

GRADBENI VESTNIK

LJUBLJANA, JUNIJ - JULIJ 1976
LETNIK 25. ŠT. 6-7 STR. 85-112

6-7



GP TEHNIKA, LJUBLJANA:
Bavarski dvor v Ljubljani (maketa)

VSEBINA-CONTENTS

Članki, študije, razprave Articles, studies, reports

SVETKO LAPAJNE:

- Prispevek k mehaniki žaluzijskih plošč 86
Plates composed of beams

EUGEN PETREŠIN:

- Analiza vodovodnega sistema 90
Analysis of water supply systems

In memoriam

CIRIL STANIČ:

- Ob smrti dipl. inž. Jožeta Valentinčiča 100

Iz naših kolektivov From our enterprises

DUŠAN LAJOVIC:

- Iz glasil našega gradbeništva:
GIPOSSOV VESTNIK, GRADISOV VESTNIK, INGRAD, PIONIR-
JEV BILTEN, PRIMORJE, KOLEKTIV SLOVENIJA CESTE, GLA-
SILO STAVBENIKA, GLASNIK GP TEHNIKA 101, 102

Vesti News

- IV. jugoslovanski simpozij o mehaniki skale in podzemeljskih delih . 103

Informacije Zavoda za raziskavo materiala in konstrukcij Ljubljana Reports of Institute for material and structures research Ljubljana

DUŠAN VENDRAMIN:

- Akustika v urbanem prostoru: Emisija cestnega hrupa in obremenje-
nost prebivalstva s hrupom v Ljubljani 104

Odgovorni urednik: Sergej Bubnov, dipl. inž.

Tehnični urednik: prof. Bogo Fatur

Uredniški odbor: dr. Janko Bleiweis, dipl. inž., Vladimir Cadež, dipl. inž., Marjan Gaspari, dipl. inž., Dušan Lajovic, v. g. t.,
dr. Miloš Marinček, Saša Skulj, dipl. inž., Viktor Turnšek, dipl. inž.

Revija izdaja Zveza gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije, Ljubljana, Erjavčeva 15, telefon 23 158. Tek. račun pri
Narodni banki 50101-678-47602. Tiska tiskarna tone Tomšič v Ljubljani. Revija izhaja mesečno. Letna naročnina sku-
paj s članarino znaša 100 din, za študente 38 din, za podjetja, zavode in ustanove 500 din

Prispevek k mehaniki žaluzijskih plošč

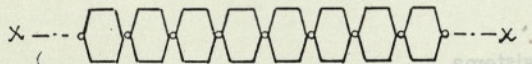
UDK 69.057.1

PROF. ING. SVETKO LAPAJNE

Razvoj montažnih nosilcev, tako za stropove, še bolj pa za mostne konstrukcije, je sprožil problem naknadne prečne povezave montažnih nosilcev. Izkušnje so pokazale težavnost in visoko ceno, včasih tudi zmanjšano solidnost naknadnega vgrajevanja prečnih reber in naknadnega prečnega prednapenjanja mostnih konstrukcij. Pojavilo se je vprašanje, ali ni enostavnejše in cenejše grajenje močnejših nosilcev, njih medsebojno zvezo pa omejiti na tečajno nepomičnost, brez prečne upogibne togosti. Tako ploščo imenujemo »žaluzijsko ploščo«, prof. Csonka v Budimpešti uporablja izraze: »zaporedje nosilcev« in »veriga nosilcev«.

bomo dobili na posamezne nosilce že pripadajoče delež upogibnih momentov. Zaradi praktičnih primerov navajam delež posameznih valov za dva primera: trikotno momentno črto z eno samo silo v sredi in parabolično momentno črto za enakomerno obtežbo. Posamezni nosilci so položeni prosto, torej prostoležeči nosilci.

	Prvi val $\sin \varphi$ %	Drugi val $\sin 3 \varphi$ %	Ostali valovi skupno $\sin 5 \varphi$ $\sin n \varphi$ %
Trikotna mom. črta	81,05	9,01	9,04
Parabolična mom. črta	103,21	- 3,82	+ 0,61



Risba prikazuje idealizirani prečni rez take konstrukcije, pri kateri sta težišče vtrajnostnega momenta in težišče torzijskega vztrajnostnega momenta v isti točki, zaporedje tečajev pa tudi v isti osi x. Vzorni primer take konstrukcije bi bil klasični leseni zmožničen strop. Pri današnjih mostnih konstrukcijah pridejo v poštev ponavadi konstrukcije po spodnjem vzorcu, pri katerih so nosilci vezani med seboj z naknadno zabetonirano ploščo. Predpostavka tečajev je tedaj le zelo groba in pesimistična predpostavka. Razume se, da so nosilci na ležiščih položeni tečajno kot prostoležeči nosilci, vendar pa so polno upeti v prečnik nad ležišči, tako da je vsak osni zasuk nemogoč, torej polna upepost proti zvoju.



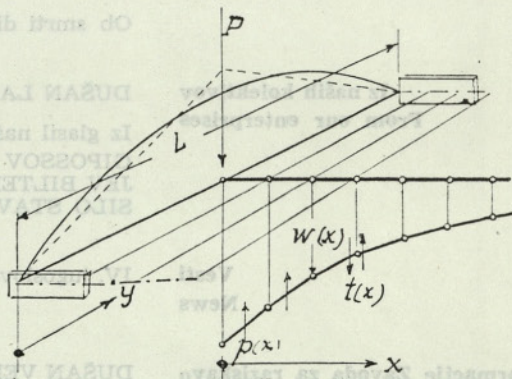
Vsi vemo, da pri takih konstrukcijah enakomerna obtežba ne predstavlja nobenih vprašanj, ker se pač enakomerno razdeli po nosilcih. Naš problem je tedaj prečni raznos posamezne koncentrirane sile: koliko sosedni nosilci podpirajo obremenjenega ter ga s tem razbremenjujejo. Velikost reakcije vsakega nosilca je namreč premo sorazmerna njegovi deformaciji w, z izračunom deformacijske linije w v odvisnosti od x nam je že dana razdelitev reakcijskih pritiskov posameznih nosilcev.

Znano je, da se dajo diferencialne enačbe plošč rešiti po matematični poti le za harmonične funkcije. Zato bomo, bodisi našo obremenitev P, bodisi upogibne momente polja razstavili na harmonične funkcije po Fourierju ter zasledovali matematično rešitev za funkcijo posameznega vala.

Iz računskotehniških razlogov pa ne bomo zastavljali na Fourierjeve vrste samih obtežb, temveč kar črte upogibnih momentov obtežbe. Tako

Za prvi val velja razporna dolžina L
Za drugi val velja razporna dolžina L/3

Za ostale valove razbremenitev s sosednih nosilcev ne pride v poštev, ker so dolžine L/5 in še krajše.



Oznake

- x ... prečna smer
- a ... razstoj nosilcev
- w(x) ... povesek (odvisen od x)
- $\varphi(x) = \frac{\partial w}{\partial x}$... nagib črte poveska
- p(x) ... pritisk na nosilec
- t(x) ... prečna sila med nosilci
- Jx ... vztrajnostni moment nosilca okrog osi x
- E ... modul elastičnosti
- y ... razporna (vzdolžna) smer
- L ... razpon nosilcev
- $w \sin \frac{y}{L} \pi$... povesek odvisen od y
- $\varphi \sin \frac{y}{L} \pi$... torzijski zasuk nosilca
- $p \sin \frac{y}{L} \pi$... pritisk na nosilec

$t \sin \frac{y}{L} \pi$ prečna sila med nosilci
 $J_t \dots$ torzijski vztrajnostni moment nosilca
 $M_t \dots$ torzijski moment nosilca
 $G \dots$ modul striga

Upogibna deformacija:

$$p(x) = - \frac{\partial t}{\partial x}$$

$$w(x) = p(x) - \frac{L^4}{\pi^4 E J_x} a \sin \frac{y}{L} \pi$$

$$\frac{\partial t}{\partial x} = w(x) \frac{\pi^4 E J_x}{L^4 a}$$

Torzijska deformacija:

$$M_t = \frac{\partial \varphi}{\partial y} G J_t$$

$$\frac{\partial M_t}{\partial y} = \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} G J_t \sin \frac{y}{L} \pi = \varphi \frac{\pi^2}{L^2} G J_t \sin \frac{y}{L} \pi$$

Ker je $\varphi = \frac{\partial w(x)}{\partial x}$ in $\frac{\partial M_t}{\partial y} = t$, a dobimo:

$$\frac{\partial w(x)}{\partial x} = \frac{L^2}{\pi^2 G J_t} t \text{ a in } \frac{\partial^2 w(x)}{\partial x^2} = \frac{L^2}{\pi^2 G J_t} a \frac{\partial t}{\partial x}$$

Z izenačenjem obeh deformacij — vstavimo izraz za $\frac{\partial t}{\partial x}$ — dobimo diferencialno enačbo:

$$\frac{\partial^2 w(x)}{\partial x^2} = \frac{\pi^2 E J_x}{L^2 G J_t} w(x)$$

Rešitev je:

$$w(x) = A e^{-x/L} + B e^{+x/L}$$

pri čemer je

$$L = \frac{L}{\pi} \sqrt{\frac{G J_t}{E J_x}}$$

To je karakteristična dolžina L

Ker so tako pritiski $p(x)$ kakor tudi momenti $M(x)$ vsi premosorazmerni deformacijam, bomo rešitev nadomestili s formulo:

$$p(x) = U e^{-x/L} + V e^{+x/L} \text{ in}$$

$$t(x) = L (-U e^{-x/L} + V e^{x/L}) [+ C]$$

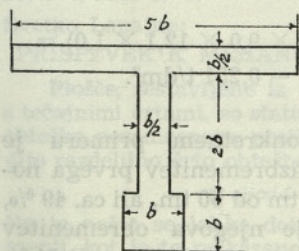
pri čemer bomo zlahka določili konstante U in V iz obtežbenih pogojev: Ob robu mostu mora biti prečna sila $t=0$, ob koncentrirani sili pa mora ustrezati prečni sili obravnavanega vala.

Rezultati matematičnih izvajanj nudijo naslednja tolmačenja: Krivulja za poveske, ki je sorazmerna krivulji sodelovanja nosilcev, je v primeru robne motnje krivulja dušenja e^{-x} . Krivulja vzburjanja e^{+x} bi se pojavila le, če bi naš sistem x osi začeli v neskončnosti in se usmerili obratno proti naši motnji. Ta drugi vzburjajoči val se nam pojavi le kot odboj na robu, pri katerem mora biti prečna sila enaka 0. Prva krivulja e^{-x} nam namreč da na drugem robu mostu neko prečno silo, dejansko prečno silo 0 pa dobimo, če nallestimo na tem robu obratno delujočo silo, ter dobimo od te sile obratni vzburjajoči val kot odboj. Čim večja je karakteristična dolžina L , tem večja bo razširitev bremena na sosedne nosilce, večja njih pomoč opazovanemu nosilcu pod bremenom. Obratno, pri malih karakterističnih dolžinah bo to sodelovanje šibko, morda sploh odpade! Če si zamislimo neskončno široko konstrukcijo verige nosilcev, potem bo razširitev posameznega bremena, ki se pojavlja na enem kraju točno enaka karakteristični dolžini L , saj je

$$P = \int_{-\pi/2}^{\pi/2} p_0 e^{-x/L} dx = p_0 L \text{ in } p_0 = P/L$$

Če se nahaja sila v sredini neskončne široke plošče, potem bo razširitev segala na obe strani, ter bo enaka $2L$

Za prakso sem si preračunal za različne oblike nosilcev konstante, ustrezne $\sqrt{J_t/J_x}$. Te konstante, pomnožene s številom $\frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{G}{E}}$ nam dajejo že faktor, s katerim moramo množiti prostoležeči razpon L , da bi dobili karakteristično dolžino L .



h/b	po skici	4	2	1	1/2	1/4	
J_t	0,406	1,124	0,458	0,140	0,0286	0,00439	b^4
J_x	6,788	5,333	0,6667	0,0833	0,01042	0,00130	b^4
$k = \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{3}{8}} \sqrt{\frac{J_t}{J_x}}$	0,0477	0,0895	0,1616	0,2527	0,3229	0,3582	L

Za votle prereze se dobe približno iste konstante k (saj lahko vsak polni profil sestavimo iz zaporedja cevi, ene v drugi)

Za konstruktorja bo važna še ugotovitev največjega torzijskega momenta ob podpori — pri danem upogibnem momentu v sredini nosilca. Za glavni sinusov val se da kaj lahko izpeljati sledeči postopek:

$$\text{Prečna sila na kraju nosilca znaša: } M_{\max} \frac{\pi}{L}$$

Celotna prečna sila smeri x se dobi kot vsota vseh prečnih sil od prostega kraja, torej:

$$T_x = \sum_0^{\text{prereza}} M_{\max} \frac{\pi}{L}$$

Primer (slika 5).

Prerez mostu ima 5 nosilcev, $a = 1,80$ m, širina $9,0$ m, razpon mostu $L = 20,0$ m.

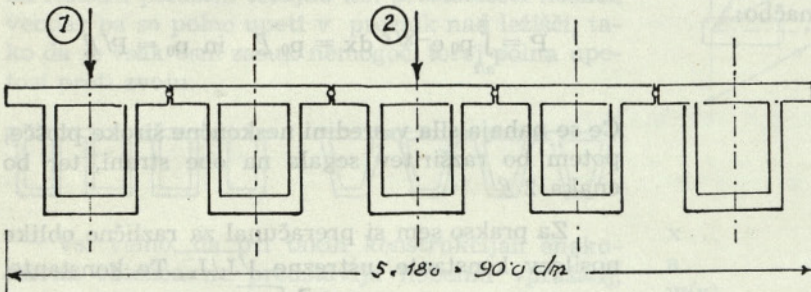
J_x posameznega nosilca znaša 2080 dm^4

J_t posameznega nosilca znaša 1760 dm^4

Karakteristična dolžina

$$\mathcal{L} = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{3}{8}} \sqrt{\frac{1760}{2080}} = 0,180 L$$

Za razpon $L = 20,0$ m $\mathcal{L} = 3,60$ m

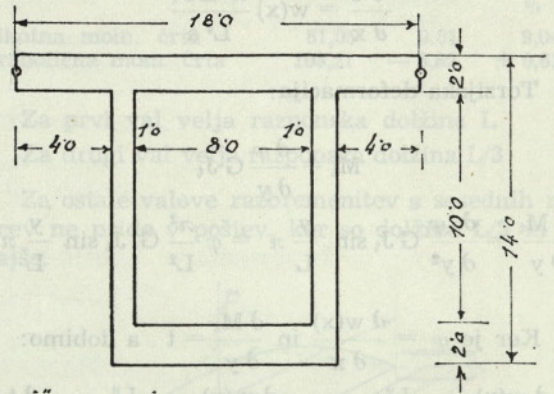


Nosilec številka	1	2	3	4	5	rob
Razmerje x/\mathcal{L}	0	0,50	1,00	1,50	2,00	2,25
$e^{-x/\mathcal{L}}$	1,000	0,606	0,368	0,223	0,135	0,105
Odbiti val						
$K \cdot e^{x/\mathcal{L}}$	0,011	0,018	0,030	0,050	0,082	0,105
Funkcija	1,011	0,624	0,398	0,273	0,217	$\Sigma 2,523$
Razdelitev %	40,1	24,7	15,8	10,8	8,6	$\Sigma 100,0$
Momenti						
prvega vala tm	16,2	10,0	6,4	4,4	3,5	$\Sigma 40,5$
$T_y = M \frac{\pi}{L}$	2,55	1,57	1,01	0,69	0,55	
ΣT_y	0	3,82	2,25	1,24	0,55	0 t
		3,82	6,07	3,49	1,79	0,55 t
$M_{t\max} = 0,9 \times$		3,44	5,47	3,14	1,61	0,50 tm

Tako dobimo na vsaki strani nosilca določeni T_x , ki prijemlje na mestu tečajnega stika. Celotni torzijski moment na kraju nosilca, ki se ravna po zakonu $\cos \frac{y}{L} \pi$ dobimo tako, da pomnožimo obe prečni sili T_x , levo in desno s pripadajočo ročico $a/2$, torej:

$$M_{t\max} = \frac{\pi a}{2L} \sum_0^{\text{prereza}} M_{\max}$$

Postopek bo razviden iz priloženega zglada.



Mere v DIN

Obtežbeni primer (1): Sila 10 t v sredini robnega nosilca (št. 1). Upogibni moment prostoležečega nosilca $M = 50 \text{ tm}$, od tega pade na prvi val Fourrierove vrste 81% ali $40,5 \text{ tm}$.

Največji upogibni element bo na prvem nosilcu, in to: $50 \text{ tm} - 40,5 \text{ tm} + 16,2 \text{ tm} = 25,7 \text{ tm}$. Pripadajoče napetosti:

$$25,7 \text{ tdm} / 2080 \text{ d}^4 \times (5,74 \text{ in } 8,26) = 0,71 \text{ in } 1,02 \text{ t/dm}^2.$$

Največji zvojni moment znaša $5,47 \text{ tm}$ na drugem nosilcu. Pripadajoči strig znaša:

$$54,7 / (2 \times 9,0 \times 12,1 \times 1,0) = 0,251 \text{ t/dm}^2.$$

V konkretnem primeru je znašala razbremenitev prvega nosilca $24,3 \text{ tm}$ od 50 tm , ali ca. 49% , tako da je njegova obremenitev ostala le v iznosu $25,7 \text{ tm}$ ali 51% polnega momenta.

Obtežbeni primer (2): Sila 10 t v sredini srednjega, tretjega nosilca (št. 3). Upogibni moment prostoležečega nosilca kot prej: 50 tm, od tega na prvem valu Fourrierove vrste 81 % ali 40,5 tm.

Nosilec številka	1	2	3	4	5	rob
Razmerje $e^{-x/L}$	1,00	0,500	0	0,500	1,000	1,250
$e^{-x/L}$	simetrično		1,000	0,606	0,368	0,287
Odbiti val	simetrično		0,082	0,135	0,223	0,287
K . $e^{x/L}$	0,591	0,741	1,082	0,741	0,591	Σ 3,746
Funkcija	15,8	19,8	29,0	19,8	15,8	Σ 100,0
Razdelitev %	6,4	8,0	11,7	8,0	6,4	Σ 40,5
Momenti prvega vala tm	1,00	1,25	1,84	1,25	1,00	t
$T_y = M \frac{\pi}{L}$	0	1,00	2,25	-2,25	-1,00	0 t
ΣT_y	1,00	3,25	0	-3,25	-1,00	t
$M_{tmax} = 0,9 x$	0,90	2,92	0	-2,92	-0,90	tm

Navedena izvajanja imajo svoj bistven pomen v razumevanju statističnega fungiranja take »žaluzijske« plošče. Rezultati primera nam kažejo, da je tudi taka žaluzijska konstrukcija precej ugodna v pogledu prečne razširitve bremen. Konkretni primer (1) ugotavlja iznos strižnih napetosti v velikosti okrog ene četrtine tlačno-upogibnih napetosti. Pri malih lastnih težah torej ne moremo izkoristiti betona na pritisk in nateg, ker bo strig prehitro prekoračen. Zadeva pa postane dobro porabna, čim znašajo napetosti od stalne teže vsaj polovico celotnih napetosti, ali pa več.

Popolnoma napačno bi bilo, ako bi hoteli na podlagi predložene teorije forsirati te žaluzijske konstrukcije. Praktična izvedba vzdolžnih tečajev med montažnimi nosilci je namreč draga in nesmiselna, za prakso pride v poštev le zvezna polna plošča, bodisi monolitna, bodisi naknadno stikovana. Normalna debelina take plošče bi bila med 22 in 25 cm, z 20 cm že ne bi več uspeli zadostiti pogojem koncentrirane teže. Ker pa je izredno težko konstruirati naknadne stike plošč v kvaliteti, ki bi bila enakovredna monolitni izvedbi (stiki betona, stiki armaturnih vložkov), lahko potem predpostavimo tečajni stik. Dejansko statično fungiranje bo nekje med tečajem in med polno togostjo vmes. Ta primer pa prepustimo elektronskemu računalniku — in poskusom v naravi na že izvedenih ploščah. Oboje nam mora dati neke zanesljive in varne kontrole

UDK 69.057.1

GRADBENI VESTNIK, LJUBLJANA, 1976 (25)
ST. 6-7, STR. 86-89

Svetko Lapajne:

PRISPEVEK K MEHANIKI ŽALUZIJSKIH PLOŠČ

Plošče, sestavljene iz nosilcev, vezanih med seboj s tečajnimi črtami, so statično raziskovane pod vplivom obtežbe posameznega nosilca. Diferencialni pogoji nudijo razdelilno črto obtežbe z obliko:

$$U e^{-x/L} + V e^{x/L}$$

Na ta način se lahko dobe upogibni in torzijski momenti, kot je to prikazano na primerih.

Največji upogibni moment je na tretjem nosilcu, in to: 50 tm — 40,5 tm + 11,7 tm = 21,2 tm pripadajoče napetosti:

$$212/2080 \times (5,74 \text{ in } 8,26) = 059 \text{ in } 0,84 \text{ t/dm}^2.$$

Največji zvojni moment znaša 2,92 tm na drugem in četrtem nosilcu. Pripadajoči strig:

$$2,92 / (2 \times 9,0 \times 12,1 \times 1,0) = 0,134 \text{ t/dm}^2$$

V tem primeru je znašala razbremenitev srednjega nosilca 28,8 tm od 50 tm ali približno 58 %, obremenitev pa je ostala omejena na 42 % ali 21,2 tm.

za način računanja in armiranja stikov take plošče. Še nekaj: čim imamo zgoraj — v primeri z nosilci sorazmerno tanko ploščo, nam ta s svojo monolitnostjo jamči veliko prečno razširitev koncentriranih bremen, precej ugodnejšo, kot račun po teoriji žaluzije. Za račune ne morem dovolj priporočiti knjigo Bareš-Massonnet, ki nadaljuje teorijo, zasnovano po Guyonu in pozneje Massonnetu. Ta je primerna za račun katerihkoli mostov s poljubno prečno togostjo in različnimi možnostmi torzijskega odpora vzdolžnih nosilcev in prečnikov.

Kdor bo uporabljal spredaj navedeno teorijo, se mora pač zavedati, da smo z zanemarjenjem razširitve tretjega, petega in višjih valov ostali na neki približni rešitvi, ki pa je na varni strani. Upoštevanje še teh valov bi nam nudilo za malenkost ugodnejšo razširitev koncentrirane teže, vendar neznatno v primeri z dodatnim trudom za to eksaktnost.

Literatura:

Prof. Dr. P. Csonka: Über frei aufliegende, längs eines einzigen Zwischenbalkens belastete Balkenketten. Beton und Eisen 35 (1936) pp. 187—195

Prof. dr. P. Csonka: Über frei aufliegende Balkenketten. Die Bautechnik 35 (1958) pp. 405—414

Betonkalender 1975 II Teil S. 1045—1048, 10.1.4. Balkenreihen

Bareš-Massonnet: Le Calcul des Grillages et des Poutres et Dalles Orthotropes. Ed. Dunod. Paris 1966.

UDC 69. 057.1

GRADBENI VESTNIK, LJUBLJANA, 1976 (25)
NR. 6-7, PP. 86-89

Svetko Lapajne:

PLATES COMPOSED OF BEAMS

Plates, composed of beams, connected between themselves by hinges-lines are statically investigated under a loading on a single beam. The differential conditions yield the load distribution line of the form

$$U e^{-x/L} + V e^{x/L}$$

On this way the bending moments and the torsion moments could be easily obtained, which is shown on problems.

Analiza vodovodnega sistema

UDK 628.14

MAG. EUGEN PETREŠIN, DIPL. INŽ.

I. UVOD

Vodovodni sistem tvori:

1. Vodni viri:

- a) zajetja,
- b) črpališča (vodarna),
- c) točke za zvišanje ali znižanje tlakov.

2. Vodovodno omrežje:

- a) primarno omrežje,
- b) sekundarno omrežje.

3. Vodohrani:

- a) prehodni vodohrani,
- b) protiležni vodohrani.

Glede na funkcijo, ki jo opravlja cevovod v vodovodnem omrežju, ločimo:

1. Glavni cevovod, po katerem se dovaja voda od zajetja ali črpališča (vodarne) v naselje ali mesto. Glavni cevovod lahko opravlja funkcijo regionalnega pomena.

2. Napajalni cevovod dovaja vodo iz glavnega cevovoda v posamezne mestne predele.

3. Razdelilni cevovodi dovajajo vodo iz napajalnih ali tudi neposredno iz glavnih cevovodov porabnikom.

Vodovodno omrežje je eden izmed osnovnih elementov sistema za oskrbo z vodo in mora ustrezati naslednjim zahtevam:

- a) zagotovljeno mora biti neprekinjeno obratovanje,
- b) zagotovljen mora biti transport vodnih količin na vsa mesta porabe vode pod vnaprej določenimi zahtevami,
- c) ustrezati mora minimalnim gradbenim in obratovalnim stroškom.

Samo izoblikovanje vodovodnega omrežja pa je odvisno predvsem od terenskih razmer:

- a) geografskega položaja in konfiguracije terena,
- b) obstoja naravnih in umetnih zaprek,
- c) izoblikovanja naselja, lokacije industrije ter razporenosti porabnikov,
- d) lokacije vodnih virov.

Glede na medsebojno povezavo primarnega in sekundarnega omrežja z vodarnami, črpališči, vodohrani itd. ločimo naslednje vodovodne sisteme:

- 1. Vejičasti vodovodni sistem; uporablja se v manjših krajih in vaseh (slika 1).
- 2. Zankasti vodovodni sistem se obvezno pojavlja pri večjih mestih in naseljih ter zagotavlja

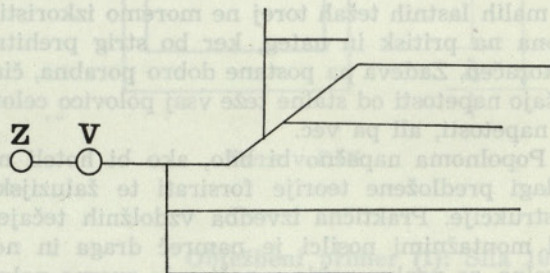
večjo varnost obratovanja od vejičastega sistema. Glede na funkcijo glavnega cevovoda delimo zankaste vodovodne sisteme nadalje na mrežaste in krožne. Zankasti vodovodni sistem je prikazan na sliki 2.

Povsod tam, kjer je to mogoče, moramo stremiti za tem, da posamezne veje povežemo med seboj in na ta način ostvarimo zaključeno zanko. Vsaka nadaljnja razširitev zankatega vodovodnega sistema je precej lažja od razširitve vejičastega sistema.

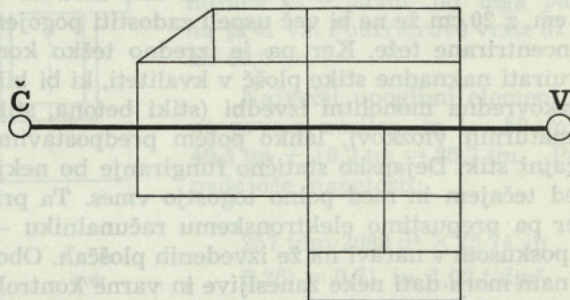
II. KIRCHHOFFOV PRVI IN DRUGI ZAKON

Za zankasto vodovodno omrežje veljata analogno kot pri električnem omrežju naslednja zakona:

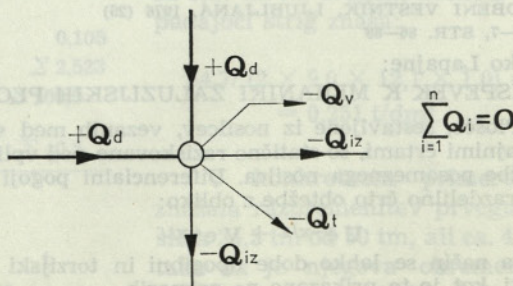
1. Vsota dotokov v posamezno vozlišče (+) je enaka vsoti iztokov (—) iz vozlišča (1. Kirchhoffov zakon, slika 3).



Sl. 1. Vejičasti vodovodni sistem

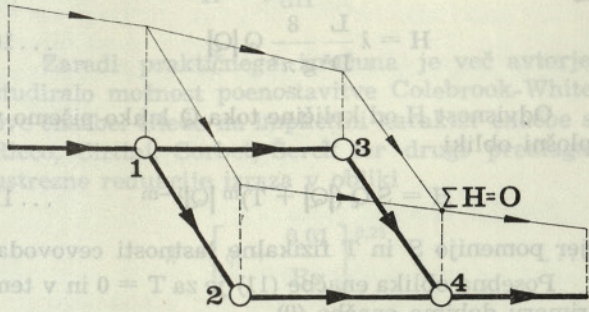


Sl. 2. Zankasti vodovodni sistem

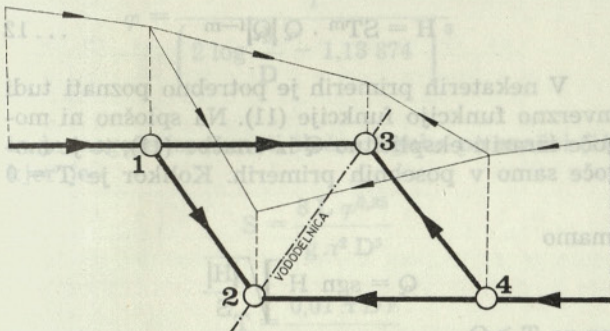


Sl. 3. Vodovodno vozlišče s porabami vode

2. V vsaki zaključeni zanki vodovodnega omrežja je vsota tlačnih izgub v smeri urnega kazalca (+) in v nasprotni smeri (−) enaka nič (2. Kirchhoffov zakon, slika 4 in 5).



Sl. 4. Enosmerni tok v vodovodni zanki



Sl. 5. Dvosmerni tok v vodovodni zanki

III. GEOMETRIČNA STRUKTURA VODOVODNEGA SISTEMA

Vodovodni sistem v glavnem lahko razdelimo na vozlišča in odseke, ki so med seboj povezani na razne načine. Med vozlišča štejemo:

1. vodohrane (rezervoarje),
2. zajetja,
3. črpališča in ostale ureditve za zvišanje in znižanje obratovalnega tlaka v vodovodnem sistemu,
4. točke, v katerih so povezani elementi istih fizikalnih lastnosti in
5. točke, v katerih je vozliščna in točkovna poraba vode.

Odseki predstavljajo v bistvu povezovalne elemente med vozlišči, zato lahko rečemo, da se vsak odsek začne in konča z vozliščem tudi takrat, ko je v končnem vozlišču poraba vode nič.

Privzemamo še, da so iztoki iz omrežja, vozliščna in točkovna poraba vode pozitivni in vtoki v omrežje negativni. Vsota vtokov v omrežje in iztokov iz omrežja mora biti enaka nič, kar pomeni, da je kontinuitetnim enačbam zadoščeno.

Če povežemo več odsekov med seboj, lahko simuliramo geometrično strukturo vodovodnega si-

stema z ustreznim grafom. Kolikor vpeljemo še osnovno orientacijo grafa, dobimo orientirani graf, ki je po dogovoru pozitiven, če je orientiran v smeri gibanja urnega kazalca in negativen, če se giblje v nasprotni smeri. Glede na ta dogovor je povsem logično, da eksistirata za vsak odsek dve orientaciji. Tako orientirani graf ponazarja geometrično strukturo sistema kot je v obravnavanem primeru vodovodni sistem. Geometrično strukturo vejičastega vodovodnega sistema ponazarja »drevo«, geometrično strukturo zankastega sistema pa graf, pri katerem je vsak odsek del zanke. Možna pa je tudi kombinacija omenjenih sistemov.

IV. HIDRAVLIČNI ZAKONI

Za dimenzioniranje vodovodnega omrežja lahko uporabimo Manningovo enačbo

$$v = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2} \quad \dots 1$$

kjer pomenijo

- n — koeficient hrapavosti
- R — hidravlični radij
- i — hidravlični gradient

Kolikor v Manningovi enačbi nadomestimo v s pretokom Q in hidravlični radij R s premerom D, dobimo naslednjo enačbo:

$$R = \frac{\omega}{\omega} = \frac{D}{4} \quad \dots 2$$

$$v = \frac{Q}{\omega} = \frac{4Q}{\pi D^2} \quad \dots 3$$

Od tod sledi

$$i = \frac{C}{D^{16/3}} Q^2$$

Za razne koeficiente hrapavosti n je vrednost za C podana v tabeli 1.

Izraz za hidravlični gradient i lahko še naprej poenostavimo:

$$i = A \cdot Q^2 \quad \dots 4$$

KOEFICIENT HRAPAVOSTI n	C
0'010	0'001 029 359 062
0'011	0'001 245 524 465
0'012	0'001 482 277 049
0'013	0'001 739 616 815
0'014	0'002 017 543 762

Tlačne izgube lahko izrazimo v obliki kvadratičnega zakona upornosti

$$H = i \cdot L = A \cdot L \cdot Q^2 = S \cdot Q^2 \dots 5$$

kjer pomenita

- A — specifična upornost in
- S — upornost cevi; $S = A \cdot L$

Za tlačne izgube v ceveh lahko uporabimo tudi Darcy-Weissbachovo enačbo:

$$H = \lambda \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} \dots 6$$

kjer pomenijo:

- λ — koeficient hrapavosti
- L — dolžina cevovoda [m]
- D — premer cevovoda [m]
- v — srednja hitrost [m/sek] in
- g — pospešek sile teže; $g = 9,81$ [m/sek²]

Za okrogle cevi velja enačba (3), ter po substituciji v enačbi (6) dobimo:

$$H = \lambda \frac{L}{D} \frac{16 Q^2}{2 g \pi^2 D^4} = \lambda \frac{L}{D^5} \frac{8}{g \pi^2} Q^2$$

Za poljubni vodovodni odsek na določeni dolžini L je

$$S = \lambda \frac{L}{D^5} \frac{8}{g \pi^2}$$

$$\lambda = f \left(\frac{k}{D} \right) \text{ za turbulentni tok}$$

$$\lambda = f \left(\text{Re}, \frac{k}{D} \right) \text{ za prehodno področje}$$

k — absolutna hrapavost

in ponovno dobimo, da je sprememba tlaka zaradi trenja kvadratičen zakon upornosti

$$H = S \cdot Q^2 \dots 7$$

Pri pretoku vode po cevovodu Pavlovski uporablja podobno enačbo

$$H = S \cdot Q^\beta \dots 8$$

kjer pomeni β odvisnost od režima gibanja vode v cevovodu.

Za laminarno gibanje je $\beta = 1$. Pri turbulentnem toku v hidravlično gladkih ceveh je $\beta = 1,75$, ter pri turbulentnem toku v hidravlično hrapavih ceveh je $\beta = 2$, kar pomeni kvadratični zakon upornosti.

Kvadratnični zakon upornosti lahko pišemo tudi v znani kvadratični obliki

$$H = S Q |Q| \dots 9$$

ali

$$H = \lambda \frac{L}{D^5} \frac{8}{g \pi^2} Q |Q| \dots 10$$

Odvisnost H od količine toka Q lahko pišemo v splošni obliki

$$H = S Q (|Q| + T)^m |Q|^{1-m} \dots 11$$

kjer pomenijo S in T fizikalne lastnosti cevovoda.

Posebna oblika enačbe (11) je za $T = 0$ in v tem primeru dobimo enačbo (9).

V primeru ko je $T > Q$ enačbo (11) lahko reduciramo v obliko

$$H = S T^m \cdot Q |Q|^{1-m} \dots 12$$

V nekaterih primerih je potrebno poznati tudi inverzno funkcijo funkcije (11). Na splošno ni mogoče izraziti eksplicitno Q iz enačbe (11), to je mogoče samo v posebnih primerih. Kolikor je $T = 0$

imamo

$$Q = \text{sgn } H \sqrt{\frac{|H|}{S}}$$

ter za $T > Q$

$$Q = \text{sgn } H \left(\frac{H}{S T^m} \right)^{\frac{1}{2-m}}$$

Za $|Q| > T$ je mogoče enačbo (11) podati v obliki konvergentnega zaporedja

$$H = \text{sgn } QS \left[Q^2 + mT |Q| + \frac{m(m-1)}{2} T^2 + \dots \right]$$

Za praktične namene je dovolj, če upoštevamo prve tri člene konvergentnega zaporedja ter za tok Q lahko dobimo

$$Q \cong \text{sgn } H \sqrt{\frac{|H|}{S} + \frac{m T^2}{2} \left(1 - \frac{m}{2} \right) - \frac{m T}{2}}$$

Večkrat je potrebno poznati tudi izraze za od-vode

$$\frac{dH}{dQ} \text{ ali } \frac{dQ}{dH}$$

Za enačbo (11) imamo

$$\frac{dH}{dQ} = \text{sgn } QH \left(\frac{m}{|Q| + T} + \frac{2-m}{|Q|} \right)$$

Za pogoje $H = 0$ in $Q = 0$ omenjeni izrazi niso uporabni.

$$\lim_{Q \rightarrow 0} \frac{dH}{dQ} = 0$$

$$\lim_{H \rightarrow 0} \frac{dQ}{dH} = 0$$

Zaradi praktičnega izračuna je več avtorjev študiralo možnost poenostavitve Colebrook-White-ove enačbe. Glede na implicitni karakter enačbe so Ricco, Cirtini, Corbet, Šerek ter drugi predlagali ustrezne redukcije izraza v obliki

$$\lambda = \left[\varphi + \frac{0,01}{Re} \right]^{0,25} \dots 13$$

kjer pomeni

$$\varphi = \frac{1}{\left(2 \log \frac{k}{D} - 1,13 \, 374 \right)^8}$$

in je mogoče izračunati tlačne izgube po enačbi (11) kjer je

$$S = \frac{8 L \varphi^{0,25}}{g \pi^2 D^5}$$

$$T = \frac{0,01 \pi D \nu}{4 \varphi}$$

ν — koeficient kinematične viskoznosti

$$m = 0,25$$

Veličini S in T pomenita hidravlične lastnosti vodovodnega odseka.

Za hidravlično gladke cevi pri katerih je $\varphi = 0$ se enačba (13) ne da uporabiti in se spremeni v Blasiusovo enačbo

$$\lim_{\frac{k}{D} \rightarrow 0} \lambda = \frac{0,31 \, 623}{Re^{0,25}} \dots 14$$

V vodovodnih odsekih s čisto turbulentnim tokom se enačba (13) spremeni v Nikuradsejevo enačbo.

$$\lim_{Re \rightarrow \infty} \lambda = \frac{1}{\left(2 \log \frac{k}{D} - 1,13 \, 374 \right)^2} \dots 15$$

V področju kvadratičnega zakona upornosti se enačba (15) ujema s Colbrook-Whiteovo enačbo, medtem ko je v področju hidravlično gladkih cevi natančnost odvisna od ustrezne veljavnosti Blasiusove enačbe (14) in sicer približno do $Re = 10^5$.

V. METODE HIDRAVLIČNEGA PRERAČUNA VODOVODNEGA SISTEMA

Zaradi boljšega pregleda podajamo nekaj metod hidravličnega preračuna vodovodnih sistemov, ki so imele vidnejšo vlogo:

1. Grafična metoda (1936)
2. Metoda HardyCross — V. G. Lobačev (1936)
3. Metoda Mc Ilroy (1949)
4. Metoda M. M. Andrijaševa (1964)
5. Gradientna metoda (1965)
6. Metoda M. Šerek (1968).

V novejšem času pa prihajajo z razvojem digitalnih računalnikov vse bolj do izraza metode numerične analize.

VI. REŠITEV SISTEMA NELINEARNIH ENAČB PO NEWTONOVI METODI

Pri obravnavanju vejičastih vodovodnih sistemov sorazmerno na lažji način dosežemo, da so v začetku predpostavljeni parametri tudi končno veljavni. Zato bomo obravnavali predvsem zankaste vodovodne sisteme.

V poljubnem vodovodnem zankastem sistemu predpostavimo, da je m — vozlišč in n — odsekov, kar vidimo na sliki 6.

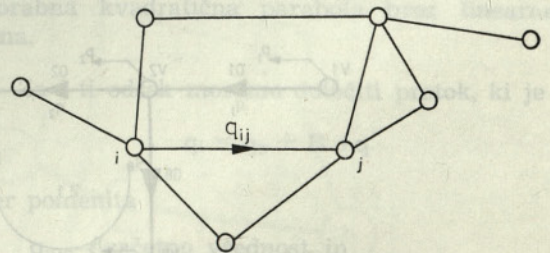
Za podrobnejšo analizo si oglejmo nek poljubni vodovodni odsek s pretokom q_{ij} in končnima vozliščima i in j v katerem je usmeritev vodnega toka podana z indeksom ij . V vozliščih je prikazana tudi vozliščna poraba (slika 7).

Na sliki 7 pomenijo

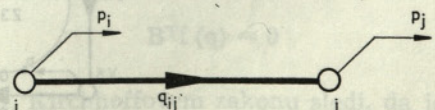
i, j — vozlišča

q_{ij} — pretok od vozlišča i proti vozlišču j in

p_i, p_j — vozliščna poraba



Sl. 6. Vodovodne zanke



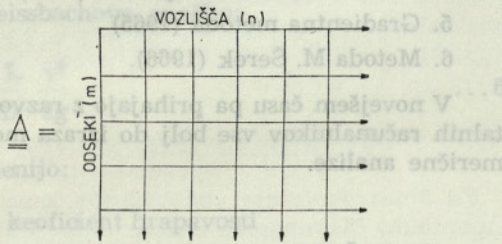
Sl. 7. Vodovodni odsek in vozliščna poraba

V vodovodnem sistemu med odseki in vozlišči eksistira določena incidenca in zato lahko tvorimo incidenčno matriko A, katero lahko zapišemo v obliki:

$$A = [a_{ij}]_{m \cdot n} \dots 16$$

ki je reda $m \cdot n$ in definira zgradbo orientiranega grafa.

Oglejmo si še osnovni princip tvorbe incidenčne matrike A (slika 8).



Sl. 8. Incidenčna matrika A

Kolikor pišemo incidenčno matriko A v prikazani obliki (16), potem moramo definirati še posamezne elemente matrike $[a_{ij}]$, ki so

$$a_{ij} = \begin{cases} 0 & \text{vozlišči med seboj nista incidentni (ni odseka)} \\ 1 & \text{odsek je usmerjen iz vozlišča } i \text{ do } j \\ -1 & \text{odsek je usmerjen od vozlišča } j \text{ do } i \end{cases}$$

Primer: Za geometrični model vodovodnega omrežja, ki ga vidimo na sliki 9 tvorimo incidenčno matriko A.

Na sliki 9 pomenijo:

- V = (V₁, V₂, . . . V_n) vozlišča
- p = (p₁, p₂, . . . p_n) vozliščna poraba
- O = (O₁, O₂, . . . O_n) odseki
- q = (q₁, q₂, . . . q_n) pretoki v ceveh in
- Z = (Z₁, Z₂, . . . Z_n) zanke

Incidenčna matrika A nam podaja incidenco vozlišč (V) in odsekov (O).

Ko so znani pretoki q, tvorimo produkt incidenčne matrike A in pretokov q po enačbi

$$Aq = [b_i] \dots 17$$

pri čemer pomeni b_i dotok v vozlišče in je

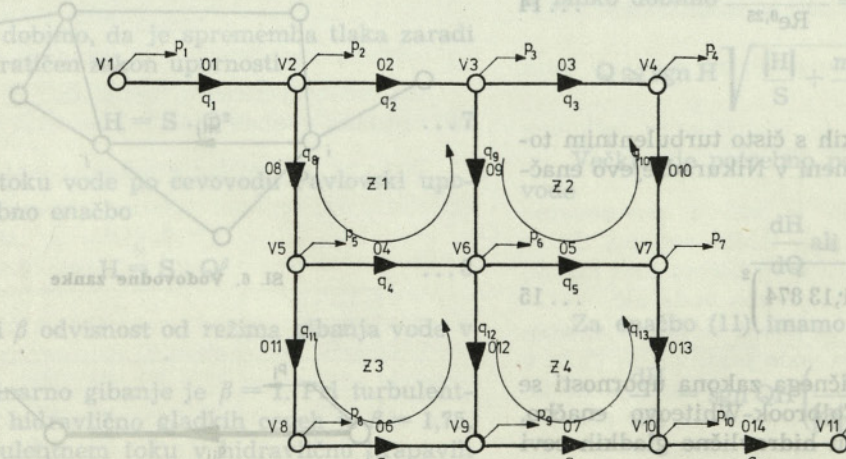
$$b_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot q_j$$

Nadalje tvorimo vsoto

$$Aq + p = 0 \dots 18$$

pri čemer ima matrika A rang $m - 1$ pod pogojem, da je vsota vseh vtokov in iztokov enaka nič, kar pomeni, da so kontinuitetne enačbe sistema izpolnjene.

	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11
01	1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02	0	1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0
03	0	0	1	-1	0	0	0	0	0	0	0
04	0	0	0	0	1	-1	0	0	0	0	0
05	0	0	0	0	0	1	-1	0	0	0	0
06	0	0	0	0	0	0	0	1	-1	0	0
07	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-1	0
08	0	1	0	0	-1	0	0	0	0	0	0
09	0	0	1	0	0	-1	0	0	0	0	0
010	0	0	0	1	0	0	-1	0	0	0	0
011	0	0	0	0	1	0	0	-1	0	0	0
012	0	0	0	0	0	1	0	0	-1	0	0
013	0	0	0	0	0	0	1	0	0	-1	0
014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-1



Sl. 9. Vodovodno omrežje

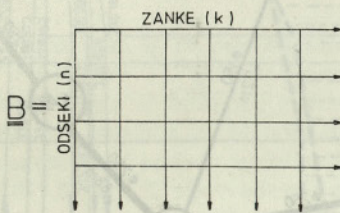
Enačba (18) je analogna 1. Kirchoffovemu zakonu, veljavnem za električno vezje, ki pravi, da mora biti celotni dotok v vozlišče enak celotnemu iztoku iz vozlišča.

Moramo vpeljati še matriko, ki definira zanke. Zanke vpeljemo zato, da dobimo neodvisne rešitve. Število zank označimo s k . Definirati moramo še incidenčno matriko B , ki izraža incidenco zank in odsekov.

Incidenčna matrika B je

$$B = [b_{ij}]_{n \cdot k} \quad \dots 19$$

kjer je $n \cdot k$ red matrike. V incidenčni matriki B odseke predstavljajo vrstice, zanke pa stolpci (slika 9).



Sl. 10. Incidenčna matrika B

Podobno kot pri incidenčni matriki A , moramo tudi pri incidenčni matriki B najprej definirati elemente matrike $[b_{ij}]$.

$$b_{ij} = \begin{cases} b_{ij} = 0 & \text{odsek ni sestavni del zanke} \\ b_{ij} = 1 & \text{odsek je v zanki in je orientiran od } i \text{ do } j \\ b_{ij} = -1 & \text{odsek je v zanki in je orientiran od } j \text{ do } i \end{cases}$$

Glede na podani primer (slika 9) tvorimo incidenčno matriko B , ki je:

	Z1	Z2	Z3	Z4
01	0	0	0	0
02	-1	0	0	0
03	0	-1	0	0
04	1	0	-1	0
05	0	1	0	-1
06	0	0	1	0
07	0	0	0	1
08	1	0	0	0
09	-1	1	0	0
010	0	-1	0	0
011	0	0	1	0
012	0	0	-1	1
013	0	0	0	-1
014	0	0	0	0

V zanki eksistira vektor q , in na ta način dobimo tokove v zankah (tok v cevi istovetimo z vektorjem toka).

$$f(q) = [(f(q_1), f(q_2), \dots, f(q_n))]^T$$

Kolikor tvorimo produkt transportirane matrike B^T z vektorjem $f(q)$ dobimo sistem enačb za posamezne zanke:

$$B^T f(q) = 0 \quad \dots 20$$

Enačba (20) je analogna 2. Kirchoffovemu zakonu, veljavnemu za električno vezje, in ga imenujemo tudi zankni pogoj ter se po njem vrši tlačna razdelitev v vodovodni zanki.

Iz do sedaj navedenega lahko sklepamo, da velja 1. Kirchoffov zakon vedno za vejičasti vodovodni sistem, ali »drevo«.

2. Kirchoffov zakon pa velja samo za zankasto vodovodno omrežje. Za vsako zanko lahko rečemo tudi, da veljata pogoj vozlišča in pogoj zanke. Zaradi tega je hidravlični preračun vejičastega vodovodnega sistema precej lažji kot pa hidravlični preračun zankastega vodovodnega sistema.

Pri 2. Kirchoffovem zakonu pomeni $f(q)$ tudi vektor tlačnih izgub na posameznih vodovodnih odsekih. Glede na kvadratičen zakon upornosti lahko pišemo na poljubni vodovodni odsek, da je

$$[f(q)]_i = S_i q_i |q_i| + h_i$$

kjer pomenijo

- S_i — upornost v i -ti cevi, oziroma v i -tem odseku
- q_i — pretok v i -ti cevi in
- h_i — aditivno višino (constanto)

Aditivno višino lahko določajo v vodovodnem sistemu črpalka, zajetje ali vodohran, kot tudi vse ostale točke za zvišanje ali znižanje tlakov. Pri računalniški obravnavi je potrebno $Q(H)$ krivuljo črpalke zamenjati z ustrežno matematično funkcijo, ki bo definirala aditivno višino. V ta namen je zelo uporabna kvadratična parabola brez linearnega člena.

Za i -ti odsek moramo določiti pretok, ki je

$$q_i = q_0 + B \Delta q$$

kjer pomenita

- q_0 — začetno vrednost in
- Δq — popravek

pri čemer mora biti Δq takšen, da je izpolnjen pogoj

$$B^T f(q) = 0$$

Po 1. Kirchoffovem zakonu sledi, da je

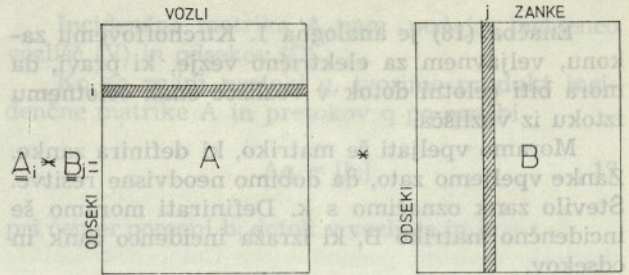
$$Aq + p = A(q_0 + B \Delta q) + p = AB \cdot \Delta q = 0$$

in produkt matrik A B

$$A_i B_j = \sum a_{ik} \cdot b_{kj}$$

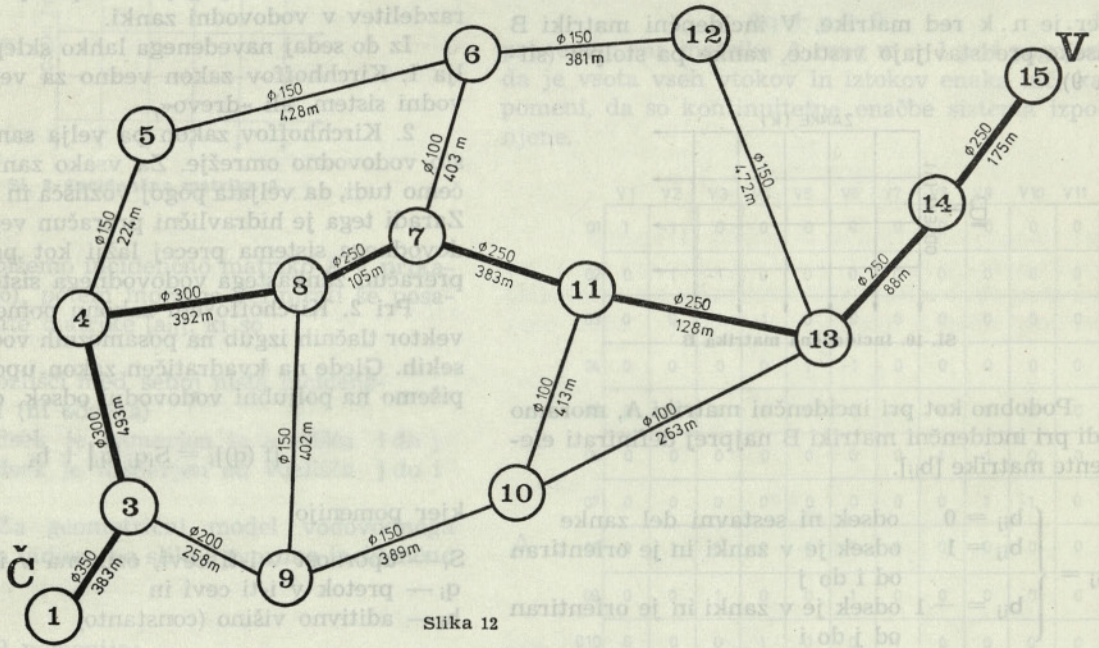
bo samo takrat nič, kolikor velja 1. Kirchhoffov zakon, kar pomeni, da izgub ne sme biti.

Produkt matrik A in B lahko ponazorimo (slika 11).



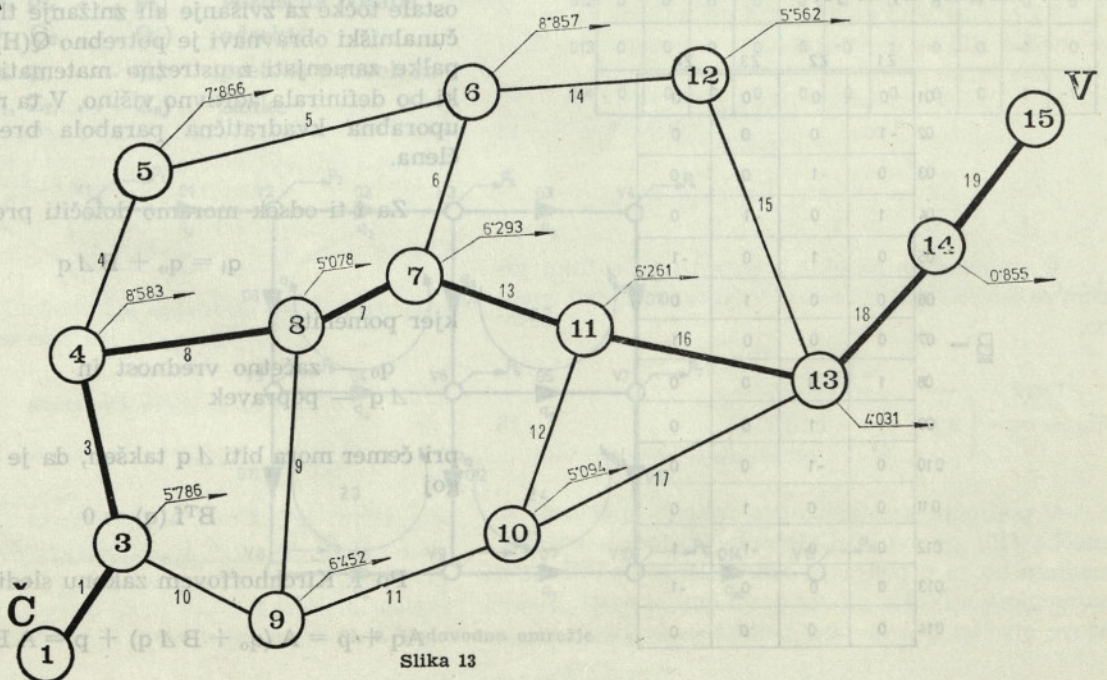
Sl. 11. Produkt matrik A in B

PROFILI IN DOLŽINE

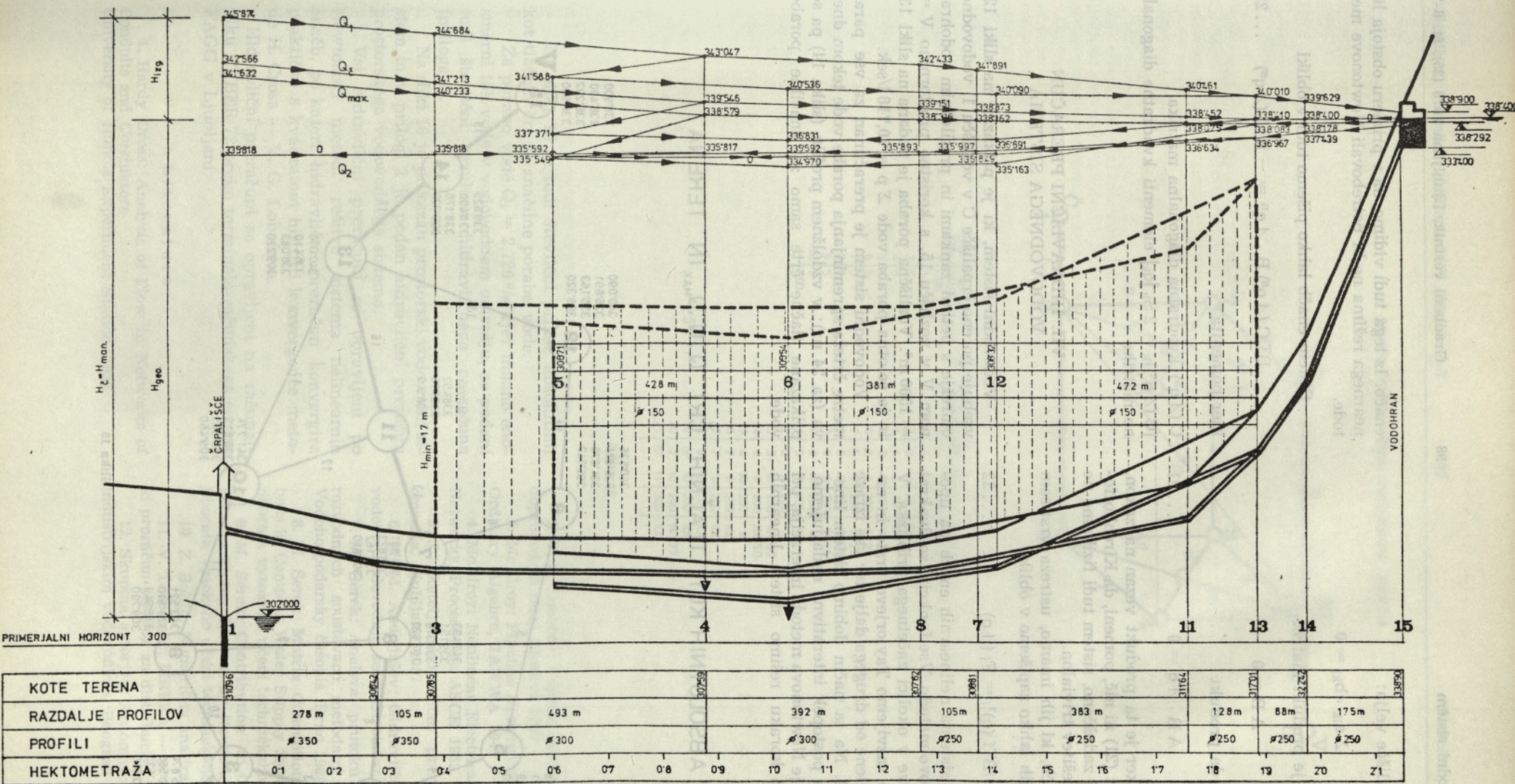


Slika 12

VOZLIŠČNA PORABA



Slika 13



VZDOLŽNI PROFIL IN TLAČNE ČRTE
M 1:5000/200

Slika 14

Za k-to vozlišče velja:

$$\sum a_{ik} \cdot b_{kj} = 0$$

kar pomeni, da je produkt matrik

$$A B = 0$$

od koder sledi, da produkt

$$A B \cdot \Delta q = 0 \quad \dots 21$$

mora biti nič, ker je ta produkt vezan na zakon. Kolikor produkt (21) ni nič, pomeni, da Kirchhoffovemu zakonu ni zadoščeno, sistem tudi fizikalno ne eksistira in je rešitev trivialna.

Število enačb, ki jih imamo, ustreza vrsticam matrike B^T in jih lahko zapišemo v obliki

$$[B^T f(q)]_i = F_i(\Delta q) \quad \dots 22$$

Za izračun sistema nelinearnih enačb pa uporabimo Newtonovo metodo. Vse funkcije so dvakrat zvezno odvedljive v okolici začetnega približka. V okolici te točke razvijemo Taylorjevo vrsto in zamenjamo vse člene od drugega dalje ter vse izraze izenačimo z nič. Na ta način dobimo sistem linearnih enačb. Ta postopek interaktivno nadaljujemo, kar pomeni, da je Newtonova metoda interakcija, pri kateri na r-tem koraku rešimo sistem linearnih

enačb. Iz tega tudi vidimo, da v primeru obstoja linearnega režima ne bi potrebovali Newtonove metode.

Sistem enačb lahko pišemo tudi v obliki

$$B^T C (\Delta q^s) B \cdot \Delta q^n = - B^T f(\Delta q^s) \quad \dots 23$$

kjer pomenita

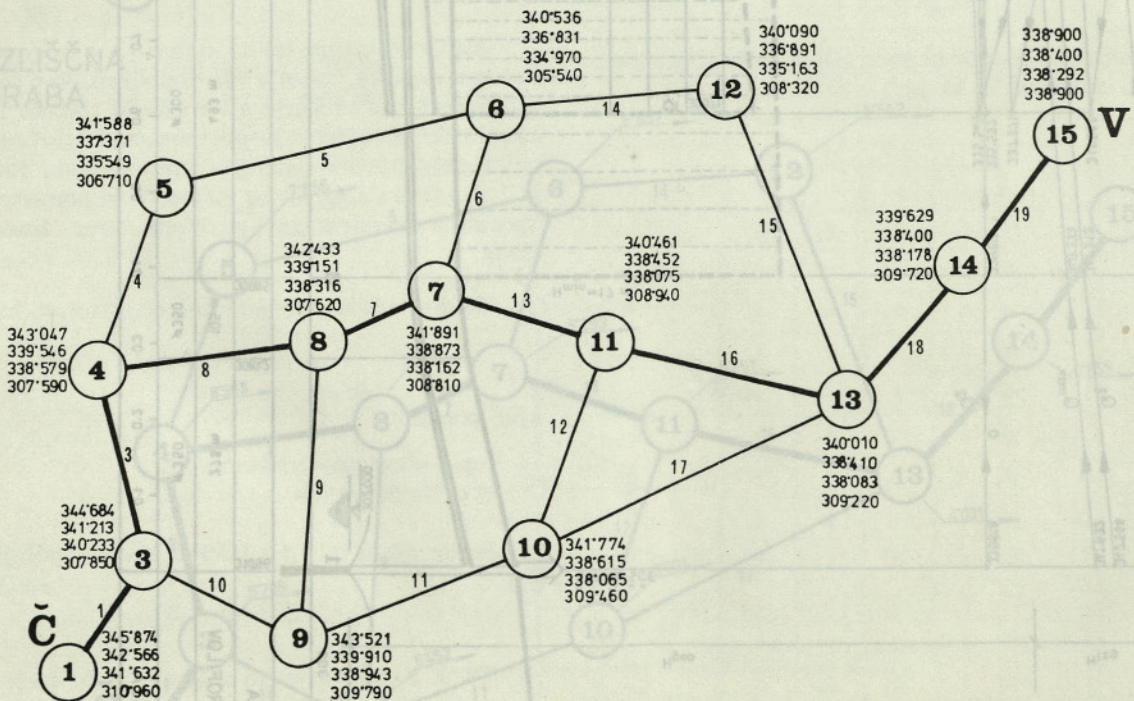
$C(\Delta q^s)$ kvadratna diagonalna matrika
 $[C(\Delta q^s)]_k = 2 S_k |q_k|$ elementi kvadratne diagonalne matrike

VII. HIDRAVLICNI PRERAČUN VODOVODNEGA SISTEMA

Vodovodni sistem, ki je prikazan na sliki 12, vsebuje po eno črpališče Č v vozlišču 1, vodovodno omrežje s petimi zankami in protiležnim vodohranom V v vozlišču 15, s koristno prostornino $V = 1500 \text{ m}^3$. Vozliščna poraba je podana na sliki 13, in je celotna poraba vode $\sum p = 70,718 \text{ l/sek}$.

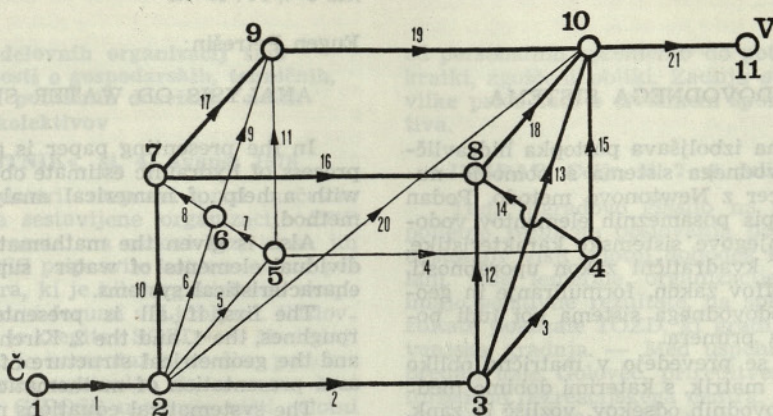
Vodovodni sistem je preračunan za vse parametre črte spreminjanja porabe vode tekom dneva (za 24 ur); v vzdolžnem profilu (slika 14) pa so prikazane tlačne črte samo za značilne porabe vode.

PRIKAZ ABSOLUTNIH KOT TLAČNIH ČRT Q_1, Q_C, Q_{MAX} IN TERENA



Slika 15

PRIMER PROSTORSKEGA VODOVODNEGA OMREŽJA



ŠTEV. VOZL.	PORABA (l/s)	ŠTEVILKA ODSEKA	OD VOZL.	DO VOZL.	Ø (mm)	L (m)
1	0'00	1	1	2	400	100
2	5	2	2	3	200	100
3	5	3	3	4	200	100
4	5	4	4	5	200	100
5	5	5	2	5	200	100
6	5	6	2	6	200	50'25
7	5	7	5	6	200	50'25
8	5	8	6	7	200	50'25
9	5	9	6	9	200	50'25
10	5	10	2	7	200	10
11	0'00	11	5	9	200	10
		12	3	8	200	10
		13	3	10	200	100'50
		14	4	8	200	100'50
		15	4	10	200	10
		16	7	8	200	100
		17	7	9	200	100
		18	8	10	200	100
		19	9	10	200	100
		20	2	10	200	141'77
		21	10	11	300	100

Slika 16

Na sliki 15 je tudi številčni prikaz absolutnih kot tlačnih črt za značilne porabe vode.

Za porabo vode $Q_1 = 2,720$ l/s kjer imamo enosmerni tok vode v vodovodnem omrežju, so podani tudi številčni rezultati hidravličnega preračuna (priloga 1).

Na sliki 16 je prikazan prostorski vodovodni sistem in v prilogi 2 je podan hidravlični preračun prostorskega vodovodnega sistema.

Vsi hidravlični preračuni so opravljeni po Newtonovi metodi rešitve sistema nelinearnih enačb, po kateri hidravlični preračun konvergira praktično s kvadratom hitrosti konvergence metode H. Cross — V. G. Lobačeva.

Hidravlični preračuni so opravljeni na računalniku CYBER 72 preko terminala računskega centra FAGG v Ljubljani.

Literatura:

1. Hardy Cross: Analysis of Flow in Networks of Conduits and Conductors
University of Illinois Experiment Station, 1936

2. V. G. Lobačev: Voprosi racionalizaciji rasčeta vodoprovodnih setej, Moskva 1937

3. Mc Ilroy: Pipeline Network Flow Analysis Using Ordinary Algebra, JAWWA 1949

4. Mc Ilroy: Nonlinear Electrical Analogy for Pipe Networks, Proceedings ASCE, 1952

5. J. Sketelj: Hidravlični preračun vodovodnega omrežja, Ljubljana 1957

6. M. M. Andrijašev: Gidravličeskie rasčeti vodovodov i vodovodnih setej, Stroizdat, Moskva 1964

7. M. Šerek: Analiza prutoku ve vodarenskych rozvodnych soustavach metodami maticove algebry, Vodohospodarsky časopis, Brno 1968

8. M. Šerek: Matrix Conception of the Flow Analysis in Complex Water Supply Systems
Sbornik visokeho učeni technickeho v Brne, Brno 1968

9. M. Šerek: Contribution to the Theory of the Flow in Piping Systems by Newtonian Method,
Sbornik visokeho učeni technickeho v Brne, Brno 1973

10. Z. Bohte: Numerična analiza, Ljubljana 1974

11. V. Todorović: MREZA — program za hidravlični proračun sistema za distribuciju vode, Beograd 1974

12. Skupina avtorjev: Automatizacija u gradskim i industrijskim vodovodima, Beograd 1975

UDK 628.14

GRADBENI VESTNIK, LJUBLJANA, 1976 (25)

ST. 6-7, STR. 90-100

Eugen Petrešin:

ANALIZA VODOVODNEGA SISTEMA

V članku je podana izboljšava postopka hidravličnega preračuna vodovodnega sistema s pomočjo numerične analize in sicer z Newtonovo metodo. Podan je tudi matematični opis posameznih elementov vodovodnega sistema ter njegove sistemske karakteristike. Predvsem je pokazan kvadratični zakon uporabnosti, prvi in drugi Kirchhoffov zakon, formuliranje in geometrična struktura vodovodnega sistema kot tudi podan prikaz računskega primera.

Sistemske enačbe se prevedejo v matrično obliko z uporabo incidenčnih matrik, s katerimi dobimo medsebojno odvisnost vodovodnih odsekov, vozlišč in zank.

Z ozirom na kvadratični zakon uporabnosti ter oba Kirchhoffova zakona se sestavi sistem nelinearnih algebrskih enačb, katere se rešujejo numerično s pomočjo Newtonove metode, ki je v bistvu poenostavitev tangentne metode.

Prikazana metoda omogoča tudi hitro rešitev prostorskega vodovodnega sistema.

UDC 628.14

GRADBENI VESTNIK, LJUBLJANA, 1976 (25)

NR. 6-7, PP. 90-100

Eugen Petrešin:

ANALYSIS OF WATER SUPPLY SYSTEMS

In the presenting paper is given the improvement process of hydraulic estimate of water supply systems, with a help of numerical analysis of the Newtonian method.

Also is given the mathematical description of individual elements of water supply systems and their characteristic systems.

The first if all is presented the quadratic law roughness, the 1. and the 2. Kirchhoff's law, the forming and the geometrical structure of water supply systems, as a presentation of mathematical example too.

The systematical equations must be translated into the matrix form, with the use of incident matrix, with which we got the mutual independents of the water pipe lines, knots and traps.

According to the quadratic law roughness and the both of Kirchhoff's law we compose the nonlinear algebraical equations system, with the help of Newtonian method, which is in essence a simplifying tangent method.

With the presented method it is possible a fast rescue of space water supply systems.

in memoriam**OB SMRTI dipl. inž. JOŽETA VALENTINČIČA**

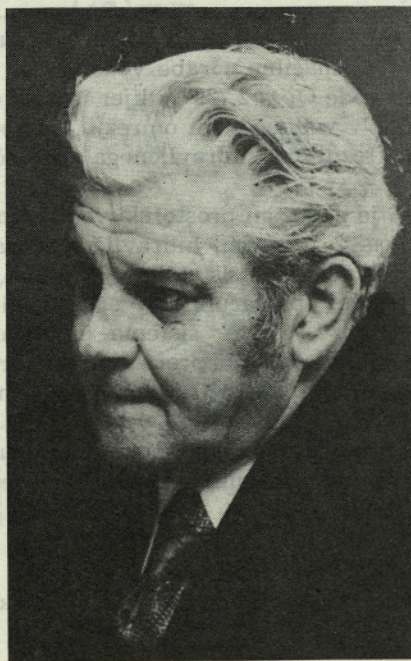
Pokojnik spada v ono generacijo študentov na ljubljanski univerzi, ki so že v času pred drugo svetovno vojno zaživel v novem, naprednejšem duhu, z večno željo za preobrazbo našega človeka, za razvoj gospodarstva, predvsem pa še gradbeništva.

Pokojnik se je takoj ob okupaciji uvrstil v vrste Osobodilne fronte ter kot bорец in graditelj sodeloval do pregona okupatorjev. Po osvoboditvi je opravljal zelo odgovorne upravne službe v naši republici ter daljše razdobje v Beogradu za potrebe celotne Jugoslavije.

Spremljal je obnovo porušene in izropane Jugoslavije. Sodeloval je pri gradnji velikih gradbenih objektov doma in na območju ostalih republik in pokrajin. Tesno je sodeloval pri uvajanju novih predpisov, novih organizacijah gradbenih podjetij, novih tehnoloških postopkih, novih gradbenih materialih, novi mehanizaciji itd.

Tovariš Jože je bil mož trdne, odločne in dobro preišljene besede. Do zadnjega časa je sodeloval pri Gospodarski zbornici. Tu je vodil tudi akcijo za hitro in ceneno gradnjo stanovanj. Pokojnikov lik in delo nas bosta trajno spremljala.

Ciril Stanič



iz naših kolektivov

Iz glasil naših delovnih organizacij smo izbrali nekaj zanimivosti o gospodarskih, tehničnih, organizacijskih in političnih dosežkih naših kolektivov

GIPOSSOV »VESTNIK«, št. 4, avgust 1976

je največ prostora odmeril razpravi pred načrtom srednjeročnega razvoja sestavljene organizacije ZGP GIPOSS. Prispevek je nastal na osnovi tez, ki so jih strokovne službe GIPOSS pripravile kot osnovo za posvetovanje 14. septembra, ki je bilo organizirano skupno z najvišjimi partijskimi forumi v Ljubljani. Naslovni moto razprave: »Cilj je krepitev SOZD«. — Naslednji pomembnejši prispevek je komentar z analizo polletne bilance GIPOSS. Avtorica ugotavlja, da so samo štiri delovne organizacije v GIPOSS ustvarile višji celotni dohodek kakor v istem obdobju prejšnjega leta, medtem ko so tri ustvarile manjši dohodek, samo tri pa so povečale vrednost celotnega dohodka na delavca. Povečanje ostanka dohodka v primerjavi z istimi meseci lani pa izkazuje ena sama delovna organizacija. — To je hkrati tudi že druga številka Gipossovega Vestnika, ki prinaša rubriko »Zanimivosti od tu in tam«; v njej so povezani v zgošчени obliki opisi s področja tehničnih in tehnoloških novosti, ki so v zvezi z gradbeništvom.

»GRADISOV VESTNIK«, XVIII-221, september 1976

Osrednji prispevek »Program razvoja Gradisa do leta 1980 je pripravljen« je namenjen članom kolektiva kot osnova za sodelovanje pri njegovem dokončnem oblikovanju in pozneje pri uresničevanju. Med najvažnejšimi cilji programa so omenjeni naslednji: povečanje obsega del pri tistih delih in izdelkih, kjer dosega dobre rezultate, povečanje angažmaja pri investicijskih delih v tujini; zagotovitev stalne rasti družbenega proizvoda vsake TOZD, povečanje produktivnosti, ekonomičnosti in rentabilnosti; povečanje standarda z zvišanjem osebnih dohodkov in skupne porabe; skrb, da TOZD ne bi brez sporazuma razširjale dejavnosti, ki so razvite že v drugih delih podjetja; med cilji navajajo kot prvenstveno izboljšanje standarda, čemur naj bi bile podrejene druge naloge. — S to številko je Gradisov vestnik vpeljal stalno rubriko »Inventivna dejavnost«, v svesti si pomena izboljšav v proizvodnji kot materialni osnovi napredka. Ugotavljajo, da je v njihovem podjetju vse več delavcev, ki pri svojem delu razmišljajo o boljšem, novejšem, kvalitetnejšem, varnejšem in varčnejšem, in da je dolžnost skupnosti, da to dejavnost spodbuja. — Povzetek prispevka iz časopisa PRIMORJA najavlja združevanje v novo sestavljeno organizacijo združenega dela GAST, v katero naj bi se združile SGP »Slovenija ceste«, GIP »Gradis« in »Primorje«, k čemur spodbuja tudi osnutek zakona o združenem delu. V GAST naj bi združili naslednje poslovne funkcije: 1. finančno v osnovno banko SOZD GAST, 2. razvojnotehnično funkcijo, 3. marketing funkcijo, 4. organizacijsko-informacijsko in 5. splošno funkcijo. — Zanimiv je prispevek pod geslom »Pomembno je, da držimo skupaj«, v katerem novinarka Gradisovega vestnika poroča o ocenah republiškega odbora sindikata gradbenih delavcev Slovenije, ki se nanašajo na gospodarski položaj slovenskega gradbeništva v letošnjem letu. Ugotavljajo zaskrbljujoče odstopanje od planiranih postavk; gradbinci smo dosegli le 69 odstotkov realizacije, zaključili pa samo 32 odstotkov predvidenih del. — S stališča obveščanja kolektiva ima Gradisov vestnik dragoceno rubriko »Drobne vesti«, med katerimi najdemo informacije z vseh področij dela in življenja Gradisovega kolektiva,

od personalnih sprememb do poteka del v operativi, v kratki, zgošчени obliki. Zadnja stran septembrske številke priča tudi o živahnem športnem življenju kolektiva.

INGRAD, Celje, št. 7-8, julij-avgust 1976

Tudi Ingradovo glasilo na prvi strani komentira polletne rezultate poslovanja podjetja. Ugotavljajo 26 odstotkov višji celotni dohodek kakor v istem obdobju lani. Vse temeljne organizacije gradbene operative imajo pozitivne rezultate, na splošno pa so slabše rezultate pokazale TOZD, ki gradijo za trg, zlasti stanovanjska gradnja. — Med uspehi operative poročajo o predaji hale Golovec, prireditvene dvorane v okviru turistično rekreacijskega centra. Prostor lahko sprejme od 1000 do 3000 ljudi, odvisno od vrste prireditve, in ima igrišče za roketmet, odbojko in košarko, služi pa lahko še za druge prireditve. Ingradovci so predali na Lavi tudi novo samopostrežno trgovino, ki je menda največja na Štajerskem (480 m² prodajne površine). Pri objektu je bila zelo zahtevna montaža fasadnih glinopor plošč, ki so bile visoke tudi nad 7 metrov. Napovedujejo predajo nekaterih objektov še v septembru (srednja tehniška šola s telovadnico) in do konca leta na Lavi še dve stanovanjski stolpnici. Po tem bo TOZD GO v Celju v najkrajšem času moral pridobiti nova dela, od katerih imajo nekaj že zagotovljenih. — Ingradov časopis posveča celo stran kulturnim ustanovam, in sicer napoved abonmajske sezone celjskega gledališča ter predstavitev Muzeja revolucije v Celju.

PIONIRJEV BILTEN, št. 6-7, junij-julij 1976

ima v naslovni glavi svojevrsten tekst: »BILTEN je glasilo kolektiva OZD SGP PIONIR Novo mesto. Za razdelitev glasila članom kolektiva so odgovorni v gradbeni dejavnosti vodje splošne službe v TOZD gradbenih sektorjih, da je bilten razdeljen po gradbiščih, na posameznih gradbiščih pa so dolžni poskrbeti za razdelitev delovodje... V Delovni skupnosti skupnih služb... vložilše... da je BILTEN takoj dostavljen tudi v TOZD Lesni obrat, TOZD...« Ta navodila so sestavni del likovne kompozicije glave časopisa, v katero bi sodili predvsem podatki o izdajatelju, uredništvu, nakladi ipd — če že... Toliko samo mimogrede! — Naslovni članek BILTENA predstavlja takrat še novi zakon o zavarovanju plačil, s posebnim ozirom na prakso v gradbeništvu. — Na 3. strani objavlja visoko priznanje, ki ga je prejel PIONIR s strani Republiškega sveta Zveze sindikatov Slovenije, »za izjemne dosežke pri razvijanju in utrjevanju samoupravnih družbenih odnosov«. — področja operative lahko preberemo o gradbišču Beričevo, kjer izvaja dela TOZD gradbeni sektor Ljubljana na eni izmed osrednjih ljubljanskih razdelilnih transformatorskih postaj. Postaja se bo raztezala na 17 hektarih površine, ki bo pokrita s tremi stavbami, s 127 betonskimi portali za 30 do 40 m visoke jeklene stolpe, s 1000 betonskimi stebri 1 × 1 m, z okoli 600 metrov podzemnih kabelskih kanalov ter ob vseh stavbah 80 cm globoka ozemljitev na razdaljo 19 m. Rok dograditve je letošnja jesen, z gradnjo pa so pričeli septembra lani. Na gradbišču je sicer le 80 delavcev, zato pa toliko več mehanizacije. Pri zemeljskih delih so odrinili okoli 90 tisoč m³ zemlje, vgradili pa okoli 5 tisoč m³ betona in okoli 350 ton železa za armature. Uporabljali so Hünnebeck opaže, ki so jih izdelali na sektorju v Ljubljani. — Tudi Pionirjevi delavci so športniki — kar 4 strani od 12 te številke je posvečenih športu, od tega dve pod geslom »Letos na ŠIG: komaj sedmi!« — Komaj?!

PRIMORJE, Ajdovščina, julij 1976

Časopis v uvodniku prinaša napoved združevanja v SOZD GAST, o čemer smo poročali že v zvezi z Gradisovim vestnikom, ki je ta prispevek ponatisnil. — Podjetje Primorje ima bogat strojni in avtopark. V skrbi za vzdrževanje strojev so se odločili zgraditi 3 hale v dolžini 60 metrov, s katerimi naj bi pridobili 3360 m³ novih delovnih prostorov. Letos končujejo drugo halo, s katero bodo imeli skupno 2240 m² novih prostorov. V njih bodo mehanična delavnica in kovači. Prihodnje leto bodo zgradili še tretjo. Vse bodo tehnično sodobno opremljene in prezračevane s komprimiranim zrakom. — Iz operative poročajo o planiranem poteku del na cementarni v Anhovem, o gradnji stanovanjskih blokov v Ajdovščini z »Outinord« opazi, o predaji proizvodne hale za »Vozila« Gorica. Ta objekt ima 4 ladje, dimenzij 205 × 15 m, 1 ladjo 91 × 30 m, kotlaro 12 × 25 m in okoli 9 tisoč m² asfaltiranih površin. Izkušnje s tem objektom so za »Primorje« naslednje: za take gradnje je treba imeti več strokovnega kadra, pri investitorju, izvajalcu in projektantih; izdelani morajo biti kompletni projekti tudi za vsa dela podizvajalcev, še pred pričetkom gradnje; za gradnjo po sistemu inženiring mora biti formiran močan strokovni tim, ki sodeluje od pričetka projektiranja do zaključka vseh del.

KOLEKTIV Slovenija ceste, XI, št. 92—93, avgust 1976

Na prvi strani prinaša fotoreportažo z otvoritve avtoceste Hoče—Levec, kjer so bile »Slovenija ceste« soizvajalec gradnje skupaj z »Gradisom« in »Primorjem«. Številčni podatki ponazarjajo razsežnost del: izkopati, premetati in prepeljati je bilo treba več kakor 4 milijone kubičnih metrov zemlje in kamenja ter več kakor polovico te mase vgraditi v nasipe. Zgradili so tudi več deset podvozov, nadvozov, mostov in betonskih podpornih zidov. Pomembnih je 5 nadvozov v prednapeti konstrukciji, s katerimi »Slovenija ceste« konkurirajo ostalim podjetjem v mostogradnji. — Nadalje »Kolektiv« poroča o podpisu sporazuma o združitvi, s katerim so meseca julija pripojili Industrijo apna Kresnice podjetju »Slovenija ceste«. Združevanje naj bi prineslo obema kolektivoma predvsem ekonomsko in socialno varnost. S pripojitvijo naj bi dosegli boljše delitev dela, specializacijo, boljše izkoriščanje kapacitet, znižanje stroškov, koordinacijo razvoja, uskladitev poslovne politike, večjo finančno zmogljivost itd. Slovenija ceste si z združitvijo zagotavlja surovinsko bazo za svojo proizvodnjo, Industrija apna Kresnice pa velikega porabnika. Nove investicije v IA bodo omogočile večjo eksploatacijo kamenin in izboljšanje kvalitete proizvodov. — Tudi glasilo »Slovenija ceste« prinaša komentar k polletni bilanci.

GLASILO Stavbenika iz Kopra, št. 3, avgust 1976

začenja poročilo o poslovanju v prvem polletju z besedami »rezultati presegajo pričakovanja«, pri čemer se razveselimo, toda potem izvem, da so pričakovali negativne rezultate, ker so upoštevali nov način ugotav-

ljanja dohodka po plačani realizaciji, zaradi česar se jim je celotni dohodek znižal za 16 milijonov dinarjev. Na ugotovljene rezultate je bistveno vplivalo vrednotenje nedokončane proizvodnje, zato se je celotni dohodek znižal za 13 milijonov din ... itd., kakor pri drugih podjetjih! — Z gradbišč Stavbenika poročajo, da so do junija dogradili pet stanovanjskih blokov v Izoli s skupno 107 stanovanjskimi enotami in pripravili temelje za nadaljnjih šest objektov. Letos bodo dokončali še 42 enot. Gradijo po sistemu tunelskih opažev, ki so se jim v gradnji dobro obnesli (Outinord). V Kopru gradijo stanovanjske bloke »Prisoje«, trenutno 2 stolpnici s 110 stanovanji. Dela napredujejo hitro, čeravno so zelo zahtevna zaradi izkopov in miniranja v laporju ter temeljenja. Tudi ti objekti so grajeni po sistemu tunelskih opažev. Vzporedno z gradnjo poteka komunalna oprema kompleksa. Na tem gradbišču bodo postavili tudi novo betonarno za potrebe vseh svojih gradbišč v Kopru. Dela na gradbišču nove bolnišnice v Izoli napredujejo po planu, vendar še primanjkuje izvedbenih načrtov. Zaradi tega so dobili odlog za zadnjo ploščo kar za 28 dni. Niso še izdelani instalacijski načrti, načrt notranje obdelave objekta, zato predvidevajo, da bodo po tretji fazi morali prekiniti vsa notranja dela na objektu. — Poročajo tudi o konstituiranju nove TOZD Projektivno konstrukcijski biro Koper.

GLASNIK, GP Tehnika, Ljubljana, avgust 1976

GP »Tehnika« bo gradila slovenski plinovod skupaj z glavnim izvajalcem, francosko firmo Batignolles, za investitorja Petrol. Vrednost del znaša okoli 250 do 300 milijonov dinarjev, rok gradnje pa je komaj dve leti. Dela so obsežna in terjajo mnogo specialne gradbene mehanizacije. Po plinovodu bo k nam tekela sovjetski plin od Šentilja do Nove Gorice, po enem kraku pa še od Vodice do Jesenic, po drugem od Kidričevega do Lendave in po tretjem od Žalca na Ravne. Predvidenih je še nekaj krajših odcepov. — Konec poletja je GP »Tehnika«, po referendumu v obeh kolektivih, pripojila delovno organizacijo »Ljubljanske opekarne«, ki se je iz ekonomskih razlogov izkazala sama prešibka, da bi prenesla investicijo, ki si jo je naložila z odprtem tovarne keramičnih ploščic v Račjem selu pri Trebnjem. Tako ima GP »Tehnika« zdaj v svojem sestavu 2 novi TOZD: Ljubljanske opekarne in Tovarno keramike v Trebnjem. — Iz gradbene operative poročajo o velikem uspehu v Poreču, kjer je Tehnika v 4 mesecih zgradila in delno adaptirala hotel Parentium. Napovedujejo tudi nadaljevanje poslovnega centra Bavarski dvor v Ljubljani, kjer so naposled izpeljali finančno konstrukcijo za dograditev objekta S-2, ki bo predan kupcem prihodnjega leta. V mesecu septembru bo Tehnika odprla novo veliko gradbišče v Trnovem, kjer bo gradila po načrtih svojega Projektivnega biroja stanovanjsko sososko VS-1, z okoli 1200 stanovanji.

Domala vsa glasila naših podjetij so poleg analize polletnega poslovanja prinesla prispevke o zaključku in poteku razprave o osnutku zakona o združenem delu, o uspeli akciji posojila za ceste ter o protestih naših delavcev ob dogodkih na avstrijskem Koroškem.

Dušan Lajovic

vesti

IV. JUGOSLOVANSKI SIMPOZIJ O MEHANIKI SKALE IN PODZEMELJSKIH DELIH

Četrty jugoslovanski simpozij o mehaniki skale in podzemeljskih delih bo od 30. maja do 1. junija 1977 v Zvečanu.

Jugoslovansko društvo za mehaniko skale in podzemeljska dela je neposredno organizacijo simpozija poverilo Rudarsko-metalurški fakulteti v Kosovski Mitrovici in vodstvo priprav posebnemu organizacijskemu odboru v naslednji sestavi:

predsednik: prof. dr. Minir Duši, dipl. inž. rud., dekan Rudarsko-metalurške fakultete v Kosovski Mitrovici;

sekretar: Dragoslav Elezović, dipl. inž. rud.;

člani: mag. Bratislav Čolić, dipl. inž. geol.; Dobrivoje Trajković, dipl. inž. rud.; doc. Dželjalj Orana, dipl. inž. rud.; Fatmir Rizvanoli, dipl. inž. rud.; Fikret Ahmeti, dipl. inž. gradb.; doc. mag. Hašim Kpuska, dipl. inž. geol.; mag. Ljubinko Ilić; dipl. inž. rud.; mag. Mehmed Bećiri, dipl. inž. rud.; mag. Milan Cvetković, dipl. inž. rud. in dr. Ratomir Džodić, dipl. inž. rud.

Med potekom simpozija so predvidene strokovne ekskurzije oziroma obiski nekaterih izmed rudnikov Kombinata »Trepča« in površinskih kopov Kombinata »Kosovo« (po želji udeležencev). Po sklenitvi simpozija bo organizirana turistična ekskurzija za ogled kulturno-zgodovinskih spomenikov in krajev SAP Kosovo.

IV. jugoslovanski simpozij o mehaniki skale in podzemeljskih delih bo potekal v dvorani Delavskega doma v Zvečanu.

Teme simpozija so naslednje:

1. **Stabilnost pobočij in strmin** (s posebnim ozirom na stabilnost pobočij pri površinskih kopih).
2. **Stabilnost podzemeljskih prostorov** (stanja na napetosti in deformacij, problemi, rušenja, podzemeljski pritiski itd.).
3. **Učinek orodja in eksploziva na skalne mase** (vrtnanje, miniranje, rezanje, drobljenje itd.).
4. **Poboljšanje lastnosti skalnih mas** (sidranje, injektiranje, drenaže itd.).

5. **Splošne fizikalno-strukturne lastnosti skalnih mas** (naravno napetostno stanje, napakanost oz. diskontinualnost, heterogenost, anizotropija).

6. **Mehanske lastnosti sklanih mas** (defortabilnost, mehanske trdnosti itd.).

7. **Druga vprašanja** (klasifikacije in kategorizacije skalnih mas, uporaba geofizikalnih metod v mehaniki skal, fundiranje na skalnih masah, učinek vode na skalne mase itd.).

Prijavo udeležbe in referatov je treba podati do 1. 11. 1976. Vsak avtor mora organizacijskemu odboru IV. jugoslovanskega simpozija sporočiti besedilo naslova in kratko vsebino referata do 1. 12. 1976. Referati pa morajo biti dostavljeni organizacijskemu odboru do 1. 2. 1977.

Obseg referatov naj bo največ 16 tipkanih strani s presledkom, vštveš v tem obsegu tudi priloge. Organizacijski odbor se ne obvezuje, da bi bili v publikaciji IV. simpozija tiskani referati, ki bi prispeli po navedenem datumu.

Publikacija bo tiskana do 20. 5. 1977. Diskusije udeležencev, poročila generalnih poročevalcev in seznam udeležencev bodo tiskani po zaključku simpozija v posebni publikaciji, ki bo udeležencem dostavljena do 1. 10. 1977.

Uradni jezik IV. jugoslovanskega simpozija o mehaniki skal in podzemeljskih delih so vsi jeziki narodov in narodnosti Jugoslavije.

Kot prispevek za udeležbo pri delu simpozija mora vsak prijaviteljenec plačati kotizacijo v znesku 1000 din. S tem plačilom dobijo udeleženci pravico na udeležbo pri delu simpozija in publikacijo simpozija. Plačilo kotizacije je treba opraviti na tekoči račun IV. jugoslovanskega simpozija o mehaniki skale in podzemeljskih delih:

Rudarsko-metalurška fakulteta
38220 Kosovska Mitrovica
žiro račun: 682000-740-1284

Naslov simpozija:

Rudarsko-metalurška fakulteta
38220 Kosovska Mitrovica
tel. 038 86 878

Prevod B. P.

INFORMACIJE 184-185

ZAVODA ZA RAZISKAVO MATERIALA IN KONSTRUKCIJ V LJUBLJANI

Leto XVII 6-7

Serijski: PREISKAVE

JUNIJ - JULIJ 1976

Akustika v urbanem prostoru: Emisija cestnega hrupa in obremenjenost prebivalstva s hrupom v Ljubljani

UVOD

Z naraščajočo industrializacijo in tehnizacijo življenja se večja tudi onesnaženost okolja, ki je dosegla ponekod že tako stopnjo, da je zdravje ljudi resno ogroženo. Med hude onesnaževalce okolja spada tudi hrup, ki ogroža naš živčni sistem in neposredno vpliva na naše zdravje in počutje.

Gavni vir zvočnih motenj v urbanem prostoru je vsekakor promet, saj se nad hrupom prometa pritožuje skoraj tri četrtine mestnih prebivalcev.

Ce hočemo izvesti kakršnekoli zaščitne ukrepe, moramo poznati dejansko stanje oziroma dejansko obremenjenost prebivalstva s hrupom in nato postaviti ustrezne normative. Pri tem se moramo nanašati na zanesljiva in ustrezna merila ter metode za ugotavljanje stopnje motnje oziroma stopnje škodljivosti hrupa.

Da bi ugotovili, kakšna je dejanska obremenjenost prebivalstva mesta Ljubljane s hrupom, smo v okviru raziskovalnega projekta »Varstvo okolja« izdelali karto hrupa mesta, pri čemer smo s paralelno potekajočo anketo hoteli dobiti sliko odzivnosti prebivalstva na hrup. Merila, merilne metode ter pridobljene izkušnje naj bi pozneje služile za osnovo pri reševanju problema zaščite prebivalstva pred hrupom v drugih mestih naše republike, ugotovitve in spoznanja pa naj bi olajšala sprejemanje normativov v zvezi z zakonom o zaščiti okolja pred hrupom.

1. METODOLOGIJA MERJENJA CESTNEGA HRUPA

1.1. Fizikalne osnove

Hrup definiramo na splošno kot nezaželen zvok. Fizikalno imenujemo zvok mehanska nihanja elastičnega medija, ki imajo tako jakost in frekvenco, da jih zaznava človeško uho. Zvok je vedno vezan na materijo, po kateri se širi in tako govorimo o zraku, v telesih ali v tekočinah. Posebno važen v odnosu do človeka je zvok, ki se širi po zraku, pri čemer morata biti seveda jakost in frekvenca nihanja zračnih delcev v mejah slišnosti.

Frekvenca je število nihajev v sekundi (simbol: f, enota: Herz = Hz). Subjektivno jo zaznavamo kot višino tona, pri čemer predstavlja podvojitev frekvence zvišanje tonske višine za eno oktavo. Področje slišnih frekvenc obsega frekvence med 20—20.000 Hz.

Jakost zvočnega nihanja zaznavamo subjektivno kot glasnost. Fizikalno ugotavljamo pri tem zvočni tlak (simbol: p, enota: $\mu\text{b} = 0.1 \text{ N/m}^2$). Slišno področje obsega tlake med $2 \cdot 10^{-4}$ do $200 \mu\text{b}$. Razmerje slišnih zvočnih tlakov znaša torej 10^6 .

Da bi dobili boljšo usklajenost med merjenim zvočnim tlakom in slušnim občutkom so vpeljali logaritično veličino tako imenovani zvočni nivo (simbol: L, enota: dB), ki je definiran:

$$L = 20 \log \frac{p}{p_0} \text{ (dB)}$$

pri čemer je:

p_0 — zvočni tlak na pragu slišnosti ($p_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ N/m}^2$)

Ker je občutljivost človeškega ušesa pri nizkih frekvencah slabša kot pri srednjih in višjih frekvencah, je potrebno, če hočemo uskladiti meritve zvočnega tlaka s to lastnostjo ušesa, zvočni tlak frekvenčno odvisno meriti oziroma vrednotiti. Frekvenčna odvisnost vrednotenja je definirana s posebnimi ocenjevalnimi krivuljami, ki so za razne jakosti in vrste hrupa različne. Pri meritvah jakosti hrupa s sonometri uporabljamo, da dosežemo frekvenčno odvisno ocenitev zvočnega tlaka, posebne električne filtre, ki imajo enako frekvenčno karakteristiko kot prej omenjene ocenjevalne krivulje in tudi enake oznake. Te oznake so A, B, C, D in jih zaradi jasnosti merilnega podatka dodajamo simbolu merilne enote npr. dB(A), dB(B), dB(C), dB(D).

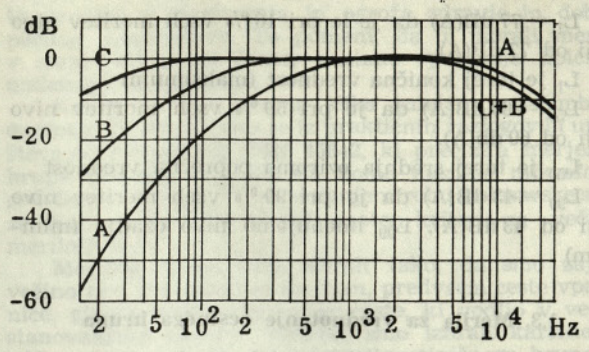
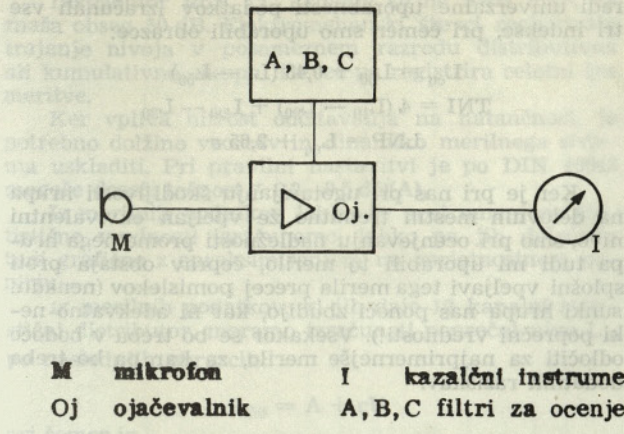
Številne izkušnje kažejo, da merjenje nivojev hrupa s filtrom A zelo dobro ustreza subjektivnemu občutku glasnosti pri raznih vrstah hrupa in tako ugotavljamo nivo tudi pri cestnem hrupu s filtrom A [simbol L_A , enota dB(A)].

Nivoji hrupa, ki jih srečujemo v vsakdanjem življenju, se gibljejo med 10 in 120 dB(A). Nekaj primerov:

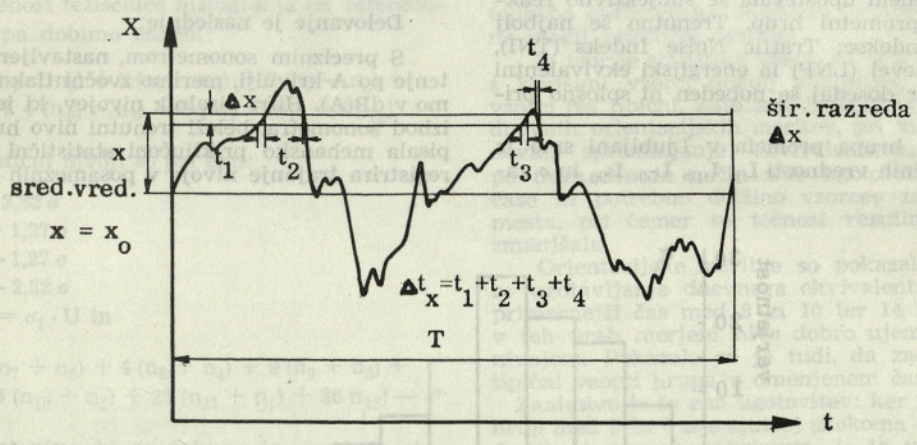
mirna spalnica	30 dB(A)
miren delovni kabinet	40 dB(A)
miren pogovor	60 dB(A)
glasen radioaparar	80 dB(A)
tovorni avto na 5 m	90 dB(A)

1.2. Merjenje fluktuirajočega hrupa

Vsak zvočni pojav lahko podamo s časovnim diagramom (zvočni nivo v odvisnosti od časa) in frekvenčnim spektrom (zvočni nivo v odvisnosti od frekvence). Hrup prometa je fluktuirajoč šum s izrazitimi konicami. Njegov trenutni nivo lahko sicer podamo v dB(A), ker se pa stalno spreminja, moramo pri meritvah uporabiti statistične metode.



Sl. 1: Shema sonometra



Sl. 2: Zapis fluktuirajočega hrupa

Če porazdelimo trenutne nivoje tipičnega vzorca fluktuirajočega hrupa po stopnjah npr. 5 dB(A) in ugotavljamo čas, ko se giblje nivo v mejah posameznih stopenj oz. razredov, dobimo statistično porazdelitev nivojev, tako imenovani histogram. Iz histogramov je torej razviden čas oz. procent časa, v katerem niha nivo v razponu določenega razreda. Če pri meritvi prištevamo nižjim razredom tudi časovne vrednosti vseh višjih razredov, pa dobimo diagram tako imenovane sumarne pogostosti, ki kaže procent časa oziroma verjetnost, da bo nivo višji od nivoja opazovanega razreda.

Klasirne naprave, s katerimi statistično merimo nivoje fluktuirajočega hrupa, so grajene tako, da posebni števcji registrirajo trajanje trenutnih nivojev hrupa v posameznih razredih, poseben števec pa kaže skupni čas merjenja. S temi podatki lahko narišemo histogram, pri čemer podajamo trajanje nivoja v po-

sameznih razredih v odstotkih. Števce lahko nastavimo tudi tako, da kažejo čas, ko je nivo višji od nivoja razreda. S temi podatki lahko narišemo verjetnostni diagram in če ga rišemo na verjetnostni papir, lahko z aproksimacijo h Gaussovi normalni porazdelitvi ugotovimo nivoje, ki so trajali nek procent celotnega časa. Na primer:

- L_1 je nivo, ki je trajal 1% celotnega časa (konica)
- L_{50} je nivo, ki je trajal 50% celotnega časa (srednja vrednost)
- L_{90} je nivo, ki je trajal 90% celotnega časa (srednji najnižji nivo)
- ter seveda standardno deviacijo σ .

Merilne podatke lahko dobimo tudi z računalnikom z ustreznim programom.

Primer:

Nivo razreda dB(A)	46-50	51-55	56-60	61-65	66-70	71-75	76-80	81-85
Distribut. štev. odč. porazdelitve	1440	3240	3960	5040	2700	1170	378	78
%	8	18	22	28	15	6,5	2,1	0,4
Kumulat. štev. odč. porazdelitve	18.000	16.569	13.320	0360	4320	1620	450	72
%	100	92	74	52	24	9	2,5	0,4

Pri tem pomeni npr.:

$L_1 = 77 \text{ dB(A)}$ da je le pri 10 % vseh meritev nivo višji od 77 dB(A).

L_1 je torej konična vrednost (maksimum)

$L_{50} = 60 \text{ dB(A)}$ da je pri 50 % vseh meritev nivo višji od 60 dB(A).

L_{50} je torej srednja oziroma poprečna vrednost

$L_{99} = 43 \text{ dB(A)}$ da je pri 99 % vseh meritev nivo višji od 43 dB(A). L_{99} imenujemo nivo ozadja (minimum)

1.3. Merila za vrednotenje cestnega hrupa

Če hočemo definirati cestni hrup, je potrebno, da poleg frekvenčnega spektra podamo predvsem srednji nivo L_{50} ter nivo konic (L_1, L_{10}). Nivo ozadja tj. najnižji nivo, ki sploh nastopi, je pri tem sekundarnega pomena. Kot vidimo, ne zadošča samo ena od navedenih vrednosti, temveč dve.

Ker je težko presojati stopnjo motenj, če imamo dva podatka, so iskali merila, ki bi vključevala oba podatka in bi obenem upoštevala še subjektivno reakcijo človeka na prometni hrup. Trenutno še najbolj uporabljajo tri indekse: Traffic Noise Indeks (TNI), Noise Pollution Level (LNP) in energijski ekvivalentni nivo (L_{eq}), vendar dosedaj še nobeden ni splošno priznan.

Pri meritvah hrupa prometa v Ljubljani smo iz dobljenih statističnih vrednosti $L_1, L_{10}, L_{50}, L_{90}$ in σ za-

radi univerzalne uporabnosti podatkov izračunali vse tri indekse, pri čemer smo uporabili obrazce:

$$L_{eq} = L_{50} + 0,43 (L_1 - L_{50})$$

$$TNI = 4 (L_{10} - L_{90}) + L_{90} - L_{30}$$

$$LNP = L_{eq} + 2,65 \sigma$$

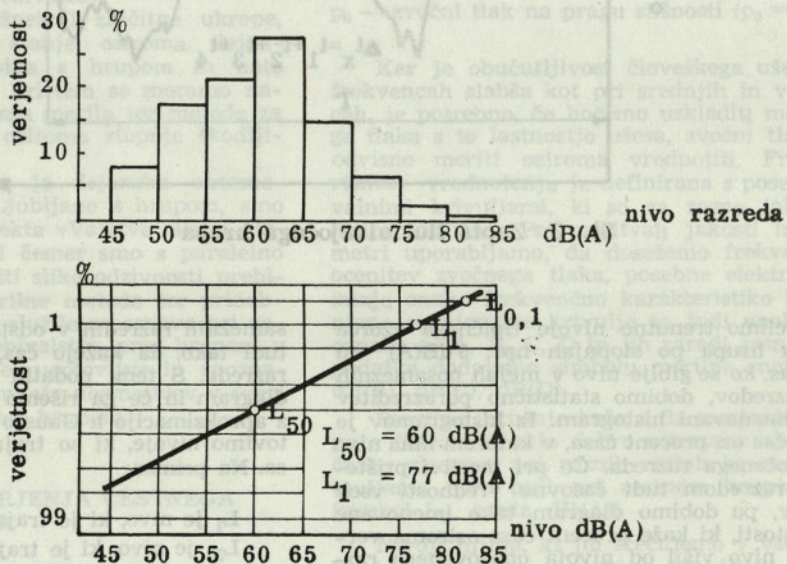
Ker je pri nas pri ugotavljanju škodljivosti hrupa na delovnih mestih trenutno že vpeljan ekvivalentni nivo, smo pri ocenjevanju nadležnosti prometnega hrupa tudi mi uporabili to merilo, čeprav obstaja proti splošni vpeljavi tega merila precej pomislekov (nenadni sunki hrupa nas ponoči zbudijo, kar ni adekvatno neki poprečni vrednosti!). Vsekakor se bo treba v bodoče odločiti za najprimernejše merilo, za kar pa bo treba dodatnih raziskav.

1.4. Izvedba meritev in merilna tehnika

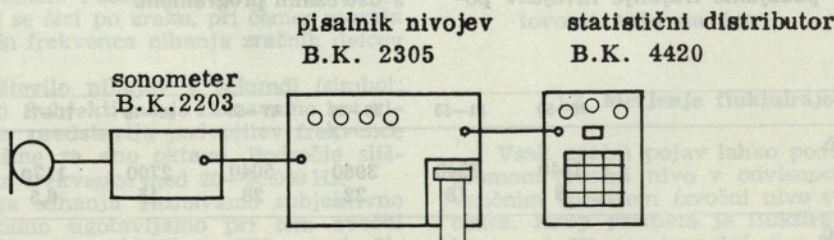
Za merjenje fluktuirajočega hrupa je potreben v prvi vrsti sonometer, na katerega priključimo mehansko ali elektronsko klasirno napravo, ki registrira trajanje nivojev v posameznih razredih.

Delovanje je naslednje:

S preciznim sonometrom, nastavljenim za vrednotenje po A krivulji, merimo zvočni tlak in ga vrednotimo v dB(A). Hitri pisalnik nivojev, ki je priključen na izhod sonometra, beleži trenutni nivo hrupa, na ročico pisala mehansko priključeni statistični distributor pa registrira trajanje nivoja v posameznih razredih.



Sl. 3: Distributivna in kumulativna porazdelitev nivojev in določanje nivojev L_1 in L_{50} na verjetnostnem papirju



Sl. 4: Merilni komplet za statistično merjenje hrupa

Distributor ima 12 kanalov širine 5 dB tako, da znaša obseg 50 dB. Elektromehanski števeci registrirajo trajanje nivoja v posameznem razredu distributivno ali kumulativno, skupni števec pa registrira celotni čas meritve.

Ker vpliva hitrost odčitavanja na natančnost, je potrebno dolžino vzorcev in dinamiko merilnega sistema uskladiti. Pri pravilni nastavitvi je po DIN 46642 mogoče doseči točnost $\pm 0,2-0,5$ dB(A).

Iz merilnih podatkov lahko že prej omenjene statistične vrednosti izračunamo, lahko pa jih določimo tudi grafično z aproksimiranjem na verjetnostnem parirju.

Iz merilnih podatkov, ki jih daje 12 kanalni statistični distributor, moramo izračunati poprečni nivo L_{50} po naslednjih obrazcih:

$$L_{50} = A + cU$$

pri čemer je

A = srednji nivo referenčnega kanala (6), N = skupno število odčitkov

U = širina kanala [5 dB(A)], n_1 do n_{12} = odčitki posameznih kanalnih števecv

c tj. oddaljenost težiščnice histograma od referenčnega kanala 6 pa dobimo enačbi:

$$c = \frac{1}{N} [(n_7 - n_5) + 2(n_8 - n_4) + 3(n_9 - n_3) + 4(n_{10} - n_2) + 5(n_{11} - n_1) + 6n_{12}]$$

Drugi statistični nivoji so pri tem:

$$L_1 = L_{50} + 2,32 \sigma$$

$$L_{10} = L_{50} + 1,27 \sigma$$

$$L_{90} = L_{50} - 1,27 \sigma$$

$$L_{99} = L_{50} - 2,32 \sigma$$

pri čemer je $\sigma = \sigma_1 \cdot U$ in

$$\sigma_1 = \frac{1}{N} [(n_7 + n_5) + 4(n_8 + n_4) + 9(n_9 + n_3) + 16(n_{10} + n_2) + 25(n_{11} + n_1) + 36n_{12}] - c^2$$

Ekvivalentni nivo, ki ga dobimo iz osnovnih statističnih podatkov $L_{eq} = L_{50} + 0,43(L_1 - L_{50})$ velja seveda vedno le za merjeni vzorec hrupa.

Ker se poprečni nivo hrupa v eni uri, pa tudi v dnevnem času, le malo spreminja, zadostuje, če merimo ekvivalentni nivo krajših tipičnih vzorcev hrupa in dnevni ali nočni ekvivalentni nivo izračunamo po enačbi:

$$L_{eq} = 10 \log \frac{1}{T} \sum (t_i \cdot 10^{0,1L_i}) \text{ dB(A)}$$

pri čemer je:

t_i = čas trajanja posameznega tipičnega vzorca

L_i = ekvivalentni nivo posameznega tipičnega vzorca

T = skupni čas trajanja meritev

1.5. Izbira merilnih mest in časi meritev

Pri izbiri merilnih mest je osnovno vprašanje, kakšno zvočno sliko hočemo prikazati. V zazidanem okolju se namreč nivo hrupa krajevno močno spreminja: zgradbe reflektirajo zvočne valove, nastajajo zvočne sence, fokusacije in podobno. Če bi hoteli tako heterogeno zvočno situacijo detajlno prikazati, bi morali meriti na vseh fasadah stavb, dvoriščih, stranskih ulicah itd. skratka na tolikih točkah, da bi vsega mesta praktično prav gotovo ne mogli zajeti. Pri tem bi nastalo še vprašanje sočasnosti in ekvivalentnosti meritev.

Za ugotovitev obremenjenosti prebivalstva s hrupom je važno, kje in kdaj nas prometni hrup moti: na cesti ali v stanovanju. V smislu predpisov o ugo-

tavljanju zvočnih motenj v komunalnem okolju bi morali meriti hrup, ki vlada pred okni stanovanj, saj prav ta prodira v stanovanja in ogroža zdravje in dobro počutje stanovalcev. To pomeni, da bi morali meriti v stanovanjih, pri čemer nastane vprašanje tipičnih nadstropij in podobno.

Ker mora biti zvočna slika izdelana po čimbolj enotnem kriteriju, smo se iz praktičnih razlogov in upoštevajoč priporočila DIN 45642, ki precizira merjenje hrupa prometa, odločili, da bomo merilne mikrofone praviloma postavljali ob zunanjem robu kolesarske steze. Na ta način smo dosegli enoten kriterij za večino merilnih mest.

Merilna mesta smo izbrali tako, da smo zajeli večino cest z močnim prometom, predvsem ceste vpadnice, glavne mestne ceste ter ceste, ki vodijo v večje stanovanjske soseske. Posebej smo izbrali karakteristična merilna mesta za ugotovitev tipičnega hrupa v soseski. Pri vsem tem smo upoštevali tudi urbanistične vidike in potrebe ankete.

1.6. Merilni časi

Če bi hoteli direktno izmeriti dnevni in nočni ekvivalentni nivo hrupa, bi morali na vsakem merilnem mestu meriti 24 ur. To bi pomenilo pri vsaj 100 mestih tolikšno obremenitev merilcev in aparaturo, da bi tega ne mogli praktično izvesti.

Iz teorije statistike vemo, da je mogoče dobiti tudi s krajšimi vzorci dovolj zanesljive rezultate, če so vzorci res tipični. Zato smo izvedli najprej nekaj celodnevni orientacijskih meritev, pri katerih smo zasledovali spreminjanje ekvivalentnega nivoja hrupa po urah. Na ta način smo ugotovili tipične merilne čase in potrebno dolžino vzorcev za druga merilna mesta, pri čemer se točnost rezultatov ni bistveno zmanjšala.

Orientacijske meritve so pokazale, da je za hitro ugotavljanje dnevnega ekvivalentnega nivoja najprimernejši čas med 8 in 10 ter 14 in 18 uro, saj se v teh urah merjeni nivo dobro ujema s celodnevnim nivojem. Pokazalo se je tudi, da zadošča, če trajajo tipični vzorci hrupa v omenjenem času vsaj 25 minut.

Zanimiva je še ena ugotovitev: ker promet in z njim hrup med 5 in 6 uro zjutraj skokoma naraste in doseže dostikrat dnevni maksimum, je ta vrednost za ekvivalentni nočni nivo takorekoč merodajna. Če poznamo nivo tipičnega nočnega miru npr. med 24 in 4 uro in predpostavljamo, da traja 7 ur, ter jutranji nivo med 5 in 6 uro lahko s precejšnjo točnostjo ocenimo dejanski nočni ekvivalent.

2. DISKUSIJA REZULTATOV

Histogrami časovne porazdelitve nivojev na posameznih merilnih mestih dajejo zanimivo sliko, ki je tipična za prometni tok ter sam komunalni hrup na tem mestu (sliki 5a in 5b)

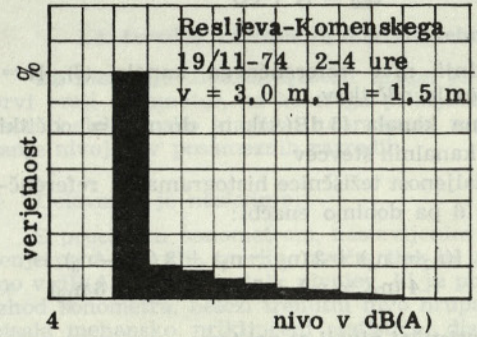
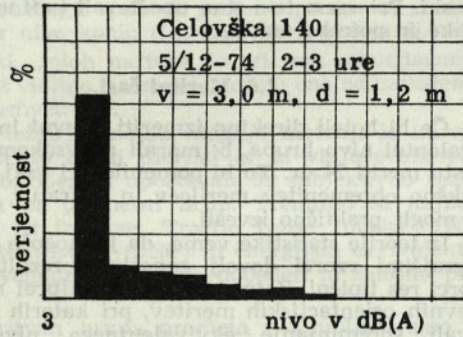
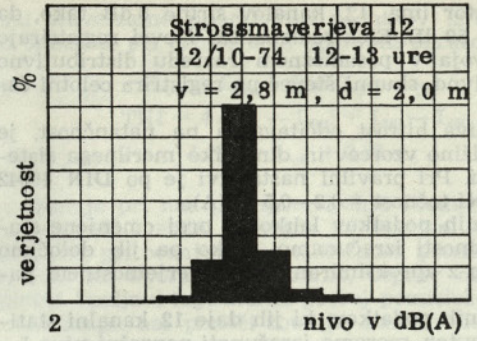
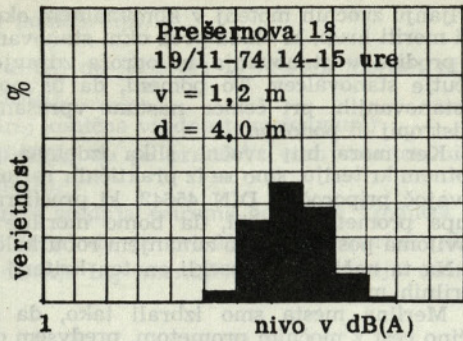
Iz njih je mogoče razbrati naslednje posebnosti:

Lepe simetrične histograme, ki dobro ustrezajo Gaussovi normalni porazdelitvi dobimo podnevi, pri tekočem prometu na vseh glavnih cestah (histogram št. 1, 2). V nočnem času so značilni dalj časa trajajoči nizki nivoji, ki kažejo odstotek nočnega miru, odstopanje od Gaussove porazdelitve pa je precejšnje (histogram št. 3, 4). Na vpadnicah ni izrazitega nočnega miru in so tipični razvlečeni histogrami z neizrazitimi konicami (histogram št. 5, 6). Zelo značilni so tudi histogrami, kjer nastopata dva vira hrupa (histogram št. 7, 3).

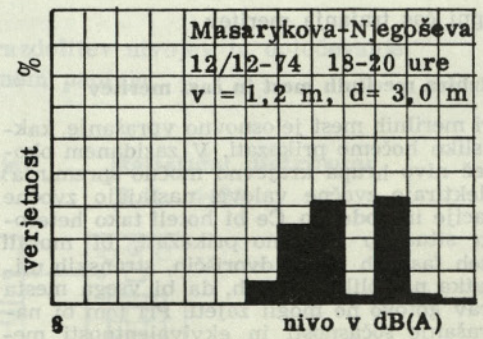
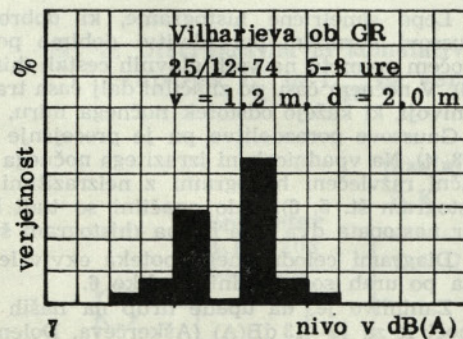
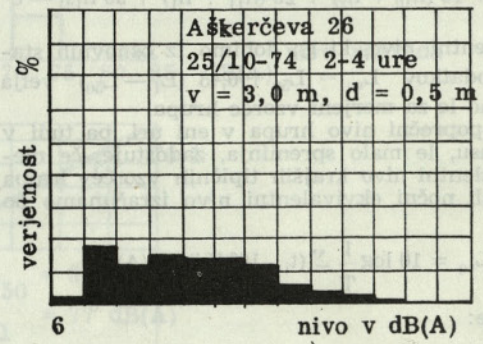
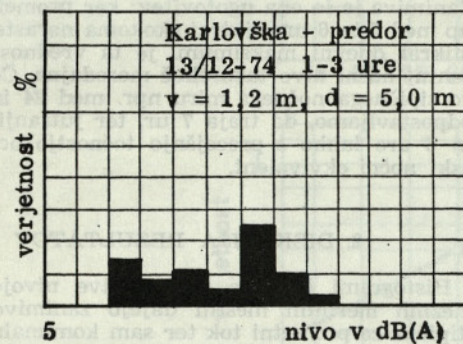
Diagrami celodnevnega poteka ekvivalentnega nivoja po urah so razvidni iz slike 6.

Zanimivo je, da upade hrup na naših vpadnicah ponoči le za 12-13 dB(A) (Aškerčeva, Dolenjska, Titova) na Celovski pa za 18 dB(A).

Od mestnih cest kaže ponoči upad hrupa Resljeva (nad 20 dB(A), na lokalnih cestah pa se celodnevni nivo hrupa menja brez neke zakonitosti.

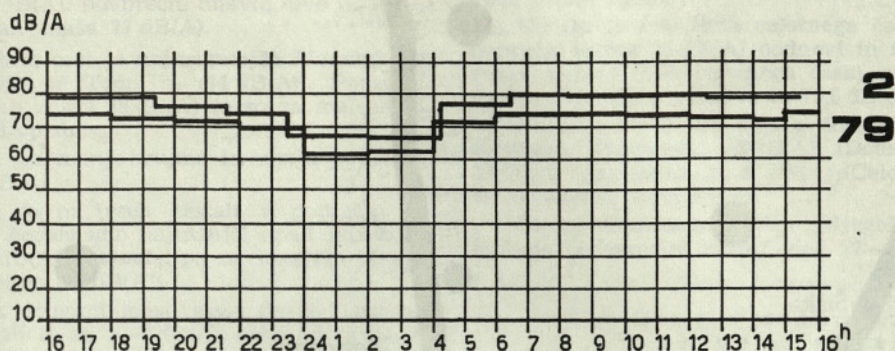


Sl. 5/a: Tipični histogrami

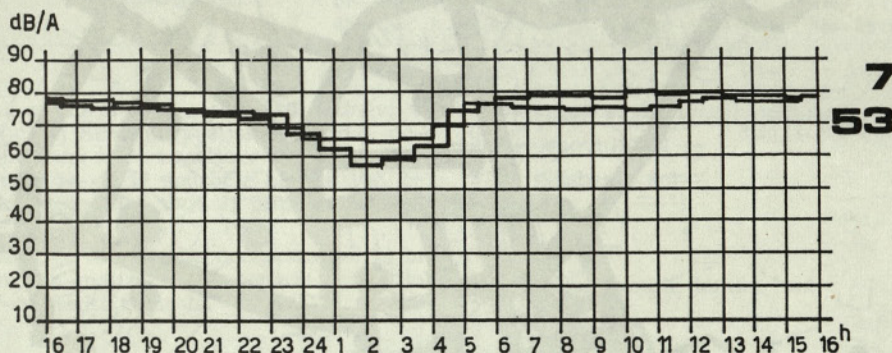


Sl. 5/b: Tipični histogrami

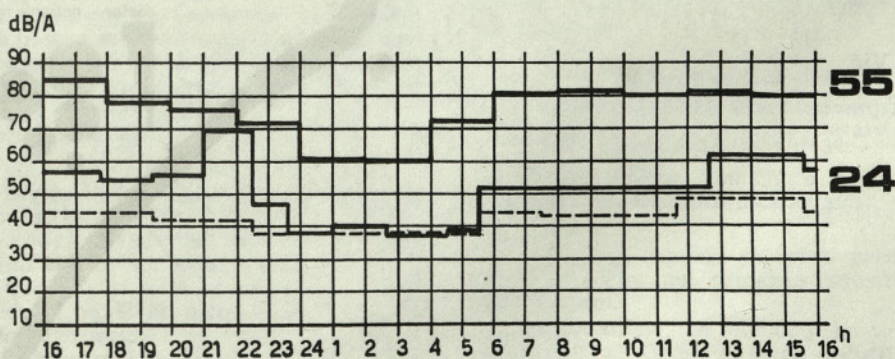
- 2** Aškerčeva 26, 10.1.1975 $v = 3 \text{ m}$ $d = 0.5 \text{ m}$
79 Ježica, Titova 216, 17.10.1974 $v = 2.5 \text{ m}$ $d = 5 \text{ m}$
 povprečje dnevno 76.5 dB/A (15h - 24h)



- 7** Šentvid - Celovška, 3.12.1974 $v = 1.5 \text{ m}$ $d = 3 \text{ m}$.
53 Prešernova 18, 18.11.1974 $v = 1.2 \text{ m}$ $d = 4 \text{ m}$



- 24** Endliharjeva-Savsko naselje, 16.12.1974 $v = 1.2 \text{ m}$ $d = 2 \text{ m}$
 6h - 20h Leq 57 dB/A, 20h - 22h Leq 67 dB/A, 22h - 6h Leq 57 dB/A
55 Resljeva-Komenskega, november 1974, $v = 4 \text{ m}$ $d = 1 \text{ m}$



Sl. 6: Celodnevni potek ekvivalentnega nivoja hrupa

3. KARTA HRUPA MESTA LJUBLJANE

Na osnovi, po prej obrazloženi metodologiji dobjenih rezultatov, smo izdelali karte hrupa, iz katerih so razvidna glavna hrupna območja mesta. V prvi vrsti so to območja cest vpadnic, kjer je hrup največji,

center mesta s tipičnimi mestnimi cestami, ter območja povezovalnih cest med posameznimi mestnimi predeli. Dve karti prikazujeta stanje podnevi in stanje ponoči, v dveh pa so prikazane prekoračitve nivojev po mednarodnih normativih po glavnih območjih mesta, glede na dovoljene vrednosti.



KARTA HRUPA LJUBLJANE
 Poprečni dnevni nivo prometnega hrupa v Ljubljani (stanje 1974/75)

cestne-, notranje meritve

	nad 80 dB/A
	75 - 79 dB/A
	70 - 74 dB/A
	65 - 69 dB/A
	60 - 64 dB/A
	55 - 59 dB/A
	50 - 54 dB/A

Sp. Hrušica

Koforje 44 km
 Novo mesto 89 km
 Zagreb 155 km

Lavrica

3.1. Posamezne ugotovitve

3.1.1. Hrupnost cest

Na tipičnih cestah — vpadnicah smo izmerili največji dnevni hrup na Karlovški (82 dB(A)), najnižji pa na Celovski (73,5 dB(A)). Povprečni dnevni nivo na ljubljanskih vpadnicah znaša 77 dB(A).

Od povezovalnih cest je najhrupnejša Masarykova (84 dB(A)), najtišja pa Topniška (74 dB(A)). Poprečni hrup na teh cestah znaša 78 dB(A) in so za malenkost celo hrupnejše od vpadnic.

Mestne ceste so manj hrupne in znaša poprečni dnevni nivo 73 dB(A).

Nočni nivoji so na vseh cestah v poprečju za 9 dB(A) nižji, pri čemer smo najmanjši upad zabeležili na vpadnicah (8 dB(A)), največji pa na lokalnih cestah z manjšim prometom (10 dB(A)).

Primerjava z drugimi mesti kaže, da je hrup na ljubljanskih cestah le za 1—2 dB(A) nižji od hrupa v Rimu, k čemur je treba pripomniti, da se nanašajo podatki za rimske ceste na opoldanski čas, ko je hrup praviloma največji (prekinitev delovnega časa).

3.1.2. Hrup v mestu

Poprečni dnevni hrup v Ljubljani ne pade pod 60 dB(A), ponoči pa ne pod 51 dB(A), pri čemer je treba poudariti, da je pri tem mišljeno poprečje vseh merilnih mest, medtem ko je na posameznih mestih seveda lahko manjši.

Konice hrupa 10 % celotnega časa) se gibljejo v poprečju okrog 77 dB(A) podnevi in 66,5 dB(A) ponoči, redke konice (1 % celotnega časa) pa dosežejo v poprečju 83,5 dB(A) podnevi in 75,5 dB(A) ponoči.

Najvišji nivoji na cestah dosežejo 95 dB(A) (Masarykova, Njegoševa), 92 dB(A) (Dolenjska, Topniška), 89 dB(A) (Karlovska) in 87 dB(A) (Celovška, Aškerčeva), če navedemo najvažnejše.

Okrog Kliničnega centra (Njegoševa, Zaloška) se gibljejo maksimalni nivoji med 77—89 dB(A)!

3.1.3. Hrup v stanovanjskih predelih mesta

Groba ocena hrupa v stanovanjskih predelih po občinah daje naslednjo sliko:

Občina	Vič	Moste	Šiška	Bežigrad	Center
dan	50—55	55—60	55—60	60—65	65—75 dB(A)
noč	45—50	45—60	42—48	50—55	55—75 dB(A)

Najbolj mirna stanovanjska naselja so podnevi v občini Vič (Murglje) in Šiški (Draveljska gmajna), ponoči pa je slika obrnjena in so naselja v Šiški nekoliko bolj mirna. Zanimivo je, da je področje občine Vič, če izvzamemo Tržaško cesto, med najbolj mirnimi predeli Ljubljane.

Kot je povedano, je to le groba ocena stanja, ki bi zahtevala še nadaljnje analize, kar pa spada v študijo bodoče urbanistične ureditve mesta.

31 % vzgojno varstvenih ustanov

36 % osnovnih šol

57 % glasbenih šol

85 % gimnazij

69 % fakultet

54 % zdravstvenih domov in

85 % bolnišnic

V navedenih primerih znašajo prekoračenja 15 do 25 dB(A), na območju kliničnega centra celo 30—35 dB(A).

4. USTREZNOST DOSEDANJE URBANISTIČNE UREDITVE MESTA GLEDE NA HRUP

Smotrna urbanistična ureditev mesta mora upoštevati pri razdelitvi mestnega zemljišča na območja tudi občutljivost namembnosti območij na hrup. Nesmiselno je namreč postavljati stavbe, v katerih so na hrup občutljive dejavnosti, v hrupna območja in obratno. Osnova za planiranje je vsekakor poznavanje obstoječega stanja in seveda nivo hrupa, ki ga neka dejavnost oziroma namembnost lahko prenese. Smiselnost take razdelitve območij je predvsem v tem, da ni potrebno pri stavbah, v katerih je potreben mir, predvideti dodatnih zaščitnih ukrepov, ki dostikrat niso niti izvedljivi.

Kakšen nivo hrupa lahko v posameznih območjih glede na namembnost dovoljujemo, je stvar ustreznih raziskav in dogovorov. V mestnem središču moramo pred stanovanjskimi hišami dovoljevati višji nivo hrupa npr. 60 dB(A), ker pač drugače ni mogoče, v čistih stanovanjskih predelih pa dovoljujemo le 55 dB(A), ali še manj, ker je ta nivo mogoče uresničiti. Na območjih, ki so namenjena rekreaciji, bolnišnicam in sanatorijem pa je meja 45 dB(A) že kar visoka.

V Ljubljani je, lahko rečemo, situacija v pogledu hrupa na splošno nezadovoljliva. Študija je pokazala, da živi približno tretjina prebivalcev v območjih, kjer presega nivo hrupa 60 dB(A) in da je 15 % prebivalstva izpostavljeno hrupu, ki je za 4—14 dB(A) višji od splošno dovoljenih vrednosti.

Ustreznost lokacij na hrup občutljivih dejavnosti prav tako ne ustreza. V prehrupnem okolju leži:

4.1. Prekoračenja dovoljenih nivojev po območjih

Glede na izrabo zemljišč in občutljivost raznih dejavnosti na hrup je smotrno razdeliti mesto na naslednja območja:

1. čisto industrijsko območje

2. mešano industrijsko-stanovanjsko območje

3. čisto stanovanjsko območje

4. rekreacijsko območje s parki, sanatoriji, bolnišnicami in sorodnimi ustanovami

Med temi območji je dobro predvideti tudi prehodna območja, npr. pretežno industrijsko in pretežno stanovanjsko.

Razporeditev teh območij je v Ljubljani precej problematična. Območja se po občutljivosti na hrup ne prelivajo druga v drugo in se dostikrat stikata dve območji, ki sta po občutljivosti zelo različni.

Tako prepletanje namembnosti je s stališča zaščite pred hrupom dokaj problematično. Če razmejuje dve območji npr. industrijsko in čisto stanovanjsko močno frekventirana vpadnica (npr. Celovška cesta med Šiško in Sentvidom) ki je lahko za industrijsko območje celo važna, je hrup na strani vpadnice proti industrijski coni v dovoljenih mejah, na strani stanovanjskega območja pa znašajo prekoračitve do 20 dB(A).

Če primerjamo rezultate meritev z dopustnimi vrednostmi, lahko na grobo ocenimo, da je v Ljubljani:

- hrup v čisti industrijski coni v dovoljenih mejah
- hrup v stanovanjskih območjih za 10—15 dB(A) prevelik
- hrup v rekreacijskem območju, če upoštevamo predvsem bolnišnice in sanatorije, v poprečju 23 dB(A) prevelik.

Pri tej ocenitvi je treba poudariti, da gre tu le za poprečja in so v posameznih primerih možne tudi večje razlike.

5. UGOTOVITVE ANKETE

Da bi bilo mogoče primerjati rezultate ankete o odzivnosti prebivalstva na hrup z objektivnimi podatki, smo pri določanju merilnih mest upoštevali potrebe ankete in obratno. Reprezentativni vzorec je obsegal nad 1000 stanovalcev, pri čemer smo pri izbiri predelov upoštevali območja merilnih mest, gostoto stanovanj in strukturo prebivalstva. Anketni list je obsegal 22 vprašanj s poprečno 5 podvprašanji. Anketiranje so izvedli za to posebej izvežbani študentje sociologije, rezultate pa smo statistično obdelali z računalnikom.

Zanimiva ugotovitev ankete je, da je skoraj 55 % anketiranih odgovorilo, da je njihova spalnica orientirana na cesto. Ker se od teh skoraj 70 % pritožuje nad hrupom s ceste, lahko sklepamo, da je hrup pred okni stanovanj na splošno prevelik.

Na vprašanje, če spijo pri odprtem oknu, je negativno odgovorilo 65 % anketiranih, od katerih jih le 44 % mirno spi.

Na splošno ugotavlja večina anketiranih, da jih moti cestni hrup. Splošno se nad hrupom pritožuje 69 odstotkov anketirancev, pri čemer jih 59 % navaja kot močno hrup prometa.

Podobno ugotavlja 56 % odgovorov, da je glavni vir komunalnega hrupa promet, 9 % navaja kot vir hrup železnice in le približno 5 % odgovornov omenja, da jih moti hrup bližnje industrije.

Anketa je ugotovila še druge odzivnosti prebivalstva na hrup, ki pa zanimajo predvsem higienike in jih v tem poročilu zato ne navajamo.

Originalni naslov raziskovalne naloge:

KARTA HRUPA MESTA LJUBLJANE Z OCENO OBREMENTITVE PREBIVALSTVA S HRUPOM

Nosilec naloge: Dušan Vendramin, dipl. inž. el. — ZRMK Ljubljana

Sodelavci: doc. Gala dr. Aleksander, Jež Valentin, dipl. psih. mag. Gspan Primož, dipl. inž. fiz. — ZVD Ljubljana Dekleva Jože, dipl. inž. arh. — UI Ljubljana Šarec Lučka, dipl. inž. arh. — UI Ljubljana

DUŠAN VENDRAMIN, DIPL. ING.



portorož - mesto kongresov in udobja

KONGRESNI CENTER AVDITORIJ — HOTELI METROPOL — HOTELI PALACE —
HOTELI PIRAN

kompletna priprava in organizacija kongresov, simpozijev in posvetovanj

glavna dvorana s 500 sedeži ter tri manjše dvorane
najsodobnejše tehnične aparature
tehnično in ostalo potrebno osebje

hoteli z ugledom in tradicijo

kompletna oskrba
rekreacija
zabava

možnost dostopa

osebni avto in avtobus
vlak (do Kopra)
avion (Ljubljana, Pula, Ronchi)

podrobnejše informacije

TURISTIČNO HOTELSKO PODJETJE

TOZD TURIZEM AVDITORIJ

PORTOROŽ - SENČNA POT 10

tel.: (066) 73 571, 73 569

telex: AUTUR: 34206