne preverbe	

4.4 SIST EN 1991-1-3: Splošni vplivi – Obtežba snega

Obtežba s snegom

Obtežba s snegom je spremenljiva nepomična obtežba. Odvisna je od vetra, nihanj temperature in verjetnosti snežnih padavin. Poleg tega je odvisna še od oblike, toplotnih lastnosti in hrapavosti strehe, od sosednjih stavb in terena v okolici objekta.

Obtežba snega na streho je podana z enačbo (1)

$$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k, \quad (1)$$

kjer so

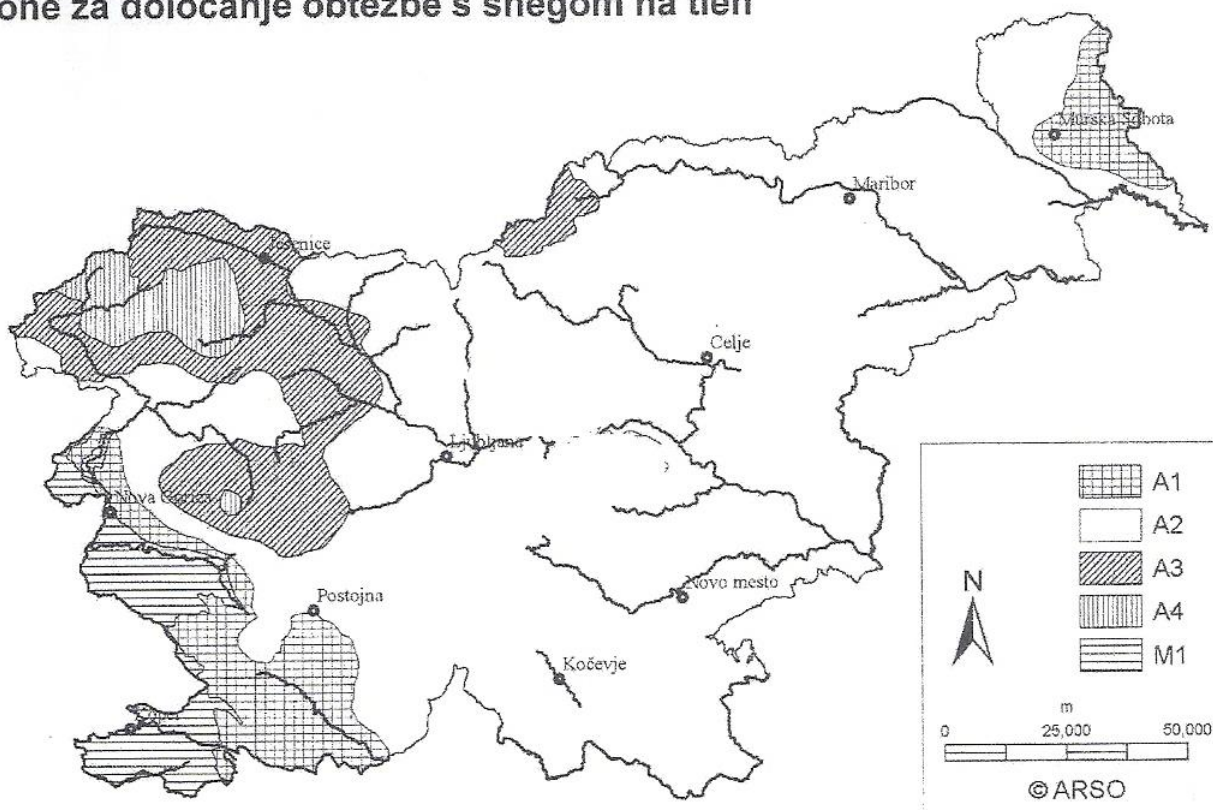
- μ_i oblikovni koeficient obtežbe snega,
- C_e koeficient izpostavljenosti,
- C_t toplotni koeficient,
- s_k karakteristična obtežba snega na tleh.

Karakteristična vrednost obtežbe snega je v Sloveniji določena glede na območje in nadmorsko višino.

Preglednica 4 Enačbe za računanje obtežbe snega na tleh v odvisnosti od nadmorske višine A.

cona	s_k [kPa]
A1	$0,651 [1 + (A/728)^2]$
A2	$1,293 [1 + (A/728)^2]$
A3	$1,935 [1 + (A/728)^2]$
A4	$2,577 [1 + (A/728)^2]$
M1	$0,289 [1 + (A/452)^2]$

Cone za določanje obtežbe s snegom na tleh



Slika 1 Obtežba snega na tleh, na nadmorski višini $A = 0$ m.

Ljubljana, $A = 300 \text{ m}$ – cona A2:

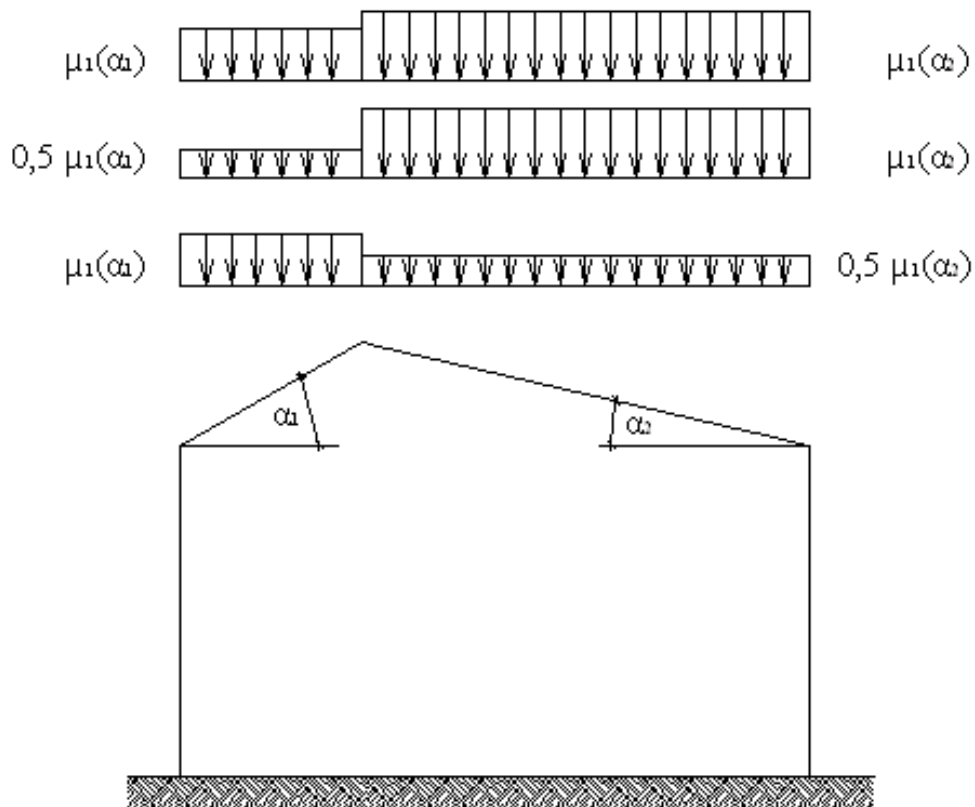
$$s_k = 1,293 [1 + (A/728)^2] = 1,293 [1 + (300/728)^2] = 1,51 \text{ kPa.} \quad (2)$$

Preglednica 5 Oblikovni koeficient obtežbe snega – dvokapnica (SIST EN 1991-1-3:2004, stran 15).

naklon strehe α	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha > 60^\circ$
μ_1	0,80	$0,8(60-\alpha)/30$	0,00
μ_2	$0,8 + 0,8 \alpha/30$	1,60	-

$\alpha = 30^\circ$:

$$\mu_1 = 0,80.$$



Slika 2 Oblikovni koeficienti obtežbe snega pri dvokapnici $\mu \cdot \alpha_1$.

4.5 SIST EN 1991-1-4: Splošni vplivi – Obtežba vetra

Obtežba z vetrom

Veter je obtežba, ki se spreminja s časom. Deluje neposredno na zunanje in notranje površine objekta. Njegov vpliv upoštevamo kot nepomični vpliv.

Osnovna hitrost vetra

Osnovna hitrost vetra je podana z enačbo (3)

$$V_b = C_{dir} \cdot C_{season} \cdot V_{b,0}, \quad (3)$$

kjer so

C_{dir} smerni faktor,
 C_{season} faktor letnega časa,
 $V_{b,0}$ temeljna vrednost osnovne hitrosti vetra.

Temeljna vrednost osnovne hitrosti vetra je deset-minutna srednja hitrost vetra, ne glede na smer in letni čas. Slovenija je razdeljena na tri območja, cono 1, cono 2, cono 3.

Referenčna višina objekta

Referenčna višina objekta je odvisna od razmerja b/h za privzete stene stavb s pravokotnim tlorisom.

Koeficient zunanjega pritiska na streho

$$C_r(z) = \begin{cases} k_r \cdot \ln \frac{z}{z_0} & z_{\min} \leq z \leq z_{\max} \\ C_r(z_{\min}) & z \leq z_{\min} \end{cases}, \quad (4)$$

kjer sta

z_0 hrapavostna dolžina,
 k_r koeficient terena, odvisen od hrapavostne dolžine z_0 ,

$$k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0,I}} \right)^{0,07}, \quad (5)$$

kjer

$z_{0,I}$ odčitamo iz preglednice 7,
 $z_{\min}$ pa je najmanjša višina, odvisna od kategorije terena (preglednica 7).

Preglednica 7 Kategorija hrapavosti terena (SIST EN 1991-1-4:2004, stran 18).

kategorija terena	z_0	$z_{\min}$
0 morsko ali obalno področje, izpostavljeno proti odprtemu morju	0,003	1
I jezersko ali ravninsko področje, z zanemrljivim rastlinjem brez ovir	0,01	1
II področje z nizkim rastlinjem, travo, in posameznimi ovirami, drevesi, stavbami, na razdalji najmanj 20 višin ovir	0,05	2
III področje z običajnim rastlinjem ali stavbami ali s posameznimi ovirami, na razdalji najmanj 20 višin ovir – vasi, podeželjsko okolje, stalni gozd	0,3	5
IV Področje, kjer je najmanj 15% površine pokrite s stavbami, s povprečno višino več kot 15 m	1,0	10

Karakteristični največji tlak pri sunkih vetra q_p

Karakteristični največji tlak pri sunkih vetra q_p je tlak pri največji hitrosti ob sunkih vetra na višini z (enačba 6)

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_m^2(z), \quad (6)$$

kjer je

ρ gostota zraka, ki je odvisna od višine, temperature in zračnega tlaka, pričakovanega med neurjem na obravnavanem področju. Priporočena vrednost je $1,25 \text{ kg/m}^3$.

Intenziteta turbulence I_v

Intenziteta turbulence I_v je podana z enačbo (7)

$$I_v(z) = \begin{cases} \frac{\sigma_v}{V_m(z)} = \frac{k_l}{C_0(z) \cdot \ln(z/z_0)} & z_{\min} \leq z \leq z_{\max} \\ I_v(z_{\min}) & z \leq z_{\min} \end{cases}, \quad (7)$$

kjer so

σ_v standardna deviacija turbulence,

$$\sigma_p = k_r \cdot V_b \cdot k_l, \quad (8)$$

k_v turbulentni faktor, za katerega se priporoča vrednost 1,00,

$C_0(z)$ koeficient topografije, ki upošteva vpliv zgostitve vetrovnic, če je konstrukcija na ravnini, je $C_0(z) = 1,00$,

z_0 odčitamo iz preglednice 7.

Srednja hitrost vetra

Srednja hitrost vetra je podana z enačbo (9)

$$V_m(z) = C_r(z) \cdot C_0(z) \cdot V_b, \quad (9)$$

kjer so

V_m hitrost vetra na višini z nad terenom,

$C_r(z)$ faktor hrapavosti,

$C_0(z)$ faktor hribovitosti, za katerega privzamemo vrednost 1,00,

V_b osnovna hitrost vetra.

Tlak vetra

Zunanji tlak vetra je podan z enačbo (10)

$$w_e = q_p(z_e) \cdot c_{pe}, \quad (10)$$

kjer so

q_p največji tlak pri sunkih vetra,

z_e referenčna višina za zunanji pritisk,

c_{pe} koeficient zunanjih pritiskov, ki jih dobimo s pomočjo modela dvokapne strehe.

Koeficient zunanjega tlaka v odvisnosti od nagiba strehe je podan v preglednici 8.

Preglednica 8 Koeficienti zunanjega tlaka za nagib strehe 30° in 15° (SIST EN 1991-1-4:2004, stran 37).

nagib	F		G		H		I		J	
α	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
30°	-0,5	-1,5	-0,5	-1,5	-0,2		-0,4		-0,5	
	0,7		0,7		0,4		0,0		0,0	
15°	-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	-0,3		-0,4		-1	-1,5
	0,2		0,2		0,2		0,0		0,0	

enake 1 m^2 , za površine večje ali enake 10 m^2 velja vrednost $c_{pe,10}$. Za vrednosti med $c_{pe,1}$ in $c_{pe,10}$ uporabimo interpolacijo po enačbi (11)

$$c_{pe} = c_{pe,1} - (c_{pe,1} - c_{pe,10}) \cdot \log_{10} A \quad (11)$$

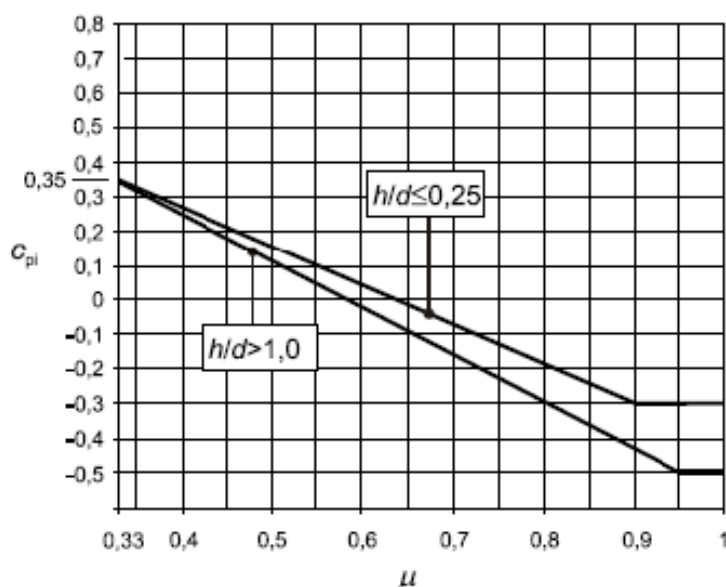
Notranji tlak vetra je podan z enačbo (12)

$$w_i = q_p(z_i) \cdot c_{pi}, \quad (12)$$

kjer so

q_p	največji tlak pri sunkih vetra,
z_i	referenčna višina za notranji pritisk,
c_{pe}	koeficient notranjih pritiskov, ki jih dobimo s pomočjo modela dvokapne strehe.

Koeficient notranjega tlaka c_{pi} je odvisen od razporeditve in velikosti odprtin po ovoju objekta. Neka stran ovojja stavbe je glede odprtin prevladujoča, če je površina odprtin na tej strani najmanj dvakrat večja od površine odprtin in siceršnje prepustnosti vseh drugih strani stavbe. Za stavbe brez prevladujoče strani se koeficienti notranjega tlaka določijo po sliki 4 v odvisnosti od razmerja višine in globine stavbe h/d ter deleža odprtin μ za vsako smer vetra.



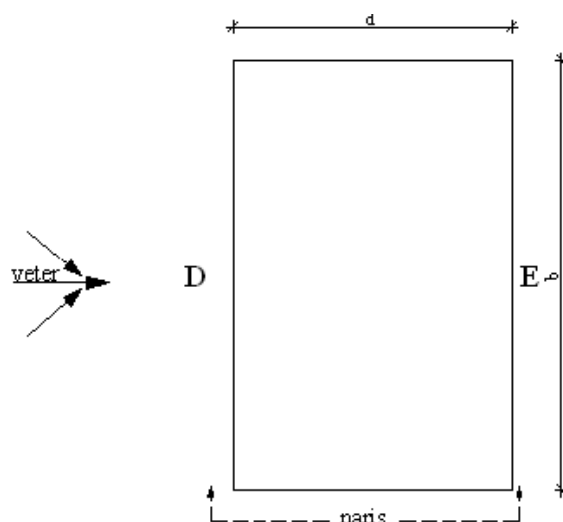
Slika 4 Koeficient notranjega tlaka za enakomerno razporejene odprtine (SIST EN 1991-1-4:2004, stran 44).

Delež odprtin μ izračunamo po enačbi (13)

$$\mu = \frac{\sum \text{površina odprtin na zavetrni in stranskih straneh, kjer je } c_{pe} \leq 0,0}{\sum \text{površina vseh odprtin}} \quad (13)$$

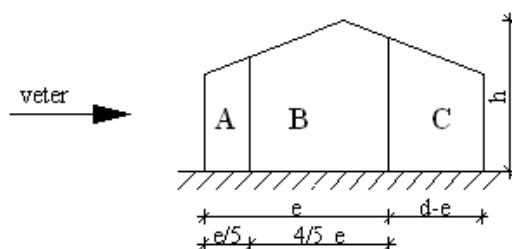
Koeficient zunanega tlaka za vertikalne stene je podan v preglednici 9. Referenčna višina z_e je odvisna od razmerja h/d .

tloris



$e = \min(b, 2h)$, pri čemer je b širina objekta prečno na smer vetra

naris za $e < d$



Slika 5 Razdelitev sten na področja ($e = b$ ali $2h$) (SIST EN 1991-1-4:2004, stran 30).

Preglednica 9 Priporočene vrednosti koeficientov zunanjskega tlaka za navpične stene stavb s pravokotnim tlorisom (SIST EN 1991-1-4:2004, stran 31).

	A		B		C		D		E	
h/d	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5	-1,20	-1,40	-0,80	-1,10	-0,50		0,80	1,00	-0,70	
1	-1,20	-1,40	-0,80	-1,10	-0,50		0,80	1,00	-0,50	
$\leq 0,25$	-1,20	-1,40	-0,80	-1,10	-0,50		0,70	1,00	-0,30	

4.6 SIST EN 1998-1: Splošna pravila, potresni vplivi in pravila za stavbe

2. Zahtevan odziv in merila za izpolnitev zahtev

Konstrukcije v potresnih področjih je potrebno projektirati in zgraditi tako, da sta s primerno stopnjo zanesljivosti izpolnjeni zahtevi:

- zahteva po neporušitvi,
- zahteva po omejitvi poškodb.

Merila za izpolnitev osnovnih zahtev

- mejno stanje nosilnosti,
- mejno stanje uporabnosti.

3. Značilnosti tal in potresni vpliv

Značilnosti tal

Lokacija objekta in narava temeljnih tal morata biti taki, da ni nevarnosti porušitve tal, nestabilnosti pobočij ali trajnih posedkov zaradi utekočinjenja – likvefakcije ali zgoščevanja v primeru potresa.

Preglednica 3.1: Tipi tal

Tip tal	Opis stratigrafskega profila	Parametri		
		$v_{s,30}$ (m/s)	N_{SPT} (udarcev/30 cm)	c_u (kPa)
A	Skala ali druga skali podobna geološka formacija, na kateri je največ 5 m slabšega površinskega materiala	> 800	–	–
B	Zelo gost pesek, prod ali zelo toga glina, debeline vsaj nekaj deset metrov, pri katerih mehanske značilnosti z globino postopoma naraščajo	360–800	> 50	> 250
C	Globoki sedimenti gostega ali srednje gostega peska, proda ali toge gline globine nekaj deset do več sto metrov	180–360	15–50	70–250
D	Sedimenti rahlih do srednje gostih nevezljivih zemljin (z nekaj mehkiimi vezljivimi plastmi ali brez njih) ali pretežno mehkih do trdnih vezljivih zemljin	< 180	< 15	< 70
E	Profil tal, kjer površinska aluvialna plast z debelino med okrog 5 in 20 metri in vrednostmi v_s , ki ustrezajo tipoma C ali D, leži na bolj togem materialu z $v_s > 800$ m/s			
S_1	Sedimenti, ki vsebujejo najmanj 10 m debele plasti mehke gline/melja z visokim indeksom plastičnosti ($PI > 40$) in visoko vsebnostjo vode	< 100 (indikativno)	–	10–20
S_2	Tla, podvržena likvefakciji, občutljive gline ali drugi profili tal, ki niso vključeni v tipe A–E ali S_1			

Potresni vpliv ELASTIČNI SPEKTER POSPEŠKOV

3.2.2.2 Vodoravni elastični spekter odziva

(1)P Za vodoravno komponento potresnega vpliva je elastični spekter odziva $S_e(T)$ opredeljen z naslednjimi enačbami (glej sliko 3.1):

$$0 \leq T \leq T_B : S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \left[1 + \frac{T}{T_B} \cdot (\eta \cdot 2,5 - 1) \right] \quad (3.2)$$

$$T_B \leq T \leq T_C : S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5 \quad (3.3)$$

$$T_C \leq T \leq T_D : S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5 \left[\frac{T_C}{T} \right] \quad (3.4)$$

$$T_D \leq T \leq 4s : S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5 \left[\frac{T_C T_D}{T^2} \right] \quad (3.5)$$

kjer so:

$S_e(T)$ elastični spekter odziva

T nihajni čas linearnega sistema z eno prostostno stopnjo

a_g projektni pospešek za tla tipa A ($a_g = \gamma_1 \cdot a_{gR}$)

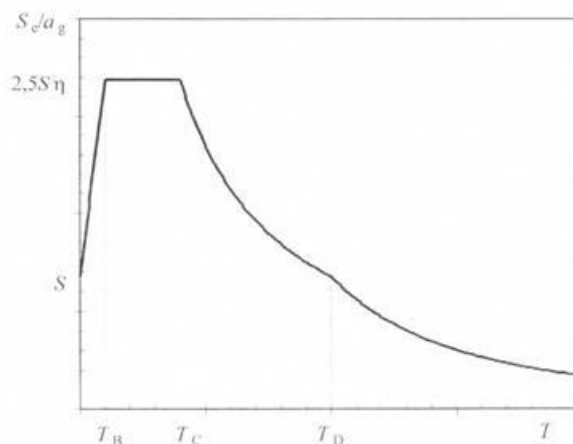
T_B spodnja meja nihajnega časa na območju spektra, kjer ima spektralni pospešek konstantno vrednost

T_C zgornja meja nihajnega časa na območju spektra, kjer ima spektralni pospešek konstantno vrednost

T_D vrednost nihajnega časa, pri kateri se začne območje konstantne vrednosti spektralnega pomika

S faktor tal

η faktor za korekcijo vpliva dušenja z referenčno vrednostjo $\eta = 1$ pri 5 % viskoznega dušenja, glej (3) tega določila



Slika 3.1: Oblika elastičnega spektra odziva

(2)P Vrednosti nihajnih časov T_B , T_C in T_D ter faktorja tal S , ki opisujejo obliko elastičnega spektra odziva, so odvisne od tipa tal.

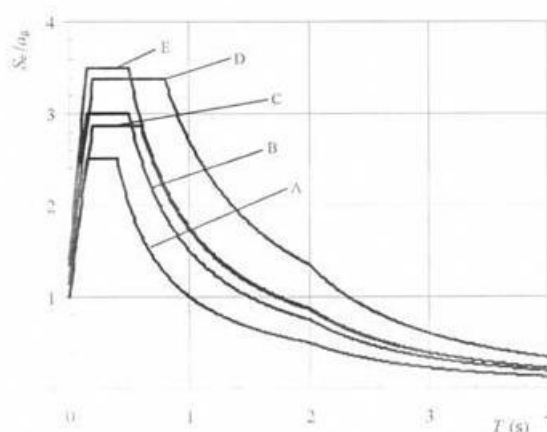
OPOMBA 1: Vrednosti za T_B , T_C , T_D in S za vse tipe tal in tip (oblika) spektra, ki se uporabljajo v državi, so lahko predpisani v njenem nacionalnem dodatku. Če se ne upošteva globoka geologija (glej 3.1.2(1)), sta priporočena dva tipa spektrov: tip 1 in tip 2. Če k potresni nevarnosti lokacije pri verjetnostni analizi potresne nevarnosti najbolj prispevajo potresi z magnitudo M_w določeni iz površinskih valov, ki ni večja od 5,5, se priporoča uporaba spektra tipa 2. Priporočene vrednosti parametrov S , T_B , T_C in T_D za pet tipov tal A, B, C, D in E so navedene v preglednici 3.2 za spekter tipa 1 in v preglednici 3.3 za spekter tipa 2. Sliki 3.2 in 3.3 prikazujeta oblike priporočenih spektrov tipa 1 in tipa 2, normiranih z a_g za 5 % dušenja. V nacionalnem dodatku so lahko opredeljeni drugačni spektri, če se upošteva globoka geologija.

Preglednica 3.2: Vrednosti parametrov, ki opisujejo priporočen elastični spekter odziva tipa 1

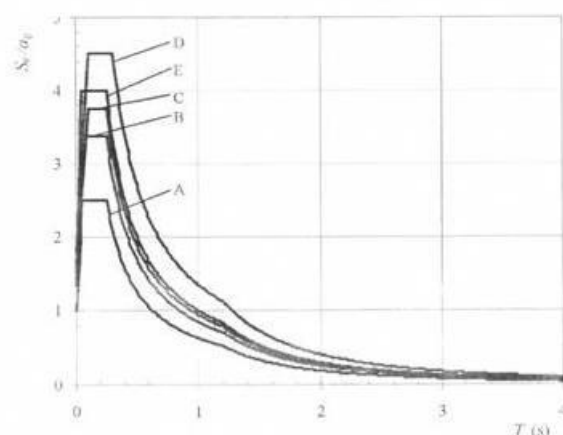
Tip tal	S	T_B (s)	T_C (s)	T_D (s)
A	1,0	0,15	0,4	2,0
B	1,2	0,15	0,5	2,0
C	1,15	0,20	0,6	2,0
D	1,35	0,20	0,8	2,0
E	1,4	0,15	0,5	2,0

Preglednica 3.3: Vrednosti parametrov, ki opisujejo priporočen elastični spekter odziva tipa 2

Tip tal	S	T_B (s)	T_C (s)	T_D (s)
A	1,0	0,05	0,25	1,2
B	1,35	0,05	0,25	1,2
C	1,5	0,10	0,25	1,2
D	1,8	0,10	0,30	1,2
E	1,6	0,05	0,25	1,2



Slika 3.2: Priporočen elastični spekter odziva tipa 1 za tipe tal A do E (5 % dušenja)



Slika 3.3: Priporočen elastični spekter odziva tipa 2 za tipe tal A do E (5 % dušenja)

OPOMBA 2: Za tipe tal S_1 in S_2 je treba ustrezne vrednosti za S , T_B , T_C in T_D določiti s posebnimi študijami.

- (3) Vrednost faktorja η za korekcijo vpliva dušenja se lahko določi z izrazom:

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55 \quad (3.6)$$

kjer je ξ vrednost koeficienta kritičnega viskoznega dušenja konstrukcije, izračunana v odstotkih.

- (4) Če je treba v določenih primerih uporabljati vrednost koeficienta ξ , ki je različen od 5 %, je ta vrednost navedena v ustreznih delih EN 1998.
- (5)P Elastični spekter odziva za pomike $S_{De}(T)$ se izračuna z direktno transformacijo elastičnega spektra odziva za pospeške z enačbo:

$$S_{De}(T) = S_e(T) \left[\frac{T}{2\pi} \right]^2 \quad (3.7)$$

- (6) Izraz (3.7) se ponavadi uporabi za nihajne čase, ki niso večji od 4,0 s. Za konstrukcije z nihajnimi časi, večjimi od 4,0 s, je mogoča popolnejša definicija elastičnega spektra odziva za pomike.

OPOMBA: Za elastični spekter odziva tipa 1, ki je omenjen v opombi 1 k 3.2.2.2(2)P, je takšna definicija navedena v informativnem dodatku A v obliki elastičnega spektra pomikov. Za nihajne čase, večje 4,0 s, je mogoče dobiti elastični spekter odziva za pospeške iz elastičnega spektra odziva za pomike z inverzijo izraza (3.7).

3.2.2.3 Navpični elastični spekter odziva

- (1)P Navpična komponenta potresnega vpliva mora biti določena z elastičnim spektrom odziva $S_{ve}(T)$, ki je opredeljen z izrazi (3.8)–(3.11):

$$0 \leq T \leq T_B : S_{ve}(T) = a_{vg} \cdot \left[1 + \frac{T}{T_B} \cdot (\eta \cdot 3,0 - 1) \right] \quad (3.8)$$

$$T_B \leq T \leq T_C : S_{ve}(T) = a_{vg} \cdot \eta \cdot 3,0 \quad (3.9)$$

$$T_C \leq T \leq T_D : S_{ve}(T) = a_{vg} \cdot \eta \cdot 3,0 \left[\frac{T_C}{T} \right] \quad (3.10)$$

$$T_D \leq T \leq 4s : S_{ve}(T) = a_{vg} \cdot \eta \cdot 3,0 \left[\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right] \quad (3.11)$$

OPOMBA: Vrednosti za T_B , T_C , T_D in a_{vg} za vse tipe (oblike) spektra, ki se uporabljajo v državi, so lahko predpisane v njenem nacionalnem dodatku. Priporočena sta dva tipa navpičnih spektrov: tip 1 in tip 2. Tako kot pri spektrih za vodoravni komponenti potresnega vpliva se priporoča uporaba spektra tipa 2, če k potresni nevarnosti lokacije pri verjetnostni analizi potresne nevarnosti najbolj prispevajo potresi z magnitudo M_s , določeni iz površinskih valov, ki ni večja od 5,5. Priporočene vrednosti parametrov, ki opisujejo navpične spektre za pet tipov tal A, B, C, D in E, so navedene v preglednici 3.4. Te priporočene vrednosti ne veljajo za posebna tla S_1 in S_2 .

Preglednica 3.4: Priporočene vrednosti parametrov, ki opisujejo navpične spektre odziva

Spekter	a_{vg}/a_g	T_B (s)	T_C (s)	T_D (s)
Tip 1	0,90	0,05	0,15	1,0
Tip 2	0,45	0,05	0,15	1,0

Če je a_{vg} večji kot $0,25 g$ ($2,5 m/s^2$), je treba upoštevati navpično komponento potresnega vpliva, opredeljeno v 3.2.2.3, če obstajajo:

- vodoravni ali skoraj vodoravni konstrukcijski elementi z razponom 20 m ali več,
- vodoravni ali skoraj vodoravni previsni konstrukcijski elementi, daljši kot 5 m,
- vodoravni ali skoraj vodoravni prednapeti konstrukcijski elementi,
- grede, ki podpirajo stebre,
- potresna izolacija.

PROJEKTNI SPEKTER ZA ELASTIČNO ANALIZO Vodoravni komponenti potresnega vpliva

$$0 \leq T \leq T_B : S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \left[\frac{2}{3} + \frac{T}{T_B} \cdot \left(\frac{2,5}{q} - \frac{2}{3} \right) \right] \quad (3.13)$$

$$T_B \leq T \leq T_C : S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \quad (3.14)$$

$$T_C \leq T \leq T_D : S_d(T) \begin{cases} = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \cdot \left[\frac{T_C}{T} \right] \\ \geq \beta \cdot a_g \end{cases} \quad (3.15)$$

$$T_D \leq T : S_d(T) \begin{cases} = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \cdot \left[\frac{T_C T_D}{T^2} \right] \\ \geq \beta \cdot a_g \end{cases} \quad (3.16)$$

kjer so:

a_g , S , T_C in T_D opredeljeni v 3.2.2.2

$S_d(T)$ projektni spekter

q faktor obnašanja

β faktor, ki določa spodnjo mejo pri vodoravnem projektnem spektru

KOMBINACIJA POTRESNEGA VPLIVA Z DRUGIMI VPLIVI

Pri določanju projektnega potresnega vpliva je treba upoštevati mase, povezane z vsemi težnostnimi silami, ki so vključene v naslednji kombinaciji vplivov:

$$\Sigma G_{k,j} + \Sigma \psi_{E,i} \cdot Q_{k,i} \quad (3.17)$$

kjer je:

$\psi_{E,i}$ koeficient za kombinacijo za spremenljiv vpliv i (glej 4.2.4).

4. Projektiranje stavb

ANALIZA – METODE ANALIZE

Preglednica 4.1: Vpliv pravilnosti konstrukcije na analizo in projektiranje na potresnih območjih

Pravilnost		Dovoljena poenostavitve		Faktor obnašanja
Tloris	Višina	Model	Linearno-elastična analiza	(za linearno analizo)
da	da	ravninski	vodoravne sile ^a	referenčni
da	ne	ravninski	modalna	zmanjšan
ne	da	prostorski ^b	vodoravne sile ^a	referenčni
ne	ne	prostorski	modalna	zmanjšan

^a Če je izpolnjen tudi pogoj iz 4.3.3.2.1(2)a).
^b Pod posebnimi pogoji, opisanimi v 4.3.3.1(8), je mogoče v vsaki vodoravni smeri uporabljati poseben ravninski model v skladu s 4.3.3.1(8).

- POENOSTAVLJNA ANALIZA S SPEKTRI ODZIVA ALI METODA Z VODORAVNO OBTEŽBO

Poenostavljeno analizo s spektri odziva ali metodo z vodoravno obtežbo je mogoče uporabiti za stavbe, pri katerih višje nihajne oblike v nobeni izmed glavnih smeri ne vplivajo pomembno na odziv.

Celotna prečna sila F_b (na mestu vpetja konstrukcije) za vsako od obeh glavnih smeri, ki se analizirata, mora biti določena z enačbo:

$$F_b = S_d(T_1) \cdot m \cdot \lambda \quad (4.5)$$

kjer so:

$S_d(T_1)$ ordinata v projektnem spektru (glej 3.2.2.5) pri nihajnem času T_1

T_1 osnovni nihajni čas konstrukcije za translacijsko gibanje v obravnavani smeri

m celotna masa stavbe nad temelji ali nad togo kletjo, izračunana v skladu s 3.2.4(2)

λ korekcijski faktor, ki ima vrednost $\lambda = 0,85$, če velja $T_1 \leq 2 T_C$ in ima stavba več kot dve etaži. V drugih primerih velja $\lambda = 1,0$

OPOMBA: S faktorjem λ se upošteva dejstvo, da je pri stavbah z najmanj tremi etažami in translacijskimi prostostnimi stopnjami v obeh vodoravnih smereh efektivna modalna masa za osnovno nihajno obliko v povprečju 15 % manjša od celotne mase stavbe.

- MODALNA ANALIZA S SPEKTRI ODZIVA

Modalna analiza s spektrom odziva ali metoda s superpozicijo nihajnih oblik je elastična analiza, kjer maksimalne dinamične odzive vseh bistvenih načinov nihanja konstrukcije določimo z uporabo

projektne spektra. Odziv celotne konstrukcije določimo s statistično kombinacijo maksimalnih prispevkov posameznih načinov nihanja. Takšno analizo lahko uporabimo v primerih, ko je dovoljena linearna analiza.

Upoštevati je treba vse nihajne oblike, ki pomembno prispevajo h globalnemu odzivu.

5. Projektiranje lesenih konstrukcij

- 5.1 Mehanske in reološke lastnosti materiala**
- 5.2 Dimenzioniranje linijskih lesenih elementov**
- 5.3 Temeljna pravila izvedbe priključkov lesenih konstrukcij**

6. Projektiranje betonskih konstrukcij

- 6.1 Dimenzioniranje in konstrukcijska izvedba linijskih konstrukcij, plošč in sten ter temeljev**

7. Projektiranje zidanih konstrukcij

- 7.1 Mehanske lastnosti zidakov, malte in zidovja**
- 7.2 Dimenzioniranje nearmiranih zidanih konstrukcij na osno-upogibno in strižno obremenitev**
- 7.3 Izvedba potresnovarnih enostavnih zidanih konstrukcij**