

# GRADBENI VESTNIK

Poštnina plačana pri  
pošti 1102 LJUBLJANA

GLASILO  
ZVEZE DRUŠTEV  
GRADBENIH  
INŽENIRJEV  
IN TEHNIKOV  
SLOVENIJE

## SEPTEMBER 2001



ODDAJNI  
PROSTOR



SPREJEMNI  
PROSTOR

Direktno prevajanje

## 1951 2001

Glavni in odgovorni urednik:

Prof.dr. Janez **DUHOVNIK**

Lektorica:

Alenka **RAIČ - BLAŽIČ**

Tehnični urednik:

Danijel **TUDJINA**

Uredniški odbor:

Doc.dr. Ivan **JECELJ**

Andrej **KOMEL**, u.d.i.g.

Mag. Gojmir **ČERNE**

Prof.dr. Franci **STEINMAN**

Prof.dr. Miha **TOMAŽEVIČ**

Janja **PEROVIC-MAROLT**, u.d.i.g.

Tisk:

**TISKARNA LJUBLJANA** d.d.

Količina: 900 izvodov

Revijo izdaja ZVEZA DRUŠTEV GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV SLOVENIJE, Ljubljana, Karlovška 3, telefon/faks: 01 422-46-22, ob finančni pomoči Ministrstva RS za znanost in tehnologijo, Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani ter Zavoda za gradbeništvo Slovenije.

<http://www.zveza-dgits.si>

Letno izide 12 števil. Letna naročnina za individualne naročnike znaša 5000 SIT; za študente in upokojece 2000 SIT; za gospodarske naročnike (podjetja, družbe, ustanove, obrtnike) 40500 SIT za 1 izvod revije; za naročnike v tujini 100 USD. V ceni je všteti DDV.

Žiro račun se nahaja pri Agenciji za plačilni promet, Enota Ljubljana, številka: 50101-678-47602.

## Navodila avtorjem za pripravo člankov in drugih prispevkov

1. Uredništvo sprejema v objavo znanstvene in strokovne članke s področja gradbeništva in druge prispevke, pomembne in zanimive za gradbeno stroko.

2. Znanstvene in strokovne članke pred objavo pregleda najmanj en anonimen recenzent, ki ga določi glavni in odgovorni urednik.

3. Besedilo prispevkov mora biti napisano v slovenščini.

4. Besedilo mora biti izpisano z dvojnimi presledki med vrsticami.

5. Prispevki morajo imeti naslov, imena in priimke avtorjev ter besedilo prispevka.

6. Besedilo člankov mora obvezno imeti: naslov članka (velike črke); imena in priimke avtorjev; naslov POVZETEK in povzetek v slovenščini; naslov SUMMARY, naslov članka v angleščini (velike črke) in povzetek v angleščini; naslov UVOD in besedilo uvoda; naslov naslednjega poglavja (velike črke) in besedilo poglavja; naslov razdelka in besedilo razdelka (neobvezno); naslov SKLEP in besedilo sklepa; naslov ZAHVALA in besedilo zahvale (neobvezno); naslov LITERATURA in seznam literature; naslov DODATEK in besedilo dodatka (neobvezno). Če je dodatkov več, so dodatki označeni še z A, B, C, itn.

7. Poglavja in razdelki so lahko oštevilčeni.

8. Slike, preglednice in fotografije morajo biti oštevilčene in opremljene s podnapisi, ki pojasnjujejo njihovo vsebino. Slike in fotografije, ki niso v elektronski obliki, morajo biti priložene prispevku v originalu in dveh kopijah.

9. Enačbe morajo biti na desno robu označene z zaporedno številko v okroglem oklepaju.

10. Uporabljena in citirana dela morajo biti navedena med besedilom prispevka z oznako v obliki [priimek

prvega avtorja, leto objave]. V istem letu objavljena dela istega avtorja morajo biti označena še z oznakami a, b, c, itn.

11. V poglavju LITERATURA so dela opisana z naslednjimi podatki: priimek, ime avtorja, priimki in imena drugih avtorjev, naslov dela, način objave, leto objave.

12. Način objave je opisan s podatki: knjige: založba; revije: ime revije, založba, letnik, številka, strani od do; zborniki: naziv sestanka, organizator, kraj in datum sestanka, strani od do; raziskovalna poročila: vrsta poročila, naročnik, oznaka pogodbe; za druge vrste virov: kratek opis, npr. v zasebnem pogovoru.

13. Pod črto na prvi strani, pri prispevkih, krajših od ene strani pa na koncu prispevka, morajo biti navedeni obsežnejši podatki o avtorjih: znanstveni naziv, ime in priimek, strokovni naziv, podjetje ali zavod, naslov.

14. Prispevke je treba poslati glavnemu in odgovornemu uredniku prof. dr. Janezu Duhovniku na naslov: FGK, Jamova 2, 1000 LJUBLJANA. V spremnem dopisu mora avtor članka napisati, kakšna je po njegovem mnenju vsebina članka (pretežno znanstvena, pretežno strokovna) oziroma za katero rubriko je po njegovem mnenju prispevek primeren. Prispevke je treba poslati v treh izvodih in v elektronski obliki (WORD, EXCEL, AVTOD, DESIGNER).

Uredniški odbor

## VSEBINA - CONTENTS

Članki, študije, razprave  
Articles, studies, proceedings

Stran 206

Dejan Zupan, Goran Turk

### **NEPRISTRANSKA TOČKOVNA OCENA KARAKTERISTIČNIH VREDNOSTI**

#### **UNBIASED POINT ESTIMATE OF CHARACTERISTIC VALUE**

Stran 215

Mihael Ramšak

### **OCENJEVANJE ZVOČNE IZOLACIJE MED SOSEDNJIMI PROSTORI STAVB Z UPOŠTEVANJEM VZPOREDNEGA PRE- VAJANJA ZVOKA**

#### **ESTIMATION OF AIRBORNE SOUND INSULATION BETWEEN ADJACENT ROOMS, CONSIDERING ALSO THE FLANKING TRANSMISSION**

Stran 221

Jelena Srpčič

### **EVROPSKA TEHNIČNA SOGLASJA IN MONTAŽNE HIŠE**

#### **EUROPEAN TECHNICAL APPROVALS AND TIMBER FRAME BUILDING SYSTEMS**



# NEPRISTRANSKA TOČKOVNA OCENA KARAKTERISTIČNIH VREDNOSTI

## UNBIASED POINT ESTIMATE OF CHARACTERISTIC VALUE

ZNANSTVENI ČLANEK

UDK 624.04 : 519.22 : 519.68

DEJAN ZUPAN, GORAN TURK

### POVZETEK

V prispevku podajamo način določanja nepristranskih ocen karakterističnih količin iz relativno majhnega vzorca. Običajno uporabljena metoda temelji na predpostavki, da sta oceni za srednjo vrednost in standardno deviacijo, ki ju dobimo iz vzorca, točni. V nadaljevanju pokažemo pomanjkljivosti takega določanja in podamo boljše rešitev. Izračuni so bili izvedeni z računalniškim programom Mathematica.

### SUMMARY

The unbiased estimate of the characteristic value is determined from relatively small samples. The characteristic value is usually estimated by applying the assumption that the distribution and its parameters are known. The disadvantages of the method are described and the improved method is presented. All calculations and some of the derivations were performed by the computer program Mathematica.

#### Avtorja:

mag. Dejan Zupan, univ. dipl. ing. mat., Univerza v Ljubljani, FGG, Jamova 2, 1000 Ljubljana,  
(dzupan@fgg.uni-lj.si)

doc. dr. Goran Turk, univ. dipl. ing. gradb., Univerza v Ljubljani, FGG, Jamova 2, 1000 Ljubljana,  
(gturk@fgg.uni-lj.si)

#### 1 UVOD

Karakteristične vrednosti vseh parametrov, ki jih uporabljamo v dimenzioniranju konstrukcij, so običajno definirane kot določen kvantil slučajne spremenljivke. Ob predpostavki o porazdelitvi in znani srednji vrednosti in varianci lahko karakteristično vrednost določimo preprosto. Težava nastopi, kadar srednje vrednosti in variance ne poznamo, iz vzorca pa lahko določimo le njuni oceni. Zato tudi karakteristične vrednosti ne moremo določiti natančno, ampak ugotovimo le njeno oceno, ki je tudi slučajna spremenljivi-

vka. V članku podajamo način določitve točkovne ocene karakteristične vrednosti tako, da določimo mediano karakteristične vrednosti. Postopek določitve ocen je relativno zahteven, zato v članku prikazujemo tudi preglednico, iz katere lahko preprosto določimo točkovno oceno za različne velikosti vzorcev.

## 2 NEKAJ O VERJETNOSTNEM RAČUNU IN STATISTIKI

Podajmo nekaj najpomembnejših definicij in pojmov iz verjetnostnega računa in statistike, ki jih uporabljamo v nadaljevanju članka!

Slučajna spremenljivka  $X$  je spremenljivka, katere vrednosti ne moremo zanesljivo določiti, njena vrednost je odvisna od slučaja. Glede na zalogo vrednosti ločimo diskretne in zvezne slučajne spremenljivke. Zaloga vrednosti diskretne slučajne spremenljivke je končno ali neskončno število diskretnih vrednosti, zaloga vrednosti zvezne slučajne spremenljivke pa je končen ali neskončen interval. Slučajno spremenljivko opišemo z njenim porazdelitvenim zakonom, ali krajše, s porazdelitvijo. Porazdelitev opišemo s porazdelitveno funkcijo  $F_X(x)$ , ki jo definiramo kot verjetnost, da je slučajna spremenljivka  $X$  manjša od neke določene vrednosti  $x$ . V enačbi to zapišemo takole:

$$F_X(x) = P[X < x], \quad (1)$$

Tu smo uporabili običajne oznake verjetnostnega računa, kjer z velikimi črkami  $X, Y, Z, \dots$  opišemo slučajno spremenljivko, z malimi  $x, y, z, \dots$  pa vrednosti, ki jih slučajne spremenljivke lahko zavzamejo. Pri zveznih slučajnih spremenljivkah lahko porazdelitev opišemo tudi z gostoto verjetnosti  $f_X(x)$ , ki je definirana kot odvod porazdelitvene funkcije:

$$f_X(x) = \frac{dF_X(x)}{dx} \quad \leftrightarrow \quad F_X(x) = \int_{-\infty}^x f_X(\tilde{x}) d\tilde{x}, \quad (2)$$

Slučajno spremenljivko  $X$  lahko približno predstavimo tudi z nekaj njenimi momenti. Najpomembnejša momenta slučajne spremenljivke sta njena srednja vrednost (matematično upanje)  $E[X] = m_X$  in varianca  $\text{Var}[X] = \sigma_X^2$  ( $\sigma_X$  je standardna deviacija), ki ju pri zveznih slučajnih spremenljivkah določimo takole:

$$m_X = \int_{-\infty}^{\infty} x f_X(x) dx, \quad \sigma_X^2 = \int_{-\infty}^{\infty} (x - m_X)^2 f_X(x) dx, \quad (3)$$

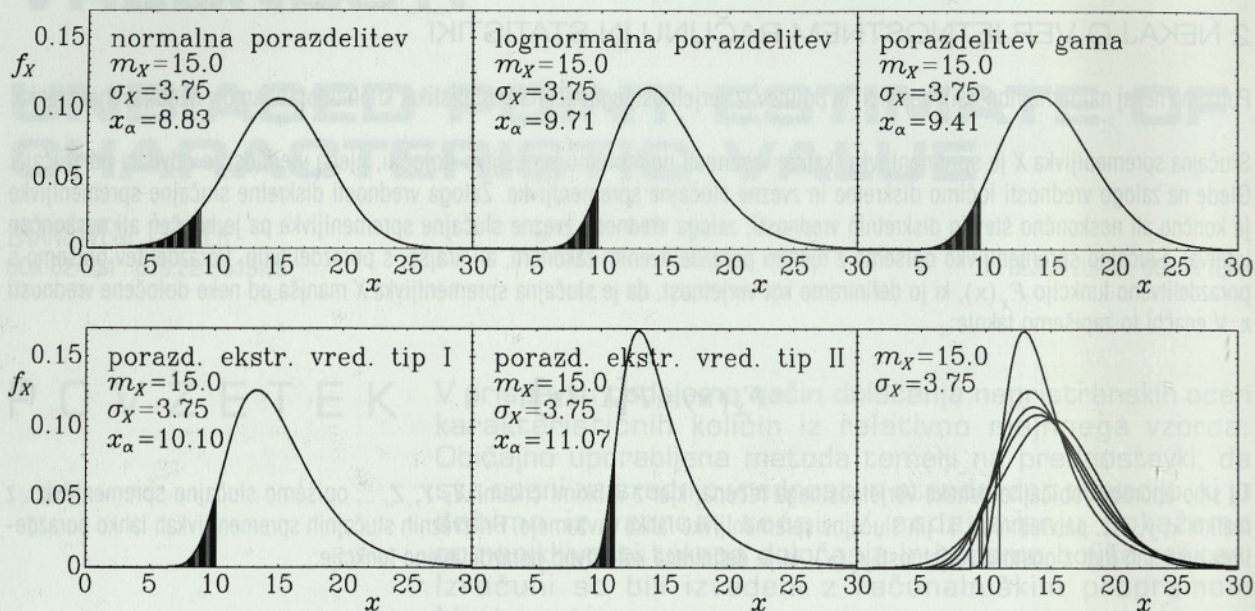
Slučajno spremenljivko pa lahko opišemo tudi z njenimi kvantili. Za predpisano vrednost  $\alpha$  je kvantil slučajne spremenljivke tista vrednost  $x_\alpha$  za katero velja, da je verjetnost, da je slučajna spremenljivka manjša od nje enaka  $\alpha$ .  $x_\alpha$  imenujemo karakteristična vrednost. V enačbi je to videti takole:

$$P[X < x_\alpha] = F_X(x_\alpha) = \alpha \quad \rightarrow \quad x_\alpha = F_X^{-1}(\alpha), \quad (4)$$

Iz enačbe (4) sledi, da je kvantil  $x_\alpha$  odvisen od porazdelitve slučajne spremenljivke  $X$ . Na sliki 1 prikazujemo različne porazdelitve z isto srednjo vrednostjo  $m_X$  in standardno deviacijo  $\sigma_X$ . Vidimo, da se porazdelitve precej razlikujejo, pa tudi karakteristične vrednosti so glede na normalno porazdelitev do 25% različne. Razlike med karakterističnimi vrednostmi so odvisne tudi od koeficienta variacije  $V_X = \sigma_X / m_X$ , ki je v prikazanem primeru zmeren ( $V_X = 0.25$ ), pri večjem koeficientu variacije bi bile tudi razlike med karakterističnimi vrednostmi večje.

Slučajne spremenljivke, ki opisujejo značilno gradbeno konstrukcijo, so običajno porazdeljene po naslednjih porazdelitvah: **normalna ali Gaussova** (lastna teža, dimenzije konstrukcije, trdnost betona...), **lognormalna porazdelitev** (največja obtežba s snegom, trdnost jekla...), **porazdelitev gama (I)** (stalna koristna obtežba...), **ekstremna porazdelitev I. tipa ali Gumbelova porazdelitev** (največja koristna obtežba, največja obtežba z vetrom, maksimalni pospešek tal ob potresu...), **ekstremna porazdelitev II. tipa ali Frechetova porazdelitev** (največja višina morskega vala, največja snežna obtežba, največja obtežba z vetrom, največje poplave...), **ekstremna porazdelitev III. tipa ali Weibullova porazdelitev** (trd-

nost različnih materialov, pričakovana življenjska doba dela konstrukcije...). Podrobnosti o porazdelitvah lahko najdemo v mnogih učbenikih statistike (glej na primer, Benjamin in Cornel (1970), Bury (1999), Turk (2001)).



Slika 1: Različne porazdelitve in ustrezne karakteristične vrednosti

V nadaljevanju bomo predpostavili, da so spremenljivke, za katere želimo določiti karakteristično vrednost, normalno porazdeljene. Normalno porazdeljeno slučajno spremenljivko običajno podamo z gostoto verjetnosti, kot določa naslednja enačba:

$$f_X(x) = \frac{1}{\sigma_X \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{x - m_X}{\sigma_X} \right)^2} \quad -\infty < x < \infty, \quad (5)$$

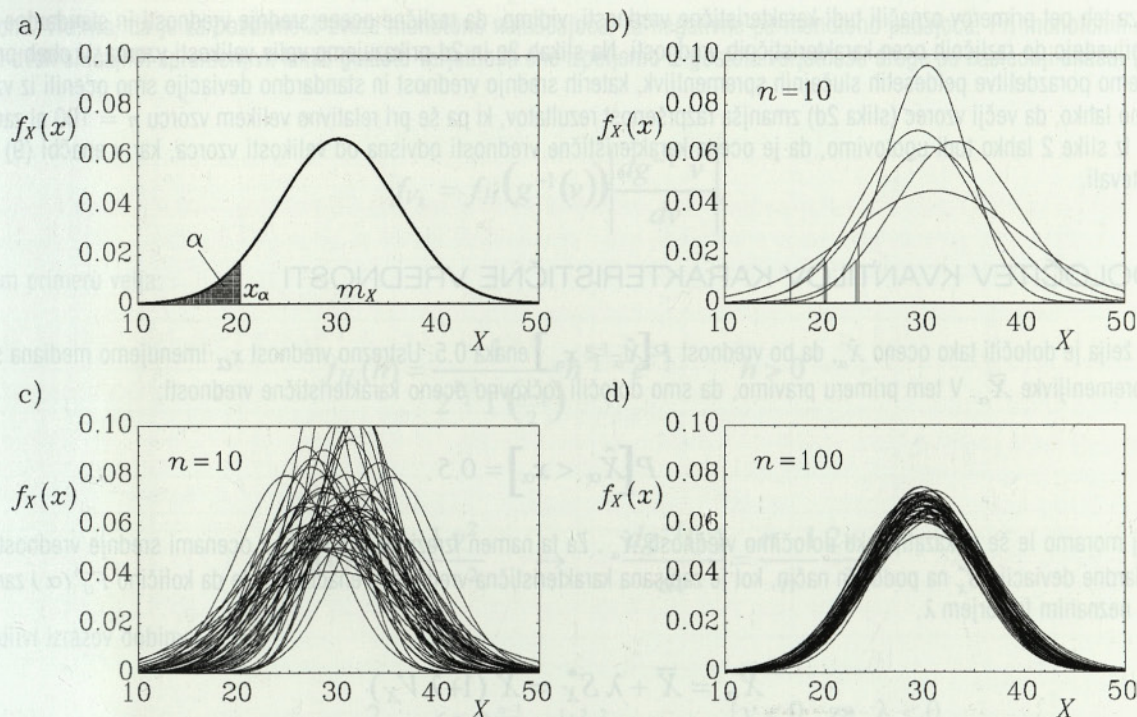
Porazdelitvene funkcije normalne porazdelitve v analitični obliki ne poznamo, zato pa jo lahko izračunamo numerično z različnimi računalniškimi programi ali pa vrednosti porazdelitvene funkcije standardne normalne spremenljivke  $U$  odčitamo iz preglednic, ki jih dobimo v skoraj vsaki knjigi verjetnostnega računa in statistike. Standardna normalna porazdelitev je taka normalna porazdelitev, ki ima srednjo vrednost  $m_U = 0$  in standardno deviacijo  $\sigma_U = 1$ . Za uporabo preglednic potrebujemo zvezo med standardno normalno in poljubno normalno porazdeljeno slučajno spremenljivko. Ta zveza je preprosta:

$$U = \frac{X - m_X}{\sigma_X} \quad \rightarrow \quad P[X < x_\alpha] = P\left[ \frac{X - m_X}{\sigma_X} < \frac{x_\alpha - m_X}{\sigma_X} \right] = P\left[ U < \frac{x_\alpha - m_X}{\sigma_X} \right] = \alpha$$

$$\frac{x_\alpha - m_X}{\sigma_X} = F_U^{-1}(\alpha) \quad \rightarrow \quad x_\alpha = m_X + \sigma_X F_U^{-1}(\alpha). \quad (6)$$

Iz enačbe (6) lahko torej pri znani srednji vrednosti  $m_X$  in standardni deviaciji  $\sigma_X$  in izbrani vrednosti  $\alpha$  določimo karakteristično vrednost  $x_\alpha$ .

Primer: Če nas zanima 5% kvantil ( $\alpha = 0.05$ ), je vrednost  $F_U^{-1}(\alpha) = -1.645$ . Na sliki 2a prikazujemo srednjo vrednost in 5% kvantil za normalno porazdeljeno slučajno spremenljivko z  $m_X = 30$  in  $\sigma_X = 6$ .



Slika 2: Normalna porazdelitev

Kot smo že omenili, pa srednje vrednosti in standardne deviacije ne poznamo natančno, ampak ju lahko ocenimo iz vzorca. Vzorec predstavljajo vrednosti  $X_i$ ,  $i = 1, \dots, n$  iz katerih lahko določimo ocene parametrov populacije. Oceno za srednjo vrednost imenujemo povprečje in označimo z  $\bar{X}$  oceno za varianco  $\sigma_X^2$  pa imenujemo varianca vzorca in označimo z  $S_X^2$ . Iz vzorca, ki zajema  $n$  elementov, ju izračunamo z naslednjima enačbama:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i, \quad S_X^{*2} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2. \quad (7)$$

Zavedati se moramo, da sta  $\bar{X}$  in  $S_X^{*2}$  slučajni spremenljivki, pri čemer velja

$$E[\bar{X}] = m_X, \quad \text{Var}[\bar{X}] = \frac{\sigma_X^2}{n}, \quad E[S_X^{*2}] = \sigma_X^2, \quad \text{Var}[S_X^{*2}] = \frac{2\sigma_X^4}{n-1} \quad (8)$$

Vidimo, da se pričakovani vrednosti ocen ujemata s pravo vrednostjo, zato lahko rečemo, da sta oceni nepristranski. Varianca za obe oceni pada z večanjem vzorca, kar je tudi pričakovano, saj iz večjega vzorca lahko bolj natančno ocenimo parametre populacije, varianca ocene je zato manjša.

Ker parametrov populacije  $m_X$  in  $\sigma_X$  ne poznamo, njune ocene pa so slučajne spremenljivke, tudi karakteristične vrednosti  $x_\alpha$  ne moremo natančno določiti, ampak jo le ocenimo. Oceno označimo z  $\hat{X}_\alpha$ . Najpreprostejšo oziroma naivno oceno dobimo tako, da v enačbi (6) parametra  $m_X$  in  $\sigma_X$  enostavno zamenjamo z njunima ocenama  $\bar{X}$  in  $S_X^{*2}$ :

$$\hat{X}_\alpha = \bar{X} + S_X^* F_U^{-1}(\alpha) \quad (9)$$

Če bi poznali porazdelitev slučajne spremenljivke  $\hat{X}_\alpha$ , bi lahko več povedali tudi o karakteristični vrednosti  $x_\alpha$ . Na sliki 2b prikazujemo normalne porazdelitve z ocenjeno srednjo vrednostjo in standardno deviacijo za pet vzorcev velikosti  $n = 10$ . Ker

smo za teh pet primerov označili tudi karakteristične vrednosti, vidimo, da različne ocene srednje vrednosti in standardne deviacije privedejo do različnih ocen karakterističnih vrednosti. Na slikah 2c in 2d prikazujemo vpliv velikosti vzorca. V obeh primerih narišemo porazdelitve petdesetih slučajnih spremenljivk, katerih srednjo vrednost in standardno deviacijo smo ocenili iz vzorcev. Vidimo lahko, da večji vzorec (slika 2d) zmanjša razpršenost rezultatov, ki pa še pri relativno velikem vzorcu  $n = 100$  ni zanemarljiva. Iz slike 2 lahko tudi ugotovimo, da je ocena karakteristične vrednosti odvisna od velikosti vzorca, kar v enačbi (9) nismo upoštevali.

### 3 DOLOČITEV KVANTILOV KARAKTERISTIČNE VREDNOSTI

Naša želja je določiti tako oceno  $\hat{X}_\alpha$ , da bo vrednost  $P[\hat{X}_\alpha < x_\alpha]$  enaka 0.5. Ustrezno vrednost  $x_\alpha$  imenujemo mediana slučajne spremenljivke  $\tilde{X}_\alpha$ . V tem primeru pravimo, da smo določili točkovno oceno karakteristične vrednosti:

$$P[\hat{X}_\alpha < x_\alpha] = 0.5 \tag{10}$$

Sedaj moramo le še pokazati, kako določimo vrednosti  $\hat{X}_\alpha$ . Za ta namen izrazimo oceno  $\hat{X}_\alpha$  z ocenami srednje vrednosti  $\bar{X}$  in standardne deviacije  $S_X^*$  na podoben način, kot je zapisana karakteristična vrednost v enačbi (9), le da količino  $F_U^{-1}(\alpha)$  zamenjamo z neznanim faktorjem  $\lambda$ .

$$\hat{X}_\alpha = \bar{X} + \lambda S_X^* = \bar{X} (1 + \lambda V_X) \tag{11}$$

Porazdelitev te slučajne spremenljivke lahko izpeljemo, saj je slučajna spremenljivka  $\hat{X}_\alpha$  vsota slučajnih spremenljivk  $\bar{X}$  in  $\lambda S_X^*$ , katerih porazdelitve poznamo ali pa lahko izpeljemo ( $\bar{X}$  je porazdeljena normalno (Jamnik, 1971, Metcalfe, 1997),  $(n-1)S_X^2/\sigma_X^2$  je porazdeljena po porazdelitvi  $\chi^2$ ). Porazdelitvi  $\bar{X}$  in  $\lambda S_X^*$  sta odvisni tudi od  $m_X$  in  $\sigma_X$ , ki ju ne poznamo. Zato v enačbo (10) vstavimo (6) in (11) ter jo standariziramo tako, da porazdelitve obravnavanih slučajnih spremenljivk niso odvisne od  $m_X$  in  $\sigma_X$ :

$$\begin{aligned} P[\hat{X}_\alpha < x_\alpha] &= P[\bar{X} + \lambda S_X^* < m_X + F_U^{-1}(\alpha)\sigma_X] = \\ &= P\left[\frac{\bar{X} - m_X}{\sigma_X/\sqrt{n}} + \frac{\lambda\sqrt{n}S_X^*}{\sigma_X} < \sqrt{n}F_U^{-1}(\alpha)\right] = 0.5 \end{aligned} \tag{12}$$

Definirajmo sedaj slučajno spremenljivko  $Z_\lambda$ :

$$Z_\lambda = \frac{\bar{X} - m_X}{\sigma_X/\sqrt{n}} + \lambda\sqrt{n}\frac{S_X^*}{\sigma_X} = U + V_\lambda, \tag{13}$$

kjer je  $U$  standardno normalno porazdeljena slučajna spremenljivka, gostoto verjetnosti slučajne spremenljivke  $V_\lambda$  pa lahko izpeljemo, kot sledi. Zaloga vrednosti slučajne spremenljivke  $V_\lambda$  je odvisna od predznaka  $\lambda$ , ta pa od izbire kvantila  $\alpha$ . Če je  $\alpha$  manjši od 0.5, je  $\lambda < 0$  in slučajna spremenljivka  $V_\lambda$  lahko zavzame le negativne vrednosti, če je  $\alpha$  večji od 0.5, pa slučajna spremenljivka  $V_\lambda$  zavzame le pozitivne vrednosti. Ob upoštevanju, da se

$$H = (n-1)\frac{S_X^{*2}}{\sigma_X^2} \tag{14}$$

porazdeljuje po porazdelitvi  $\chi^2$  z  $n - 1$  prostostnimi stopnjami (Jamnik, 1971, Metcalfe, 1997), lahko gostoto verjetnosti slučajne spremenljivke  $V_\lambda$  izpeljemo po naslednjem postopku (Turk, 2001). Najprej ugotovimo, da je zveza med  $V_\lambda$  in  $H$ , ki jo izpeljemo iz enačb (13) in (14),

$$V_\lambda = \lambda\sqrt{\frac{n}{n-1}}H = g(H) \tag{15}$$



monotona. Vidimo, da je za pozitivne  $\lambda$  zveza monotono naraščajoča, za negativne pa monotono padajoča. Pri monotonih odvisnostih dveh slučajnih spremenljivk lahko gostoto verjetnosti ene izpeljemo iz gostote verjetnosti druge po naslednji enačbi (Turk, 2001):

$$f_{V_\lambda} = f_H(g^{-1}(v)) \left| \frac{dg^{-1}(v)}{dv} \right|. \quad (16)$$

V našem primeru velja:

$$f_H(h) = \frac{1}{2^{\frac{n-1}{2}} \Gamma(\frac{n-1}{2})} h^{\frac{n-1}{2}-1} e^{-\frac{h}{2}} \quad h > 0 \quad (17)$$

in

$$g^{-1}(v) = \frac{n-1}{n} \frac{v^2}{2} \quad \rightarrow \quad \frac{dg^{-1}(v)}{dv} = \frac{n-1}{n} \frac{2v}{2}. \quad (18)$$

Po ureditvi izrazov dobimo:

$$f_{V_\lambda}(v) = \frac{2}{\Gamma(\frac{n-1}{2})|v|} \left(\frac{k^2 v^2}{2}\right)^{\frac{n-1}{2}} e^{-\frac{1}{2}k^2 v^2}, \text{ kjer je } \begin{cases} v < 0 & \text{za } \lambda < 0 \\ v > 0 & \text{za } \lambda > 0 \end{cases} \quad (19)$$

parameter  $k^2$  pa pomeni:

$$k^2 = \frac{n-1}{n\lambda^2} \quad (20)$$

Gostoto verjetnosti slučajne spremenljivke  $Z_\lambda$  določimo s konvolucijo:

$$f_{Z_\lambda} = \int_{-\infty}^{\infty} f_{V_\lambda}(v) f_U(z-v) dv = \int_{-\infty}^{\infty} f_U(u) f_{V_\lambda}(z-u) du, \quad (21)$$

vrednost porazdelitvene funkcije  $F_{Z_\lambda}(z)$  pa z integriranjem gostote verjetnosti  $f_{Z_\lambda}(z)$

$$F_{Z_\lambda}(z) = \int_{-\infty}^z f_{Z_\lambda}(\tilde{z}) d\tilde{z} = \frac{\sqrt{2}}{\Gamma(\frac{n-1}{2})\sqrt{\pi}} \left(\frac{k^2}{2}\right)^{\frac{n-1}{2}} \int_{-\infty}^0 \frac{v^{n-1}}{-v} e^{-\frac{1}{2}k^2 v^2} \int_{-\infty}^z e^{-\frac{1}{2}(\tilde{z}-v)^2} d\tilde{z} dv. \quad (22)$$

V zapisu integrala (22) smo upoštevali, da je  $\lambda$  negativen, zato smo namesto  $v$  pisali  $-v$  in po spremenljivki  $v$  integrirali od  $-\infty$  do 0. Za pozitivno vrednost  $\lambda$  je enačba nekoliko drugačna:

$$F_{Z_\lambda}(z) = \int_{-\infty}^z f_{Z_\lambda}(\tilde{z}) d\tilde{z} = \frac{\sqrt{2}}{\Gamma(\frac{n-1}{2})\sqrt{\pi}} \left(\frac{k^2}{2}\right)^{\frac{n-1}{2}} \int_0^{\infty} \frac{v^{n-1}}{v} e^{-\frac{1}{2}k^2 v^2} \int_0^{\tilde{z}} e^{-\frac{1}{2}(\tilde{z}-v)^2} d\tilde{z} dv. \quad (23)$$

Porazdelitev po enačbah (22) in (23), ki so jo na podoben način uporabili že v literaturi (Madsen et al., 1986), se imenuje necentralna porazdelitev  $t$ . Prvič so jo izpeljali že leta 1940 (Johnson, Welch, 1940), vrednosti pa lahko izračunamo numerično ali pa odčitamo iz preglednic (Bagui, 1993).

Naša naloga je določiti tak  $\lambda$ , ki ga bomo uporabili v enačbi (11), da bo ustrezal enačbama (22) oziroma (23). To naredimo tako, da za izbran  $n$  in  $\alpha$  rešimo naslednjo enačbo (poiščemo tak  $\lambda$ , da je enačba (24) izpolnjena):

$$P[Z_\lambda < \sqrt{n} F_U^{-1}(\alpha)] = F_{Z_\lambda}(\sqrt{n} F_U^{-1}(\alpha)) = 0.5. \quad (24)$$

V naslednji preglednici podajamo nekaj vrednosti  $\lambda$  za različne velikosti vzorca  $n$  za 5% kvantil ( $\alpha = 0.05$ ). Podajamo tudi vrednost pri navni oceni (enačba (9)), kar je priporočeno tudi v ameriških standardih za beton (ACI Standard, 1967), in vrednosti, ki jih podajata evropska pravilnika ENV206 in SIST ENV 1991-1 (1998).

$n$	5	6	7	10	15	20	30	50	100
enačba (9) oziroma ACI (1967)	-1.645	-1.645	-1.645	-1.645	-1.645	-1.645	-1.645	-1.645	-1.645
ENV 206		-1.87	-1.77	-1.62	-1.48				
SIST ENV 1991-1	-2.33	-2.18		-1.92		-1.76	-1.73		
enačba (24)	-1.779	-1.750	-1.732	-1.702	-1.670	-1.671	-1.662	-1.655	-1.650

**Preglednica 1:** Vrednosti faktorja  $\lambda$  za različne velikosti vzorca

#### 4 SIMULACIJE

Izpeljane izraze najbolje preverimo tako, da opravimo simulacije. To pomeni, da izračun karakteristične vrednosti mnogokrat ponovimo. Vsaki posamezni simulaciji ustreza slučajno določen vzorec predpostavljene velikosti  $n$ . Ker je v izpeljavah predpostavljeno, da je slučajna spremenljivka  $X$ , ki jo obravnavamo, porazdeljena normalno, moramo tudi v simulacijah generirati vzorce slučajnih števil, ki pripadajo normalni porazdelitvi. Najlažje je, da uporabimo Box-Müllerjev izraz (glej na primer Devroy, 1986), pri katerem iz dveh slučajno izbranih števil, ki pripadata enakomerni porazdelitvi od 0 do 1, določimo slučajno število, ki pripada normalni porazdelitvi:

$$x_i = \sqrt{-2 \ln u_{1i}} \sin(2\pi u_{2i}) \sigma_X + m_X, \quad (25)$$

kjer  $x_i$  predstavlja element vzorca normalno porazdeljene slučajne spremenljivke,  $u_{1i}$  in  $u_{2i}$  pa elementa vzorca dveh neodvisnih enakomerno porazdeljenih slučajnih spremenljivk.

Shema simulacij je videti takole:

##### ZAČETEK ZANKE PO SIMULACIJAH

ZAČETEK ZANKE PO POSAMEZNIH ELEMENTIH VZORCA

GENERIRANJE SLUČAJNEGA ŠTEVILA PO ENAČBI (25)

KONEC ZANKE

IZRAČUN SREDNJE VREDNOSTI IN STANDARDNE DEVIACIJE VZORCA PO ENAČBAH (7)

IZRAČUN KARAKTERISTIČNE VREDNOSTI PO RAZLIČNIH METODAH

KONEC ZANKE

IZPIS REZULTATOV

Izbrali smo si primer določanja marke betona  $MB = x_\alpha$ , za katero velja, da je 5% kvantil trdnosti betona  $X$ . Pri tej analizi predpostavimo, da poznamo srednjo vrednost  $m_X = 30$  MPa in standardno deviacijo  $\sigma_X = 6$  MPa. V tem primeru je prava karakteristična vrednost oziroma marka betona po enačbi (6) enaka:

$$MB = x_\alpha = 20.13 \text{ MPa}. \quad (26)$$

S simulacijami bomo ugotovili, ali ocenjene karakteristične vrednosti v povprečju ustrezajo pravi vrednosti. Ugotovili bomo tudi, kolikšen je raztros rezultatov pri različnih velikostih vzorcev. V naslednji preglednici prikazujemo povprečne vrednosti točkovne ocene za 1000000 ponovitev simulacij.

$n$	6	7	10	15
enačba (9)	20.61	20.53	20.40	20.30
odstopanje od prave vrednosti	2.4%	2.0%	1.3%	0.8%
SIST ENV 1991-1 (1998)	17.56	–	18.80	–
odstopanje od prave vrednosti	–12.77%	–	–6.6%	–
ENV 206	19.33	19.81	20.55	21.27
odstopanje od prave vrednosti	–4.0%	–1.6%	2.0%	5.7%
enačba (24)	20.02	20.02	20.07	20.09
odstopanje od prave vrednosti	–0.5%	–0.5%	–0.3%	–0.2%
$P[\hat{X}_\alpha < x_\alpha]$	0.4994	0.5008	0.5009	0.5013
$\sigma_{\hat{X}_\alpha}$	4.051	3.708	3.038	2.446

**Preglednica 2:** Točkovna ocena – rezultati simulacij

Iz preglednice 2 lahko sklepamo, da je ocena po enačbi (24) najboljša, saj so odstopanja v najslabšem primeru pri majhnem vzorcu  $n = 6$  enaka 0.5%, pri večjih vzorcih pa še manjša. Razlog za to odstopanje je v tem, da je porazdelitev ocene po enačbi (24) nesimetrična in se zato mediana slučajne spremenljivke ne ujema s srednjo vrednostjo. Relativno dobra je tudi naivna ocena, kjer je napaka pri manjših vzorcih 2.4% in se z večanjem vzorca manjša. Ocena po ENV 206 je slabša, odstopanja so tudi pri večjih vzorcih relativno velika, še večja pa so odstopanja po SIST ENV 1991-1 (1998).

Razpršenost točkovne ocene karakteristične vrednosti je odvisna od razpršenosti slučajne spremenljivke  $X$ , za katero računamo karakteristično vrednost, in velikosti vzorca. Manjša kot je razpršenost slučajne spremenljivke  $X$  in večji kot je vzorec, manjša je razpršenost točkovne ocene. Standardne deviacije točkovne ocene po enačbi (24), ki smo jo določili po 1000000 ponovitev simulacij, prikazujemo v preglednici 2. S preglednico 2 dokažemo tudi, da je ocena po enačbi (24) res dobra ocena mediane, saj verjetnost  $P[\hat{X}_\alpha < x_\alpha]$  le malo odstopa od zelene vrednosti 0.5.

## 5 SKLEPI

V prispevku smo najprej podali nekaj osnov verjetnostnega računa in način določanja karakterističnih vrednosti. Pokazali smo, da se vrednosti precej razlikujejo od vrednosti v pravilniku ENV 206. Pri majhnih vzorcih je opazno tudi odstopanje glede na preprosto oceno, pri kateri predpostavimo, da poznamo pravo srednjo vrednost in standardno deviacijo, ne pa zgolj njuni oceni. Pri večjih vzorcih so te razlike manjše.

Ponovimo še enkrat, kako lahko uporabimo rezultate našega dela: Točkovno oceno določimo iz vzorca po preprosti enačbi:

$$\hat{X}_\alpha = \bar{X} + \lambda S_X^* \quad (27)$$

kjer  $\lambda$  za 5% kvantilo ( $\alpha = 0.05$ ) odčitamo iz preglednice 3.

S tem prispevkom sva avtorja želela opozoriti na težave določanja točkovne ocene karakteristične vrednosti na podlagi majhnih vzorcev.

D. ZUPAN, G. TURK: Nepristranska točkovna ocena karakterističnih vrednosti

$n$	$\alpha_\lambda = 50\%$
5	-1.779
6	-1.750
7	-1.732
8	-1.719
9	-1.709
10	-1.702
15	-1.681
20	-1.671
30	-1.662
50	-1.655
100	-1.650

**Preglednica 3:** Vrednosti  $\lambda$  za različne velikosti vzorca  $n$  in  $\alpha_\lambda$  ( $\alpha = 5\%$ )

Velika razpršenost (raztros rezultatov) pri majhnih velikostih vzorca (glej preglednico 2) kaže na potrebo po ocenah, ki bi to razpršenost upoštevale. Govorimo o intervalnih ocenah ali območjih zaupanja karakterističnih vrednosti, o katerih pa zaradi njihove zahtevnosti v tem članku ne govorimo.

## LITERATURA

- ACI Standard, Recommended Practice for Evaluation of Strength Test Results of Concrete (ACI 214-77), ACI, 1976.
- Bagui, S.C., CRC Handbook of Percentiles of Non-Central T-Distributions, CRC Press, 1993.
- Benjamin, J.R., Cornell, C.A., Probability, Statistics, and Decision for Civil Engineers, McGraw-Hill, 1970.
- Bury, K., Statistical Distributions in Engineering, Cambridge University Press, 1999.
- Devroy, L., Non-Uniform Random Variate Generation, New York, Springer-Verlag, 1986.
- ENV 206, Beton - Obnašanje med uporabo, proizvodnja in skladnost.
- Jamnik, R., Verjetnostni račun, Mladinska knjiga, Ljubljana, 1971.
- Johnson, N.L., Welch, B.L., Application of the Non-Central  $t$ -Distribution, Biometrika, Vol. 31, str. 362–389, 1940.
- Madsen, H.O., Krenk, S., Lind, N.C., Methods of Structural Safety, Prentice-Hall, 1986.
- Metcalfe, A.V., Statistics in Civil Engineering, Arnold, London, 1997.
- SIST ENV 1991-1, Eurocode 1 - Osnove projektiranja in vplivi na konstrukcije - 1.del (Annex D), Urad Republike Slovenije za standardizacijo in meroslovje, Ljubljana, 1998.
- SIST ENV 1992-1-1, Eurocode 2 - Projektiranje betonskih konstrukcij - Del 1-2: Splošna pravila in pravila za stavbe, Urad Republike Slovenije za standardizacijo in meroslovje, Ljubljana, 1999.
- Turk, G., Verjetnostni račun in statistika, osnutki skript, Ljubljana, 2001.
- (<http://www.km.fgg.uni-lj.si/predmeti/sei/vrs.pdf>).

# OCENJEVANJE ZVOČNE IZOLACIJE MED SOSEDNJIMI PROSTORI STAVB Z UPOŠTEVANJEM VZPOREDNEGA PREVAJANJA ZVOKA

## ESTIMATION OF AIRBORNE SOUND INSULATION BETWEEN ADJACENT ROOMS, CONSIDERING ALSO THE FLANKING TRANSMISSION

STROKOVNI ČLANEK

UDK 699.844 : 006 DIN 4109 (1989)

MIHAEL RAMŠAK

### POVZETEK

Obravnavana je zvočna izolacija med sosednjimi prostori stavb z upoštevanjem vpliva vzporednega prevajanja zvoka, in sicer po predpisani metodologiji, ki je določena v standardu DIN 4109 (1989). Obravnavani so načini določanja zvočne izolacije po standardu ter pomembnejši problemi, na katere naletimo pri uporabi standarda.

### SUMMARY

Sound insulation between adjacent rooms, considering also the influence of flanking transmission, is treated according to the DIN 4109(1989) standard. The methodology, presented in the DIN 4109 standard, is described, including the problems which may arise implementing it in practice.

#### Avtor:

Mihael Ramšak, Zavod za gradbeništvo Slovenije, Dimičeva 12, Ljubljana  
Tel.: 2804 434, fax : 2804 484, e-mail: mihael.ramsak@zag.si

#### 1.0. UVOD

Viri zvoka v stavbah, ki so namejene za delo in bivanje ljudi, ustvarjajo moteči zvok (hrup) na dva načina :

- z oddajanjem zvoka v prostor, kjer se

nahajajo (ti. zvok v zraku, npr.: govor, emisija zvoka radia ali TV v prostor, kjer se nahajata ipd.),

- z neposrednim vzbujanjem gradbene konstrukcije (t.i. udarni zvok ter strukturni zvok,

npr.: hoja, premikanje pohištva, vibracije

hišnih inštalacij ipd.).

Potrebni ukrepi za doseganje ustrezne zvočne izolacije niso v obeh primerih enaki, temveč so odvisni od tega, kateri od navedenih načinov vzbujanja je v posameznem primeru prevladujoč. Zaradi

M. RAMŠAK: Ocenjevanje zvočne izolacije med sosednjimi prostori stavb z upoštevanjem vzporednega prevajanja zvoka

obširnosti problema se bomo v nadaljevanju prispevka zaenkrat omejili le na problem izolacije pred zvokom v zraku.

Zvok v zraku, ki nastaja v stavbah, namenjenih za delo in bivanje ljudi, prehaja iz prostora z zvočnim virom v sosednje prostore po dveh poteh (slika 1):

- skozi ločilno pregrado med sosednjima prostoroma (ti. direktno prevajanje),
- preko sklopa bočnih konstrukcij, v katerega je vgrajena ločilna pregrada (ti. vzporedno prevajanje zvoka).

Pretežni del zvočne energije ponavadi sicer prehaja med sosednjima prostoroma prek ločilne pregrade, vendar pa nezanimljivi del zvočne energije prehaja med sosednjima prostoroma tudi prek bočnih konstrukcij. V posameznih primerih je lahko vzporedno prevajanje zvoka pri ugotavljanju zvočne izolacije med sosednjimi prostori celo ključnega pomena, zato je potrebno pri ugotavljanju zvočne izolacije med sosednjimi prostori vedno obravnavati tudi vzporedno prevajanje zvoka.

V preteklih letih se v svetu in pri nas pri zasnovi in preverjanju zvočne zaščite v stavbah vzporednemu prevajanju zvoka ni posvečalo posebne pozornosti, predvsem zaradi nezadostnega poznavanja mehanizmov vzporednega prevajanja ter s tem povezano odsotnostjo metod za ugotavljanje vzporednega prevajanja. Problem se je reševal tako, da se je pri zasnovi stavb izogibalo konstrukcijskim sklopom, kjer se je slutilo, da bi vzporedno prevajanje zvoka lahko opazno vplivalo na zvočno zaščito. Zaradi uvajanja lažjih montažnih pregrad in bolj kompliciranih konstrukcijskih sklopov pa to ni več mogoče.

S pravilnikom o zvočni zaščiti stavb (Ur.l. RS št. 14/99) je za oceno zvočne zaščite v stavbah pri nas predpisana metodologija, ki je določena v nemškem standardu [DIN 4109, 1989], in sicer v dodatku 1 z naslovom "Zvočna zaščita v visokogradnji, primeri izvedbe in računski po-

stopki". Omenjena metodologija obravnava izolacijo pred zvokom v zraku masivnih in značilnih lahkih ločilnih pregrad ter vključuje tudi obravnavo vzporednega prevajanja zvoka prek značilnih sklopov in sestav bočnih konstrukcij. Metodologija temelji pretežno na eksperimentalnem delu in predstavlja kljub nekaterim omejitvam in slabostim za inženirsko prakso v tem trenutku še vedno najuporabnejši način ocenjevanja zvočne zaščite v stavbah, saj nam omogoča na razmeroma enostaven način opredeliti zvočno izolacijo s še sprejemljivo natančnostjo.

V letu 2000 je izšla serija standardov EN 12354, kjer je opredeljen nov način določanja zvočne izolacije pregrad in vzporednega prevajanja zvoka, ki pa zaradi specializiranosti ter zahtevne oblike za inženirsko prakso še ni uporaben do take mere, da bi že lahko ustrezno nadomestil precej enostavnejši in uporabnejši standard DIN 4109.

## 2.0. OCENJEVANJE ZVOČNE IZOLACIJE MED SOSEDNJI PROSTORI PO METODOLOGIJI STANDARDA DIN 4109 (1989)

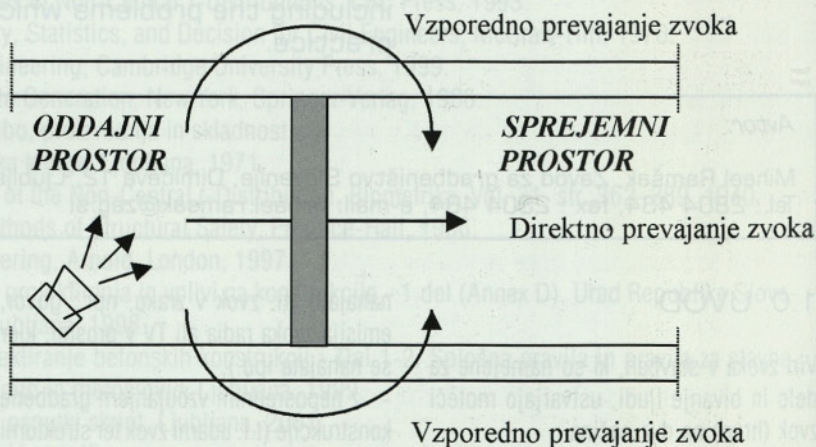
Stopnjo prehoda zvoka skozi ločilno pregrado med sosednjima prostoroma opišemo s količino, ki jo imenujemo zvoč-

na izolirnost. Zvočna izolirnost, ki jo označimo z  $R$ , predstavlja desetkratni logaritem razmerja zvočne moči, ki vpade na pregrado, ter zvočne moči, ki jo pregrada prepušča. Zvočna izolirnost  $R$  je lastnost pregrade, ki je odvisna od sestave pregrade in od načina vpetja pregrade.

Ker se zvok med sosednjima prostoroma, ki ju ločuje pregrada, ne prevaja le prek ločilne pregrade, temveč tudi prek bočnih konstrukcij, se zvočna izolirnost ločilne pregrade po vgraditvi v stavbo navidezno spremeni. Njen dejanski zvočnoizolacijski učinek je po vgraditvi v stavbo torej navidezno drugačen kot po vgraditvi v laboratorij z zanemarljivim vzporednim prevajanjem zvoka. Če si predstavljamo, da se vsa zvočna energija, vključno z vzporednim prevajanjem zvoka, prenaša prek ločilne pregrade (torej kot da ni bočnega prenosa zvoka), govorimo o ti »navidezni« zvočni izolirnosti pregrade po vgraditvi v stavbi. Označimo jo z oznako  $R'$ .

Kolikor torej želimo ugotoviti zvočno izolirnost  $R'$  pregrade po vgraditvi v stavbo, je potrebno poleg prehoda zvoka skozi pregrado oceniti tudi vpliv vzporednega prevajanja zvoka prek bočnih konstrukcij.

V dodatku 1 standarda DIN 4109 so opredeljene tri metode za oceno skupnega prehoda zvoka med dvema sosednjima prostoroma oziroma za oceno zvočne izolirnosti  $R'$  ločilne pregrade med dve-



Slika 1: Potehi prehoda zvoka med sosednjima prostoroma

ma sosednjima prostoroma :

- metoda določanja zvočne izolirnosti z uporabo korekcijskih koeficientov, ki je prilagojena za uporabo v primerih stavb s pretežno masivnimi elementi,
- metoda določanja zvočne izolirnosti s seštevanjem vplivov prenosov zvoka po različnih poteh med sosednjima prostoroma,
- poenostavljena metoda določanja zvočne izolirnosti.

Prva metoda se uporablja v primerih masivne gradnje, kjer lahko priključke

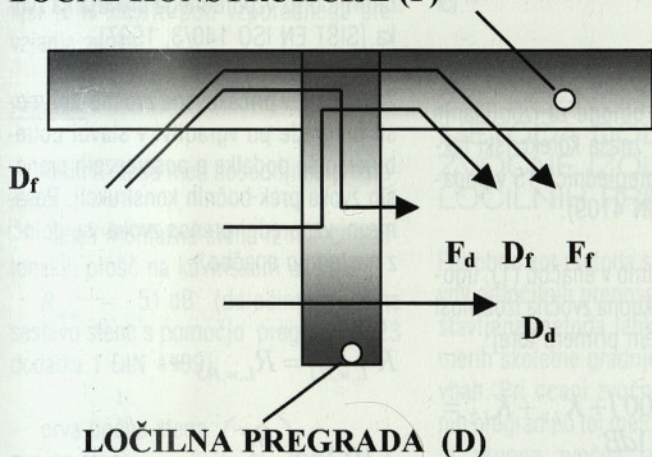
masivnih ločilnih sten ali zidov na masivne bočne konstrukcije opišemo pretežno kot toge (slika 2). Druga metoda ugotavljanja zvočne izolirnosti ločilnih pregrad s seštevanjem vplivov prenosov zvoka po različnih poteh med sosednjima prostoroma se uporablja v primerih skeletne gradnje ter v lesenih stavbah. Priključke ločilnih sten, ki so pretežno montažne, na bočne konstrukcije v teh primerih opišemo kot členkaste (slika 3). V primeru tretje omenjene ti. poenostavljene metode privzamemo, da je skupna zvočna izolirnost v stavbi vgrajene ločilne pregrade za 5 dB nižja od zvočne izolirnosti

najbolj prepustne poti zvoka.

## 2.1. METODA DO-LOČANJA ZVOČNE IZOLIRNOSTI LOČILNIH PREGRAD Z UPORABO KOREKCIJSKIH KOEFICIENTOV

Metoda določanja zvočne izolirnosti z uporabo korekcijskih koeficientov je prilagojena za uporabo v primerih stavb s pretežno masivnimi elementi, čeprav se lahko ob ustrezni prilagoditvi korekcijskih

### BOČNE KONSTRUKCIJE (F)

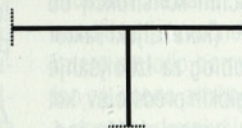


Slika 2: Priključek masivne ločilne pregrade na masivno bočno konstrukcijo

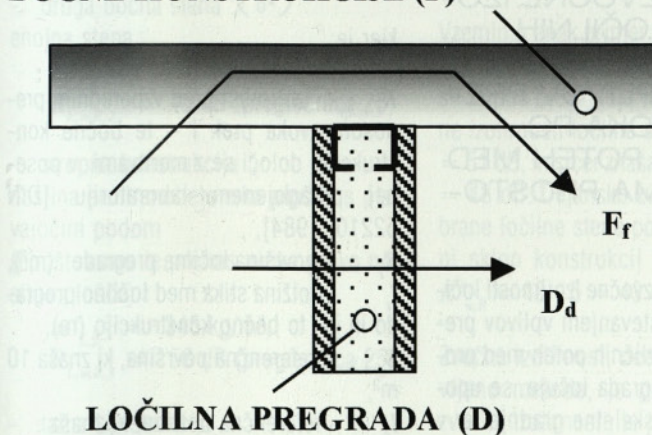
### POTI PREHODA ZVOKA :

Direktni prehod zvoka :  $D_d$   
Vzporedni prehod zvoka :  $F_f, F_d, D_f$

### STATIČNI PRIKAZ :



### BOČNE KONSTRUKCIJE (F)

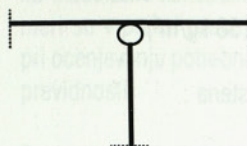


Slika 3: Priključek lahke montažne pregradne stene na masivno bočno konstrukcijo

### POTI PREHODA ZVOKA :

Direktni prehod zvoka :  $D_d$   
Vzporedni prehod zvoka :  $F_f$

### STATIČNI PRIKAZ :



faktorjev uporablja tudi pri skeletni gradnji ter pri lesenih stavbah (točki 3.2 in 3.3. dodatka 1 standarda DIN 4109).

Izhodišče za določitev zvočne izolirnosti masivne ločilne pregrade (stene ali zidu), vgrajene v stavbi, predstavlja referenčna vrednost zvočne izolirnosti take pregrade  $R'_{w,R}(300)$ . Črtica v oznaki pomeni, da se zvočna izolirnost nanaša na celotni prehod zvoka med sosednjima prostoroma, indeks R pa pomeni, da govorimo o ti računski vrednosti zvočne izolirnosti, ki je zaradi varnosti za 2 dB večja od pričakovane vrednosti. Zvočna izolirnost ločilne pregrade  $R'_{w,R}(300)$  se nanaša na vgradnjo obravnavane pregrade v sklop bočnih konstrukcij s povprečno maso  $m'_{L,m} \approx 300 \text{ kg/m}^2$ .

Predvidena zvočna izolirnost masivne pregrade, vgrajene v stavbi, se določi z enačbo :

$$R'_{w,R} = R'_{w,R}(300) + K_{L1} + K_{L2} \quad (1)$$

kjer sta  $K_{L1}$  in  $K_{L2}$  korekcijska faktorja, s katerima se upošteva vpliv odstopanja povprečne mase bočnih konstrukcij od vrednosti  $300 \text{ kg/m}^2$  (korekcijski faktor  $K_{L1}$ ) ter prisotnost oblog za izboljšanje zvočne izolirnosti iz gibkih predstojev, kot npr.: mavčni karton, iverna plošča ipd. (korekcijski faktor  $K_{L2}$ ).

Primer :

- ločilna stena med sosednjima prostoroma :

enojna masivna stena,

$$m' = 380 \text{ kg/m}^2,$$

$$R'_{w,R}(300) = 52 \text{ dB} \quad (\text{preglednica 1 dodatka 1 DIN 4109}),$$

- prva bočna stena :

enojna stena,

$$m'_{L,1} = 150 \text{ kg/m}^2,$$

- druga bočna stena :

enojna stena,

$$m'_{L,2} = 150 \text{ kg/m}^2,$$

- stropna konstrukcija :

nosilna armiranobetonska plošča s plavajočim podom (upoštevamo le prenos zvoka preko nosilne plošče) :

$$m'_{L,3} = 345 \text{ kg/m}^2,$$

- talna konstrukcija :

nosilna armiranobetonska plošča s plavajočim podom; prenos zvoka prek plavajočega poda lahko zanemarimo.

Povprečna masa bočnih konstrukcij, preko katerih se prenaša zvok, je torej :

$$m'_{L,m} = (m'_{L,1} + m'_{L,2} + m'_{L,3}) / 3 = 215 \text{ kg/m}^2$$

Iz preglednice 13 v dodatku 1 standarda DIN 4109 določimo korekcijski faktor  $K_{L1}$ , ki v izbranem primeru znaša  $K_{L1} = -1 \text{ dB}$ .

Ker je v izbranem primeru masivna ločilna pregrada brez obloge za izboljšanje zvočne izolirnosti, znaša korekcijski faktor  $K_{L2} = 0 \text{ dB}$  (preglednica 15 v dodatku 1 standarda DIN 4109).

Ko vrednosti vstavimo v enačbo (1), ugotovimo, da znaša skupna zvočna izolirnost pregrade v izbranem primeru torej:

$$R'_{w,R} = R'_{w,R}(300) + K_{L1} + K_{L2} = 52 - 1 + 0 = 51 \text{ dB}$$

## 2.2. METODA DO-LOČANJA ZVOČNE IZOLIRNOSTI LOČILNIH PREGRAD S SEŠTEVANJEM VPLIVOV PRENOSOV ZVOKA PO RAZLIČNIH POTEH MED SOSEDNJIMA PROSTOROMA

Metoda določanja zvočne izolirnosti ločilnih pregrad s seštevanjem vplivov prenosov zvoka po različnih poteh med prostoroma, ki ju pregrada ločuje, se uporablja v primerih skeletne gradnje ter v lesenih stavbah. Uporaba te metode za stavbe s pretežno masivnimi gradbenimi

elementi ni primerna, ker so po tej metodi ocenjene zvočne izolirnosti ločilnih pregrad prenizke [Schulze, 1991]. Vzrok za to je predvsem v lažjem prehodu upogibnega valovanja po bočnih konstrukcijah prek stičišča bočnih konstrukcij z ločilno pregrado kot v primeru togega stika pri masivni gradnji (slika 2 in slika 3).

Izhodišče za oceno zvočne izolirnosti po tej metodi predstavlja zvočna izolirnost brez vzporednega prevajanja zvoka  $R_{w,R}$ , ki znaša :

$$R_{w,R} = R_{w,P} - 2 \text{ dB} \quad (2)$$

Količina  $R_{w,P}$  predstavlja zvočno izolirnost obravnavane pregrade, izmerjeno v laboratoriju brez vzporednega prevajanja zvoka [SIST EN ISO 140/3, 1997].

Za določitev pričakovane zvočne izolirnosti pregrade po vgraditvi v stavbi potrebujemo še podatke o posameznih prenosih zvoka prek bočnih konstrukcij. Posamezni vzporedni prenos zvoka se določi z naslednjo enačbo :

$$R'_{L,w,R,i} = R_{L,w,R,i} + 10 \cdot \log \left( \frac{S_T}{S_0} \right) - 10 \cdot \log \left( \frac{l_i}{l_0} \right) \text{ dB}, \quad (3)$$

kjer je:

$R_{L,w,R,i}$  - izolirnost pred vzporednim prenosom zvoka prek  $i$  - te bočne konstrukcije; določi se z meritvami v posebaj prilagojenem laboratoriju [DIN 52210, 1984],

$S_T$  - površina ločilne pregrade ( $\text{m}^2$ ),

$l_i$  - dolžina stika med ločilno pregrado in  $i$  - to bočno konstrukcijo (m),

$S_0$  - referenčna površina, ki znaša  $10 \text{ m}^2$ ,

$l_0$  - referenčna dolžina, ki znaša :  
za ločilne stene in zidove  $2,8 \text{ m}$ ,  
za medetažne konstrukcije  $4,5 \text{ m}$ .



Vrednosti  $R'_{w,R}$  ter  $R_{L,w,R}$  so za značilne sestave ločilnih pregrad ter za značilne bočne konstrukcije in priključke teh na ločilne pregrade, prikazane v preglednicah 21 do 34 v dodatku 1 standarda DIN 4109.

Dejansko zvočno izolirnost po vgraditvi ločilne pregrade v stavbi določimo z naslednjo enačbo:

$$R'_{w,R} = -10 \cdot \log$$

$$\left( 10^{\frac{-R_{w,R}}{10}} + \sum_{i=1}^n 10^{\frac{-R'_{L,w,R,i}}{10}} \right) \quad (4),$$

kjer je  $n$  število poti vzporednega prevajanja zvoka.

#### Primer:

- ločilna stena med sosednjima prostoroma:

lahka montažna stena iz mavčnokartonskih plošč na kovinskem okvirju,

$R_{w,R} = 51$  dB (določimo glede na sestavo stene s pomočjo preglednice 23 dodatka 1. DIN 4109),

- prva bočna stena: enojna stena,

$$\begin{aligned} m'_{L,1} &= 150 \text{ kg/m}^2, \\ R_{L,w,R,1} &= 48 \text{ dB (preglednica 25)} \end{aligned}$$

- druga bočna stena: enojna stena,

$$\begin{aligned} m'_{L,2} &= 150 \text{ kg/m}^2, \\ R_{L,w,R,2} &= 48 \text{ dB (preglednica 25)} \end{aligned}$$

- stropna konstrukcija: nosilna armiranobetonska plošča s plavajočim podom (upoštevamo le prenos zvoka preko nosilne plošče):

$$\begin{aligned} m'_{L,3} &= 345 \text{ kg/m}^2, \\ R_{L,w,R,3} &= 58 \text{ dB (preglednica 25)} \end{aligned}$$

- talna konstrukcija: plavajoči pod na nosilni armiranobetonski plošči,

$m'_{L,4} \geq 300 \text{ kg/m}^2$  (masa nosilne plošče),

$$R_{L,w,R,4} = 70 \text{ dB (preglednica 29)}$$

Privzemimo takšne mere ločilne pregrade, da je  $S = S_0$  in  $I = I_0$ , kar pomeni, da je  $R'_{L,w,R} = R_{L,w,R}$ . Po vstavitvi ugotovljenih vrednosti zvočne izolirnosti v enačbo (4) dobimo zvočno izolirnost izbrane ločilne stene po vgraditvi v opisani sklop konstrukcij, in sicer znaša zvočna izolirnost  $R'_{w,R} = 44$  dB.

Vidimo lahko, da je v izbranem primeru dosežena zvočna izolirnost ločilne stene, vgrajene v stavbi, zaradi upoštevanja vzporednega prevajanja zvoka za 7 dB (!) nižja od zvočne izolirnosti take stene brez upoštevanja vzporednega prevajanja zvoka.

### 2.3. POENOSTAVLJENA METODA DOLOČANJA ZVOČNE IZOLIRNOSTI LOČILNIH PREGRAD

Podobno kot metoda s seštevanjem vplivov odločilnih prenosov zvoka se poenostavljena metoda lahko uporablja v primerih skeletne gradnje ter v lesenih stavbah. Pri oceni zvočne izolirnosti ločilnih pregrad po tej metodi privzamemo, da je skupna zvočna izolirnost v stavbi vgrajene ločilne pregrade za 5 dB nižja od zvočne izolirnosti najbolj prepustne poti zvoka.

Vzemimo enak primer kot v poglavju 2.2. Ugotovimo lahko, da je zvočna izolirnost za poti prevajanja 1 in 2 nižja od zvočne izolirnosti ločilne stene, ki znaša  $R_{w,R} = 51$  dB, in sicer znašata  $R_{L,w,R,1} = R_{L,w,R,2} = 48$  dB. Dejansko zvočno izolirnost izbrane ločilne stene po vgraditvi v opisani sklop konstrukcij torej ocenimo na  $R'_{w,R} = 48 - 5 = 43$  dB.

Zvočna izolirnost, ocenjena s poenostavljeno metodo, je praviloma nižja od zvočne izolirnosti, ki jo ocenimo po metodi s seštevanjem vplivov odločilnih prenosov zvoka [Schulze, 1991]. To pa

ima lahko za posledico negospodarne posege za doseganje večje zvočne izolacije, kot bi bilo dejansko potrebno. Ta metoda naj bi se zato uporabljala le za grobo oceno zvočne izolirnosti, odločilna pa naj bi bila ocena zvočne izolirnosti s seštevanjem vplivov posameznih prenosov zvoka.

### 3.0. PROBLEMI IN OMEJITVE PRI OCENJEVANJU ZVOČNE IZOLACIJE PO METODOLOGIJI STANDARDA DIN 4109

Že v uvodu smo omenili, da ima ocenjevanje zvočne izolirnosti pregrad po metodologiji standarda DIN 4109 poleg dobrih strani tudi nekatere omejitve in slabosti. Teh omejitev in slabosti se je potrebno zavedati in jih pri ocenjevanju zvočne izolirnosti upoštevati. V nadaljevanju navajamo nekaj pomembnejših problemov, na katere naletimo pri uporabi standarda.

Problem nastane že pri izbiri načina ocenjevanja zvočne izolirnosti, in sicer, katero metodo bomo privzeli kot odločilno za oceno zvočne izolirnosti: metodo z uporabo korekcijskih koeficientov ali metodo seštevanja vplivov prenosov zvoka po različnih poteh med sosednjimi prostori. Rezultati obeh načinov se lahko v nekaterih primerih precej razlikujejo, kar pomeni, da zvočne izolirnosti ni mogoče predvideti z zadovoljivo natančnostjo. Značilni primer te vrste je npr.: masivna ločilna pregrada, ki je priključena na eni strani na masivno bočno steno, na drugi strani na montažno bočno steno, na tretji strani na masivno medetažno konstrukcijo ter na četrti strani na leseno medetažno konstrukcijo. Podobni primeri so v praksi precej pogosti, zato je pri ocenjevanju potrebna precejšnja mera previdnosti.

Drug pomemben problem pri uporabi standarda DIN 4109 je v omejenem naboru sestav ločilnih ter bočnih kon-

strukcij oziroma konstrukcijskih sklopov, za katere poznamo vrednosti zvočne izolirnosti  $R_{w,R}$ ,  $R'_{w,R}(300)$  ter  $R_{L,w,R}$ . Če manjša odstopanja obravnavanih sestav ločilnih ter bočnih konstrukcij oziroma konstrukcijskih sklopov od tistih, ki so opredeljeni v standardu, lahko namreč v nekaterih primerih povzročijo znatna odstopanja od predvidenih vrednosti zvočne izolirnosti, kar je dodatni razlog za previdnost.

Poleg navedenih problemov ima standard DIN 4109 tudi omejitve, da ne omogoča oceniti zvočne izolirnosti v posameznih frekvenčnih pasovih, temveč se moramo zadovoljiti le s skupno, za določeno ločilno pregrado oziroma za določen konstrukcijski sklop značilno zvočno izolir-

nostjo, ki je ovrednotena (frekvenčno utežena) po posebej predpisanem postopku [SIST EN ISO 717/1, 1997].

#### 4.0. SKLEP

Pri ugotavljanju zvočne izolacije med sosednjimi prostori v stavbah je potrebno poleg direktnega prevajanja zvoka prek ločilne pregrade med sosednjimi prostori upoštevati tudi vpliv vzporednega prevajanja prek sklopa konstrukcij, v katerega je ločilna pregrada vgrajena. Za oceno prevajanja zvoka med sosednjimi prostori stavb, ki vključuje tudi vpliv vzporednega prevajanja, je s pravilnikom o zvočni zaščiti stavb predpisana uporaba nemškega standarda DIN 4109 (1989).

Metodologija, določena v tem standardu, predstavlja za inženirsko prakso trenutno še vedno najuporabnejši način ocenjevanja zvočne zaščite v stavbah. Za značilne sestave in sklope konstrukcij nam omogoča razmeroma enostavno oceniti pričakovano stopnjo zvočne izolacije v stavbah. Pri uporabi standarda se je potrebno zavedati omejitev in slabosti standarda. Nekritična uporaba standarda brez poznavanja osnovnih fizikalnih principov prevajanja zvoka namreč lahko povzroči precejšnja razhajanja med predvideno ter v praksi dejansko doseženo zvočno izolacijo v stavbah, kar ima lahko za posledico probleme pri kasnejši uporabi stavb ter znatne dodatne stroške za potrebne sanacijske ukrepe.

## LITERATURA

- DIN 4109 - Dodatek 1: Zvočna zaščita v visokogradnji, primeri izvedbe in računski postopki, 1989.
- SIST EN ISO 140/3: Akustika - Merjenje zvočne izolirnosti v zgradbah in zvočne izolirnosti gradbenih elementov - 3. del : Laboratorijska merjenja izolirnosti gradbenih elementov pred zvokom v zraku, 1997.
- DIN 52210, 2. del: Luft- und Trittschalldämmung, Prüfstände für Schalldämm-Messungen an Bauteilen, 1984.
- SIST EN ISO 717/1: Akustika - Vrednotenje zvočne izolirnosti v zgradbah ter zvočne izolirnosti gradbenih elementov - 1.del : Izolirnost pred zvokom v zraku, 1997.
- Schulze H., Flankierende Bauteile – Schallschutzprobleme und Lösungsmöglichkeiten, Bauphysik 13, Zvezek 5, str. 174-182, 1991.

# EVROPSKA TEHNIČNA SOGLASJA IN MONTAŽNE HIŠE

## EUROPEAN TECHNICAL APPROVALS AND TIMBER FRAME BUILDING SYSTEMS

STROKOVNI ČLANEK

UDK 728.3 : 69.057 : 006.7(4)

JELENA SRPČIČ

**P O V Z E T E K** Slovensko vključevanje v Evropo na področju gradbeništva se je močno pospešilo s sprejemom Zakona o gradbenih proizvodih – ZGPro (UL RS št.52/13.6.2000), ki v celoti upošteva zahteve Direktive Evropske skupnosti za gradbene proizvode (CPD 89/106). Ta določa, da se lahko gradbeni proizvodi dajo v promet le, če so skladni s tehničnimi specifikacijami – standardi in tehničnimi soglasji. Pojem »tehnično soglasje« je bil uveden za proizvode, ki so novi in zato še niso vključeni v sistem standardov CEN oz. so tako kompleksni, da so njihove lastnosti opredeljene s sklopom standardov z različnih področij. Značilen primer sestavljenega gradbenega proizvoda so montažne hiše - izdelane so iz različnih materialov oz. polizdelkov, zahtevane lastnosti pa zajemajo različna tehnična področja (gradbeništvo, lesarstvo, gradbeno fiziko, zdravstveno varstvo, ekologijo). Smernica za evropsko tehnično soglasje za okvirne montažne objekte je že pripravljena: izdelala jo je delovna skupina Timber Framed Building Kits, v kateri je sodeloval tudi Zavod za gradbeništvo Slovenije.

**S U M M A R Y** The Slovenian adoption of the European legislative in the field of building construction got a strong acceleration with the adoption of Law on Construction Products (OB RS Nr.52/13.6.2000), which completely follows the Construction Products Directive (CPD 89/106). The directive demands that construction products can be put on the European market only when fulfilling the requirements in the technical specifications – the European standards or European technical approvals. The term »technical approval« was adopted for products not included in the CEN system or so complex that their properties are defined with the standards from various fields. A typical example of a complex construction product (kit) is a prefabricated house – manufactured of different materials or products, and the relevant properties cover different technical fields (civil and wood engineering, building physics, health and environmental protection etc.). The ETAG entitled Timber frame building kits has already been completed – prepared by the working group with the same name, in which a representative of the Slovenian National Building and Civil Engineering Institute took part.

*Avtor:*

mag. Jelena Srpčič, dipl. gradb. inž., vodja odseka za lesene konstrukcije, Zavod za gradbeništvo Slovenije, Dimičeva 12, Ljubljana, tel: 01 2 804 254, fax: 01 2 804 484, e-mail: jelena.srpcic@zag.si

## UVOD

Enoten evropski trg zahteva prost pretok blaga, kapitala in storitev, za kar je treba označevanje, predvsem pa kakovost proizvodov, poenotiti. Evropske države so se dogovorile, da se lahko izdelek, ki ustreza definiranim zahtevam, označi z enotnim znakom (ti. CE znak). Vendar je glede na različno stanje gospodarstva v različnih državah za nekatere proizvode poenotenje zahtev zelo težko doseči. Zato je na področju tehnične harmonizacije in standardizacije Evropska komisija sprejela ti. novi pristop (new approach), da se namesto težko uskladjivih tehničnih podrobnosti določijo le bistvene zahteve za proizvode ter izdelajo smernice (direktive), kako jih izpolniti. Zaradi velikih razlik v stanju graditeljstva je bila med prvimi sprejeta **Direktiva Sveta ES št. 89/106**, ki zadeva gradbene proizvode (**Construction Products Directive – CPD**). Ta direktiva navaja šest bistvenih zahtev za te proizvode:

- mehansko odpornost in stabilnost,
- varnost pred požarom,
- higiensko in zdravstveno zaščito in varovanje okolja,
- varnost pri uporabi,
- zaščito pred hrupom
- varčevanje z energijo in ohranjanje toplote.

Slovenija je bistvene zahteve že leta 1993 vključila v novelirani **Zakon o graditvi objektov** (8.a člen: Gradbeni proizvodi in bistvene zahteve za objekte), predvsem pa v lani sprejeti **Zakon o gradbenih proizvodih - ZGPro (UL RS št.52/13.6.2000)**. Bistvene zahteve za gradbene proizvode so podane v 4. členu, dajanje gradbenih proizvodov v promet pa v členih 6 – 11. V njih je zapisano, da se smejo gradbeni proizvodi (razen manj pomembnih) dati v promet le, če ustrezajo nameravani uporabi – torej če so skladni z ustreznimi tehničnimi specifikacijami: slovenskimi nacionalnimi oz. privzetimi harmoniziranimi evropskimi standardi, evropskim tehničnim soglasjem ali s priznanimi nacionalnimi tehničnimi specifikacijami.

Tehnična soglasja obravnavajo členi 12 – 21. Tehnično soglasje je definirano kot »pozitivna tehnična ocena ustreznosti gradbenega proizvoda za predvideno uporabo, ki temelji na izpolnjevanju bistvenih zahtev za gradbene objekte, za katere se gradbeni proizvod uporablja«. V navedenih členih je sicer že natančno opisan postopek za izdajo evropskih tehničnih soglasij, vendar jih Slovenija pred sprejemom v EU še ne sme izdajati. V členih 19 – 21 je opisano tudi izdajanje slovenskih tehničnih soglasij, pri postopku za njihovo izdajo pa se smiselno

uporabljajo isti členi kot za izdajo evropskih.

## EVROPSKO TEHNIČNO SOGLASJE

Zahteve za pridobitev CE znaka za posamezne proizvode so lahko podane v evropskih standardih za proizvode (EN), ki jih sprejema evropski komite za standardizacijo (CEN), lahko pa tudi v smernicah, ki jih izdaja nova organizacija za poenotenje proizvodov in njihove kakovosti **EOTA (European Organisation for Technical Approvals)**. Področje dela EOTE so na eni strani novi izdelki, ki še niso vključeni v sistem standardov CEN, na drugi pa sestavljeni izdelki, pri katerih so lastnosti določene s sklopom standardov z različnih področij. Dober primer sestavljenega proizvoda so montažne hiše – izdelane so iz različnih materialov oz. polizdelkov (les, mavčne plošče, vezna sredstva, izolacijski materiali itd.), zahtevane lastnosti zajemajo različna tehnična področja (gradbeništvo: konstrukcije; lesarstvo: materiali; gradbena fizika: toplota, akustika in požar; zdravstveno varstvo; ekologija).

EOTA je bila ustanovljena leta 1994, njena temeljna naloga pa je, da na podlagi vloge proizvajalcev oceni, ali proizvod lahko pridobi deklaracijo o ustreznosti (znak CE) in kakšen postopek presoje skladnosti (attestation of conformity) je za to potreben. Za proizvode, kjer so standardi že sprejeti, se znak lahko izda po pozitivnem postopku preverjanja skladnosti s standardom, za nove oz. sestavljene proizvode pa je potrebno izdati ti evropsko tehnično soglasje (**European Technical Approval - ETA**) ter po predpisanem postopku potrdilo (certifikat) o skladnosti z zahtevami tehničnega soglasja. Možna sta dva postopka: prvi je izdaja soglasja na podlagi smernice za izdajo tehničnega soglasja (**ETA Guideline - ETAG**), drugi – ti postopek po členu 9.2 CPD – pa predpiše postopek za proizvod posameznega proizvajalca na podlagi znanih splošnih postopkov



**Slika 1:** Izdelava montažnih elementov - žaganje elementov okvira

ocenjevanja (**Common Understanding of Assessment Procedure – CUAP**). Oba postopka podrobno podajata zahteve za pridobitev znaka (seveda so v skladu z že omenjeno direktivo predpisane le bistvene lastnosti).

## LESENE MONTAŽNE HIŠE

Les je eden najstarejših gradbenih materialov, njegova uporaba pa se je zaradi nekaterih slabih lastnosti (neodpornosti proti vlagi, biološkimi škodljivcem in požaru) v bližnji preteklosti močno zmanjšala. Z boljšimi sistemi zaščite, predvsem pa s pravilnimi konstrukcijskimi rešitvami lahko te pomanjkljivosti praktično odpravimo in les kot **energetsko izredno varčen material** uporabimo v gradbeništvu za najrazličnejše namene (nosilne konstrukcijske elemente, stavbno pohištvo, obloge, ip.). Glede na majhno lastno težo v primerjavi z nosilnostjo je uporaben tako za objekte na področjih z zmanjšano nosilnostjo tal (npr. barje, obmorski predeli) kot za objekte v potresno ogroženih področjih. Tudi **hitrost izvedbe** lesenega objekta (ki pa ne zmanjšuje njegove kakovosti) je ena od prednosti, ki jih pri današnjem načinu življenja ne moremo zanemariti.

Les se v stavbarstvu uporablja tako za celotne objekte (brunarice, okvirni sistemi, okviri z zidanimi polnili) kot za stropne in strešne konstrukcije. Že vrsto let pa se uporablja tudi za izdelavo panelnega sistema enodružinskih hiš ('montažne', 'prefabricirane', 'gotove' hiše). Ne glede na to, da z izrazom "**montažne** (tudi gotove) **hiše**" ne povemo ničesar o materialu, iz katerega so narejene, ta opis običajno uporabljamo za stanovanjske objekte, kjer je osnovna nosilna konstrukcija lesena (redko jo uporabljamo tudi za objekte iz samonosilnih sendvič panelnih plošč).

Lesene montažne hiše delimo na dva tipa: na objekte z **okvirnim konstrukcijs-**

**kim sistemom** in na objekte s stenami oz. stropnimi konstrukcijami iz **polnega** (masivnega ali lepljenega) **lesa**. Medtem ko so sistemi z masivnimi stenami pri nas namenjeni v glavnem za nižje objekte (oz. za posamezne etaže nad masivnimi zidovi), se okvirne lesene konstrukcije, ki so bile v začetku tudi namenjene pretežno manjšim hišam, zdaj uporabljajo tudi za objekte z večjim številom etaž.

Medtem ko je les v državah Severne Amerike (ZDA, Kanada) najbolj uporabljan konstrukcijski material za večino stanovanjskih hiš (izjema so visoke zgradbe v večjih mestih), je bila v Evropi dolgo časa uporaba lesa kot osnovnega materiala za izdelavo konstrukcij stavb omejena. Okvirne lesene konstrukcije so se uporabljale predvsem za enodružinske hiše (tudi vrstne), in še to le v nekaterih državah - skandinavske države, Velika Britanija, Irska, Nemčija.

V državah južne Evrope pa je bila uporaba lesa za stanovanjske objekte navadno povezana z različnimi predsodki - da je lesena stavba nekaj začasnega, manjvrednega in tudi nevarnega (požar). To je dolgo veljalo tudi za Slovenijo, vendar se

v zadnjem času položaj hitro spreminja. Naši proizvajalci montažnih hiš večino svoje proizvodnje še vedno izvozijo (kar je obenem tudi zagotovilo za njihovo evropsko kakovost), bi pa seveda želeli čimveč objektov izdelati tudi za domači trg. Glede na veliko lesno bogastvo Slovenije menimo, da je treba **spodbuditi širšo uporabo lesa v konstrukcijske namene tudi pri nas**, pri tem pa zagotoviti kakovost, ki bo primerljiva z evropsko.

## DOSEDANJI NAČINI ZAGOTAVLJANJA KAKOVOSTI

### SREDNJA EVROPA

Proizvajalci montažnih hiš (ki največ izvažajo v Nemčijo in sosedne države) so privzeli sistem nadzora proizvodnje, ki ustreza nemškemu standardu **DIN 18200 (Überwachung (Güteüberwachung) von Baustoffen, Bauteilen und Bauarten)**. Ta sistem ima podobne zahteve kot standard kakovosti **SIST ISO 9001 (Sistemi kakovosti - Model zagotavljanja kakovosti v projektiranju, razvoju, proizvodnji, vgradnji in servisi-**



**Slika 2:** Vstavljanje toplotne izolacije v steno



**Slika 3:** Izdelava stenskih elementov na delovnih mizah



**Slika 4:** Obračanje elementov

ranju), zajema pa lastno kontrolo in kontrolo tretje stranke. Med izdelavo mora izvajalec izvajati lastno kontrolo, o kateri mora voditi zapise (dnevnik). Obseg zahtevanih kontrol določi neodvisna institucija, ki je prevzela zunanji nadzor proizvodnje. Med kontrolnim obiskom

nadzorna institucija izvrši pregled zapisov lastne kontrole proizvajalca ter preveri, ali jim elementi, ki so trenutno v izdelavi, ustrezajo. Nadzorna institucija po opravljenem kontrolnem pregledu izda zapisnik, v katerem so podana tudi navodila o odpravi morebitnih pomanjklivosti.

Ta sistem je v Nemčiji veljaven še danes, vendar se tudi nemške nadzorne institucije pripravljajo na prevzem evropske zakonodaje. V novejših vprašalnikih so zajeta tudi poglavja, ki zadevajo bistvene zahteve evropske direktive (toplotna in zvočna izolirnost, požarna odpornost). Pričakujemo, da se bo ob sprejemu smernice za evropsko tehnično soglasje (ETAG) za montažne hiše spremenil tudi nemški način kontrole in se v prehodnem obdobju (dve leti) v celoti uskladil z njo.

#### ZAVOD ZA GRADBENIŠTVO SLOVENIJE (ZAG, LJUBLJANA)

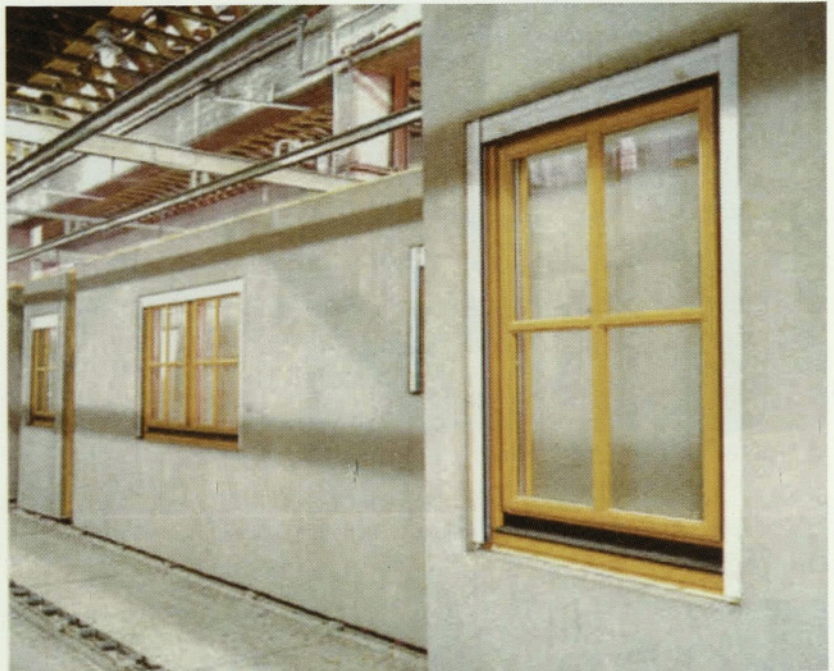
V prehodnem obdobju, preden bomo v Sloveniji lahko izdajali tehnična soglasja, izdelujemo na Zavodu za gradbeništvo Slovenije za montažne hiše **Mnenje o primernosti elementov montažnih hiš za uporabo v Republiki Sloveniji s stališča nosilnosti, ustreznosti vgrajenih materialov, toplotne izolativnosti, zvočne izolativnosti in požarne odpornosti konstrukcijskih elementov.** Za izdajo tega mnenja izvedemo več postopkov: najprej kontroliramo **nosilnost konstrukcijskih elementov** in ugotavljamo **ustreznost vgrajenih materialov in polizdelkov.** Za izdelavo mnenja o toplotni izolativnosti zunanjih konstrukcij izvedemo presojo obodnih elementov s stališča toplotne prehodnosti, difuzijskih karakteristik in toplotne stabilnosti, za oceno **zvočne izolirnosti** elementov pa ugotavljamo izolirnost elementov pred zvokom v zraku in udarnim zvokom. Ugotavljamo tudi **požarno odpornost** (za enodružinske hiše izdelamo strokovno mnenje o potrebnih ukrepih za zagotovitev požarne varnosti ter računsko ocenimo požarno odpornost nosilnih elementov, za večstanovanjske oz. javne objekte pa preverjamo požarno odpornost vseh nosilnih elementov). Tako pri ugotavljanju zvočne izolirnosti kot požarne odpornosti sta možna dva postopka: nostrifikacija poročil o preiskavah, opravljenih v tujih preskuševalnih la-

boratorijih, ali izvedba laboratorijskih preiskav tipičnih elementov (izvedba požarnega preskusa je pogoj za pridobitev **certifikata o požarni odpornosti** za posamezno nosilno konstrukcijo).

Postopek za izdajo Mnenja o primernosti smo pričeli izvajati v letu 1998, v letu 2000 pa smo ga že pričeli spreminjati. S sodelovanjem v delovni skupini za izdelavo ETAG za montažne hiše imamo dostop do najnovejših verzij osnutka smernice in želimo naše postopke čim hitreje prilagoditi predpisanim postopkom. Bistvena razlika med mnenjem in bodočim tehničnim soglasjem je v tem, da je v mnenje vključen tudi postopek zagotavljanja skladnosti, v bodočem evropskem tehničnem soglasju pa bodo podane le tehnične specifikacije ter določen sistem zagotavljanja skladnosti (predviden sistem 1), po vzpostavitvi tega sistema pa bo proizvajalec, če želi za svoje izdelke pridobiti CE znak, moral pridobiti certifikat o skladnosti z evropskim tehničnim soglasjem.

#### SMERNICA ZA EVROPSKO TEHNIČNO SOGLAŠJE (ETAG) ZA MONTAŽNE OBJEKTE

Smernico za evropsko tehnično soglasje za montažne objekte izdelujeta dve delovni skupini: **Timber Frame Building Kits in Log Prefabricated Kits**. Delovna skupina, ki je bila ustanovljena leta 1997, ko je dobila mandat za izdelavo navodil za okvirne in masivne lesene konstrukcije (Timber Frame and Log Prefabricated Kits), se je kasneje razdelila, tako da bo vsaka od delovnih skupin izdelala svojo smernico. V skupini za okvirne sisteme, ki je z delom praktično končala, je sodelovalo 10 držav (med njimi tudi Slovenija). Po zadnjem sestanku skupine februarja 2000, sprejemu na sestanku tehničnega odbora EOTE junija 2000 in sestanku Stalnega odbora za gradbeništvo pri Evropski komisiji (Standing Committee for Construction- SCC) decembra 2000, je predsednik delovne



**Slika 5:** Gotovi stenski elementi z vgrajenim stavbnim pohištvom



**Slika 6:** Montaža elementov na objektu

skupine izdelal končno verzijo dokumenta (**ETAG 007 Edition March 2001 Guideline for European Technical Approval of TIMBER FRAME BUILDING KITS**), ki zdaj čaka na objavo v Uradnem listu skupnosti. Predvidoma bo dokument izšel v naslednjem mesecu,

ki mu bo sledilo 9-mesečno uvajalno obdobje, tako da bodo prva evropska tehnična soglasja lahko izdana v začetku leta 2002. Kot člani delovne skupine bomo lahko sodelovali pri pregledu njihovih osnutkov (smernica je po naročilu Sekcije proizvajalcev montažnih hiš tudi



Slika 7: Sestavljeni objekt (vrstna hiša) brez fasade



Slika 8: Izdelava fasade, priprave na prekrivanje

že prevedena v slovenščino). Sledilo bo prehodno 2-letno obdobje, ko bosta vzporedno veljala nacionalni in evropski sistem preverjanja skladnosti, po tem času pa bodo vsi proizvajalci, ki bodo želeli v objekte vgrajevati svoje montažne sisteme, morali dokazati njihovo skladnost s tehnično specifikacijo – evropskim tehničnim soglasjem.

Pregled smernice kaže, da je postopek za zagotovitev kakovosti oz. podelitev CE znaka sicer načelno podoben, kot ga na ZAG že izvajamo, je pa bistveno bolj temeljit. Predvsem so natančno določeni podatki (načrti, skice, sezname proizvo-

dov in proizvajalcev), ki jih mora proizvajalec dostaviti instituciji, ki bo izvedla celotni postopek. (Pri teh podatkih imamo na ZAG do sedaj precej slabše izkušnje, saj predstavniki izvajalcev pogosto nimajo potrebne tehnične izobrazbe in so zato dostavljeni podatki – milo rečeno – zelo pomanjkljivi.)

Smernica poleg splošnih utemeljitev, za katere objekte so tehnična soglasja potrebna in kako ravnati v primeru odstopanj, najprej podaja **obseg elementov**, na katere se navodila nanašajo – to so vsi nosilni konstrukcijski elementi (stene, mednadstropne konstrukcije,

streha), vezna sredstva (povezave med elementi, pritrditve stenskih elementov na podlago), elementi, ki zagotavljajo toplotno izolativnost, izolacijo pred vlago in paroprepustnost, elementi, ki zagotavljajo požarno odpornost in elementi za zagotavljanje zvočne izolativnosti. V tehničnem soglasju je potrebno podati tudi zahteve, ki jih mora izpolnjevati stavbno pohištvo v ovoju stavbe (okna in zunanja vrata) – tudi če jih proizvajalec objekta ne dobavlja. Notranje stavbno pohištvo je v soglasju lahko zajeto, ni pa nujno. V smernici so definirane tudi **predvidene življenjske dobe** elementov montažnih objektov, ki znašajo za nosilne konstrukcijske elemente ter elemente, ki so pri normalni uporabi nedostopni, **50 let**, za zamenljive elemente in materiale pa **25 let**.

Nadalje so v smernici natančno opisane **zahteve**, ki jih morajo posamezni elementi izpolniti, navedene so **metode potrjevanja**, podana pa so tudi **navodila za ocenjevanje oz. presojo primernosti za uporabo**. Vse točke se nanašajo na šest osnovnih značilnosti, ki so enake kot pri že omenjenih bistvenih zahtevah po CPD: za ugotavljanje mehanske odpornosti in stabilnosti moramo preveriti nosilnost elementov na vertikalno, horizontalno in kombinirano obtežbo ter na prevrnitev, za ugotavljanje požarne odpornosti moramo oceniti gorljivost materialov, odpornost konstrukcij proti požaru ter širjenje požara zunaj objekta. Za oceno primernosti s stališča zdravja, higiene in varstva okolja so pomembni parametri vlaga v objektu, zraketesnost in vsebnost nevarnih snovi, za varnost pri uporabi pa drsnost podov in odpornost plošč proti udarcem. Glede ustreznosti zvočne zaščite je treba preverjati izolirnost za zvok v zraku in udarni zvok, glede varčevanja z energijo in glede toplotne zaščite pa moramo oceniti učinkovitost toplotne izolacije in ter sposobnost akumulacije toplote. Da bi ocenili trajnost elementov, moramo preveriti odpornost lesnih materialov proti biološkemu škodljivcem in kovinskih elementov proti koroziji, za oceno uporabnosti



objektov pa tudi preveriti, ali so omejene prekomerne deformacije oz. vibracije stropnih konstrukcij.

Za pridobitev ETA mora proizvajalec dostaviti še dokumentacijo, ki obravnava embalaranje, skladiščenje in transport, ter priročnik, ki detajlno opisuje postopek montaže. Dokumentacija mora vsebovati tudi navodila za vzdrževanje in popravila.

V nadaljevanju so opisani postopki za preverjanje ustreznosti (**Attestation of Conformity - AC**). Po odločitvi komisije 1999/455/EC je predviden **sistem 1**, ki za izvajalca predvideva kontrolo proizvodnje, izvedbo presojo po predvidenem načrtu ter prvi preskus, za nadzorno institucijo pa prvi preskus, prvi pregled proizvodnje, nadzor nad kontrolo proizvodnje ter certificiranje proizvodov. Vsi postopki in naloge obeh strani so v navodilih tudi detajlno opisani. Sledi še navodilo, katere podatke mora evropsko tehnično soglasje vsebovati (opis materialov, tehnične specifikacije, načrti, specialni načini montaže, čas izvedbe, navodila za vzdrževanje). Sestavni del tehničnega soglasja je tudi vsa dokumentacija, ki jo je dostavil proizvajalec (poudarek je predvsem na načrtih detajlov).

Na koncu smernice je dodan seznam vseh evropskih oz. ISO standardov, ki obravnavajo navedene zahteve - to je skupaj 51 standardov z različnih področij. Že iz števila standardov lahko sklepamo, da so montažne hiše res kompleksen problem za presojo skladnosti z deklariranimi zahtevami in torej značilen primer, kjer je potrebno tehnično soglasje.

Dokler Slovenija ne bo polnopravna članica Evropske unije, evropskih tehničnih soglasij ne bo mogla izdajati (v prehodnem času bodo lahko pooblaščen slovenske institucije po enakih kriterijih izdajale slovenska tehnična soglasja). Kot polnopravna članica bo Slovenija Evropski komisiji v Bruselj lahko priglasila enega ali več svojih organov za tehnična soglasja (Approval Bodies), ki



**Slika 9:** Značilna štajerska kmečka hiša (proizvajalec KAGER HIŠA)



**Slika 10:** Vzorčni montažni objekti v Gradbenem centru v Ljubljani (proizvajalci: LUMAR HIŠE, JELOVICA, MARLES HIŠE)

bodo tako enakovredni organom za tehnična soglasja ostalih držav. Prav tako bo lahko Bruslju prijavila svoje pooblaščenice institucije za izvajanje preiskav, nadzora in certificiranja (Notified Bodies). Zato bo v bodoče vseeno, v kateri državi bo proizvajalec izvedel predpisane postopke preskušanja ter pridobil evropsko tehnično soglasje oz. certifikat o skladnosti, tako da zdaj tako pogosto dvojno ali celo večkratno preskušanje in preverjanje kakovosti ne bo več potrebno.

## SKLEP

Na Zavodu za gradbeništvo Slovenije smo

že vzpostavili sistem zagotavljanja kakovosti, ki je skladen z istovrstnim sistemom v srednjeevropskih državah, obenem pa razširjen z zahtevami spremenjenega Zakona o graditvi objektov in Zakona o gradbenih proizvodih. Sistem je kompatibilen z Direktivo Evropske skupnosti za gradbene proizvode CPD 89/106. Naša naslednja naloga je sistem spremeniti oz. dopolniti tako, da bo zajemal tudi zahteve, podane v Smernici za izdajo tehničnega soglasja Evropske organizacije za tehnična soglasja (EOTA). Smernica (ETAG), ki jo je izdelala delovna skupina Timber Framed Building Kits, je Evropska komisija že sprejela in čaka na objavo v Uradnem listu skupnosti. Izdelan je tudi

J. SRPČIČ: Evropska tehnična soglasja in montažne hiše



**Slika 11:** Večnadstropni apartmajski objekt na Pohorju (proizvajalec MARLES HIŠE)



že prvi vzorec evropskega tehničnega soglasja, ki bo lahko izdano v devetih mesecih po objavi smernice, torej v začetku prihodnjega leta. S tem bo odprta tudi možnost, da naši proizvajalci pridobijo takšno soglasje pri pooblaščenih institucijah.

Dokler Slovenija ne bo polnopravna članica Evropske skupnosti, naše institucije evropskih tehničnih soglasij sicer ne bodo mogle izdajati, lahko pa pričnejo izdajati slovenska soglasja. Pravilnik za njegovo izdajo je prav tako že pripravljen in bo - po zagotovilih pripravljavcev - objavljen v naslednjih mesecih. Slediti mora še imenovanje organa (ali organov) za tehnična soglasja, potem pa bo postopek lahko stekel. Menimo, da je pri izdaji slovenskih tehničnih soglasij za montažne hiše treba upoštevati iste zahteve kot v navodilih za izdajo evropskih, saj se bodo na ta način naši proizvajalci pripravili na enakopravno vključitev v evropsko tržišče.

**Slika 12:** Prizidek hotelu TERME Zreče (proizvajalec LUMAR HIŠE)

## LITERATURA

*Dimic, Damijana:* "Smernica Sveta z dne 21. decembra 1988 o zблиževanju zakonov, predpisov in administrativnih ukrepov držav članic za gradbene proizvode (89/106/EGS)" prevod, ZAG, 1996

ETAG 007, Edition March 2001, *Guideline for European Technical Approval of TIMBER FRAME BUILDING KITS*, 47 strani, 2001

Prospekti proizvajalcev: *MARLES, JELOVICA, LUMAR, KAGER*

*Srpčič, Jelena:* Evropska kakovost montažnih objektov, *Priloga revije LES ob posvetu Montažne hiše v Sloveniji*, 9. marec 2000, str. 46-49, 2000

*Srpčič, Jelena:* Evropska tehnična soglasja in montažne hiše, *Zbornik 22. zborovanja gradbenih konstruktorjev Slovenije*, Bled, 19.- 20. oktober 2000, str. 225-232, 2000

*Srpčič, Jelena:* Preiskave in kontrola kakovosti elementov montažnih objektov, *Priloga revije LES ob posvetu Gotove hiše v Sloveniji*, 31. marec 1999, str. 23-24, 1999

*Srpčič, Jelena:* Zagotavljanje kakovosti gradnje montažnih hiš, *Priloga revije LES ob otvoritvi vzorčnih hiš*, 27. oktober 1999, str. 22-24, 1999

*Žnidarič, Jaš:* "Smernica Sveta Evropske skupnosti o gradbenih proizvodih", *Zbornik referatov posvetovanja o predpisih v gradbeništvu*, Gornja Radgona, 20. april 1995, ZGITS, str. 3 - 6, 1995



**Kakovost  
S  
tradicijo**

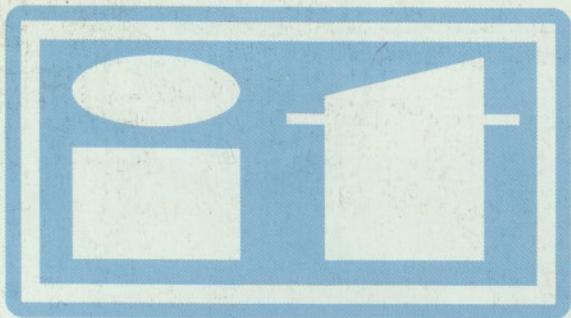
**ISO  
9001**



**tiskarna  
ljubljana, d.d.**

1000 Ljubljana, Tržaška 42,  
SLOVENIJA  
telefon: ++386 1 423 15 15  
telefax: ++386 1 257 14 61, 423 41 23  
e-mail: tiskarna.ljubljana@mrak.si





# PRIPRAVLJALNI SEMINARJI TER IZPITNI ROKI ZA STROKOVNE IZPITE V GRADBENIŠTVU, ARHITEKTURI IN KRAJINSKI ARHITEKTURI V LETU 2001

MESEC	SEMINAR	IZPITI	
		GRADBENIKI	ARHITEKTI KRAJINARJI
September	17. - 21.		
Oktober	8. - 12.	pisni: 27.10.	
November	12. - 16.	ustni: 5. - 8.11.	pisni: 7.11.
		pisni: 24.11.	ustni: 19. - 21.11.
December	17. - 21.	ustni: 3. - 7.12.	

## A. PRIPRAVLJALNE SEMINARJE

organizira **Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije (ZDGITS)**, Karlovska 3, 1000 Ljubljana (telefon/fax: 01 / 422-46-22), E-mail: gradb.zveza@siol.net

**Seminar za GRADBENIKE** poteka 5 dni (46 ur) in pripravlja kandidate za splošni in posebni del strokovnega izpita, Cena seminarja znaša 65.000,00 SIT z DDV.

**Seminar za ARHITEKTE IN KRAJINSKE ARHITEKTE** poteka (prve) 3 dni in jih pripravlja za splošni del strokovnega izpita. Cena seminarja je 33.000,00 SIT z DDV.

K seminarju vabimo tudi kandidate, ki so že opravili strokovni izpit po določeni stopnji izobrazbe, pa so si pridobili višjo in morajo opravljati dopolnilni strokovni izpit. Ponujamo jim predavanje iz področja "Investicijski procesi in vodenje projektov". Cena predavanja in literature je 10.000,00 SIT z DDV.

Seminar ni obvezen! Izvedba seminarja je odvisna od števila prijav (najmanj 20 kandidatov). Udeležca prijavi k seminarju plačnik (podjetje, družba, ustanova, sam udeleženec ...). Prijavo v obliki dopisa je potrebno poslati organizatorju **najkasneje 20 dni** pred pričetkom določenega seminarja. Prijava mora vsebovati: priimek, ime, poklic (zadnja pridobljena izobrazba), in naslov prijavljenega kandidata ter naslov in davčno številko plačnika. Samoplačnik mora k prijavi priložiti kopijo dokazila o plačilu. Žiro račun ZDGITS je 50101-678-47602; davčna številka 79748767.

## B. STROKOVNI IZPITI

potekajo pri **Inženirski zbornici Slovenije (IZS)**, Dunajska 104, 1000 Ljubljana. Informacije je mogoče dobiti pri Ge. Terezi Rebernik od 10.00 do 12.00 ure, po telefonu 01 / 568-52-76.