

VPLIV ZASNOVE KONSTRUKCIJE NA POTRESNO ODPORNOST OBJEKTOV

Effect of Conceptual Design on the Earthquake-Resistance of Buildings

Vojko Kilar*, Tomaž Slak** UDK 699.841:624

Povzetek

Izkušnje iz preteklih močnih potresov so pokazale, da zasnova konstrukcije izredno pomembno vpliva na obnašanje konstrukcije med potresom. Za »dobro« zasnovo konstrukcije sta odgovorna tako arhitekt projektant kot statik konstruktor, ki izvaja numerični dokaz varnosti konstrukcije. Ker je pojem dobro zasnovane konstrukcije dokaj kompleksen, mora arhitekt dobro poznati in razumeti osnovne zakonitosti potresno odporne gradnje in po potrebi v vse, še posebej v začetne faze projektiranja vključiti tudi statika. Povzemamo in razlagamo glavne zahteve za dobro potresno odporno gradnjo, povezane zasnovo konstrukcij. Predpis Eurocode 8 jih združuje v enostavno in pregledno celoto, ki lahko služi arhitektu projektantu kot opora pri njegovem delu.

Abstract

Past experiences in connection with strong earthquakes have proven that the initial conceptual design of a building is extremely important for its behavior during an earthquake. The responsibility for »good« conceptual design lies with the architect, as well as with the structural engineer performing numerical verifications of the safety of a structure. Since the concept of good conceptual design is rather complex, the architect should be familiar with the basic rules of earthquake-resistant design. Furthermore, close cooperation with the structural engineer is often necessary in all phases, especially in the initial phase of designing a building. The paper summarizes and analyzes the requirements associated with initial conceptual design as embodied in the Eurocode 8, and combines them into an easily understandable synopsis which may help the architect in all phases of design of a building.

Uvod

Izkušnje iz potresov na domačih in še posebej na tujih tleh dokazujejo, da ustrezno zasnovane in dobro grajene stavbe z zadostno horizontalno odpornostjo in kakovostno projektiranimi in izvedenimi detajli večinoma zelo dobro prenašajo močnejše potrese, ne glede na leto gradnje in takrat uporabljane predpise o potresno odporni gradnji. Po drugi strani pa lahko opazimo tudi, da noben statik ne more zagotoviti, da se bo slabo zasnovana konstrukcija dobro obnašala med močnimi potresi. To dokazujejo številna katastrofalna rušenja neustrezno zasnovanih stavb, na primer stavb z mehкими etažami (slika 1) ali izrazito nesimetričnih stavb (slika 2), pri potresih v zadnjih letih.

Zato je treba pri projektiranju zgradb na potresnih območjih posebno pozornost posvetiti prav dobri zasnovi konstrukcije. Ob tem se pojavita predvsem dve težavi:

a) Pojem dobro zasnovane konstrukcije je razmeroma enostaven le, dokler ga razlagamo z enostavnimi in med seboj neodvisnimi opisnimi pravili za konstruiranje stavb. Precej težje pa je ta pravila izraziti v konsistentni numerični obliki in jih kot obvezna vključiti v predpise. Zato se v predpisih za potresno odporno

gradnjo pravila večinoma pojavljajo kot priporočila, katerih izpolnjevanje je do precejšnje mere prepuščeno presoji in izkušnjam projektantov. Novi predpis Eurocode 8 podaja pravila za potresno odporno gradnjo večinoma v obliki priporočil, deloma pa tudi v obliki analitičnih izrazov, ki pa nemalokrat zahtevajo dodatne statične izračune. Predpis je v precejšnji meri prilagojen potrebam statikov projektantov in v precej manjši meri potrebam in uporabi arhitektov.

b) Na dobro zasnovo konstrukcije je treba misliti že v prvih fazah zasnove konstrukcije, ki je v največji meri odvisna od arhitekta projektanta zgradbe. V današnji praksi v Sloveniji je vključevanje statika v fazo idejne zasnove konstrukcije prej izjema kot pravilo. Zato je treba narediti predvsem naslednje:

- vključiti statika konstruktorja v projekt v čim zgodnejši fazi zasnove konstrukcije, še posebej pri projektiranju zahtevnejših konstrukcij,
- spodbujati sodelovanje med arhitektom in statikom v vseh fazah projekta – nove možnosti na tem področju nudijo sodobna orodja informacijske tehnologije za sodelovanje na daljavo,
- razširiti in poglobiti znanje arhitektov projektantov s področja potresno odporne gradnje in

* doc. dr., Fakulteta za arhitekturo, Zoisova 12, Ljubljana, vojko.kilar@arh.uni-lj.si

** Fakulteta za arhitekturo, Zoisova 12, Ljubljana, tomaz.slak@arh.uni-lj.si



Slika 1. Porušitev konstrukcije z mehko etažo

Figure 1. Collapse of a soft story building



Slika 2. Porušitev zaradi močne tlorisne nesimetrije

Figure 2. Collapse due to significant ground plan asymmetry

- pripraviti enostaven in razumljiv povzetek tistega dela predpisov, ki se nanaša na dobro zasnovano konstrukcijo, in ga čim bolj prilagoditi potrebam arhitektov projektantov.

Prav s slednjim se v zadnjem letu ukvarjamo v okviru raziskovalnega dela na Fakulteti za arhitekturo. Leta 2001 je bil pripravljen prvi osnutek povzetka priporočil iz standarda Eurocode 8 (SIST ENV 1998) za potresno odporno gradnjo armiranobetonskih konstrukcij (Slak in Kilar, 2001), ki je naletel na dober sprejem v praksi. Delo na razširitvi pripravljenega povzetka in priprava spremljajočih nazornih praktičnih primerov še poteka, izbrani glavni rezultati pa so prikazani v tem članku.

V študijskem letu 2000/2001 je bilo izvedeno tudi prvo poskusno sodelovanje med študenti IV. letnika arhitekture in gradbeništva pri delu na istem praktičnem projektu. Potekalo je na daljavo prek videokonferenčnih povezav in interneta, ki omogoča nove možnosti za bolj kakovostno interdisciplinarno povezovanje med strokami tako pri pedagoškem delu kot tudi v praksi. Podrobnosti o poteku interdisciplinarnega dela so navedene v delu Fischingerja in sodelavcev iz leta 2001.

Namen članka je sestaviti enostaven in razumljiv povzetek najvažnejših zahtev in priporočil, ki bi bil arhitektom v pomoč pri zasnovi armiranobetonskih konstrukcij na potresnih območjih. Poudariti je treba, da namen izdelave povzetka nikakor ni zbiranje vsega znanja, ki bi ga moral imeti arhitekt o gradnji objektov na potresnih območjih, bil naj bi mu le v pomoč pri projektantskem delu. Pri izboru najvažnejših zahtev smo izhajali iz zadnje sprejete verzije predpisa Eurocode 8 za projektiranje konstrukcij na potresnih območjih (SIST ENV 1998). Zaradi širokega obsega standardov smo se zaenkrat omejili na konstrukcije iz armiranega betona in na gradnjo objektov na potresnih območjih. Razširitev podobnega povzetka za projektiranje jeklenih in zidanih konstrukcij še poteka.

Nekateri izrazi in definicije

Duktilnost (μ): Je sposobnost materiala, da se poškoduje (prevzame neelastične deformacije), a se pri tem ne poruši. Nasprotje duktilnosti je krhkost. Duktilnost je izražena kot razmerje med deformacijo ob začetku poškodb in mejno deformacijo in je večja ali enaka 1,0. Za gradnjo konstrukcij je treba izbirati čim bolj duktilne materiale, npr. armirani beton, jeklo ali armirano zidovino.

Računske potresne sile: Potres je sicer precej nepredvidljiva dinamična obremenitev konstrukcije, vendar pa so računske potresne sile določene v predpisih. Obnašanje konstrukcije pod vplivom računskih horizontalnih sil in vertikalne obtežbe mora biti brez poškodb (elastično). Med dejanskim potresom so lahko sile precej večje od računskih in konstrukcija se bo poškodovala, ne bi pa se smela porušiti. V nekaterih primerih (neregularne, posebej pomembne konstrukcije ipd.) predpisi zahtevajo natančnejši način računa (dinamični račun). Izredno pomembno je razumeti, da so sile v predpisih reducirane, tj. zmanjšane, in prilagojene stavbam s »povprečno« dobro zasnovano, predpisani ukrepi pa zagotavljajo le minimalno potresno odpornost. Zato zadostitev predpisom za slabo zasnovano konstrukcijo še ne pomeni zagotovila, da je konstrukcija tudi potresno dovolj varna. Med močnimi potresi, ko so lahko dejanske sile, ki vnaprej seveda niso znane, tudi nekajkrat večje od računskih potresnih sil, je zato dodatna varnost, ki jo lahko zagotovimo le z ustrezno dobro zasnovano, še kako dobrodošla.

Faktor obnašanja (q): Je faktor redukcije potresnih sil. Če je ta faktor enak 1,0, redukcije potresnih sil ni, konstrukcija med močnim potresom ostane elastična (nepoškodovana). Faktor obnašanja za AB-konstrukcije znaša od 1,0 do največ 5,0, pri čemer faktor 5 pomeni petkratno redukcijo elastične potresne sile. Redukcija potresnih sil implicitno zajema duktilnost materiala in s tem poškodbe konstrukcije (sipanje energije pri nelinearnem obnašanju konstrukcije) in je odvisna predvsem od konstrukcijskega sistema in kakovosti izvedbe konstrukcijskih detajlov, ki jo izbere projektant (glej stopnjo duktilnosti). Pri stavbah z medsebojno povezanimi stenami in pri okvirjih znaša 5,0, pri stavbah z jedri 3,5, pri stavbah z mehкими etažami (konstrukcije, kjer ima ena etaža



Slika 3a. Zdras mostne konstrukcije z ležišča

Figure 3a. Unseating of bridge deck

občutno nižjo togost kot etaže nad njo) pa le 2,0. To pomeni, da predpis glede na vrsto konstrukcijskega sistema in kakovost detajlov dopušča določen nivo poškodb v stavbi po močnem potresu.

Stopnja duktilnosti: Glede na stavbo in zahteve investitorja lahko projektant izbira med tremi stopnjami ravnovesja med dopuščeno redukcijo potresne obtežbe in zahtevnostjo projektiranja ter izvedbe konstrukcijskih detajlov: nizko (DC/Low), srednjo (DC/Medium) in visoko (DC/High), pri čemer nizka stopnja duktilnosti predpisuje večje računske potresne sile v kombinaciji z manj zahtevno izvedbo detajlov, visoka pa manjše potresne sile v kombinaciji z visoko kakovostjo izvedbe detajlov in uporabo natančnejših računskih metod. Pri nizki stopnji duktilnosti se zgornje vrednosti faktorja obnašanja delijo z 2,0 (redukcija potresnih sil je torej manjša), pri srednji pa z 1,33.

Pomembnost objekta: Je faktor zvečanja ali zmanjšanja potresnih sil glede na pomembnost objekta in znaša od 0,8 do 1,4.

Metoda varovalke: Nezaželenemu krhkemu obnašanju konstrukcije in poškodbam ključnih elementov se lahko izognemo z načrtovanjem razmerja nosilnosti med posameznimi elementi (tj. ustreznim razmerjem dimenzij in armature). Bistvo je, da nosilnost nekaterih izbranih duktilnih elementov projektiramo tako, da pri velikih vsiljenih deformacijah kot varovalke varujejo druge kritične dele konstrukcije. Kritična območja teh elementov, ki jih pogosto imenujemo plastični členki, se projektirajo za prevzem neelastičnih upogibnih obremenitev, strižna porušitev pa se prepreči z ustreznim razmerjem nosilnosti. Vsi ostali elementi se nato zaščitijo pred preobremenitvami (porušitvijo) tako, da se jim zagotovi nosilnost, ki je večja od obremenitve, ki bi nastopila pri polni izkoriščenosti nosilnosti plastičnih členkov. Tako lahko npr. s pravilno izbiro dimenzij in armature v gredah preprečimo nezaželeno strižno porušitev grede in poškodbe v stebri, ki bi lahko vodile do porušitve celotne konstrukcije. Zato je npr. treba pri izbiri dimenzij stebrov in gred stebre projektirati tako, da bo njihova nosilnost večja od nosilnosti prečk, ki so priključene nanj.



Slika 3b. Popolna porušitev AB-konstrukcije

Figure 3b. Complete collapse of RC structure



Slika 4. Nepopravljivo poškodovana konstrukcija

Figure 4. Damaged structure that cannot be repaired



Slika 5. Prevrnitev zaradi likvefakcije temeljnih tal

Figure 5. Global overturning due to soil liquefaction

Osnovna pravila za dobro zasnovano AB-zgradb na potresnih območjih (izvleček iz EC8)

Splošna pravila

Namen

Namen predpisov EC8 ob potresu je:

- obvarovati človeška življenja,
- omejiti škodo,
- zagotoviti, da ostanejo pomembni objekti po potresu uporabni.

Osnovne zahteve

Zahteva po neporušitvi: Konstrukcija mora biti projektirana in zgrajena tako, da prenese projektni potresni vpliv, ne da bi se pri tem porušil njen del ali celota. Po projektnem potresnem dogodku ne sme biti okrnjena integriteta konstrukcije ali ustrežna preostala nosilnost konstrukcije (sliki 3a in 3b).

Zahteva po omejitvi poškodb: Ob potresu, za katerega obstaja velika verjetnost, da se bo pojavil v življenjski dobi objekta, mora ostati konstrukcija brez večjih poškodb in z njimi povezanih omejitev uporabe, stroški popravila pa

ne smejo biti nesorazmerno visoki v primerjavi s ceno konstrukcije (slika 4).

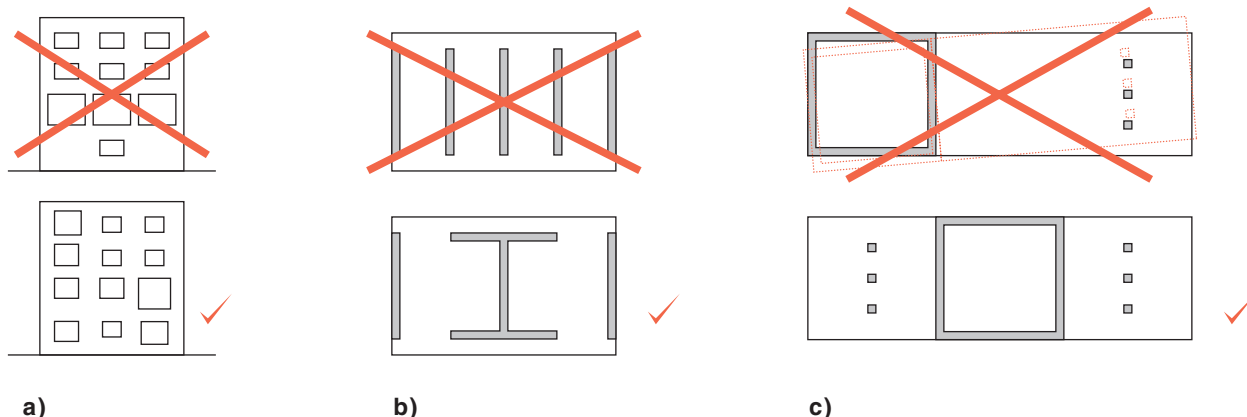
Zahteva po globalni stabilnosti: Preverjati je treba tudi stabilnost celotne konstrukcije proti prevrnitvi in proti zdrsu. Prav tako je treba preverjati, ali so temelji in temeljna tla sposobni prenašati potresne vplive, ne da bi prišlo do večjih stalnih deformacij (slika 5).

Splošna pravila za AB-stavbe

Konstrukcija naj bo čim pravilneje zasnovana

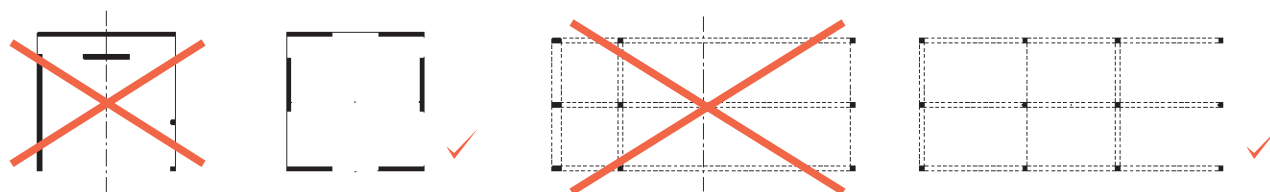
Pri zasnovi konstrukcije je treba paziti predvsem na naslednje:

- vidik potresne nevarnosti mora biti upoštevan v zgodnji fazi snovanja stavbe,
- konstrukcija naj bo enostavna,
- prenos potresnih sil v temelje naj bo jasen in neposreden (slika 6 a),
- zagotoviti je treba uniformiranost (zveznost) in simetrijo,
- konstrukcija naj bo statično nedoločena,
- nosilnost in togost je treba zagotoviti v dveh horizontalnih smereh (slika 6 b),
- zagotoviti je treba torzijsko nosilnost in togost (glavni nosilni elementi naj bodo razporejeni simetrično blizu oboda) (slika 6 c),
- treba je ustrezno povezati nosilne elemente z medetažnimi ploščami (toge plošče) in
- objekt naj ima ustrezne temelje.



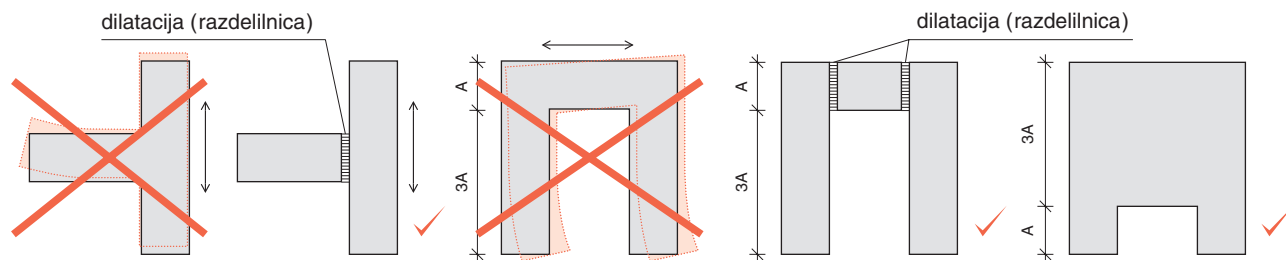
Slika 6. Primeri nepravilnih in pravilnih zasnov objektov

Figure 6. Examples of irregular and regular conceptual layouts of buildings



Slika 7. Primeri nepravilne in pravilne razporeditve nosilnih elementov

Figure 7. Examples of irregular and regular distribution of load-resisting elements



Slika 8. Primeri nepravilnih in pravilnih oblik tlorisov

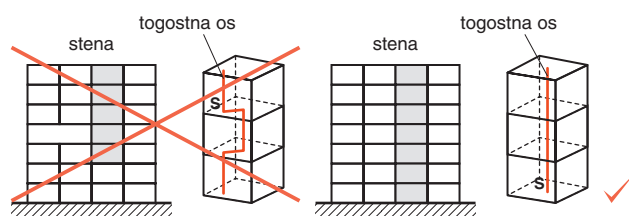
Figure 8. Examples of irregular and regular floor plan layouts

Konstrukcija naj bo čim bolj pravilna v tlorisu in po višini

Pri zasnovi konstrukcije je treba paziti na čim večjo pravilnost po višini stavbe kot tudi v tlorisu posameznih etaž.

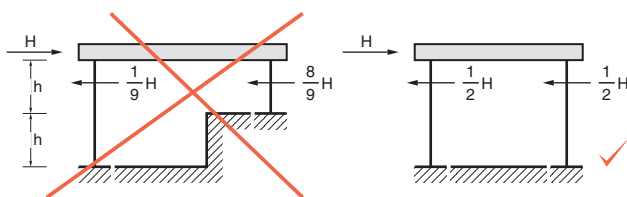
Merila za tlorisno pravilnost:

- Približna simetrična razporeditev nosilnih elementov in mase glede na dve pravokotni smeri, čim bližje dvojni simetriji (slika 7).
- Zgoščenost tlorisne razporeditve. Dimenzija vdolbine v eni smeri ni večja od 25 % celotne tlorisne dimenzije v tej smeri (kompakten tloris, ki ni oblike H, I ali X) (slika 8),
- Togost stropov v vodoravni ravnini mora biti dovolj velika glede na horizontalno togost navpičnih elementov konstrukcije, tako da imajo deformacije stropov majhen vpliv na razporeditev sil med navpične elemente. Medetažne konstrukcije imajo glavno vlogo pri prenašanju potresnih obremenitev na navpične elemente in zagotavljajo, da ti sistemi sodelujejo pri prenašanju vodoravnih vplivov. Posebej je to delovanje pomembno pri podolgovatih in razčlenjenih tlorisih ali tlorisih z večjimi odprtini v stropu.



Slika 9a. Pravilnost stavb po višini

Figure 9a. Regularity of buildings in terms of height



Slika 9b. Vpliv različne višine stebrov

Figure 9b. Effect of varying column height

Merila za pravilnost po višini:

- Vsi sistemi za prenos obtežbe v vodoravni smeri, kot so jedra, stene ali okvirji, naj potekajo neprekinjeno od temeljev do vrha stavbe (sliki 6a in 9a).
- Mase in togosti posameznih etaž se ne smejo naglo spreminjati po višini (sliki 9a in 9b).
- Če se dimenzije stavbe spreminjajo po višini (setbacks), velja:

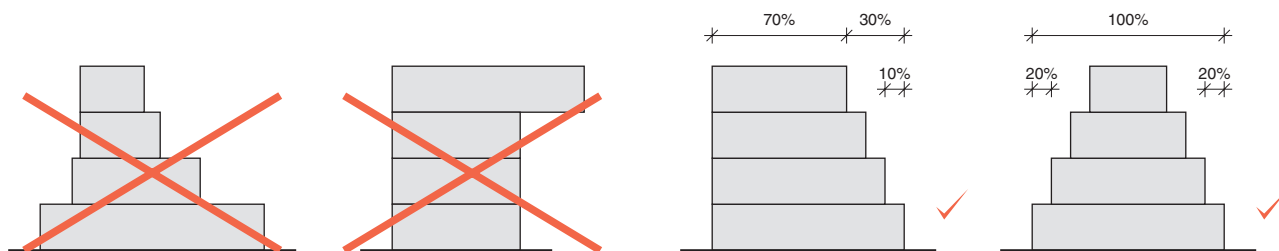
Pravilne so stavbe, ki se zožujejo proti vrhu simetrično, vendar ne več kot za 20 % glede na prejšnjo etažo. Če se ne zožujejo simetrično, zoženje v celoti ne sme preseči 30 % oz. 10 % glede na prejšnjo etažo (slika 10).

Druge (ne)pravilnosti:

- Treba se je izogibati daljšim previsnim elementom.
- Stebri naj potekajo do tal, kjer je to le mogoče. Podpiranju stebrov z gredami se je treba po možnosti izogniti.

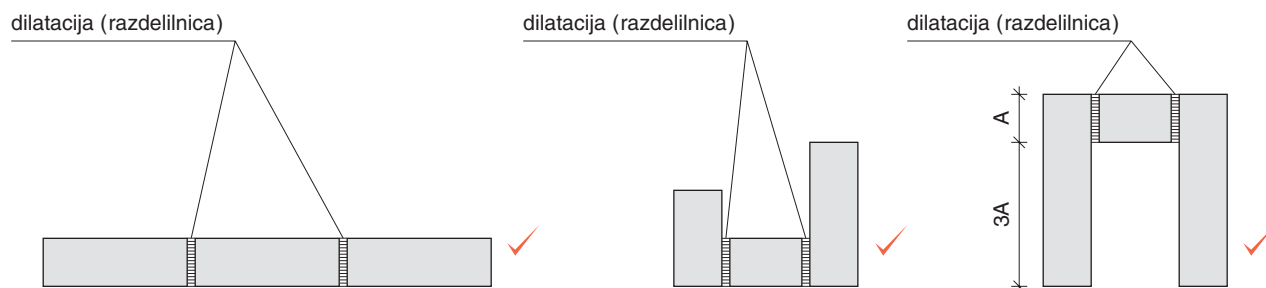
Pri zasnovi konstrukcije se je treba čim bolj držati zgornjih priporočil. Po potrebi si pomagamo z deljenjem nepravilne konstrukcije na pravilne samostojne dilatacijske enote (slika 11). Pri tem je pomembno, da je dilatacijska rega dovolj široka, da ne pride do medsebojnega trkanja posameznih delov konstrukcije, saj lahko v takem primeru z dilatacijo naredimo več škode kot koristi (širina dilatacije se določi z računom za obe dilatirani enoti, orientacijsko lahko njeno dimenzijo ocenimo glede na število etaž – 2 do 3 cm na etažo).

Predpisi sicer dopuščajo gradnjo tudi popolnoma nepravilnih konstrukcij (prečrtane sheme in skice), vendar pa se je treba zavedati, da že neizpolnjevanje enega kriterija vnaša zahteve po natančnejšem matematičnem modelu, zahtevnejših metodah analize in večjih potresnih silah, kar lahko močno zveča končno ceno nepravilno zasnovane konstrukcije. Kot je bilo že omenjeno, predpisi glede na vrsto konstrukcijskega sistema in kakovost detajlov dopuščajo določen nivo poškodb v stavbi po potresu. Pri dovolj pravilnih konstrukcijah je ta obseg razmeroma dobro predvidljiv, pri neregularnih konstrukcijah pa nas predpis sili, da z natančnejšimi modeli dokažemo varnost in obseg poškodb. Ker je pri nepravilnih konstrukcijah dosti težje zagotoviti visok nivo potresne varnosti, so nepravilne konstrukcije (ne glede na veljaven računski dokaz v skladu s predpisom) v splošnem manj varne. Zadnji osnutek EC8 (delovno gradivo) vključuje precej podrobnejša določila o pravilnosti konstrukcije v tlorisu in po višini (EC8, 2001).



Slika 10. Pravilnost stavb, ki se zožujejo proti vrhu

Figure 10. Regularity of setback buildings

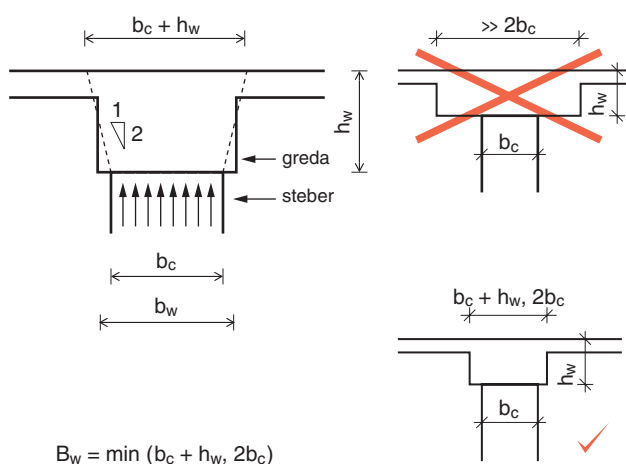


Slika 11. Deljenje nepravilnih konstrukcij na dilatacijske enote

Figure 11. Division of irregular plan layouts into individual regular units

Nekonstrukcijski elementi naj bodo pritrjeni na nosilno konstrukcijo

Nekonstrukcijski elementi (predelne stene, parapeti, zatrepi, antene, strojna oprema, ograje ipd.) morajo biti ustrezno pritrjeni na nosilno konstrukcijo, tako da se med potresom ne prevrnejo ali kako drugače poškodujejo ljudi, vsebino objekta ali nosilno konstrukcijo. Polnila lahko pripomorejo k sipanju energije, če so enakomerno razporejena po konstrukciji. Preprečiti pa je treba morebitne negativne vplive neenakomerne razporeditve polnil in vplive interakcije med konstrukcijskimi in nekonstrukcijskimi sistemi.



Slika 12. Omejitev širine grede

Figure 12. Limitation of beam width

Posebna pravila za elemente armiranobetonskih zgradb

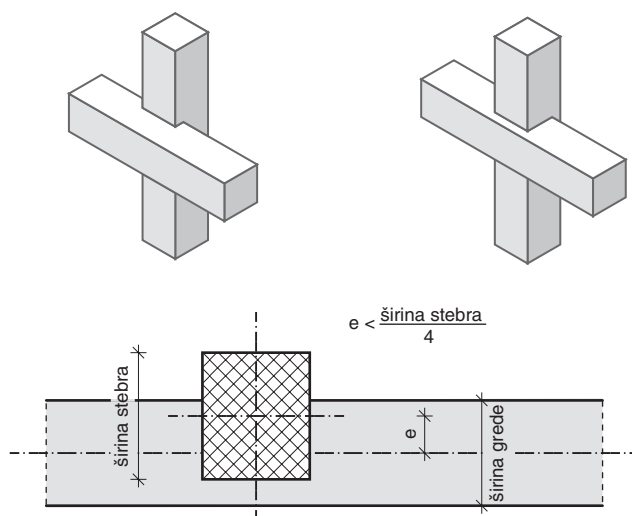
Potresno odporna betonska stavba mora imeti zagotovljeno ustrezno sposobnost sipanja energije brez bistvene redukcije njene vertikalne in horizontalne nosilnosti. Globalno duktilnost zagotovimo, če je duktilnost zagotovljena po velikem številu elementov in lokacij znotraj elementov. Duktilni načini porušitev (upogib) morajo zagotovo nastopiti pred krhkimi načini porušitev (strig).

Najnižja dovoljena marka betona je C 20/25 (C 16/20 za nizko stopnjo duktilnosti). Dopuščena je le uporaba rebraste armature, razen za stremena. Armatura mora glede na stopnjo duktilnosti izpolnjevati različne dodatne zahteve. Tako mora biti npr. pri visoki stopnji duktilnosti natezna deformacija jeklene armature pri maksimalni sili $\geq 9\%$. Konstrukterji ponekod že opozarjajo na pomanjkljivo kakovost cenejših uvoženih jekel.

Dimenzije gred naj bodo večje od minimalnih predpisanih dimenzij

Minimalne dimenzije gred

Grede (visoka stopnja duktilnosti): Minimalna širina gred (nosilcev) je 20 cm. Razmerje med širino in višino stojine mora ustrezati EC2/1-1, 4.3.5.7, kot sledi:



Slika 13. Ekscentričnost med stebrom in gredo

Figure 13. Eccentricity between column and beam

- $h < 2,5 b$ (npr. 20 cm široka greda je lahko visoka max. 50 cm),
 $L_{ot} < 50 b$ (npr. 10 m dolga greda je lahko široka min. 20 cm), sicer je potreben poseben dokaz varnosti.

Pri čemer je:

- L_{ot} : dolžina tlačene cone v gredi (dolžina grede)
 b: širina grede
 h: višina grede

Grede (srednja stopnja duktilnosti): Minimalna širina gred (nosilcev) je 20 cm. Višina grede ne sme biti večja od 4-kratne širine (razmerje $b : h < 1 : 4$).

Grede (nizka stopnja duktilnosti): S stališča arhitekture ni posebnih zahtev

Kritičnim conam gred je treba posvetiti posebno pozornost

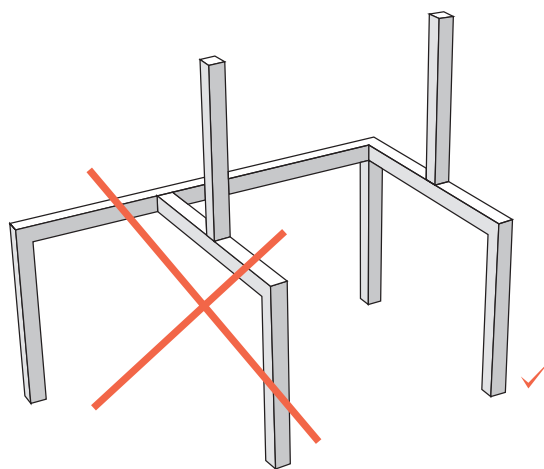
Predpis za posamezno stopnjo duktilnosti natanko določa dolžino kritične cone grede, ki ji mora konstrukter pri armiranju posvetiti posebno pozornost (zgostitev stremen, ustrezen odstotek natezne armature, ustrezno razmerje med tlačno in natezno armaturo ipd.).

Širina grede naj bo prilagojena širini podpornih stebrov

Širina grede ne sme biti večja od dveh širin stebra (oz. v skladu s sliko 12). To pomeni, da ni mogoče poljubno širiti grede, zato da bi pridobili na svetli višini etaže.

Grede ne smejo biti ekscentrično priključene na stebre

Izogibati se je treba ekscentričnosti osi grede proti osi stebra, v katerega se greda vpenja. Razdalja med težiščnicama grede in stebra je lahko največ četrtno širine stebra (slika 13).



Slika 14. Prekinitev nosilnih stebrov

Figure 14. Interruption of load bearing columns.

Stebri naj (razen izjemoma) segajo neprekinjeno do temeljev

Grede in plošče ne smejo podpirati nosilnih sten.

Za grede, ki lahko le izjemoma podpirajo nosilne stebre, veljajo določila:

- osi stebrov ne smejo biti ekscentrične glede na osi gred,
- gredo morata podpirati vsaj dve direktni podpori – stena ali stebra (slika 14),
- stik grede in prekinjenega stebra mora biti obravnavan kot kritična cona pri dimenzioniranju.

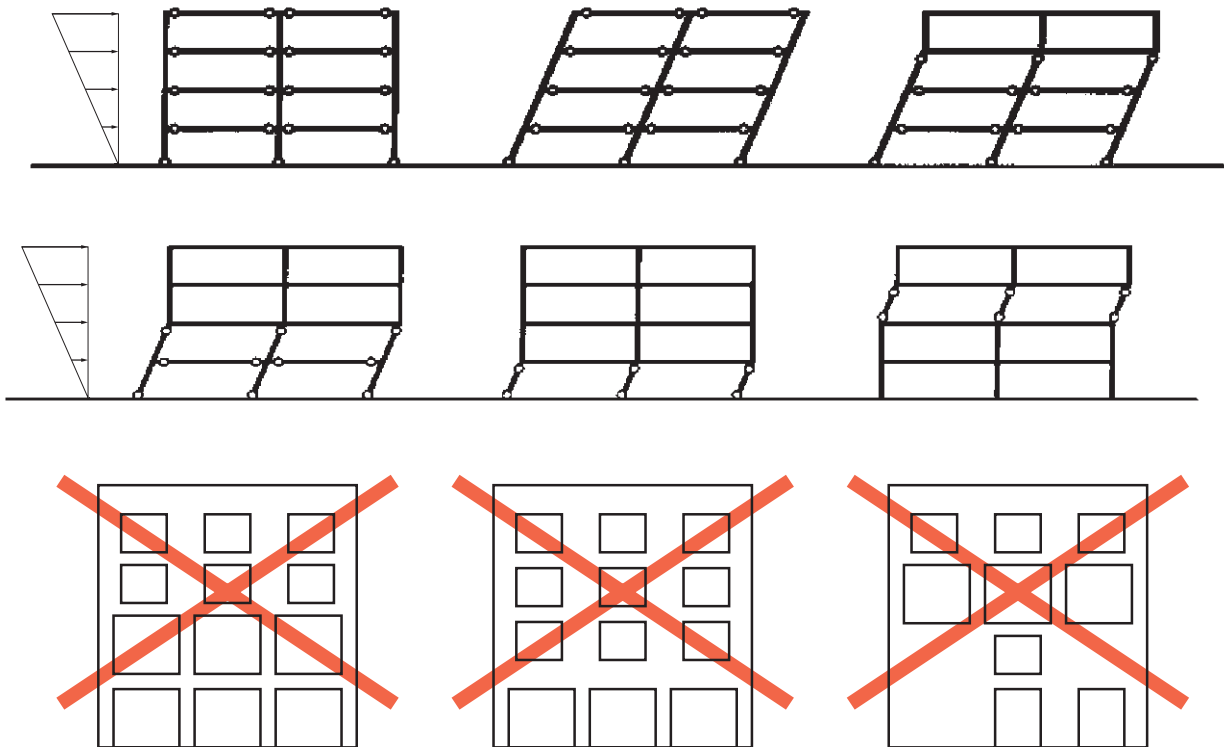
Zagotovljeni naj bodo globalni porušni mehanizmi

Stebri in grede, ki tvorijo okvirne sisteme, morajo biti projektirani tako, da poškodbe nastanejo predvsem na koncih gred in ob vpetju stebrov v pritličju. Tak porušni mehanizem najbolj enakomerno izkoristi nosilnost vseh elementov in ga imenujemo tudi globalni porušni mehanizem (slika 15 a, b). Lokalnim porušnim mehanizmom (slika 15 d, e, f) se je treba izogniti z ustreznim načrtovanjem in armiranjem gred in stebrov okvirov. Sliki 15 e in 15 f predstavljata konstrukcijo z eno mehko etažo. Tipične poškodbe konstrukcije z mehko etažo so prikazane na sliki 1. V eno- ali dvoetažnih stavbah kot tudi v zgornji etaži večnadstropnih stavb pogosto ni mogoče doseči globalnega porušnega mehanizma po vseh gredah. Zato je v teh primerih dovoljen tudi delni porušni mehanizem po stebrih v vrhni etaži ali v etaži pod njo (slika 15 c). V splošnem velja, da naj bodo stebri konstruirani tako, da so močnejši od prečk (vpeljati princip šibkih gred in močnih stebrov).

Dimenzije stebrov naj bodo večje od minimalnih predpisanih dimenzij

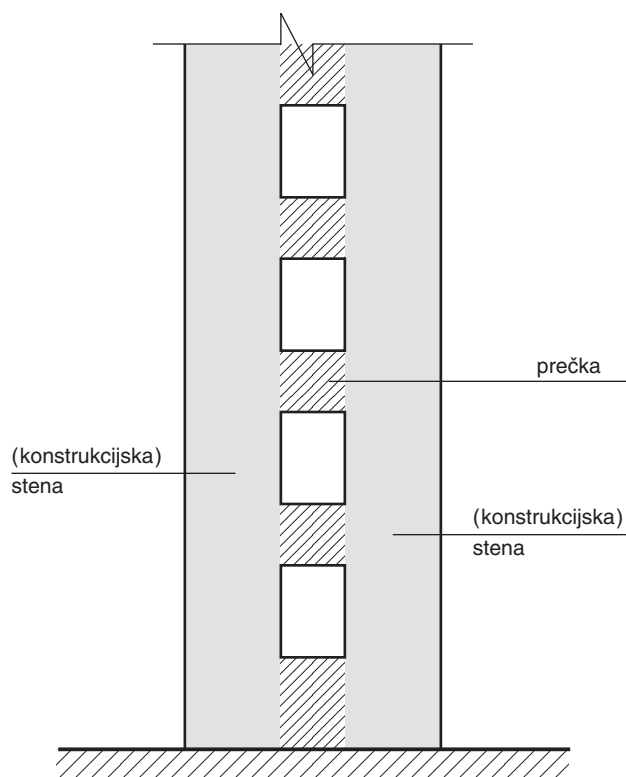
Razen v posebnih primerih¹, je minimalna dimenzija prečnege prereza stebra pri visoki duktilnosti 30 cm oziroma 1/16 višine stebra. Pri srednji duktilnosti je min. 25 cm oziroma približno 1/20 višine stebra in pri nizki duktilnosti približno 1/20 višine stebra (1/10 daljše razdalje med prevojno točko in krajiščema stebra v obravnavani smeri upogiba).

¹ Poseben primer nastopi, ko je treba upoštevati teorijo 2. reda (glej EC8/1-2, člen 4.2.2 (2))



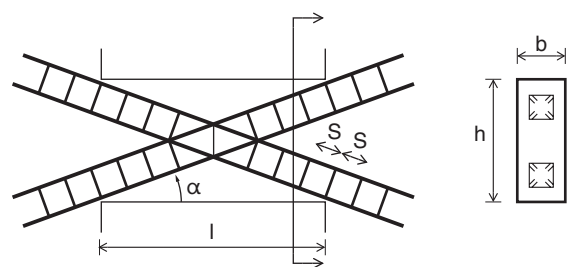
Slika 15. Globalni (a, b, c) in lokalni porušni mehanizmi (d, e, f)

Figure 15. Global (a, b, c) and local types (d, e, f) of failure modes of frames



Slika 16. Stena z odprtinami

Figure 16. Coupled wall



Slika 17. Bidiagonalno armiranje prečke

Figure 17. Bidiagonal reinforcement of coupling beams

Omejitev osne sile v stebrih:

visoka duktilnost:
normirana projektna osna sila = $N_{sd}/A_c f_{cd} \leq 0,55$

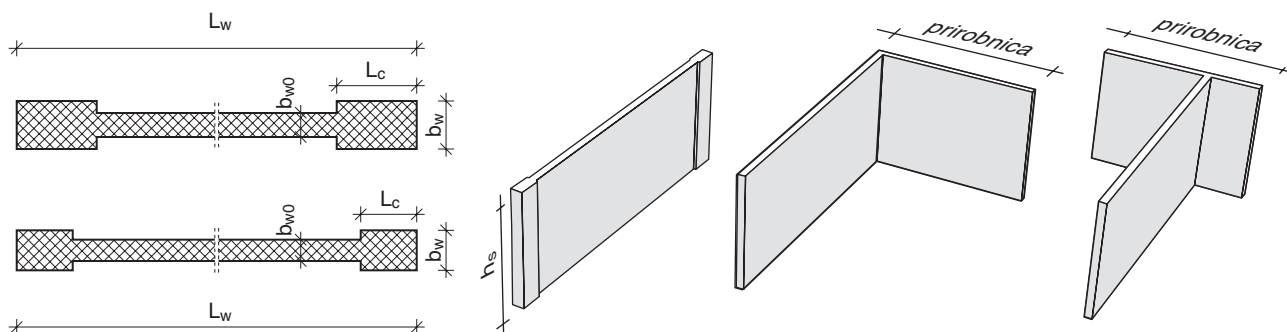
srednja duktilnost:
normirana projektna osna sila = $N_{sd}/A_c f_{cd} \leq 0,65$

nizka duktilnost:
normirana projektna osna sila = $N_{sd}/A_c f_{cd} \leq 0,75$

N_{sd} = osna sila zaradi kombinacije vertikalne in potresne obtežbe

A_c = prerez stebra

f_{cd} = računski trdnost betona



Slika 18. Stene, robni stebri, prirobnice

Figure 18. Walls, edge columns, flanges

S pomočjo gornjega izraza je mogoče približno določiti začetne dimenzije stebrov. Osno silo se lahko približno določi iz vplivnih površin, f_{cd} pa je odvisen od marke betona in znaša npr. za beton C25/30 približno $2,0 \text{ kN/cm}^2$.

Stene naj neprekinjeno segajo do temeljev

Armiranobetonske stene morajo biti polno sidrane v temelje ali ustrezno kletno zidovje. Nosilne AB-stene, ki so podprte s ploščami ali gredami, niso dovoljene.

Stene naj bodo ozke in visoke

Predpis loči med vitkimi stenami, pri katerih prevladuje upogibno obnašanje, in nizkimi stenami, pri katerih obstaja nevarnost manj ugodne strižne porušitve. Priporočljivo je, da so stene ozke in visoke, točneje, da je razmerje med višino in širino $\geq 2,0$.

Kjer je mogoče, naj bodo stene povezane s prečkami (stene z odprtini)

Posamezne stene so lahko med seboj povezane s prečkami. Če so povezane samo z medetažnimi ploščami, se taka povezava ne upošteva kot nosilna. Če je dolžina prečke večja ali enaka njeni trikratni višini, se povezavo upošteva kot nosilno, pri čemer se predpostavlja, da se prečka pri tej dolžini obravnava upogibno. Krajše prečke sicer še močnejše povezujejo stene in dajejo večjo nosilnost, vendar pa pri njih obstaja nevarnost strižne porušitve, zato je priporočljivo, da so prečke posebej armirane z bidiagonalno armaturo (slika 17), za katero je treba predvideti tudi ustrezna sidrna mesta (razen pri nizki stopnji duktilnosti). Izogibati se je treba naključni in nepravilni razporeditvi odprtin v stenah, saj lahko z neustrezno razporeditvijo odprtin onemogočimo sodelovanje stene pri prenosu horizontalne obtežbe.

Debeline sten naj bodo večje od minimalnih predpisanih dimenzij, stene naj bodo ojačane z robnimi stebri ali povezane s stenami v pravokotni smeri

Možna je izvedba sten z ali brez prirobnic. Močnejše so stene, ki imajo tudi robne stebre, za katere veljajo posebna geometrijska pravila. Minimalni pogoj za preprečitev bočne nestabilnosti je, da širina stojine b_{w0} ne sme biti manjša od 15 cm. Velja izraz: $b_{w0} = \min \{150 \text{ mm}; h_s/20\}$, pri čemer je h_s svetla etažna višina.

Predpis loči med stenami z večjimi ($l_c < 2 b_w$ in $l_c < 0,2 l_w$) in manjšimi robnimi stebri ($l_c \geq 2 b_w$ in $l_c \geq 0,2 l_w$). Pri prvih mora biti širina robnega stebra b_w enaka vsaj $1/10$ etažne višine, pri drugih pa vsaj $1/15$ etažne višine h_s . Širina robnega stebra stene mora biti v vsakem primeru večja od 20 cm. Minimalna debelina stene brez robnih stebrov ali prirobnic je torej 20 cm, oziroma $1/15$ etažne višine. Če je stena povezana s prečno steno (prirobnico) debeline vsaj $h_s/15$ in dolžine vsaj $h_s/5$, lahko minimalna dimenzija stene znaša najmanj 15 cm, oz. $h_s/20$.

Plošče naj bodo v svoji ravnini toge

Medetažne konstrukcije morajo biti v svoji ravnini dovolj toge, da lahko raznesejo horizontalne sile na vertikalne elemente, kar je še posebej pomembno pri večjih spremembah togosti navpičnih elementov nad in pod medetažno konstrukcijo. Posebno preveritev (za nizko in srednjo duktilnost) zahtevajo plošče z nepravilno geometrijo, navzven štrlečimi vogali, nišami v tlorisu, nepravilnimi ali velikimi odprtinami v plošči, z nepravilno razporeditvijo mas in/ali togosti (navznoter umaknjene fasade, nadzidki, stolpi nad delom tlorisa) in plošče pri kletih, kjer so stene samo na delu oboda, ali pri delnih podkletitvah.

Sklepne misli

Prispevek na kratko povzema najvažnejša določila standarda Eurocode 8, ki bi morala biti arhitektu projektantu vodilo pri zasnovi potresnovarne AB-konstrukcije. Delo še poteka, zato je izvleček podan le v osnovnem najnujnejšem obsegu. Predvidene so podobne študije tudi za druge dele standardov. Med gradbeno in arhitekturno stroko je treba vzpostaviti bolj dinamično sodelovanje in vključevati konstruktorje tudi v kreativni idejni del projekta. Timsko delo več strok je danes (vsaj med mlajšimi kolegi) že stalna praksa. Večja specializacija, tehnične zmožnosti in predvsem zahtevnejši, kompleksnejši projekti pa bodo verjetno takšno sodelovanje še poglobili. Medsebojno spoštovanje bo, upamo, zgolj posledica neizogibnega živahnejšega in bolj odgovornega sodelovanja. Opismenjevanje arhitektov projektantov z znanjem zasnove konstrukcij bo s tem prispevkom morda izboljšano, vseeno pa si želimo, da bi njihova izvirnost ostala.

Literatura

1. SIST ENV 1998, Eurocode 8 – projektiranje konstrukcij na potresnih področjih. Maj, 2000.
2. prEN 1998 – 1 (Eurocode 8), Draft No. 4, (Delovno gradivo – osnutek). December 2001.
3. Slak, T., Kilar, V., 2001. Arhitekt projektant in zasnova potresno varnih konstrukcij po EC8. V: Saje, F., Lopatič, J. (urednika), 23. Zborovanje gradbenih konstrukterjev Slovenije, Slovensko društvo gradbenih konstrukterjev, Bled.
4. Fischinger, M., Isaković, T., Kilar, V., Slak, T., 2001. Sodelovanje študentov arhitekture in gradbeništva v okviru predmeta računalniško projektiranje konstrukcij. V: Duhovnik, J., Turk, Ž., Cerovšek, T. (uredniki), Gradbena informatika 2001, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (FGG) – Inštitut za konstrukcije, potresno inženirstvo in računalništvo (IKPIR), Ljubljana.
5. Tudi: <http://ucilnica.fgg.uni-lj.si/sola/rpk/0001/ss/>, <15. 06. 2002>
6. Kilar, V. Povzetek predavanj pri Predmetu OGM na FA, primeri računalniško generiranih in preverjenih konstrukcij študentov FA. Skripta v pripravi.
7. Kilar, V., 2001. Uporaba računalniških simulacij v arhitekturi. V: Juvanec, B. (urednik), Arhitektura, raziskave 2001/2. Fakulteta za arhitekturo (FA), Ljubljana, 46-49.
8. Fischinger, M., 2001. Gradivo za Seminar o uporabi evropskih predpisov za konstrukcije: Eurocode 8 – Armiranobetonske konstrukcije. IKPIR - FGG, Ljubljana.
9. Fischinger, M., Cerovšek, T., Turk, Ž. EASY: a hyper media learning tool. Electron. j. inf. tech. constr., Vol. 3, pp. 1–10, <http://www.ikpir.fgg.uni-lj.si/easy/slo/index.htm>, <15. 06. 2002>
10. Fajfar, Peter, 1999. Gradivo za Seminar o uporabi evropskih predpisov za konstrukcije: Eurocode 8 – Splošno in analiza, IKPIR – FGG, Ljubljana.
11. Fajfar, P., 1981. Zasnova potresnovarnih zgradb. Publikacija IKPIR št. 23, Ljubljana.
12. Paulay, T., Priestley, M. J. N., 1992. Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings. Birkhauser-Verlag, ZDA.

KOMBINIRANA UPORABA RADARSKO IZMERJENIH KOLIČIN PADAVIN IN LOKACIJ ATMOSFERSKIH RAZELEKTRITEV TER MOŽNOST NAPOVEDOVANJA ATMOSFERSKIH RAZELEKTRITEV

Composite Visualization of Radar Measured Precipitation and Atmospheric Discharge Locations and Forecasting of Atmospheric Discharges

Janko Kosmač*, Aleš Poredoš**, Jasna Vehovar***, Uroš Strajnar****, Tone Zgonc*****

UDK 551.50:004.94

Povzetek

Predstavljen je način kombiniranja radarsko izmerjenih količin padavin in lokacij atmosferskih razelektritev za potrebe vodenja velikih sistemov, kakršen je elektroenergetski. Prikazana je tudi možnost kratkoročnega napovedovanja atmosferskih razelektritev za 12 do 48 ur, ki temelji na numeričnem simuliranju dogajanj v atmosferi. Za računalniško vizualizacijo rezultatov obeh metod je bila uporabljena tehnologija JAVA Servlet, ki omogoča njihovo uporabo prek interneta.

Abstract

A composite visualization of radar measured precipitation and atmospheric discharge locations was developed to support the control and operation of electric power and similar systems. The short-term 12-48 hour forecasting of atmospheric discharges based on numerical simulations of the atmosphere is also presented. JAVA Servlet technology was used for computer visualization in order to make these products accessible via the Internet.

Uvod

Slovenski center za avtomatsko lokalizacijo atmosferskih razelektritev (SCALAR) deluje od leta 1997 in je v Sloveniji našel številne uporabnike informacij o strelah. Področje uporabe podatkov sistema SCALAR je široko in sega od elektroenergetike do mobilnih telekomunikacij. Z razvojem sistema so se začele kazati potrebe po novih storitvah, vezanih ne samo na sistem SCALAR, ampak tudi na druga meteorološka opazovanja in prognostične podatke.

Slovenski meteorološki radar na Lisci je z uvedbo novih modulov, ki na osnovi Dopplerjevega principa omogočajo dodatne in podrobnejše meritve, prešel v novo obdobje delovanja.

V prvi fazi sodelovanja različnih strok je nastala metodologija za kombinirano uporabo radarsko izmerjenih količin padavin in lokacij atmosferskih razelektritev. Vzporedno s tem razvojem je potekal razvoj metodologije in programske opreme za kratkoročno napovedovanje verjetnosti atmosferskih razelektritev – za dva dni vnaprej.

Tovrstne storitve in metode lahko uporabljamo pri načrtovanju in operativnem vodenju velikih sistemov, kakršen je elektroenergetski sistem.

Časovne in prostorske razsežnosti atmosferskih razelektritev

Razvoj neviht pogojujejo specifični procesi v ozračju, ki potekajo v manjših prostorskih in časovnih razsežnostih kot razvoj »splošnega« vremena, saj imajo nevihte in nevihtni sistemi lokalne značilnosti in ponavadi potekajo razmeroma hitro.

Pri atmosferskih razelektritvah moramo torej uporabiti posebne metode za opazovanje in napovedovanje neviht, saj so pogoji, v katerih nastajajo, v značilnih razsežnostih od nekaj minut do nekaj ur in od nekaj sto metrov do nekaj deset kilometrov.

* dr., Elektroinštitut Milan Vidmar, Hajdrihova 2, Ljubljana, janko.kosmac@eimv.si

** Ministrstvo za okolje, prostor in energijo, Agencija RS za okolje, Urad za meteorologijo, Vojkova 1 b, Ljubljana

*** Ministrstvo za okolje, prostor in energijo, Agencija RS za okolje, Urad za meteorologijo, Vojkova 1 b, Ljubljana

**** Ministrstvo za okolje, prostor in energijo, Agencija RS za okolje, Urad za meteorologijo, Vojkova 1 b, Ljubljana

***** Ministrstvo za okolje, prostor in energijo, Agencija RS za okolje, Urad za meteorologijo, Vojkova 1 b, Ljubljana

Napovedovanje in daljinske meritve

Kratkoročno napovedovanje v meteorološki operativi obsega razvoj vremena v časovnem območju od 12 do 48 ur vnaprej, osnovno orodje pa so računalniški numerični meteorološki modeli za simulacijo dogajanj v atmosferi.

Z numeričnim meteorološkim modelom na osnovi začetnega stanja v atmosferi vnaprej izračunamo predvideno stanje v ustreznih časovnih korakih. Začetno stanje določamo z opazovanji, tako klasičnimi prizemnimi in višinskimi (balonske sonde), kot opazovanji na daljavo (predvsem meteorološki sateliti).

Vključevanje radarskih in razelektritvenih opazovanj v proces določanja začetnega stanja za numerične modele je še nedodelano, zato ti dve vrsti opazovanj zaenkrat še nimata vpliva na modelske napovedi. V operativi ju uporabljamo za spremljanje trenutnega dogajanja, hkrati pa poskušamo razviti posebne, predvsem ekstrapolacijske metode, ki bi omogočale napovedovanje premikov obstoječih nevihtnih sistemov za nekaj deset minut vnaprej.

- *Meteorološki radarji* so osnovno orodje za odkrivanje in sledenje nevihtnih celic, ki delujejo z valovno dolžino 1 do 10 cm in zaznavajo odboje od padavinskih delcev v ozračju. V Sloveniji je meteorološki radar nameščen na Lisci. Poleg odbojnosti od padavinskih delcev lahko radarji s t. i. Dopplerjevim modulom zaznavajo tudi hitrost premikanja teh delcev, tako da lahko spremljamo vzgornike v nevihtnih celicah in njihovo relativno lego glede na največjo odbojnost (torej padavinsko jedro) ter tako določimo razvojno fazo celice, kar daje pomembno informacijo o verjetnem razvoju celice in razelektritvenem dogajanju v naslednjih nekaj desetih minutah. V Sloveniji Dopplerjev radar šele uvajamo, zato omenjene metode še niso zrele za operativno uporabo.
- *Sistemi za lokalizacijo razelektritev* so orodje za odkrivanje in sledenje električno aktivnih nevihtnih celic. V Sloveniji deluje sistem SCALAR (Kosmač, 1998).

Raziskave so pokazale (Jaeneke, 1998), da se talne strele ponavadi pojavijo šele, ko je nevihta že dobro razvita (v zreli fazi) in jo torej lahko s sistemom za lokalizacijo talnih strel opazimo kasneje kot z meteorološkim radarjem.

Ravno zato je lahko kombinacija radarskih in razelektritvenih podatkov uporabno orodje za sledenje nevihtnih dogajanj, določanje njihovih značilnosti (tip, razvojna faza itd.) in na tej osnovi tudi za *zelo kratkoročno napovedovanje* (nekaj deset minut vnaprej) njihovih premikov.

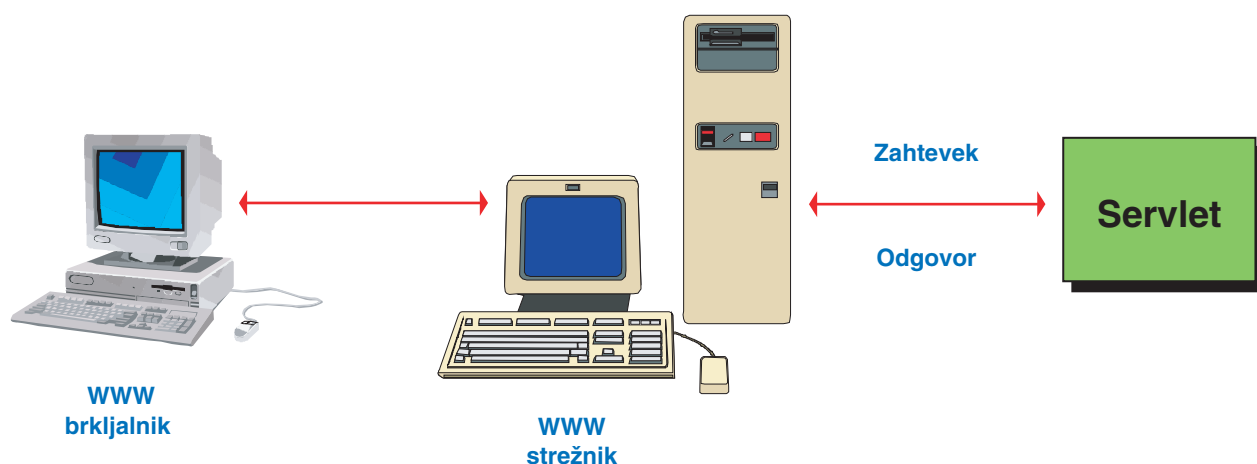
Kombiniranje podatkov z uporabo JAVA Servlet tehnologije

Za kombiniranje in operativno razpošiljanje radarskih in razelektritvenih podatkov smo preizkusili več načinov; v vseh je bila uporabljena t. i. tehnologija inter in intranetnih okolij. Pri operativni izvedbi smo na podlagi tehnoloških in organizacijskih značilnosti uporabnikovega odločevalskega procesa izbrali pristop na podlagi tehnologije JAVA Servlet.

Bistvo te tehnologije je v tem, da je bil za prikaz radarske slike in strel uporabljen protokol HTTP, ki je na veliki večini požarnih pregrad dovoljen. Razlika med klasičnim pristopom, kjer spletni brkljalnik izvaja zahteve samo na spletnem strežniku, ki mu nazaj posreduje datoteke s strežniškega diskovja, je v tem, da sedaj strežnik brkljalnikove zahteve posreduje tudi JAVA Servletu. JAVA Servlet zahtevek HTTP sprejme, ga obdela in pošlje rezultat strežniku, ki ga posreduje brkljalniku.

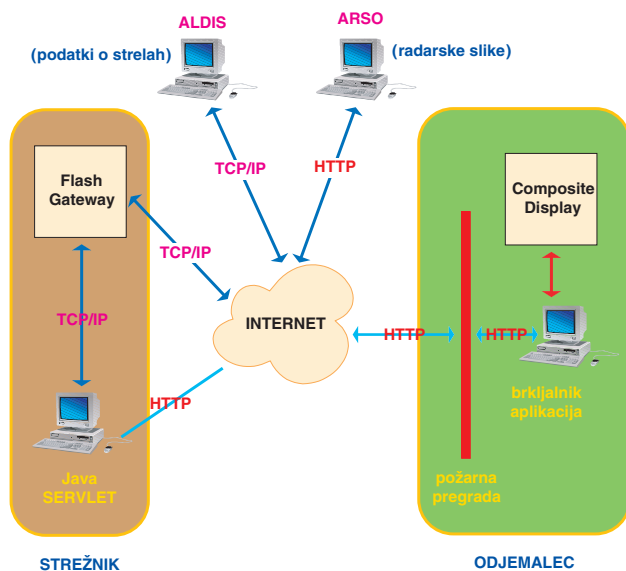
Brkljalnik odgovor interpretira bodisi kot običajno html datoteko ali pa JAVA applet (znotraj brkljalnika) programsko interpretira prejete podatke.

Naloga programa z imenom *FlashGateway* je, da sprejema podatke iz vira atmosferskih razelektritev v realnem času in jih na podlagi pravic posreduje določenemu uporabniku.



Slika 1. Shematični prikaz posredovanja zahtevka HTTP JAVA Servletu

Figure 1. Schematic presentation of transmission of HTTP request to JAVA Servlet

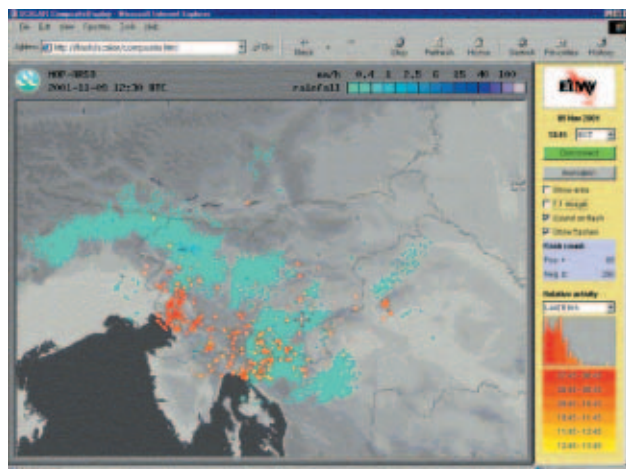


Slika 2. Shematični prikaz pretoka informacij pri uporabi tehnologije JAVA Servlet za prikaz kombinirane slike radarja in strel

Figure 2. Schematic presentation of information flow for the composite presentation of a radar picture and atmospheric discharges using JAVA Servlet technology

Podatke o strelah prejema prek interneta iz razelektritvenega procesnega sistema ALDIS (Dunaj) po protokolu TCP/IP, radarske slike v formatu gif pa prejema iz Agencije Republike Slovenije za okolje (ARSO) po protokolu HTTP (slika 2).

Program z imenom *CompositeDisplay* je JAVA-naska aplikacija/aplet, ki kombinira podatke o radarju in strelah. Glede na dejstvo, da se nove radarske slike pojavljajo vsakih 10 minut, je program izdelan tako, da ob določenih terminih povprašuje strežnik po svežih radarskih slikah. Vmes v 20-sekundnih intervalih povprašuje po novih strelah.



a) z razelektrivami/with discharges

Podatke potem predela in jih prikaže v ustrezni projekciji. *CompositeDisplay* lahko prikazuje do 36 slik (6 ur x 6 slik/uro), ki jih lahko tudi animira v neskončni zanki. Na ta način dobi uporabnik vtis o premikih nevihtnih sistemov in o povezavi med količino padavin in številom strel.

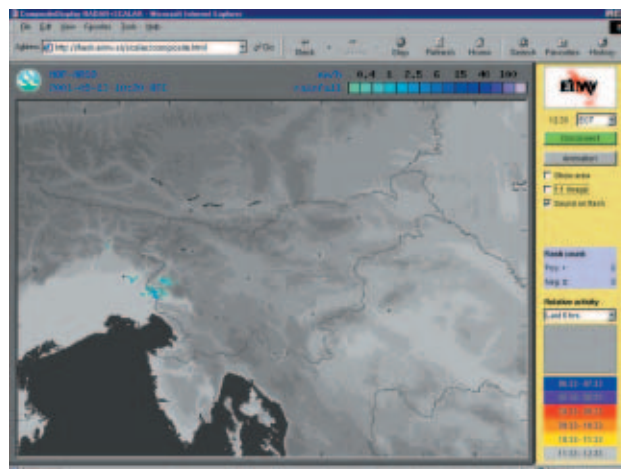
Produkti numeričnih meteoroloških modelov

Numerični model ALADIN, je glavni mezo-meteorološki operativni model slovenske meteorološke službe. Požene se ga vsak dan dvakrat, izračuna pa polja meteoroloških spremenljivk v mreži točk z medsebojno razdaljo približno 11 km in v 31 vertikalnih nivojih (z zmogljivejšo računalniško opremo se bo ločljivost tovrstnih operativnih modelov počasi povečevala, vendar le do neke teoretične meje napovedljivosti vremenskih sistemov). S pomočjo prognostičnih in diagnostičnih modelskih polj lahko npr. identificiramo območja z večjimi verjetnostmi za nastanek neviht.

Poudariti je treba, da je natančnost modelskih izračunov odvisna od natančnosti vhodnih podatkov (to pa so zgoraj omenjena lokalna in regionalna opazovanja redko, pomembnejši so izračuni drugih modelov, ki se uporabijo kot začetni in robni pogoji). Če so vhodni podatki napačni, bo seveda napačen tudi izračun modela. Za napake pa so najbolj občutljive prav tiste spremenljivke, ki uporabnike najbolj zanimajo: padavine, oblačnost, temperatura in vlaga pri tleh.

Pri napovedovanju možnosti za nevihte se zato zaenkrat lahko še najbolj zanesemo na modelsko polje vetra, ki ga potrebujemo za določitev tipa konvekcije, in na diagnostične količine za stabilnost atmosfere, ki povezujejo različne parametre proste atmosfere in s tem določajo za razvoj neviht bolj ali manj ugodno okolje (npr. temperatura in vlažnost).

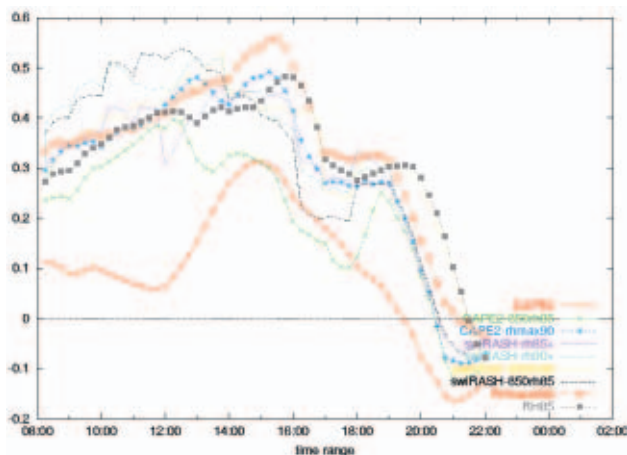
Raziskali smo nevihtne v letih 1998 in 1999, pri katerih smo iskali najprimernejše modelske diagnostične količine, ki bi



b) brez razelektritev/without discharges

Slika 3. Prikaz kombinirane slike radarja in atmosferskih razelektritev

Figure 3. Composite presentation of radar picture and atmospheric discharges



Slika 4. Primer poteka vrednosti prostorskih korelacij za različne kombinacije stabilnostnih indeksov (en dan, za različne termine napovedi)

Figure 4. Example of spatial correlation values for various combinations of stability indexes (one day, for different forecast times)

identificirale možnosti za pojavljanje razelektritev v napovedovanem obdobju. Merilo uspešnosti je bila prostorska korelacija med opazovanimi polji (časovno drseče povprečje gostote strel) in polji napovedanih indeksov (meteorološke količine, npr. razpoložljiva konvektivna potencialna energija, konvergenca vlage v nižjih atmosferskih plasteh, Showalterjev indeks, KO-indeks, razlika ekvipotencialnih temperatur med srednjo in nižjo troposfero ipd.).

Med testiranimi modelskimi stabilnostnimi indeksi se je v povprečju najbolje izkazal modificirani Showalterjev indeks (Bluestein, 1993), ki upošteva temperaturne in vlažnostne razmere v spodnji polovici troposfere. (Modificiran s pogojem zadostne vlažnosti zraka v nižji troposferi – upoštevam ga namreč le, kadar je relativna vlažnost zraka na ploskvi 850 hPa, kar je pribl. 1500 m nadmorske višine v prosti atmosferi, večja od 70 %.)

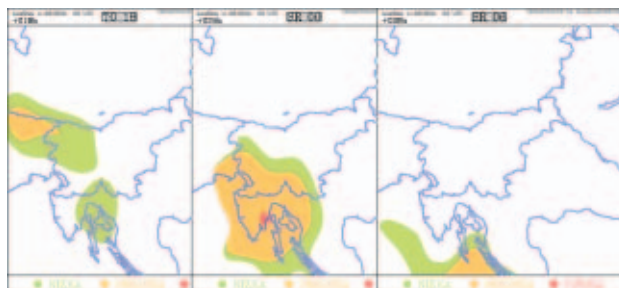
Zaradi lažje uporabe smo se odločili, da rezultate oblikujemo čim bolj preprosto – prikazuje le štiri razrede verjetnosti za nevihte v časovnem razponu približno 6 ur okoli napovedanega termina.

Opisni razredi verjetnosti za strele so prikazani kot obarvana polja:

- brez barve – zelo majna verjetnost,
- zelena – majhna verjetnost,
- rumeno-oranžna – srednje velika verjetnost,
- rdeča – velika verjetnost.

Nekaj doslej ugotovljenih povezav med napovedanim in dejanskim nevihtnim dogajanjem (v letu 2001):

- nevihte se skoraj nikoli ne pojavijo daleč stran od obarvanih območij, razen kadar gre za posamezne, izolirane vročinske nevihte v hribovitem svetu;
- nevihte z intenzivnimi razelektritvami se redko pojavijo v zelenem območju, tu v glavnem prevladujejo le plohe;



Slika 5. Primer operativnega produkta – napoved verjetnosti strel za 18, 24 in 36 ur vnaprej, izdana na osnovi začetnega stanja 11. 9. 2001 ob 00.00 po UTC (velja za šesturne časovne intervale okoli teh terminov).

Figure 5. Example of operative product – discharge probability forecasts for 18, 24 and 36 hours, calculated on the basis of zero state on 11 September 2001 at 00.00 UTC (applies for six-hour time intervals around these times)

- nevihte z zmerno gostoto razelektritev se pojavljajo v rumenem in rdečem območju;
- intenzivne razelektritve se pojavljajo v rdečih območjih ali zelo blizu njih;
- ker rezultati predstavljajo *potencialno* labilnost atmosfere v izbranem terminu (torej bolj ali manj primerno okolje, v katerem se nevihta lahko razvije), so nekoliko boljši, če nam šesturni interval okoli napovedanega termina predstavlja »utežitev v času naprej«, torej [–2 h, termin, +4 h] ali celo [–1 h, termin, +5 h].

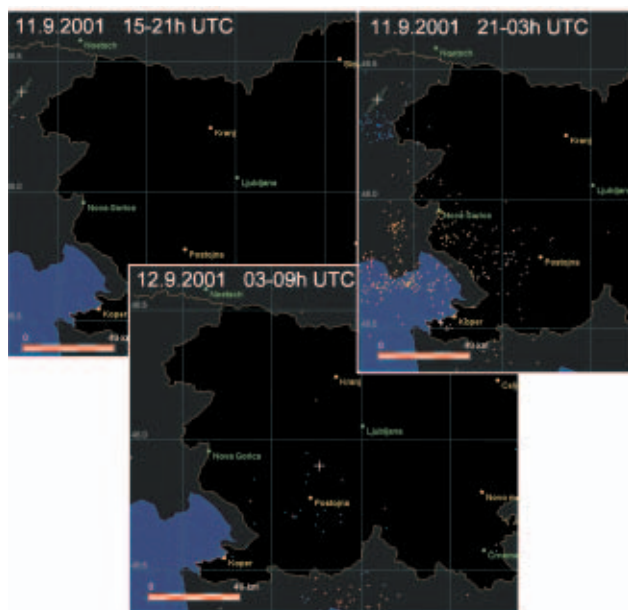
Pri operativnem delu mora uporabnik seveda uporabljati svoje praktične izkušnje in razviti svoj način upoštevanja napovedi.

Seveda moramo pri tem znova poudariti, da so rezultati dobljeni na podlagi uporabe modelskih simulacij atmosfere in torej že po definiciji vsebujejo poenostavitve, napake in začetnih meritvah in ostale nedoločenosti, zato so za uporabnika le orientacijsko, t. j. kvalitativno merilo pri načrtovanju njegovih dejavnosti.

Sklepne misli

Z metodologijo kombinacije radarskih in razelektritvenih podatkov smo v proces operativnega spremljanja nevihtnega dogajanja uvedli možnost dodatne, komplementarne informacije, ki omogoča boljši nadzor nad dejanskim razvojem pojavov in tudi kratkoročno načrtovanje morebitnih ukrepov na številnih področjih delovanja (elektrogospodarstvo, telekomunikacije, civilna zaščita).

Z metodologijo objektivne kvalitativne napovedi verjetnosti za strele v tekočem in naslednjem dnevu smo procesu dnevnega načrtovanja aktivnosti ponudili možnost racionalnejšega določanja časovnega intervala in geografskih območij, kjer bo verjetnost za nastanek škodljivih nevihtnih pojavov večja.



Slika 6. Primer dejansko izmerjenih strel v šesturnih časovnih intervalih okoli napovedanih terminov (gl. prejšnjo sliko).

Figure 6. Example of actually detected discharges in the six-hour time intervals around the forecast times (see previous figure).

Delo na obeh sklopih se bo v prihodnosti nadaljevalo, predvsem z novimi raziskavami konkretnih primerov in statističnimi obdelavami uspešnosti različnih metod.

Na meteorološkem področju pričakujemo razvoj novih metod za kratkoročno napovedovanje, ki bodo omogočile napovedovanje v zaenkrat kritičnem časovnem oknu – za nekaj minut do približno dvanajst ur vnaprej.

Literatura

- Blanchard, D. O., 1998. Assessing the vertical distribution of convective available potential energy.
- Bluestein, H. B., 1993. Synoptic-Dynamic meteorology in Midlatitudes. Volume II: Observations and theory of weather systems.
- Calas, C., 2000. Mesoscale analyses and diagnostic parameters for deep convection nowcasting.
- Collier, C. G., 1994. Forecasting thunderstorm initiation in north-west Europe using thermodynamic indices, satellite and radar data.
- Direction-Finding System, Service Manual, Lightning Location and Protection. Tucson, 1997.
- Ducrocq, V., 1998. Diagnostic tools using a mesoscale NWP model for the early warning of convection.
- Golde, R. H., 1979. Lightning. Volume 1. New York, Academic Press, 1979.
- Gregorič, G., Poredoš, A., 2000/2001. Napovedovanje neviht. Ujma, 14–15, 325–329.
- Jaeneke, M., Finke, U., 2001. Improvement of Nowcasting storms combining radar and lightning data, COST78 – Improvement of nowcasting techniques. Final report, EUR 19544. Luxembourg, Office for Official Publ. of EC, 2001, 499 pp., ISBN 92-828-6721-8.
- Kosmač, J., 1998. Connection of Slovenian and Austrian Real-time Lightning Localization Systems. International Conference on Insulation Coordination, Conference proceeding. Zagreb, 8.–12. september 1998, 35–39.
- Kosmač, J., 1998. Connection of Slovenian and Austrian Real-time Lightning Localization Systems. International Lightning Detection Conference. Tucson AZ, USA, 18.–19. november 1998, p. p. XX.
- Kosmač, J., 1998. Povezava slovenskega in avstrijskega sistema za lokalizacijo atmosferskih razelektritev v realnem času. Simpozij ob 50. letnici Elektroinštituta Milan Vidmar, Ljubljana, 12. junija 1998, pp. 52–58.
- Kosmač, J., 1997. Slovenski sistem za lokalizacijo atmosferskih razelektritev v realnem času. Tretja konferenca slovenskega komiteja CIGRÉ. Nova Gorica, 4.–6. junija 1997, 122–127.
- Kosmač, J., 1998. Slovenski sistem za lokalizacijo atmosferskih razelektritev v realnem času. Delo, priloga Znanost, 13, 14. oktober 1998.
- Poredoš, A., Strajnar, U., 1999. Use of internet technology in meteorological dissemination systems. European Conference on Applications of Meteorology, Proceedings. Norrköping, Sweden, 13.–17. september 1999.
- Poredoš, A., 2001. Dissemination Systems and Warnings, COST78 – Improvement of nowcasting techniques. Final report, EUR 19544. Luxembourg, Office for Official Publ. of EC, 2001, 499 pp., ISBN 92-828-6721-8.
- Schulz, W., 1997. Performance Evaluation of Lightning Location Systems. Dissertation, Mat. Nr. 8525284, Fakultät für Elektrotechnik, Technischen Universität Wien.
- Sekso, A., Kosmač, J., 1997. Uspostava daljinskog sustava praćenja grmljavina u saradnji Slovenije i Hrvatske. HK Cigre. Tretja konferenca, Cavtat, 26.–30. oktober 1997, pn. R 33–05, pp. 51–60.
- Strajnar, U., Žorž, B., Poredoš, A., 2001. XML based visualization of meteorological data. European Conference on Applications of Meteorology, Proceedings. Budapest, Hungary, 24.–28. september 2001.

SNEŽNI PLAZOVI – OPOZARJANJE, REŠEVANJE IN PREPREČEVANJE

Avalanches – Warning, Rescue and Prevention

Roland Meister*

UDK 556.12:614.8

Povzetek

Mednarodna komisija za reševanje v gorah (IKAR) je v preteklih 50 letih odigrala pomembno vlogo v preprečevanju nesreč v snežnih plazovih. Da se število smrtno ponesrečenih v plazovih v zadnjih letih ni povečalo sorazmerno z izredno povečanim obiskom gora in krajev, ki jih ogrožajo plazovi, je predvsem zasluga sodelovanja med svarilci, reševalci in preventivci. Tako je povprečje mrtvih v evropskih alpskih deželah okoli 109, če upoštevamo vse dežele članice IKAR, pa 160 na leto. Upajmo, da tudi v prihodnje ne bo slabše, gotovo pa brez koordinacije na mednarodni ravni ne bo uspeha.

Abstract

The International Commission for Alpine Rescue (ICAR) has played an important role in accident prevention over the last 50 years. As a result of the close cooperation between search & rescue organisations and avalanche forecasters, the number of people killed in avalanches did not increase in proportion to the growing use of alpine and recreational areas, despite the fact that technology has made alpine and avalanche terrain accessible to the general public. In European »alpine-countries«, the overall mean of avalanche fatalities each winter is 109; in all member countries of ICAR, the average is 160. A direct correlation can be found between public avalanche warning systems, avalanche prevention programs and rescue operations. This has been attained through a co-ordinated and co-operative approach within the international community.

Uvod

Nacionalne organizacije za reševanje v gorah (GRS) so povezane v IKAR, ki je nastala pred 54 leti, ko so se v ta namen prvič zbrali gorski reševalci evropskih alpskih dežel. Naloga IKAR je od vsega začetka, da po najboljših močeh pomaga ljudem, ki v gorah zaidejo v težave, in da preprečuje nesreče. Konec leta 2001 je bilo v IKAR vključenih 33 organizacij, ki zastopajo 21 držav iz Evrope in Severne Amerike. IKAR ima štiri strokovna telesa: podkomisijo za klasično reševanje, za plazove, za letalsko reševanje in zdravniško podkomisijo.

Že od samega začetka je bilo v IKAR čutili veliko potrebo po izboljšanju kakovosti reševanja ljudi, ki se ponesrečijo pozimi oz. v zasneženih gorah. Prednjačile so nesreče v plazovih, kjer je še dosti bolj kot pri drugih nesrečah odločilna hitra ugotovitev nahajališča pogrešenega. V ta namen je bilo treba sistematično razvijati metode in pripomočke za iskanje. Danes vemo, da je med desetimi zasutimi kar devet takih, ki sami sprožijo plaz. Odkar rešujemo v gorah, smo pri pripravi preventivnih in vzgojnih ukrepov posvečali veliko pozornost tako času iskanja kot človeku – povzročitelju plazov. Reševalcem se je kot izredni član IKAR že v petdesetih letih pridružil švicarski Inštitut za raziskave snega in plazov (EISLF). Francosko Nacionalno združenje za raziskave snega in plazov (ANENA) je sledilo v sedemdesetih, italijansko Nacionalno združenje za sneg in plazove (AINEVA) in Norveški geotehniški inštitut (NGI) pa v osemdesetih letih. Naloga

zadnjih štirih organizacij ni reševanje, so pa izjemno pomembne na področju koordinacije, raziskav in vzgoje. Da bi se zmanjšalo število nesreč, sta v tem sodelovanju tesno povezana reševanje in preventiva.

Opozarjanje

Prvi plazovni bilteni so prišli v javnost leta 1945 v Švici. Zajeli so ves švicarski alpski svet. V njih sta bila na kratko prikazana trenutno stanje snežne odeje in ogroženost zaradi plazov. Leta 1953 so pričeli izdajati prva opozorila v avstrijski zvezni deželi Vorarlberg, leta 1960 pa na Tirolskem. Slovenija je prišla na vrsto leta 1967, od 1970 dalje so opozoril deležni Francozi, od 1977 naprej pa so na voljo poročila o stanju snežne odeje v pokrajinah Trentino in Veneto ter na Južnem Tirolskem. Približno v istem času so opozorila začeli izdajati v ZDA, Kanadi, v tedanji ČSSR, na Škotskem in v Španiji.

Na pritisk IKAR je leta 1977 nastala enotna evropska lestvica nevarnosti plazov. Najprej so jo uvedle službe za opozarjanje pred snežnimi plazovi (SSP) v evropskih alpskih deželah, dve leti kasneje pa še v ZDA in Kanadi. Po tej lestvici je trenutna nevarnost ocenjena z eno naslednjih stopenj: majhna, zmerna, znatna, velika in zelo velika. Nevarnost je opredeljena glede na stabilnost snežne odeje in verjetnost, da se bo sprožil plaz. Stopnji nevarnosti dodajajo ponekod še

* EISLF, Davos. Prevedel Pavle Šegula. Avtorju se zahvaljujemo za soglasje.

priporočila za zadrževanje na zasneženih strminah. Na voljo so podrobni pripomočki za razlago opozoril (Meister, 1999). Opozorila ne vsebujejo prepovedi, pač pa splošne napotke glede ogroženih predelov, upoštevajoč nadmorsko višino in lego pobočij. Upoštevanje opozorila je stvar posameznika.

Pri ugotavljanju pravilnosti (verifikaciji) stopnje nevarnosti plazov, ki je bila navedena v izdanih plazovnih biltenih – opozorilih so SSP med drugim odvisne od čim podrobnejših opisov in poročil o nesrečah. Dolgoročno tridesetletno povprečje je 109 mrtvih v plazju na leto (Avstrija 27, Francija 30, Italija 29, Liechtenstein < 1, Nemčija 3, Slovenija 2 in Švica 27). Za članice IKAR kot celoto je povprečje smrtnih žrtev na leto 160.

Pozornost zbuja velika letna nihanja. Hkrati ugotavljamo, da je dogajanje v nekaterih alpskih deželah potekalo skoraj enako, kar opozarja na podobne vremenske razmere. Podobni podatki so na voljo za ZDA (Atkins in Williams, 2000), Kanado (Jamieson, Geldsetzer, 1996) in Norveško (Kristensen, 1998). Tudi Japonci premorejo podrobne analize nesreč (Shinji in sod., 2000).

V zadnjih treh desetletjih sta se promet in s tem mobilnost ljudi povečala za 80 odstotkov, vendar se število umrlih v plazovih ni povečalo.

V oceni nevarnosti plazov imajo pomembno vlogo novozapadli sneg, veter, temperatura in sestav snežne odeje. Odnosi so seveda zapleteni. V povprečju je vsak tretji dan možnost, da se bodo trgali plazovi. Ni nujno, da bo v močno snežnatih zimah veliko smrtnih nesreč. Prav nasprotno, v zimah, ko je padlo veliko snega (1974/75 in 1981/82), je bilo nesreč s smrtnimi žrtvami celo manj. Ko pa je bilo pozimi 1984/85, 1990/91 in 1995/96 v vsem alpskem območju malo snega, je bilo zabeleženih zelo veliko nesreč s smrtnim izidom. Takrat je igral odločilno vlogo neugoden sestav snežne odeje.

Poglejmo nekaj močno plazovitih zim v Alpah, ko se je zgodilo nekaj velikih nesreč: zima 1960/70 – med drugimi nesreči v naseljenih območjih v Val d'Isère v Franciji in Reckingen v Švici; 1981/82 – huda nesreča turistov s 13 mrtvimi v Werfenwengu v Avstriji; 1984/85 – mnogo manjših nesreč, med drugim 11 mrtvih zaradi plazov, ki je zasul cesto v Täschu v Švici; 1985/86 – pretežno plazovi na južni strani Alp, izven Alp pa velik plaz na Norveškem s 16 mrtvimi; 1990/91 – med drugim plaz v Courmayeurju v Italiji, kjer je umrlo 12 ljudi; 1999/2000 – dve veliki nesreči turistov v Avstriji: Galtür in Kaprun z 21 mrtvimi.

Z vidika vloge snega je izredno zanimiv pojav, da so se v določenih dneh skoraj hkrati in v celotnem alpskem prostoru sprožili plazovi, ki so povzročili nesreče. To se je npr. dogodilo 17. januarja 1977, 21. marca 1987, 17. februarja 1991 ter 15. in 16. februarja 1997. Čeprav ni padlo mnogo novega snega, je odločilno vlogo odigrala nestabilnost tanke stare snežne odeje, ki je bila več tednov izpostavljena nizkim temperaturam. Zanimiva so skoraj identična obdobja izdatnih snežnih padavin in trganja plazov v kata-

strofalni zimi, januarja in februarja 1999, na Savojskem, v Švici in v Avstriji.

V zimi 2000/2001 je od oktobra 2000 do februarja 2001 zaradi sedmih zavezitev zračnih gmot na južni strani Alp od Val d'Aoste prek gora v Tessinu in Engadinu do Dolomitov skoraj neprestano snežilo. Višina snežne odeje je ponekod preseгла dotedanjo petdesetletno maksimalno višino. V južnih pokrajinah se je utrgalo mnogo plazov, vendar predhodne ocene kljub temu ne kažejo nadpovprečnega števila nesreč.

Take in podobne analize lahko izvedemo tudi glede na druge stalnice, ki zadevajo snežno odejo in vreme. Kadar razglabljam o tveganjih, ne gre pozabiti, da igrajo pomembno vlogo tudi drugi viri nevarnosti, npr. veter in temperatura. Velja pa tudi upoštevati, da se med močnim sneženjem, v viharju in v veliki nevarnosti plazov na ogroženih terenih navadno ne zadržuje veliko ljudi, zato se zaradi višje sile ne poveča število smrtnih žrtev.

Preprečevanje škode zaradi plazov

Ko gre za preprečevanje nesreč v plazovih imamo predvsem opravka z zaščito naseljenih krajev, kjer bi zgradbe morali graditi na terenih, ki jih ne ogrožajo plazovi. Trajno varstvo predstavljajo protiplazna zgradba v območju trganja plazov ali naprave za zaščito zgradb. V zgradbah se primeri približno 15 odstotkov nesreč s smrtnim izidom. Število mrtvih trenutno nazaduje, tveganje pa vendarle obstaja, kot se je tragično izkazalo pozimi 1998/99. V prometu, na cestah in železnici je nesreč, ki se končajo s smrtjo, 20 odstotkov. Tu si marsikje pomagajo z občasnim varstvom. Kjer dopušča zakon, prožijo plazove umetno, da bi bil zastoj prometa krajši. Plazove prožijo izšolani minerji plazov, ki so pogosto tudi aktivni člani reševalnih organizacij. Čedalje pogosteje se v IKAR pojavlja vprašanje profesionalizacije reševanja v gorah. Za to nevarno delo je v Švici značilno, da se opravi za varstvo pred snežnimi plazovi povprečno enkrat letno končajo s smrtjo reševalca.

Možnost nesreče je največja v nedotaknjeni gorski divjini zunaj nadzorovanega sveta. Tu se utrga 65 odstotkov plazov, ki povzročijo smrtne žrtve, število mrtvih rahlo raste. Preprečevanje nesreč med turisti je tesno povezano z vzgojo in pojasnjevanjem, kar najbolj velja za smučarje zunaj zavarovanih, organiziranih smučišč. Turni smučarji dobijo potrebno znanje na tečajih, pri čemer nosijo veliko odgovornost vzgojitelji, učitelji smučanja in gorski vodniki. V nemško govorečih deželah dandanes ponekod že naletimo na predpise, ki temeljijo »standardih«, ali celo na »omejitve« ustreznosti stopnji nevarnosti plazov v plazovnem biltenu. Z vidika opozarjanja pred plazovi taki podrobni predpisi niso primerni; v angloameriškem in romanskem jezikovnem območju jih ne uvajajo.

Nasprotno pa vsepovsod priznavajo potrebo po dosledni uporabi pripomočkov, ki preprečujejo zasutje ali pomagajo, da se zasuti v plazju hitro najdejo.

Preglednica 1. Število preživelih in možnost preživetja (%) povsem zasutih v nenadzorovanem svetu glede na način, kako so jih našli. Izhodišče: 689 plazov v Švici v času 1980–1990

Table 1. Number of survivors and survival rate (%) of persons completely buried under snow in unsupervised areas according to the manner in which they were found. Source: 689 avalanches in Switzerland in the period from 1980–1990

Način iskanja	Tovariška pomoč (333 zasutih)	Organizirano reševanje (356 zasutih)	Skupaj (689 zasutih)
na sluh in pogled	32 (100%)	5 (100 %)	37 (100 %)
RECCO	—	1 (100 %)	1 (100 %)
opazni so deli žrtve	125 (84 %)	11 (26 %)	136 (71 %)
sondiranje	10 (71 %)	10 (19 %)	20 (29 %)
plazovni pes	—	30 (18 %)	30 (18 %)
plazovna žolna	70 (51 %)	6 (11 %)	76 (39 %)
izkop jarkov, okopnitev snega	—	0 (0 %)	0 (0 %)
skupaj	237 (71 %)	63 (18 %)	300 (44 %)

IKAR je leta 1989 priporočila poenotenje oddajne frekvence plazovnih žoln. Po nekajletnih pogajanjih s proizvajalci so se pod patronatom Fondazione Internazionale Vanni Eigenmann (FIVE) zedinili za 457 kHz.

Po obsežnem primerjalnem testu novih digitalnih plazovnih žoln (Krüsi in sod., 1998) je IKAR leta 1998 ugotovila, da dosežena kakovost žoln z optičnimi iskali še ne ustreza glede na nekatere pomembne vidike. Kasneje so naprave izboljšali, če pa naj jih uspešno uporabimo, kadar gre zares, moramo obvladati delo z njimi. Do podobnih rezultatov so prišli z nedavno opravljenimi preizkusi v Franciji (Sivardière, 2000). Doseči je treba najugodnejše stanje med uspešno uporabo in maksimalnim dosegom, ki mora biti uporabniku znan. Iz najnovjših statistik (Schweizer in Lüttsch, 2000) o plazovih, ki so zasuli ljudi (dolžina – širina – napoka – prostornina plazovine) bi se dalo izpeljati optimalni postopek iskanja, v katerem je najpomembnejši dejavnik čas.

Nagel napredek na tržišču naprav za iskanje zasutih je s plazovno žolno, odsevníkom RECCO, plazovnim balonom – in jopičem spodbudil IKAR, da je leta 1999 ponovno pripravila resolucijo in opozorila, da je treba upoštevati plazovni bilten in osebne izkušnje ter se izogibati možnosti, da bi sprožili plaz. Zapomniti si velja, da je uspešna uporaba pripomočkov odvisna od dobrega znanja, najbolj pa od njihove aktivne uporabe. V tem smislu so obsežne študije o delovanju naprav (Kern, 2000) dale proizvajalcem teoretsko podlago in tudi marsikateri praktični napotek.

Reševanje iz plazov

Nekoč, marsikje pa še danes, je bila za nesrečo v plazu značilna dolga kolona reševalcev, ki odhaja v akcijo, da bi

poiskala in rešila zasute. Odkar vemo, da pri reševanju iz plazu odloča slehernna minuta, sta v ospredju preišljena organizacija in hitra pomoč. Velik je pomen helikopterja, radijske zveze, sodobnih pripomočkov za iskanje zasutih in reševanje, plazovnih psov ter, seveda, temeljito izšolanih reševalcev.

Ugotoviti moramo, da so organizacije za obveščanje v različnih gorskih predelih različno pripravljene, izhajajo pa povečini iz prostovoljskih reševalnih organizacij. Pri reševanju iz plazov so sodelovala planinska društva, Rdeči križ, vojska, tudi občinski organi in varnostne službe. Postopki so danes usklajeni. Zelo pomembno je vodenje reševanja na kraju nesreče. Čutijo se težnje, da bi delo prostovoljnih gorskih reševalcev prevzela poklicna reševalna moštva, marsikje opravlja to delo policija. Bistvenega pomena je dobro preišljeno sodelovanje reševalcev, predvsem v klasičnih akcijah, ko zaradi vremenskih razmer ne pridejo v poštev druge možnosti.

IKAR je na področju klasičnega (talnega) reševanja tudi v zimskih akcijah opravila pionirsko delo. Prva rešitev živega ponesrečenca iz plazu s šolanim plazovnim psom je uspela leta 1954. Težišče prizadevanj je bilo vselej optimalno iskanje.

Kmalu se je pokazalo, da je sleherni reševalna akcija enkratna. Zelo pomembno je, da ukrepe prilagodimo razmeram na terenu in se učimo na izkušnjah. Sčasoma je na podlagi nekaterih bistvenih izkušenj prišlo do izboljšav in napredka ter do uspešnejših reševanj.

Predpogoj za uvedbo splošno veljavnih pravil je temeljita analiza nesreč. Podlaga so natančni zapisniki akcij. Ni zadosti, da je prepoznaven časovni potek reševanja; razvidno mora biti tudi, če je kaj potekalo napačno. Šele nato sledijo priporočila IKAR, kot so npr. navodila za vodnike plazovnih psov in njihove živali iz leta 1995.

Delovna skupina IKAR je izdala obsežen 6-jezični slovar (Šegula, 1995). Značilno je, da se strokovnemu znanju s področja vede o plazovih pripisuje osrednji in velik pomen.

Iz najnovejših statistik o nesrečah, ki jih je zelo prizadevno opravil Frank Tschirky (EISLF) kot eno zadnjih del pred svojo smrtjo (Tschirky in sod., 2000), sledi ugodna ugotovitev, da se večja število rešenih, ki so v zadnjih letih preživeli zasutje v plazju. Ugotovitev velja tako za tovariško kot za organizirano pomoč.

Pozoren ogled preglednice razodene, da iz plazju ne pride živ niti vsak drugi rešeni. Možnost preživetja je 4-krat večja, ko rešujejo tovariši, kot tedaj, ko išče organizirano moštvo!

Bistveni so torej pojasnjevanje, preventiva in preiščljena strategija ob medsebojnem obveščanju med prehodom s tovariške na organizirano pomoč. Preizkusiti je treba tudi učinkovitost novih naprav za reševanje iz plazov (Kern in sod., 2001).

V osrednjem predelu Alp je s helikopterjem v lepem vremenu v približno četrt ure dosegljivo poljubno mesto. Helikopter ni uporaben, kadar razsaja vihar in ko iščemo v manj dosegljivih predelih Alp.

Z medicinskega vidika je treba upoštevati nove podatke (Weymann, 1999). 25 % ljudi, ki jih odnese plaz, umre zaradi mehanskih poškodb. Dodatno naj omenim, da sta vpliva votline za dihanje in učinek lastnosti snega na dihanje zasutega še nezadostno raziskana (Brugger in sod., 1887).

Kaj obeta prihodnost

Obetavno zimsko reševanje temelji na tesnem medsebojnem součinkovanju opozoril, preventive in reševanja.

Če naj bo plazovni bilten v času nevarnosti plazov učinkovitejši, so poleg dobre vremenske napovedi še naprej potrebne temeljite raziskave nastanka plazov in razvoja snežne odeje. Na mednarodni ravni so potrebne dodatne raziskave načina ugotavljanja ustreznosti stopenj nevarnosti plazov. Več bo treba storiti za opozarjanje o nevarnostih v gorah nasploh. Da bodo opozorila uspešnejša, naj svarilcem pomagajo reševalci.

V preventivi je na prvem mestu osveščanje mladih športnikov. Na nacionalni in mednarodni ravni potrebujemo poučne filme, predavanja z diapozitivi, priročnike in pisna navodila. Vzgoja mora zajeti tudi šolanje reševalcev in optimalno uporabo naprav za iskanje zasutih v plazju – plazovnih žoln in balonov. Razmišljanje o tveganju prav tako lahko pripomore, da sebi in tovarišem predstavimo še neznane nevarnosti, ki prežijo v gorah.

Poročila gorskih reševalcev o reševanju iz plazov pomagajo pri naknadni analizi nesreč v plazovih. Kakšna je bila velikost plazju? Kako globoko so bili zasuti ponesrečenci? Kako dolgo

so bili zasuti? V kakšnem stanju je bil ponesrečenec, ko so ga rešili iz plazovine? Kakšna prva ali medicinska pomoč je bila potrebna? Ti podatki lahko pripomorejo k izboljšanju postopkov iskanja in reševanja, hkrati so koristni za preventivo. Vodstvom akcij so v pomoč, da uspešneje poskrbijo za varnost moštva. Ne bo odveč, če vemo, da so v Švici plazovi v preteklih 65 letih med reševanjem ugonobili 16 gorskih reševalcev.

Veliko zaslug za vse večjo mobilnost ima sodobna tehnika zvez, ki skoraj ne pozna meja. Možnosti informiranja bi morale priti do polne veljave pri opozarjanju in nič manj pri reševanju iz plazov. Tak razvoj je s pretokom izkušenj med reševalci in nosilci opozarjanja jamstvo, da število ljudi, ki zaradi plazov zabredejo v težave, ne bo prekomerno naraščalo.

IKAR zagotavlja mednarodno sodelovanje na področju reševanja iz plazov. Treba pa si je načrtno prizadevati, da ne bi bile odrinjene države angleškega in romanskega govornega območja. Reševanje jezikovnih problemov z ustvarjanjem regionalnih zvez ne bi bila prava pot. Nasprotno – v IKAR bi se morale razen Severne Amerike vključiti tudi druge prekormorske države: Japonska, Avstralija in Južna Amerika.

Organizacijska oblika IKAR je podrejenega pomena. Pomemben je neposreden stik med strokovnjaki za reševanje in izbranimi strokovnjaki. Še naprej bi morala zagotavljati možnost izmenjave mnenj med raziskovalci in proizvajalci opreme, kar bo omogočalo tudi zgleden razvoj preventive.

Literatura

1. Atkins, D., Williams, W., 2000. 50 Years of Avalanche Deaths in the United States (50 let umiranja v snežnih plazovih v ZDA). ISSW 2000 Proceedings, American Avalanche Association, Bozeman, MT 59771, USA.
2. Brugger, H., Falk, M., Adler Kastner, L., 1997. Der Lawinennotfall, Neue Aspekte zur Pathophysiologie und Therapie von Lawinenerschütteten (Zasutje v plazju, novi vidiki patofiziologije in zdravljenja zasutih v plazju). Wiener klinische Wochenschrift, 109, 145–159.
3. Jamieson, J. B., in Geldsetzer, T., 1996. Avalanche accidents in Canada (Nesreče v plazovih v Kanadi) – Vol. 4: 1984–1996. Canadian Avalanche Association. Revelstoke BC, Canada.
4. Kern, M., 2000. Inverse grading in granular snow. Doktorska disertacija. EPF, Lausanne.
5. Kern, M., Tschirky, F., Schweizer, J., 2001. Feldversuche zur Wirksamkeit einiger neuer Lawinen-Rettungsgeräte (Terensko preizkušanje učinkovitosti nekaterih novih naprav za reševanje iz plazov). Zbornik. Österreichische Gesellschaft für Alpin- und Höhenmedizin, Innsbruck.
6. Kristensen, K., 1998. A survey of Avalanche Accidents in Norway (Pregled nesreč v plazovih na Norveškem). NGI Publication: 25 years of Snow Avalanche Research, Oslo.
7. Krüsi, G. P., Weilenmann, Tschirky F., 1998. Lawinenerschütteten-Suchgeräte Vergleichstest »LVS-98« (Primerjalno testiranje plazovnih žoln »LVS-98«). Mitteilungen Nr. 57, SLF, Davos.

8. Meister, R., 1998. Interpretationshilfe zum nationalen Bulletin des Eidgenössischen Institutes für Schnee- und Lawinenforschung, Davos (Priročnik za razlago švicarskega plazovnega biltena EISLF Davos). Mitteilung Nr. 50, zweite Auflage, SLF, Davos.
9. Schweizer, J., Lütschg, M., 2000. Measurements of human-triggered avalanches (Meritve v plazovih, ki so jih sprožili ljudje). ISSW 2000 Proceedings, American Avalanche Association, Bozeman, MT 59771, USA.
10. Šegula, P., 1995. Sneg in plazovi – večjzični slovar. Slovenska izdaja. Gorska reševalna služba Slovenije, Ljubljana.
11. Shinji, I., Maehara, T., Nitta, R., Enright, D., 2000. A study of 4 avalanche accidents in Japan during '99–00' season (Študija o štirih nesrečah v plazovih na Japonskem v zimi '99–00'). ISSW 2000 American Avalanche Association, Bozeman, MT 59771, USA.
12. Sivardière, F., 2000. Que penser d'ARVA de l'an 2000 (Kaj naj rečemo o plazovih v letu 2000)? Neige et Avalanches (ANENA), No. 92, decembre 2000.
13. Tschirky, F., Brabec B., Kern, M., 2000. Lawinenunfälle in den Schweizer Alpen – eine statistische Zusammenstellung mit den Schwerpunkten Verschüttung, Rettungsmethoden und Rettungsgeräte (Nesreče v Švicarskih Alpah – statistični prikaz s težiščem na zasutju, reševalnih metodah in napravah). Jahrbuch 2000 Sicherheit im Bergland, Ö. Kuratorium für alpine Sicherheit.
14. Weymann, A., 1999. Lawinenunfälle in den Schweizer Alpen. Prospektive Erfassung der Todesursachen und Verletzungsmuster von 1991 bis 1996 (Nesreče v plazovih v Švicarskih Alpah. Obdelava vzrokov nesreč in vzorec poškodb za čas od 1991 do 1996). Dissertation. Medizinische Fakultät, Universitätsbibliothek, Schweiz, 47 s.