UDK-UDC 05:625;
YU ISSN 0017-2774

LJUBLJANA,
MAREC-APRIL, 1989

LETNIK XXXVIII,
STR. 57–100

GRADBENI VESTNIK 3-4

Ljubljansko južno obvoznico, 6,6 kilometra dolgo avtomobilsko cesto je zgradil SCT. Gradnja na zahtevnem barjanskem terenu je trajala skoraj štiri leta, cesta pa je bila za vse, ki so jo gradili, težak, skoraj pionirski gradbeniški zalogaj.

Foto: **Oskar Dolenc**

POTRES V ARMENIJI

UDK 624.131.55(599)

SERGEJ BUBNOV

POVZETEK

Osnovni seizmološki podatki potresa 7. 12. 1988 v Armeniji. Primerjava seizmične rajonizacije SSSR z dejanskim učinkom potresa. Zgodovinski podatki. Posledice potresa. Uporaba montažnih konstrukcij v potresnih območjih. Pouki armenskega potresa.

EARTHQUARE OF ARMENIA

SUMMARY

Basic seismological data of the earthuake of 7. 12. in Armenia, Comparison of the data of the seismic regionalization map of USSR with the effects of the real earthquake. Historical data. Consequences of the earthquake. Prefabricated element building technology in the seismic regions. Lessons of armenian earthquake.

UVOD

O katastrofalnem potresu, ki je 7. decembra 1988 prizadel Armenijo, bo še veliko raziskav, ki bodo poskušale pojasniti, zakaj je ta potres povzročil tako veliko razdejanje in toliko smrtnih žrtev. O tem bodo še dolgo razpravljali strokovnjaki ne samo v Sovjetski zvezi, temveč po celem svetu. Podrobnejše poročilo o tem potresu je treba pričakovati na 9. kongresu Evropskega združenja za potresno inženirstvo, ki bo septembra 1990 v Moskvi. Sedaj lahko podamo le splošne informacije o potresu na podlagi strokovnih podatkov, ki so že prej obstajali v Sovjetski zvezi, kakor tudi na podlagi poročil, ki so jih dopisniki raznih svetovnih in tudi naših časopisov pošiljali takoj po potresu s potresnega ozemlja in iz Moskve. Iz teh poročil je poleg številnih reportažnih prikazov trpljenja ljudi možno razbrati tudi nekaj strokovnih ugotovitev, ki temeljijo predvsem na izjavah kompetentnih strokovnjakov, tako sovjetskih kot inozemskih.

SEIZMOLOŠKI PODATKI

Prvi potresni sunek je bil 7. decembra 1988 ob 11.41 po lokalnem času. Trajal je okrog ene minute. Magnituda tega potresa je po ameriških podatkih znašala 6,9 po Richterju. Štiri minute kasneje je prišel drugi sunek, ki je trajal tudi okrog minute, z magnitudo 5,8. Nadaljnji sunki (afteršoki) so se vrstili ves dan do pozno ponoči.

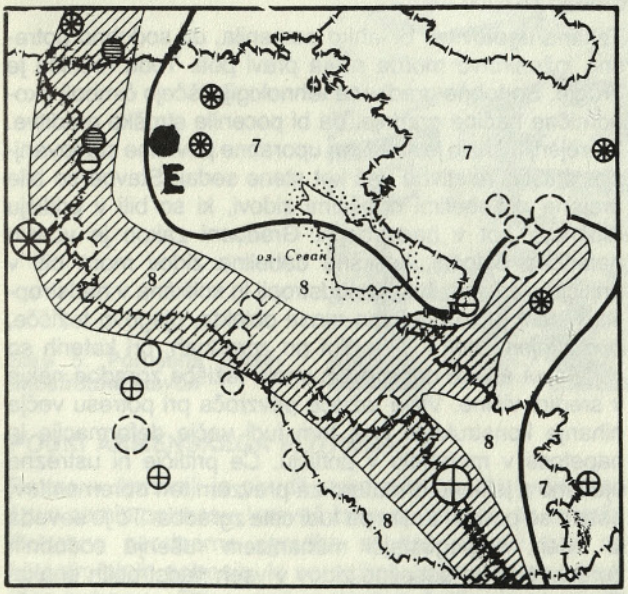
Avtor:
Prof. Sergei Bubnov

Slika 1. **Območje potresa**

Epicenter potresa je bil okrog 40 km severovzhodno od Leninakana, drugega največjega mesta Armenije, nedaleč od manjšega mesta Spitaka (slika 1). Globina hipocentra je bila okrog 20 km pod površjem. Intenziteta potresa v epicentru je bila 9.–10. stopnje MSK lestvice. Pri tako

močnih potresih epicenter ni skoncentriran v eni točki, temveč se razširja na več kilometrov ali celo več deset kilometrov vzdolž prelomnice.

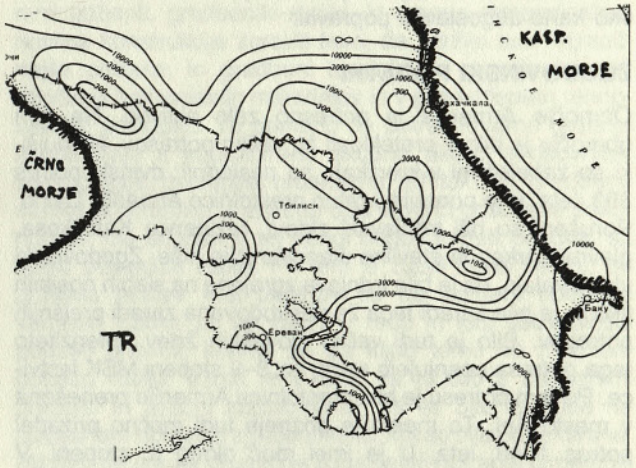
V Sovjetski zvezi so 1980. izdali obsežno publikacijo Seizmična rajonizacija ozemlja SZ, ki so jo pripravili številni sovjetski seizmologi, geologi in drugi strokovnjaki (več kot 100 znanstvenikov). Pri tem je bilo uporabljenih 943 publikacij in drugih virov iz sovjetske in mednarodne strokovne literature. Ta karta rajonizacije je izdelana na podlagi sodobnega verjetnostnega pristopa pri določanju potresnih pojavov in ob upoštevanju predvsem geotektonskih raziskav strukture zemeljske skorje ter tudi razpoložljivih zgodovinskih podatkov o potresih v preteklosti. Kljub tako obsežnemu delu je bil ta potres očitno močnejši, kot je karta seizmične rajonizacije predvidevala. Na karti tako imenovanega zbalansiranega rizika je območje, ki ga je prizadel ta potres, označeno s 7. in 8. stopnje MSK lestvice. Sam epicenter je bil celo znotraj območja 7. stopnje. Leninakan pa je bil v območju 8. stopnje (slika 2). (Na sliki so s krožci prikazani epicentri minulih potresov različnih jakosti, šrafirana površina pa označuje območje, kjer so možni potresi z magnitudo 6,1–7,0.) Čeprav je po potresu akademik I. L. Nersesov, eden izmed avtorjev te karte, izjavil, da seizmologi niso krivi za posledice tega potresa, češ da stavbe, solidno zgrajene za 8. potresno stopnjo, ne bi smele porušiti tudi pri potresu 10. stopnje, četudi bi utrpele močne poškodbe. To je sicer res, vendar ostaja še vedno dejstvo, da je v tej karti določena projektna intenziteta le prenizka glede na dejansko intenziteto tega potresa.



Slika 2. **Epicenter potresa na veljavni seizmološki karti**

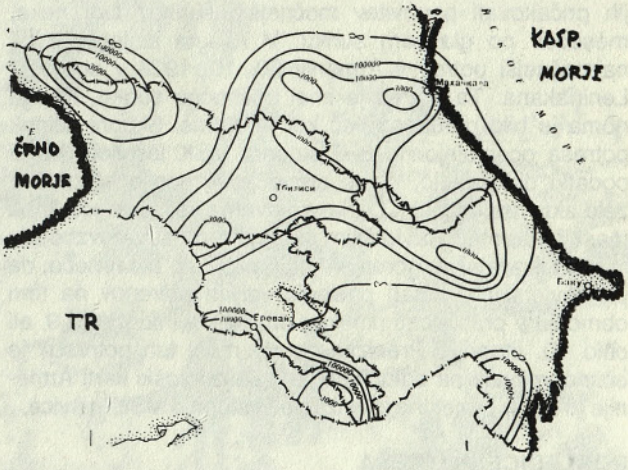
Tudi prognostične karte seizmične rajonizacije celotnega kavkaškega območja ne ustrezajo povsem temu, kar je ta potres pokazal.

Te karte so izdelane za projektne intenzitete 7, 8 in 9. stopnje MSK lestvice in za različne povratne periode od 30 do 100.000 let.



Slika 3. **Prognostična seizmološka karta za potrese 8. stopnje MSK**

Karta intezitete 8. stopnje (sl. 3) kaže na povečano seizmično aktivnost na območju, ki je nekoliko bolj severozahodno od epicentra sedanjega potresa, kjer je za potres 8. stopnje predvidena povratna perioda 100 let, za potres 9. stopnje pa 3000 let (slika 4).



Slika 4. **Prognostična seizmološka karta za potrese 9. stopnje MSK**

Epicenter sedanjega potresa je pa v teh kartah na območju s povratno periodo 3000 let za potres 8. stopnje in 100.000 let za potres 9. stopnje.

Ti podatki kažejo, da seizmološka znanost današnjega časa še ni tako daleč, da bi lahko zanesljivo napovedala jakost potresa na določeni lokaciji, da ne govorimo o časovnih napovedih, ki so zaenkrat možne le v zelo grobih orisih za določene povratne časovne periode. Podobno se je zgodilo tudi pri nas. Po velikih potresih po vojni v Skopju (1963), Banja Luki (1969), Posočju (1976) in Črnogorskem primorju (1979) se je pokazalo, da v takrat

veljavnih seizmoloških kartah niso bile prikazne pravilne največje intenzitete tistih območij, kjer so bili ti potresi. Po vsakem od omenjenih potresov je bilo treba seizmološko karto Jugoslavije popraviti.

ZGODOVINSKI PODATKI

Območje Armenije je potresno zelo aktivno. Na tem območju je bilo v preteklosti že veliko potresov. Najhujši, ki so zabeleženi v kronikah, so naslednji: dvinski potres 893. leta, ki je porušil takratno prestolnico Armenije Dvino. Porušeni so bili trdnjavski zidovi, rezidenca Katolikosa, glavna cerkev in številne stanovanjske hiše. Zgodovinski viri navajajo, da je bila trdnjava zgrajena na slabih nosilnih tleh in je bila zaradi tega že poškodovana zaradi prejšnjih potresov. Bilo je tudi veliko človeških žrtev. Intenziteto tega potresa ocenjujejo sedaj na 8–9 stopenj MSK lestvice. Po tem potresu je bila prestolnica Armenije prenešena v mesto Ani. To mesto je pozneje tudi močno prizadel potres 1046. leta, ki je imel moč okrog 8. stopenj. V območju Erevana je bil najmočnejši garnijski potres 1679. leta. Za ta potres je bilo značilno, da je imel več enako močnih sunkov. Prvi in drugi v razmaku 8 dni in tretji štiri mesece kasneje. Moč tega potresa za »povprečno« strukturo nosilnih tal ocenjujejo na 8 stopenj MSK lestvice. Ta potres je značilen po tem, da je imel dva močna sunka v razmaku štirih mesecev, podobno kot sta bila pri nas v Posočju potresna sunka v maju in septembru 1976. leta. To nas opozarja, da je treba na aktivnih potresnih območjih pričakovati ponovitev močnejših sunkov tudi nekaj mesecev po glavnem sunku. V našem stoletju je bil najmočnejši potres v Armeniji 20. 10. 1926 v območju Leninakana. Ta potres je imel tri močne sunke. Popolnoma je bilo porušeno več kot 4000 hiš. Skupni učinek potresa ocenjujejo na 8–9 stopenj MSK lestvice. Vsi ti podatki dokazujejo, da je območje Armenije seizmično zelo aktivno območje. Leži med dvema velikima gorskima masivoma, med Kavkaškim gorovjem na severovzhodnu in med Araratskim gorovjem na jugu. Zato preseneča, da pri sovjetskih ocenah posledic velikih potresov na tem območju v preteklosti ni nikjer omenjena intenziteta 9. ali celo 10. stopnje. Prenizka ocena moči teh potresov je očitno vplivala na odločitev, da v seizmološki karti Armenije ni nikjer projektne intenzitete 9. stopnje MSK lestvice.

POSLEDICE POTRESA

Število človeških žrtev zaradi tega potresa še ni ugotovljeno. Najprej se je govorilo o 45.000 mrtvih, zadnji uradni podatek pa navaja, da je bilo 24.958 mrtvih in okrog 14.000 ranjenih. Število mrtvih še ni dokončno določeno, kar ti podatki istočasno navajajo, da je bilo v epicentralnem območju povsem porušenih več kot 40 naselij, medtem ko so prej menili, da jih je porušeno precej manj. Zaradi porušenih cest in mostov nekaterih naselij še 10 dni po potresu niso dosegli z vozili in je bila zveza možna le s helikopterji. Dokončno število žrtev zaradi tega potresa bo najbrž okrog 30.000 mrtvih. Okrog 500.000 ljudi je ostalo brez strehe.

Ameriški strokovnjaki primerjajo posledice tega potresa s posledicami potresa, ki je 19. 9. 1985 prizadel Mehiko. Mehiški potres je bil znatno močnejši od armenskega. Magnituda tega potresa je bila po najnovejših podatkih 8,1, kar pomeni, da je bil ta potres več kot 10-krat močnejši od armenskega. (Pri Richterjevi lestvici magnitude pomeni vsaka stopnja 10-kratno povečanje količine sproščene potresne energije.) Kljub temu je bilo število žrtev v Mehiki (okrog 10.000) precej manjše kot pri armenskem potresu. V mehiškem potresu so bile domala vse žrtve v 300 km od epicentra potresa oddaljeni prestolnici Mehike Ciudad Mexico, ki je bila zgrajena na zelo neugodnih tleh izsušenega jezera. V samem epicentralnem območju, ob mehiški zahodni obali, je bilo žrtev zelo malo. Mehiški potres je bil znatno globlji od armenskega, zato se je njegova energija razširila na veliko večje območje, kar je tudi zmanjšalo povprečno intenziteto na površju. To je le ena plat razlage, zakaj je armenski potres zahteval več žrtev; poglavitni vzrok je bila očitno nesolidna gradnja gradbenih objektov v Armeniji.

Natančen obseg in vzroki porušitve posameznih zgradb v Ameniji bodo ugotovljeni pozneje. Prva poročila s potresnega območja navajajo, da je v Leninakanu (290.000 prebivalcev) porušeno okrog 80 % hiš. Spilak, ki je v neposredni bližini epicentra, je bil v celoti porušen. Največ je bilo porušenih 8-nadstropnih stanovanjskih stavb novejše izdelave, medtem ko so štirinadstropne prej zgrajene stavbe bolje zdržale potres. Posnetki ruševin kažejo, da so bile te zgradbe zgrajene iz prefabriciranih montažnih elementov (slika 5). Starejše zgradbe, zgrajene v klasični tehnologiji, so bolje zdržale potres kot novejše zgradbe. Podoben pojav je bilo možno zaslediti tudi v Ciudad Mexicu.

Takšna ugotovitev bi lahko pomenila, da sodobno potresno inženirstvo morda ni na pravi poti. Toda resnica je drugje. Sodobne gradbene tehnologije iščejo čimbolj ekonomične načine gradnje, da bi pocenile stroške graditve. V prejšnjih časih je stal 1 m^2 uporabne površine stanovanjske stavbe relativno več kot stane sedaj. Stavbe so bile grajene z debelimi opečnimi zidovi, ki so bili v pritličju močnejši kot v nadstropjih. Gradbeni zakon je včasih natančno določal, kolikšna debelina zidov mora biti v pritličju glede na število nadstropij in kolikšna v nadstropjih. S tem je bila celotna masa objekta, njegovo težišče, pomaknjeno bolj k tlem kot pri zgradbah, pri katerih so vsi zidovi enake debeline in imajo težišče zgradbe nekje v sredini višine. Višje težišče povzroča pri potresu večje nihanje konstrukcije in s tem tudi večje deformacije in napetosti v materialu v pritličju. Če pritličje ni ustrezno ojačeno z jekleno armaturo za prevzem teh obremenitev, potem se poruši, z njim pa tudi cela zgradba. To je seveda le eden, najpogostejši mehanizem rušenja sodobnih zgradb, kjer so debeline zidov v vseh nadstropjih enake. To smo ugotavljali tudi pri potresu v Skopju, kjer se je porušilo največ stanovanjskih zgradb, kjer so bili zidovi v vseh nadstropjih enake debeline (25 cm). Sodobno potresno inženirstvo seveda upošteva ta pojav in so zato v projektih zgradb, ki jih gradijo v potresnih območjih, predvidene ustrezne ojačitve v pritličju in tudi v naslednjih nadstropjih. Te ojačitve varujejo stavbe pred učinki potre-

sa. Vprašanje je seveda ali so graditelji v Armeniji te ojačitve, ki seveda podražijo zgradbe, tudi dejansko izvajali.

Pri potresu v Armeniji se je tudi pokazalo, da služba civilne zaščite ni ustrezno delovala. Po potresu je nastal v porušenih mestih popoln kaos. Ljudje so skušali sami z lastnimi rokami, brez orodja in brez strojev odkopavati zasute. Šele po enem tednu, 13. 12., so uradno sporočili, da se je pričela organizirana akcija reševanja. Takrat je bilo seveda že prepozno. Treba je imeti pripravljene načrte za reševanje takoj po potresu. Največ človeških življenj lahko rešimo v prvih 24 urah po potresu. Takrat mora biti na razpolago težka mehanizacija in ustrezne ekipe gradbenih strokovnjakov. Ameriški strokovnjaki pravijo, da avtodvigala ne rešujejo vedno vseh problemov. Da je bolj učinkovito iskati dostope do zasutih ljudi v kleteh s hitro izgradnjo dostopnih rovov. Pri tem se bolje obnesejo vodoravni rudarski rovi kot navpični jaški.

Za vse to je treba imeti vnaprej pripravljene načrte. Naše sporadične NNNP akcije ne rešujejo teh problemov dovolj uspešno. V Kaliforniji so podobne akcije obvezne vsako leto in trajajo cel teden.

rešitve, ki zagotavljajo možnost reševalnih akcij v primeru poškodbe zgradb, arhitekti, ki morajo na potresnih območjih projektirati zgradbe z ustreznimi vodoravnimi in navpičnimi gabariti, gradbeniki-statiki, ki morajo dimenzionirati nosilne konstrukcije zgradb tako, da zdržijo tudi najmočnejše potrese, in gradbeni izvajalci, ki morajo zgraditi stavbe iz kakovostnih materialov in v predvidenem tehnološkem postopku. To pomeni, da potresnovarno gradnjo zagotavljajo s koordinirano skupno akcijo strokovnjaki seizmologije, geologije, urbanizma, arhitekture, gradbene statike in dinamike gradbene operative in gradbene zakonodaje. Če en član v tej verigi odgovornosti odpove, so lahko posledice težke. Pri tem je zlasti treba vedeti, da pravilna rešitev »na papirju« še ne pomeni potresne varnosti. Lahko so vsi načrti v redu in tudi seizmološki podatki pravilni, stavbe se pa kljub temu ob močnem potresu rušijo. Vzrok je v tem, da ni bilo z ustreznimi predpisi in zakoni zagotovljeno, da so bile zgradbe na potresnem območju zgrajene tako, kot so bile projektirane. Pri tem ne gre za drugačne zunanje ali notranje dimenzije objekta, temveč za skrite napake, ki se pokažejo šele takrat, ko je konstrukcija izpostavljena velikim obremenitvam. Potres je namreč najbolj neusmiljen »inšpektor«

Slika 5. **Porušena osemnadstropna stavba**

POUKI ARMENSKEGA POTRESA

Potres v Armeniji je potrdil staro resnico, da ljudje niso žrtve samih potresov, temveč žrtve podirajočih se zgradb. Potresno neodporne zgradbe so tisti ubijalci ljudi ob katastrofalnih potresih, ki so najbolj odgovorni za posledice potresov. Odgovorni so seveda ljudje, ki so gradili potresno neodporne zgradbe na potresnih območjih. Pri tem so v to dolgo verigo odgovornosti vključeni ljudje raznih poklicev in strokovnosti. Seizmologi, ki morajo pravilno določiti intenziteto potresov, ki lahko nastanejo na določenem ozemlju v določenem času, urbanisti, ki morajo na teh območjih projektirati takšne urbanistične kakovosti sleherne gradbene konstrukcije. To je vibracijska miza v naravni velikosti.

V Sovjetski zvezi ni manjkalo raziskav potresne odpornosti različnih tipov zgradb. Tudi prva laboratorijska vibracijska miza je bila zgrajena že pred vojno v Moskvi in je avtor (Bihovskij) za njo dobil celo Stalinovo nagrado. Od takrat so v številnih sovjetskih inštitutih, zlasti v južnih republikah v Ašhabadu, Dušanbe, Alma Ati, Taškentu in tudi v Tbilisiju, Erevanu in drugod instalirane vibracijske mize. (Pri nas imamo le eno majhno vibracijsko mizo v ZRMK v Ljubljani in eno večjo v Skopju.) Na vibracijskih mizah v Sovjetski zvezi so preizkušali tudi razne sisteme montaž-

nih gradenj in ugotavljali njihovo potresno varnost. O teh raziskavah obstajajo številne publikacije. Kljub temu so v Armeniji številne montažne zgradbe sovjetskih sistemov povsem odpovedale in so se porušile kot hiše iz kart ter pokopale pod seboj tisoče ljudi.

Problem torej ni v samih raziskavah in projektih gradbenih objektov, temveč v izvedbi teh raziskav v praksi pri gradnji teh objektov. Problem je v razkoraku med teorijo in prakso, ki je tako značilen za realni socializem. Na papirju je vse v redu, pri realizaciji je pa marsikaj narobe. V stanovanjski gradnji uporabljajo v Sovjetski zvezi največkrat montažne sisteme iz prefabriciranih (vnaprej izdelanih) elementov zidov in stropnih plošč. Prav ta sistem gradnje se je pri potresu v Armeniji pokazal kot najbolj neprimeren. Montažni sistemi so na splošno zelo občutljivi sistemi takrat, kadar morajo prevzeti vodoravne obremenitve, ki se pojavljajo ob potresih. Vse je odvisno od tega, kako so oblikovani stiki posameznih montažnih elementov. Na stikih se elementi zvežejo med seboj s pomočjo varjenja jeklenih palic, ki segajo iz betonskih prefabriciranih plošč. Od kakovosti teh zvarov in od vestnosti varilca je odvisna odpornost celotne zgradbe. Če odpove samo en stik, lahko nastopi verižna reakcija in se poruši cela stavba. Pri teh montažnih sistemih je zelo pomemben in usoden t. i. človeški dejavnik, ki je v realsocialističnih sistemih vedno problematičen. K temu je treba dodati še možnost navadnih korupcij in kraje, ki je bila v zadnjih »letih zastoja«, kot imenujejo sedaj obdobje Brežnjeva, precej razširjena zlasti v južnih republikah Sovjetske zveze. V beton nosilnih elementov so enostavno dajali premalo cementa in jekla. Z ukradenim cementom in železom so pa gradili svoje hiše in dače.

Takšne zlorabe je možno preprečiti z ustrezno gradbenotehnično zakonodajo, seveda če niso preveč razširjene in če korupcija ne zajame vseh dejavnikov družbenopolitičnega sistema. Z ustreznimi predpisi o nadzoru gradnje, kontrolo kakovosti materialov in tehnologije graditve je možno doseči, da se v praksi gradijo gradbeni objekti tako, kot so projektirani.

Potrebna je ustrezna gradbena zakonodaja. S tega vidika so zakoni o izvajanju gradbenih del enako pomembni za potresno varnost gradbenih objektov kot tehnični predpisi za projektiranje in dimenzioniranje nosilnih konstrukcij objektov na potresnih območjih. Pri nas na tem področju še ni vse najbolje urejeno. Čeprav imamo sodobne tehnične predpise za projektiranje zgradb v seizmičnih območjih, ki smo jih uveljavili v Sloveniji kot prvi v Jugoslaviji, vprašanje nadzora nad izvajanjem gradbenih del v teh območjih ni zadovoljivo rešeno. Komisije za revizijo projektov, ki smo jih imeli v petdesetih in šestdesetih letih, so sedaj ukinjene, češ da so v nasprotju s samoupravnimi pravicami projektivnih organizacij združenega dela, ki morajo same kontrolirati svoje izdelke in zanje tudi odgovarjati.

To je ena izmed iluzij našega družbenopolitičnega sistema. Kako naj bi odgovarjale takšne organizacije v primeru, če bi pri nas nastala takšna katastrofa kot v Armeniji?

Tudi sistem nadzora nad izvajanjem gradbenih del na licu mesta je pri nas neučinkovit. Premalo je strokovnega kadra na tem področju in tudi izvajanje samega nadzora ni dovolj jasno opredeljeno v ustrezni zakonodaji.

Glede tehnologije graditve smo v Sloveniji v petdesetih in začetku šestdesetih letih pod vplivom takrat modernih tokov uporabe prefabriciranih elementov pri stanovanjski gradnji, kar so v velikem obsegu uporabljali zlasti v Franciji, pozneje tudi na Vzhodu, zgradili nekaj montažnih stanovanjskih zgradb, ki naj bi bile tudi potresno varne. Pozneje, ko so se pojavili na Zahodu, predvsem spet v Franciji, novi sistemi gradnje z vlivanjem betona na licu mesta v jeklenih opažih, smo vprašanje potresne varnosti ustreznejše rešili, ker smo v znatni meri izključili človeški dejavnik pri varjenju elementov v stikih. Monolitne armiranobetonske stenaste konstrukcije, ki jih sedaj v Sloveniji največ uporabljamo pri stanovanjski gradnji, so se pri zadnjih potresih pri nas in v svetu pokazale kot potresno najbolj odporne konstrukcije.

Za katastrofo v Armeniji je torej v prvi vrsti odgovoren sovjetski družbenopolitični in gospodarski sistem, ki ga perestrojka še ni spremenila in ga najbrž še dolgo ne bo. Perestrojka tudi ne more delovati za nazaj in popravljati napake, ki so bile storjene še prej v času »zastoja« in še prej. Pri tem niso toliko krivi sovjetski znanstveniki kolikor gradbeniki, tisti armenski gradbeniki, ki so gradili vse te stavbe, ki so se tako hitro porušile. Na splošno navadno gradbeništvo v Sovjetski zvezi ni na posebno visoki ravni, čeprav so posamezni projekti lahko zelo kakovostni in zahtevni. Varnost pred potresi pa zahteva visoko kakovost gradnje vseh gradbenih objektov v potresnih območjih. Te kakovosti v Armeniji očitno ni bilo.

GR

5. JUGOSLOVANSKI SEJEM GRADBENIŠTVA IN GRADBENIH MATERIALOV Z MEDNARODNO UDELEŽBO

GORNJA RADGONA
3.–7. 4. 1989

Za nas je armenski potres resno opozorilo, da tudi mi živimo na potresnem ozemlju. Imamo dobre predpise za projektiranje gradbenih objektov, imamo tudi ustrezno gradbeno tehnično zakonodajo. Skupščina Slovenije je že leta 1978 sprejela zakon o seizmološki službi, ki po svoji vsebini pomeni zakon o zaščiti pred potresi. Po določbah tega zakona bi bila potrebna za vse pomembnejše zgradbe, zlasti za tiste, ki so bile zgrajene pred uveljavitvijo novih predpisov o potresno varni gradnji, ugotoviti njihovo potresno odpornost in jih po potrebi tudi ojačiti. Žal določb tega zakona ne izvajamo.

LITERATURA

1. Seizmičeskoje rajonirovanije territoriji SSSR, Moskva 1980.
2. Karapetjan B. K. in Karapetjan N. K: Seizmičeskije vozdejstvija na zdanija i sooruženija, Moskva 1978.
3. Poljakov S. V.: Posledstvija silnih zemljatrijasenij, Moskva 1978.
4. Bubnov S.: Governmental role in mitigating the impact of earthquakes in Yugoslavia. Prooceeding of the Third International conference, Bled 1981.
5. Bubnov S.: Nekatere značilnosti potresa v Mehiki, Gradbeni vestnik 9, Ljubljana 1985.
6. Time, 19. 12. 1988.
7. Newsweek, 19. 12. 1988.
8. Delo, 9., 10., 11., 12. 1988, Ljubljana.

ORGANIZACIJSKI IN METODOLOŠKI PRISTOP K IZVAJANJU KONTROLE KAKOVOSTI PROJEKTOV GRADBENIH OBJEKTOV

UDK 658.562:624

MIRKO PŠUNDER

ORGANIZATIONAL AND METHODOLOGICAL APPROACH TO QUALITY CONTROL OF CONSTRUCTION PROJECTS

SUMMARY

This paper deals with the basic characteristics of quality control of projects, organizational approach to quality control and the instruments of controlling the quality of projects.

By defining the basic characteristics we wanted to draw attention to the most influential features of the projects quality. The presentation of the correct organizational approach to the control reminds us of some urgent changes in practice, while the instruments of quality control show the most important methods of evaluating the quality, the methods which are not used very often today.

1.0. UVOD

Za gradbeno dejavnost so značilne določene posebnosti, ki se kažejo na poseben način tudi v pregledovanju kakovosti gradbenih projektov in objektov.

Najpomembnejše posebnosti izhajajo iz dejstva, da se gradbeni objekti gradijo praviloma za dolgotrajno uporabo, tako da rabijo še bodočim generacijam.

Sredstva za izdelavo projektov in gradnjo objektov so praviloma zelo velika, postopna graditev pa najčešče ni mogoča ali pa ekonomsko ni racionalna. Ko je objekt enkrat izgrajen, njegove lokacije in osnovnih konstrukcijskih lastnosti ni več mogoče spreminjati.

Z vsakim zgrajenim objektom zazidamo del narave, posegamo v prostorsko ureditev ter hkrati spodbujamo vrsto koristnih in škodljivih učinkov, ki jih bo uporaba objekta izžarevala v naravno okolje in življenjske razmere ljudi v okolju.

Zaradi vseh teh posebnosti je odgovornost za kakovost projektiranja in izvedbe gradbenih objektov zelo velika, veliko večja kot pri proizvodnji dobrin za kratkotrajno uporabo. Nenazadnje pa predstavlja kontrola kakovosti projektov in izvedbe objektov tudi jamstvo za zagotavljanje kakovosti zgrajenih objektov v fazi uporabljanja ter s tem pomemben prispevek k večanju tako produktivnosti kot tudi gospodarnosti proizvodnje gradbenih izvajalcev in uporabnikov gradbenih objektov.

Avtor:
Izr. prof. dr. Mirko Pšunder, Tehniška fakulteta, Maribor

Zato ni naključje, da obstajajo zakonska določila, ki zahtevajo kontrolo kakovosti v fazah:
1. projektiranja gradbenih objektov,
2. izvedbe gradbenih objektov,
3. uporabljanja gradbenih objektov, kar nam shematično prikazuje skica 1.

Dejstvo je, da posvečamo pregledovanju kakovosti premalo pozornosti. Iz zakonskih določil, tehničnih predpisov in določil iz gradbenih uzanc je sicer mogoče razbrati, kaj je potrebno kontrolirati v posameznih fazah oz. podfazah investicijskega procesa (K_1^2, K_2^2 in K_3^1), manj znani pa so pravilni organizacijski in metodološki pristopi (metode ocenjevanja kakovosti), s katerimi lahko zagotovimo zahtevano raven (želeno kakovost) gradbenih objektov. Ta ugotovitev velja še posebej za pregledovanje idejnih projektov (K_1^1), preglede projektov za pripravo proizvodnje (K_2^1) in preglede objektov v času rednega obratovanja (K_3^2), česar ne določajo niti zakonske zahteve niti gradbene uzance. Zato bi morali posvetiti tem pregledom še posebno pozornost.

»Kakovost proizvoda predstavlja zbir karakteristik proizvoda, pridobljen s projektiranjem in proizvodnjo, ki v času uporabe opredeljujejo stopnjo kupčevega pričakovanja.«

Ta opredelitev nakazuje, da je kakovost proizvodov, v našem primeru gradbenih objektov, odvisna od kupčevih (investitorjevih) pričakovanj in od kakovosti projektov ter gradnje objektov, ki s svojimi karakteristikami bolj ali manj zadovoljujejo kupčeva pričakovanja.

Značilno za gradbene objekte je, da se kupčeva pričakovanja kakovosti (raven ali standard kakovosti) določijo v večini primerov pred izdelavo projektov. Izjemoma je obratno v primerih, ko se gradbeni objekti ali njegovi deli (npr. stanovanja) gradijo za tržišče – za neznanega kupca.

Raven kakovosti gradbenih objektov opredeljuje elaborat predhodnih del za idejne projekte in investicijski program z vsemi prilogami za tehnično dokumentacijo. Investitor pa lahko raven kakovosti natančneje opredeli tudi v posebni projektni nalogi.

Raven kakovosti gradbenih objektov je opredeljiva s

KAKOVOST					
PROJEKTI		IZVEDBA		UPORABLJANJE	
IDEJNI PROJEKTI	TEHNIČNA DOKUMENTACIJA	PRIPRAVA NA GRADNJO	GRADNJA	POIZKUSNO OBRATOVANJE	REDNO OBRATOVANJE
K_1^1	K_1^2	K_2^1	K_2^2	K_3^1	K_3^2
K_1		K_2		K_3	

K_1, K_2, K_3 – glavne faze kontrole kakovosti

K_1^1, K_1^2, K_2^1, K_2^2, K_3^1, K_3^2 – podfaze kontrole kakovosti

Skica 1: **Shematični prikaz posameznih faz in podfaz kontrole kakovosti investicijskega procesa**

V tem prispevku se bomo omejili na pregledovanje kakovosti projektov (K_1^1 in K_1^2) s posebnim ozirom na organizacijski in metodološki pristop. Tovrstna kontrola je namreč izrednega pomena, kar bomo še spoznali, in je v literaturi pomanjkljivo obravnavana.

2. OPREDELITEV KAKOVOSTI GRADBENIH OBJEKTOV IN PROJEKTOV

2.1. Splošno o kakovosti gradbenih objektov

Pojem kakovosti je v splošnem težko opredeliti. Če se le-ta nanaša na gradbene objekte, ki se lahko štejejo za proizvode gradbene dejavnosti, potem je najprimernejša tista razlaga kakovosti, ki kakovost obravnava v najširšem možnem pomenu te besede, to je:

- s tržnega vidika,
- s tehnično-tehnološkega vidika,
- z organizacijskega vidika,
- z ekonomskega vidika.

Seveda je ni definicije, ki bi vse te vidike združila, blizu temu pa je definicija A. V. Feigenbauma, ki se glasi:[1]

tehnično-tehnološkimi karakteristikami (značilnostmi) ter s karakteristiko zahtevane gospodarnosti. Med tehnično-tehnološke značilnosti pa pri gradbenih objektih sodijo vedno funkcionalnost gradbenih objektov in – kar je gradbenim objektom lastno – varnost gradbenih objektov. Zato so funkcionalnost, varnost in gospodarnost tudi najpomembnejše karakteristike kakovosti gradbenih objektov.

2.2. Kakovost gradbenih projektov

V povezavi s kakovostjo gradbenih objektov je kakovost gradbenih projektov, če drži ugotovitev iz prejšnjega poglavja, da je kakovost gradbenih objektov odvisna od kakovosti projektov in od kakovosti izvedbe (gradnje, proizvodnje). Tako lahko zapišemo:

$$K = f(K_1, K_2)$$

K – kakovost gradbenih objektov
K_1 – kakovost projektov
K_2 – kakovost izvedbe

[1] A. V. Feigenbaum: Total quality control, Mc Graw-Hill, Mladinska knjiga, Ljubljana 1961, stran 6.

Ob znanem dejstvu, da s projekti v veliki meri zagotavljamo najpomembnejše značilnosti kakovosti gradbenih objektov (funkcionalnost, varnost in gospodarnost), so te karakteristike tudi najpomembnejše karakteristike kakovosti projektov. Prav te v največji meri zagotavljajo primernost gradbenih objektov za uporabo.

Pri tem funkcionalnost in ekonomičnost kot značilnost (karakteristiko) zahteva investitor (kupec), varnost pa zahtevajo tehnični predpisi in standardi (varnost pred porušitvijo, požarom, hrupom itd.).

V skupino najpomembnejših značilnosti moramo uvrstiti tudi popolnost projektov, saj je to prvi pogoj za kakovostno izvedbo.

Poleg najpomembnejših značilnosti je kakovost projektov opredeljena še z vrsto bolj ali manj pomembnih karakteristik kakovosti, ki izhajajo iz posebnih zahtev investitorjev ali pa potencialnih kupcev pri tržni gradnji objektov. Te zahteve se nanašajo običajno na videz (estetiko), na trajnost objektov, na uporabo domačih materialov, montažnost ali demontažnost izvedbe objektov itd. Seveda so te značilnosti različne od objekta do objekta in so lahko pri nekaterih objektih tudi najpomembnejše.

Opisano razčlembo značilnosti (karakteristik) kakovosti nam shematično prikazuje skica 2.

Skica 2: **Kategorizacija značilnosti kakovosti projektov gradbenih objektov**

Ob tako opredeljenih značilnostih kakovosti projektov ne gre prezreti dejstva, da je doseganje ustrezne ravni kakovosti gradbenih projektov odvisno predvsem od sposobnosti strokovnjakov, ki projektirajo od t. i. samokontrole), v veliki meri pa tudi od ustrezne sprotne in končne kontrole projektov.

Z ustreznim organizacijskim pristopom izvajamo pregledovanje (kontrolo) s pomočjo različnih metod ocenjevanja ravni posameznih značilnosti kakovosti projektov.

Osnovni namen pregledovanja kakovosti gradbenih projektov je, da s sprotnim pregledovanjem projektiranja ter s kontrolo izgotovljene tehnične dokumentacije zagotovimo zahtevano raven najpomembnejših in pomembnih značilnosti projektov in s tem tudi gradbenih objektov.

3.2. Organizacijski pristop k izvajanju pregledovanja kakovosti gradbenih projektov

3.2.1. Splošno o organizacijskem prostoru

Gradbene projekte izdelujemo v dveh podfazah projektiranja:
- kot idejne projekte (K_1^1) in
- kot tehnično dokumentacijo (K_1^2).

Tehnično dokumentacijo razčlenjujemo na projekt za pridobitev gradbenega dovoljenja, na projekt za razpis in na projekt za izvedbo.

Pregledovanje kakovosti projektov je potrebno v obeh podfazah. Vendar so tako organizacijski kot tudi metodološki pristopi različni pri pregledih kakovosti idejnih projektov in pri pregledih kakovosti tehnične dokumentacije.

Obema kontrolama pa je skupno to, da se izvajata kot samokontroli, kot interni kontroli in kot eksterni kontroli po vrstnem redu naslednjih aktivnosti:
- ugotavljanje potrebnih ravni najpomembnejših in pomembnih značilnosti projektov,
- ocenjevanje doseženih ravni najpomembnejših in pomembnih značilnosti projektov ter
- izvedba oz. svetovanje sprememb in dopolnitev, da bi s projektom zagotovili potrebne ravni najpomembnejših in pomembnih značilnosti.

3.2.2. Kontrola kakovosti idejnih projektov

Zakon o graditvi objektov[2] ne zahteva posebnih pregledov kakovosti idejnih projektov, dasiravno so ti pomembnejši kot pregledi kakovosti tehnične dokumentacije za zagotovitev potrebne ravni dveh najpomembnejših značilnosti kakovosti projektov in objektov, namreč funkcionalnosti in gospodarnosti. Običajno pa so v idejnih projektih opredeljene tudi druge značilnosti, kot so npr.: zunanji videz, montažnost izvedbe in druge, ki jih je treba zagotoviti, če so idejni projekti podlaga za izdelavo tehnične dokumentacije.

Zato je pregledovanje kakovosti idejnih projektov zelo pomembno. Izvajati bi jo morali:

a) kot sprotne (tekoče) preglede v procesu izdelave idejnih projektov in

b) kot končne preglede izdelanih idejnih projektov.

Pomembnejši so sprotni in eksterni pregledi, s katerimi najlaže zagotovimo zahtevano raven kakovosti funkcionalnosti in gospodarnosti projektov.

Končni pregledi idejnih projektov so manj pomembni in so lahko usmerjeni k popolnosti izdelanih projektov in k izbiri najprimernejše različice idejnih projektov, če se o njej nismo odločili že v procesu izdelave idejnih projektov s sprotnim pregledovanjem.

3.2.2. Pregledovanje kakovosti tehnične dokumentacije

Zakon o graditvi objektov zahteva preglede izgotovljene tehnične dokumentacije (vseh projektov) kot interno pregledovanje (kontrolo) projektivne organizacije ali kot eksterno pregledovanje druge za to usposobljene organizacije.

Prav gotovo je takšna zahteva pozitivna, kajti brez kakovostnega pregledovanja tehnične dokumentacije ni jamstva za zagotovitev zahtevanih ravni posameznih značilnosti kakovosti projektov.

Zato je zelo pomemben pravilen organizacijski pristop k pregledom kakovosti tehnične dokumentacije.

Pregledovanje bi morali izvajati:

a) kot sprotne (tekoče) preglede v procesu ustvarjanja kakovosti tehnične dokumetnacije in
b) kot končne preglede izdelanih projektov tehnične dokumentacije.

S sprotnimi pregledi zagotavljamo nadaljnjo funkcionalnost in gospodarnost projektov (tehnične dokumentacije) ter druge pomembne značilnosti kakovosti, s končnimi pregledi pa praviloma le še varnost objektov in popolnost tehnične dokumentacije. Zato se končni pregledi lahko izvedejo kot interna kontrola.

Skica 3 nam shematično prikazuje gornje ugotovitve in nam daje odgovor na vprašanje, kaj je v posameznih projektih najpomembnejše kakovostno pregledovati.

V skici 3 prikazane vplivne značilnosti kakovosti pa seveda ne smemo razumeti tako, da pri izdelavi tehnične dokumentacije ni več možno vplivati na funkcionalnost in

PROJEKTI GRADBENIH OBJEKTOV	
IDEJNI PROJEKTI	TEHNIČNA DOKUMENTACIJA
NAJVPLIVNEJŠE ZNAČILNOSTI KAKOVOSTI	
FUNKCIONALNOST GOSPODARNOST DRUGE POMEMBNE ZNAČILNOSTI	VARNOST POPOLNOST

Skica 3: **Shematični prikaz najpomembnejših vplivnih značilnosti kakovosti projektov gradbenih objektov**

gospodarnost projektov. Zagotovo ta vpliv obstaja, vendar je mnogo manjši kot pri izdelavi idejnih projektov.

3.3. Instrumentarij pregledovanja kakovosti projektov

3.3.1. Splošno o instrumentariju pregledovanja kakovosti projektov

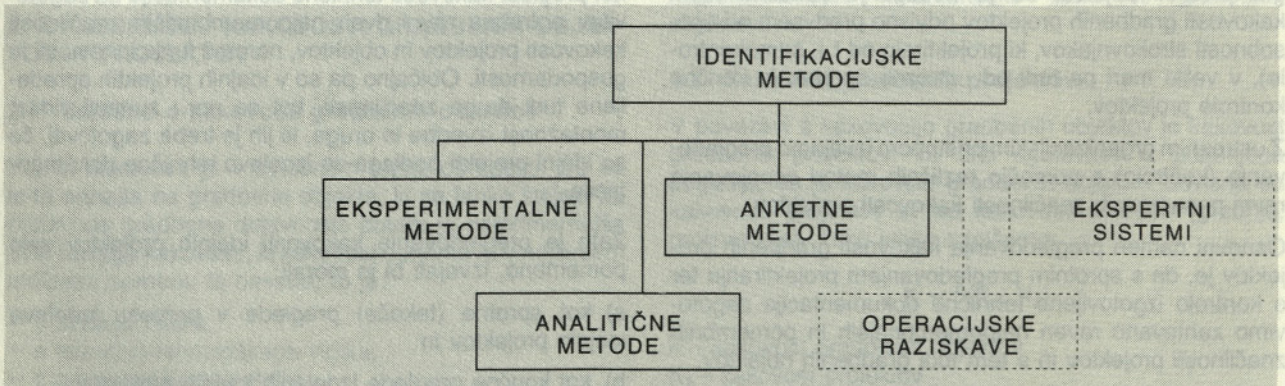
Instrumentarij pregledovanja kakovosti vključuje na splošno raznovrstne metode, s katerimi je možno pregledovati posamezne značilnosti proizvodov in zagotavljati kakovost. To so t. i. identifikacijske metode ugotavljanja (ocenjevanja) vrednosti posameznih značilnosti kakovosti in s tem tudi ravni kakovosti, imenovane tudi kvalimetrične metode.

V kvalimetriji obstajajo naslednje skupine metod (skica 4):[3]

1. eksperimentalne metode,
2. analitične metode in
3. anketne metode.

Med te metode pa lahko uvrstimo še operacijske raziskave in ekspertne sisteme, ki jih sicer redkeje uporabljamo v te namene.

Za vse naštete skupine identifikacijskih metod je značilno to, da jih predstavljajo razne inačice teh metod. Za pregledovanje kakovosti projektov so primerne vse tiste,

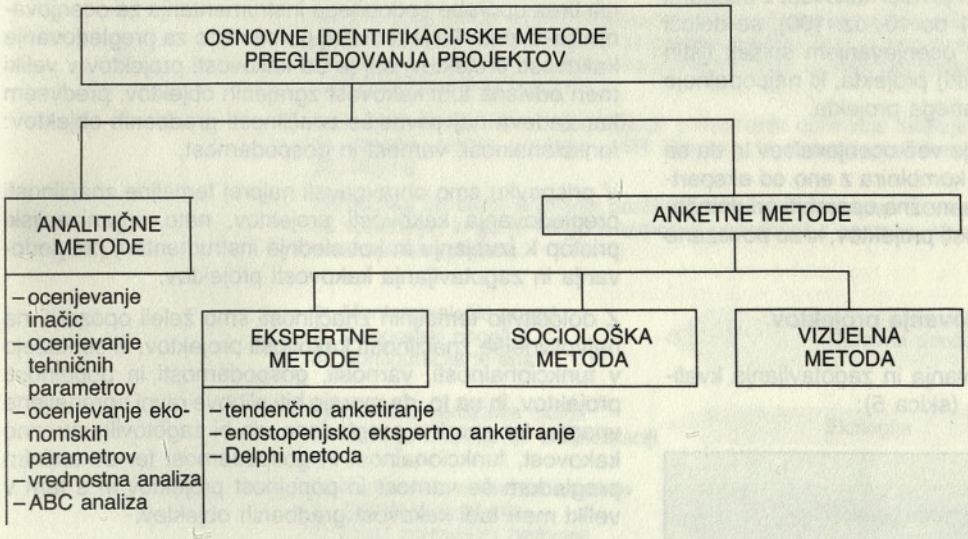


Skica 4: **Delitev identifikacijskih metod za ugotavljanje značilnosti kakovosti**

s katerimi je možno oceniti raven kakovosti sorazmerno hitro in zanesljivo.

Medtem ko se eksperimentalne metode najčešče uporabljajo za sprotne in končne preglede v proizvodnji (v fazi izgradnje gradbenih objektov), so ostale metode uporabljive v fazi projektiranja in priprav na proizvodnjo (glej skico 1). Zato si te metode oglejmo nekoliko pobliže, ne da bi pri tem zašli v podrobnosti, ki so razvidne iz literature.

Nadaljnjo razčlenitev osnovnih identifikacijskih metod, ki so primerne za pregledovanje kakovosti projektov, prikazuje skica 5.



Skica 5: **Členitev osnovnih identifikacijskih metod za pregledovanje kakovosti projektov**

3.3.2. Najpomembnejše analitične metode pregledovanja kakovosti projektov

Pri pregedovanju kakovosti projektov se te metode najčešče uporabljajo za ugotavljanje ter zagotavljanje gospodarnosti in za pregledovanje kakovosti nekaterih drugih pomembnih značilnosti projektov. Med te metode lahko uvrstimo (skica 5):[4]

1. metodo ocenjevanja variantnih predlogov projektnih rešitev,
2. metodo ocenjevanja projektov s pomočjo tehničnih parametrov,
3. metodo ocenjevanja projektov s pomočjo ekonomskih parametrov,
4. vrednostno analizo in
5. ABC analizo.

Še posebej vrednostna analiza je univerzalna metoda pregledovanja in zagotavljanja projektne rešitve kot tudi kakovosti (dopušča rangiranje), tako za posamezne polizdelke in izdelke, ki jih v projektih predvidevamo za vgraditev.

3.3.3. Najpomembnejše anketne metode pregledovanja kakovosti projektov

Pri pregledovanju projektov se anketne metode najčešče uporabljajo za ugotavljanje ter zagotavljanje funkcionalnosti pa tudi varnosti, popolnosti in nekaterih drugih značilnosti projektov. Med te metode uvrščamo (skica 5):

1. ekspertne metode
2. sociološko metodo in
3. vizualno metodo

Izhodiščno osnovo ekspertnih metod predstavljajo ocene in stališča skupine ekspertov (strokovnjakov) o kakovosti projektov oz. posameznih značilnosti kakovosti projektov. Strokovno ocenjujejo kakovost projektov na podlagi predhodnih spoznanj o potrebnih ravneh kakovosti in na podlagi vidnega (vizualnega) ogleda projektov s pomočjo svojih znanj in na podlagi intuicije. V primeru poenostavitev se šteje neka ocena za sprejeto, če z njo soglaša vsaj 2/3 članov strokovne skupine. Sicer pa je na razpolago več ekspertnih metod za natančnejše odločanje o sprejemu kake ocene. Najprimernejše med njimi so: tendenčno anketiranje, enostopenjsko ekspertno anketiranje in večstopenjsko anketiranje ali delphi metoda.

Sociološka metoda temelji na zbiranju in analiziranju takšnih informacij o kakovosti projektov, ki jih je moč pridobiti z raznovrstnimi anketami, vprašalniki, intervjuji in pod. V tem primeru je pravilno, da pridobimo informacije ali od naročnikov projektov ali od potencialnih kupcev objektov (hiš) oz. delov objektov (stanovanj). Tako pridob-

---

[2] Uradni list SFRJ, št. 34/84.

[3] Joko Stanić: Upravljanje kvalitetom proizvodnje, IRO Građevinska knjiga, Beograd 1985, stran 23.

[4] M. Pšunder: Ekonomika gradbene proizvodnje, II. dopolnjena izdaja, TF Maribor, 1988, stran 121.

ljene informacije je potrebno seveda statistično ovrednotiti in na ta način pravilno tolmačiti (interpretirati).

Vizualna metoda je le ena od t. i. osebnih (organoleptičnih) metod, ki za ugotavljanje kakovosti uporabljajo v splošnem zaznavo (percepcijo) človeških čutil: sluh, vid, otip in okus.

Bistvo vizualne metode je v analizi informacij posameznih značilnosti kakovosti projektov in maket (predvsem o funkcionalnosti in zunanjem videzu objektov) na podlagi zaznave vida brez uporabe merilne tehnike. Zato je natančnost vizualne metode odvisna v prvi vrsti od strokovnosti in od izkušenosti ocenjevalcev posameznih ravni kakovosti. Ker ocenjujejo ocenjevalci kakovost z ocenami (od 1 do 5) ali točkami (od 1 do 10, oz. 100), se določi za uporabo te metode pred ocenjevanjem spisek tistih osnovnih značilnosti (kakovosti) projekta, ki najpopolneje določajo kakovost obravnavanega projekta.

Primerno je, da hkrati ocenjuje več ocenjevalcev in da se v takšnih primerih ta metoda kombinira z eno od ekspertnih metod. Najuspešneje jo je možno uporabiti pri določanju tistih kakovostnih značilnosti projektov, ki so povezane z emocionalnimi učinki.

3.4. **Druge metode pregledovanja projektov**

Med druge metode pregledovanja in zagotavljanja kvalitete projektov lahko uvrstimo (skica 5):

1. operacijske raziskave in
2. ekspertne sisteme

Podrobnejša obrazložitev teh metod presega okvir tega prispevka. Povejmo le to, da jih uporabljamo za pregledovanje in za zagotavljanje kakovosti projektov poredko, nenadomestljive pa so za pregledovanje in zagotavljanje kakovosti projektov priprave proizvodnje.

4. **SKLEPNE MISLI**

Za gradbeno dejavnost so značilne določene posebnosti, ki se kažejo na poseben način tudi pri pregledovanju in zagotavljanju kakovosti gradbenih projektov in objektov. Najpomembnejše posebnosti izhajajo iz dejstva, da se gradbeni objekti gradijo za dolgotrajno uporabo s praviloma zelo velikimi sredstvi, da z zgrajenimi objekti posegamo v prostorsko ureditev in da hkrati spodbujamo vrsto pozitivnih in negativnih učinkov. Zato je pregledovanje kakovosti tako v projektivi kot v gradbeno-operativnem (izvedbenem) območju izrednega pomena in bi mu morali posvečati več pozornosti.

Zaradi vseh teh posebnosti je odgovornost za kakovost projektiranja in izvedbe gradbenih objektov zelo velika. Danes si učinkovitega pregledovanja kakovosti ni mogoče zamišljati niti brez pravilnega organizacijskega postopka niti brez uporabe sodobnega instrumentarija za ocenjevanje kakovosti. To je tem bolj pomembno za pregledovanje kakovosti projektov, saj je od kakovosti projektov v veliki meri odvisna tudi kakovost zgrajenih objektov, predvsem kar zadeva najvplivnejše značilnosti gradbenih objektov: funkcionalnost, varnost in gospodarnost.

V prispevku smo obravnavali najprej temeljne značilnosti pregledovanja kakovosti projektov, nato organizacijski pristop k izvajanju in kot slednje instrumentarij pregledovanja in zagotavljanja kakovosti projektov.

Z določitvijo temeljnih značilnosti smo želeli opozoriti na najvplivnejše značilnosti kakovosti projektov, ki se kažejo v funkcionalnosti, varnosti, gospodarnosti in popolnosti projektov, in na to, da morajo biti njihove ravni opredeljene vnaprej ter sprotno pregledane, da bi zagotovili ustrezno kakovost, funkcionalnost in gospodarnost ter s končnim pregledom še varnost in popolnost projektov in s tem v veliki meri tudi kakovost gradbenih objektov.

S prikazom pravilnega organizacijskega prijema, ki mora v eksterno pregledovanje kakovosti pritegniti tudi investitorja ter po potrebi še potencialne kupce in uporabnike zgrajenih objektov in strokovnjake, smo opozorili na nekatere nepravilnosti današnje prakse izvajanja pregledov kakovosti projektov.

S prikazom instrumentarija pregledovanja kakovosti pa smo prikazali najrazličnejše metode pregledovanja in zagotavljanja predvsem najvplivnejših značilnosti kakovosti, ki jih danes v praksi vse premalo poznamo in zato tudi premalo uporabljamo.

LITERATURA

1. Andrejčič R.: Politika kvalitete u proizvodnji i potrošnji, Informator, Zagreb 1973.
2. Feigenbaum A. V.: Total quality control, Mc Graw-Hill, Mladinska knjiga, Ljubljana 1961.
3. Flašar A.: Kontrola kvaliteta u građevinarstvu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad 1984.
4. Pšunder M.: Ekonomika gradbene proizvodnje, II. dopolnjena izdaja, Tehniška fakulteta, Maribor 1988.
5. Stanić J.: Upravljanje kvalitetom proizvodnje, IRO Građevinska knjiga, Beograd 1985.
6. Zakon o graditvi objektov, Uradni list SRS, št. 34/84.

PREDLOG METODE OCENJEVANJA NAHAJALIŠČ MINERALNIH SUROVIN ZA POTREBE GRADBENIŠTVA GLEDE NA NJIH MOŽNOST SMOTRNEGA IZKORIŠČANJA

UDK 553.7:69

JURIJ IVANETIČ

POVZETEK

Da bi omogočili kar najbolj objektivno ocenjevati uporabnost nahajališč mineralnih surovin za smotrno pridobivanje kamenih agregatov za potrebe gradbeništva, je avtor predložil leta 1986 posebno metodo ocenjevanja na osnovi enotnih kriterijev točkovanja, upoštevajoč naravne danosti, ekologijo, gospodarnost pridobivanja in transport.

Leta 1987 je bila na primeru naloge o določanju optimalne lokacije kamnolomov eruptivnih kamnin za potrebe cestne gradnje v SR Sloveniji ta metoda praktično preizkušena, poenostavljena in dopolnjena.

Na podlagi do sedaj dobljenih pozitivnih rezultatov preizkusa te metode avtor predlaga vprašalnik (s 55 vprašanji), ki ga je mogoče uspešno uporabljati s pomočjo navodil, ki vsebujejo enotne kriterije po skupinah vprašanj:

1. Montangeološki pogoji
2. Geografski pogoji
3. Konfiguracija terena

→ Naravne danosti

4. Direktno ogrožanje okolja
5. Motenje življenja pri eksploataciji

→ Ekologija

6. Osnovni normativi proizvodnje
7. Stroški proizvodnje
8. Drugi pomembni dejavniki

→ Gospodarnost pridobivanja

9. Transport

→ Transport

Ocenjevanje vsakega vprašanja je v dveh oblikah: od »1 do 5« ali »+, –« za vprašanja, kjer ni mogoča stopnjevana ocena.

Ocena 1 pomeni, da obravnavana lokacija sploh ni primerna za eksploatacijo; ocena 5 pa pripada lokaciji, ki ima izrazito prednost za eksploatacijo. Ocena »+« pripada lokaciji s pozitivno oceno, »–« pa negativni oceni uporabnosti nahajališča za eksploatacijo.

Točk ni mogoče enostavno seštevati, upoštevati moramo posamezne skupine vrašanj in vrednosti točk smiselno interpretirati, upoštevajoč njih pomen in vpliv na ceno mineralnih agregarov franko uporabnik.

THE PROPOSAL OF AN ESTIMATION METHOD OF THE POSSIBILITIES FOR PRACTICAL EXPLOITATION OF DEPOSITS OF MINERAL RAW MATERIALS FOR THE NEEDS OF BUILDING INDUSTRY

SUMMARY

In order to render possible an objective estimation of the applicability of mineral raw deposits for practical exploitation for the needs of building industry in as high as possible a degree, in 1986 the author proposed a special estimation method based on uniform assessment criteria taking into account the natural conditions, ecology, exploitation economy and transportation.

Avtor:
Jurij Ivanetič, dipl. ing. rud., Rudarski inštitut Ljubljana, Pražakova 8

In 1987 this method was practically tested, simplified and improved in the scope of the task of determining the optimum location of an ignious rock quarry for the needs of road construction in the SR Slovenia.

On the basis of the positive test results according to this method obtained so far, the author proposes a questionnaire (of 55 questions) which can be successfully used in connection with guidelines containing uniform estimation criteria by the groups of questions:

1. Mining-geological conditions 2. Geographical conditions 3. Ground configuration	Natural conditions
4. Direct environment menace 5. Life disturbance by explotation	Ecology
6. Basic production norms 7. Production cost 8. Other controlling factors	Extraction economy
9. Transportation	Transportation

The assessment of each question can be performed in two ways: using either marks from "1 do 5" or "+and –" signs for those questions for which the estimation by grades is impossible. The Mark „1" means that the considered location is not suitable for exploitation, and the mark „5" stands for a location with a pronounced precedence. The positively estimated location applicability for exploitation is given a „+" sign, and the negatively estimated one a „–" sign. The marks can't be simply summed up, the particular question groups must be considered and the mark values reasonably interpreted taking into account their significance and influence on the price of mineral aggregates carriagefree to the consumer.

UVOD

Medtem ko si pri pridobivanju mineralnih surovin ne moremo zbirati lokacije površinskih kopov, ker je ta odvisna od naravne danosti in zahteve po kakovosti rudnega blaga, imamo na kamnolomih in gramoznicah (kjer pridobivamo mineralne agregate) možnosti izbirati mesto pridobivanja, če je kakovost mineralne surovine primerna.

Pri odpiranju novih kamnolomov ali gramoznic oziroma pri obnavljanju ali širjenju takih obratov se torej srečujemo z vprašanjem: »**Katero nahajališče je najugodnejše iz geološke – rudarske – ekološke – ekonomske presoje?**«

To vprašanje je eno od vprašanj, ki smo si jih zastavili v večletni interdisciplinarni raziskovalni nalogi **Ekološki, ekonomski in tehnični pogoji pri izbiri optimalne lokacije obratov za pridobivanje kamenih agregatov v Sloveniji.** Izvajalci naloge so raziskovalci iz Geološkega zavoda, Urbanističnega inštituta SRS, Rudarskega inštituta, Prometno tehničnega inštituta in ZRMK. Nalogo financira Raziskovalna skupnost Slovenije (PORS Graditeljstvo in Enota za odkrivanje in raziskovanje surovin splošnega pomena), sofinancirajo pa gradbena in cestna podjetja ...

V prvem delu naloge smo v letu 1986 izdelali merila za vrednotenje posameznih lokacij. V drugem delu naloge pa smo v letu 1987 obravnavali problematiko eruptivnih agregatov za gradnjo avtocest.

Pričujoči prispevek predstavlja del rezultatov obsežne raziskave.

NAČIN REŠEVANJA NALOGE

Prikazan je bil primer uporabe metode pri iskanju najugodnejše lokacije kamnoloma eruptivnih kamnin za potrebe cestne gradnje v SR Sloveniji.

Po geoloških študijah (GZ Ljubljana) je bilo razvidno, da obstaja v SR Sloveniji 65 nahajališč eruptivnih kamnin (keratofir, diabaz, bazalt, amfibolit, porfirit, tonalit). Za nekatera od teh nahajališč obstajajo že rudarsko-geološke raziskave. Nahajališč z zadostnimi geološkimi zalogami pa je le osem.

Po podatkih ZRMK – Inštituta za materiale je razvidno, da zahtevajo tonaliti posebne raziskave glede možnosti uporabe pri cestni gradnji (obrabni sloj vozišč). Iz že znanih informacij o kakovosti in uporabnosti eruptivnih kamnin je sledilo, da so zanimiva predvsem nahajališča keratofirja in diabaza na lokacijah: Javorje, Šebrelje, Kamna Gorica, Dolgi Rob, Kokra, Suhadolnik, Sela-Rožično-Markovo.

Po presoji geologov, ekologov, rudarjev, prometnih strokovnjakov, gradbenikov – tehnologov je bilo mogoče zožiti raziskave na navedenih 7 najbolj zanimivih lokacij. Te smo nato obravnavali ločeno:

1 – geolog in rudar;
2 – ekolog;
3 – prometni strokovnjak;
4 – tehnologi (bogatenje surovine, uporaba).

Vsaka od teh skupin raziskovalcev je podala ločeno poročila in sklepe.

Na sestanku so si sodelujoči izmenjali rezultate in na podlagi kritične razprave sprejeli skupne sklepe. Ti so bili konkretni in so istočasno spodbujali k nadaljnjim konkretnejšim aktivnostim.

Analiza raziskovalnih rezultatov, četudi ločeno obravnavanih podatkov po različnih poteh, je pokazala, **da je mogoče obravnavana nahajališča razvrstiti že na podlagi ocen s pomočjo izpolnjevanja predlaganega vprašalnika za vsako nahajališče ločeno.**

Zbrane podatke vprašalnikov smo nato medsebojno primerjali, kar je razvidno iz razpredelnic 1, 2 in 3.

Pri navedenem praktičnem primeru se je pokazalo naslednje: nekatera vprašanja so večkrat zajeta in/ali premalo definirana vprašanja v zvezi z notranjim transportom (6. skupina vprašanj) niso bila dovolj selektivna in so bila že deloma upoštevana v skupini vprašanj 3, 4, 5 in 7; manjkala pa so vprašanja v zvezi s stopnjo raziskanosti in obstoječega stanja proizvodnje.

Vprašalnik smo zato ustrezno dopolnili.

PREGLED KATEGORIZACIJE LOKACIJ PERSPEKTIVNIH KAMNOLOMOV ERUPTIVNIH KAMNIN V SR SLOVENIJI

Preglednica 1. **Točkovanje po skupinah vprašanj**

Lokacija	1. Montan-geološki pogoji	2. Geografski pogoji	3. Konfiguracija terena in možnost eksploatacije	4. Rudarjenje in direktno ogrožanje okolja	5. Rudarjenje in motenje življenja	6. Notranji transport	7. Osnovni normativi pridobivanja	8. Stroški pridobivanja	Skupno točk od 1 do 8
Kamna gorica	29	37	12	42	25	4	21	6	176
		3+			3+	+			7+
					2–				2–
Dolgi rob	27	30	11	20	27	7	24	5	151
v Kamniški Bistrici	+	3+		2+	2+	+			9+
				2–					2–
Šebrelje pri Idriji	25	27	11	17	21	7	21	5	134
	+	+		2+	2+				6+
		–			2–	–			4–
Kokra	25	28	9	10	23	7	23	6	131
		+		2+	2+	+			6+
	–	2–			2–				5–
Suhadolnik nad Kokro	24	26	8	18	23	5	19	5	128
		+		2+	2+	+			7+
	–	2–			2–				5–
Javorje pri Črni na Koroškem	24	26	8	15	22	6	18	6	125
	+	+		2+	+				5+
		2–			3–	–			6–
Sela-Rožično-Markovo pri Kamniku	22	30		24	21	4	22	5	(128)
		3+	+	+	2+				7+
	–				2–	–			4–
	Ne pride v poštev za eksploatacijo*								

* ker je smiselno le hkratno podzemsko izkopavanje kaolina in diabaza. Izkoriščanje kaolina na tej lokaciji pa ni predvideno vse do leta 2000.

Preglednica 2. **Kategorizacija glede na stroške prevoza eruptivnih agregatov do porabnikov v krajih**

Porabniki v kraju	Oddaljenost po cesti (km) glede na lokacijo kamnoloma							Pomembnost relacij glede na perspektivne porabnike
	Javorje	Šebrelje	Kamna gorica	Dolgi rob	Kokra	Suhadolnik	Sela-Rožično-Markovo	
Ljubljana	120	70	46	30	42	46		II.
Maribor	86	200	173	100	135	139		II.
Celje	47	140	119	60	81	85		II.
Ptuj	101	200	177	100	135	139		III.
Murska Sobota	146	257	232	160	195	199		III.
Nova Gorica	232	52	158	142	154	158		I.
Postojna	171	52	97	81	93	97		I.
Koper	231	100	157	141	153	157		I.
Kranj	127	72	20	33	16	20		III.
Novo mesto	186	135	116	100	112	116		II.
Zagreb	258	200	184	172	184	188		I.
Karlovac	250	200	180	151	176	180		
Reka	241	122	167	151	152	156		
Pula	335	212	161	245	257	261		
Smotrnost železniškega prev.	–	–	++	++	+	+		

Ne pride v poštev za obravnavo!

Glede na predvideno gradnjo avtocest do leta 2000.

SKLEP

Predlagani način kategorizacije in klasifikacije omogoča na sorazmerno enostaven način reševati zamotano nalogo v zvezi z geološko-rudarsko-ekološko-ekonomsko oceno uporabnosti nahajališč kamnin, primernih za pridobivanje mineralnih agregatov v gradbeništvu in/ali v industriji gradbenih materialov. S tem je omogočeno objektivneje in konkretneje primerjati med seboj obravnavana nahajališča s stališča smotrnosti uporabe teh nahajališč.

Preglednica 3. **Kategorizacija obravnavanih lokacij kamnolomov eruptivnih kamnin v SR Sloveniji na podlagi kriterijev: naravnih danosti, ekologije, gospodarnosti in transporta**

Kriteriji kategorizacije		Vrstni red I.	II.	III.
NARAVNE DANOSTI NAHAJALIŠČA	1. Montan-geološki pogoji	DOLGI ROB	KAMNA GORICA	ŠEBRELJE
	2. Geografski pogoji	KAMNA GORICA	DOLGI ROB	KOKRA, ŠEBRELJE
	3. Konfiguracija terena	KAMNA GORICA	DOLGI ROB, ŠEBRELJE	KOKRA, SUHADOLNIK
EKOLOGIJA	4. Direktno ogrožanje okolja	KAMNA GORICA	DOLGI ROB	SUHADOLNIK, ŠEBRELJE
	5. Motenje življenja pri eksploataciji	DOLGI ROB	KAMNA GORICA	JAVORJE, KOKRA, SUHADOLNIK
GOSPODARNOST PRIDOBIVANJA	6. Interni transport	KOKRA	ŠEBRELJE	JAVORJE
		DOLGI ROB		
	7. Osnovni normativi proizvodnje	DOLGI ROB	KOKRA	ŠEBRELJE
			SUHADOLNIK	KAMNA GORICA
	8. Stroški proizvodnje	KAMNA GORICA	DOLGI ROB	–
		JAVORJE	ŠEBRELJE	
		KOKRA	SUHADOLNIK	
TRANSPORT	Oddaljenost do porabnikov	DOLGI ROB	KAMNA GORICA	ŠEBRELJE
			KOKRA	SUHADOLNIK

Sklep:	Vrstni red		
PRIRODNE DANOSTI	KAMNA GORICA	DOLGI ROB	ŠEBRELJE, KOKRA
EKOLOGIJA	KAMNA GORICA	DOLGI ROB	SUHADOLNIK
	DOLGI ROB	KAMNA GORICA	
GOSPODARNOST PRIDOBIVANJA	KAMNA GORICA	DOLGI ROB	JAVORJE
	KOKRA	ŠEBRELJE	
		SUHADOLNIK	
TRANSPORT	DOLGI ROB	KAMNA GORICA	ŠEBRELJE
		KOKRA	SUHADOLNIK

Predlagani sistem je mogoče še dopolnjevati glede na konkretne zahteve predvidenih gradbenih del, glede na probleme, ki se pojavljajo (kakovost–uporabnost–bogatenje, transport–manipulacija, lokacija separacije, kapaciteta proizvodnje...).

1. Montan-geološki pogoji
2. Geografski pogoji
3. Konfiguracija terena
4. Neposredno ogrožanje okolja
5. Motenje življenja pri eksploataciji
6. Osnovni normativi proizvodnje
7. Stroški proizvodnje
8. Drugi pomembni dejavniki
9. Transport

Pri tem smo upoštevali osnovne parametre proizvodnje mineralnih agregatov in izkušnje, ki jih imamo pri dosedanjem pridobivanju mineralnih agregatov v SR Sloveniji v gradbeništvu in v industriji gradbenih materialov. Predlagani sistem upošteva skupine vprašanj:

- Naravne danosti
- Ekologija
- Gospodarnost pridobivanja
- Transport

VIRI

. Več avtorjev: Geološki, prostorski, ekonomski in tehnični pogoji pri izbiri optimalnih lokacij obratov za proizvodnjo kamenih agregatov v Sloveniji.
2. 1. del: Merila za vrednotenje ZRMK, Ljubljana 1986.
3. 2. del: Problematika eruptivnih agregatov za gradnjo avtocest ZRMK, Ljubljana 1987.

NAPETOSTNO KOROZIJSKO POKANJE VISOKOTRDNOSTNIH JEKEL V PREDNAPETIH BETONSKIH KONSTRUKCIJAH

UDK 620.193:691.328.2

LEOPOLD VEHOVAR

POVZETEK

Zaradi vedno bolj in bolj neprimernih atmosferskih razmer so sedaj prednapete betonske konstrukcije precej bolj izpostavljene nevarnostim napetostne korozije in vodikove krhkosti, kot so bile doslej. Jeklo za prednapenjanje je v betonu pod visoko natezno obremenitvijo. Posledica krhkega pokanja jekla pa je porušitev konstrukcije z vsemi spremljajočimi posledicami. Napetostna korozija jekla za prednapenjanje se lahko pojavi, če na napeto jeklo vpliva okolje. V skoraj vseh primerih pa je napetostno korozijsko pokanje podprto z vodikom. V tem delu so opisani mehanizmi obeh pojavov.

STRESS CORROSION CRACKING OF HIGH STRENGTH STEELS IN PRESTRESSED CONCRETE CONSTRUCTIONS

SUMMARY

Due to more and more unsuitable atmospheric conditions, prestressed concrete constructions are now much more exposed to the danger of stress corrosion and hydrogen embrittlement than had been the case hitherto. Prestressing steel in concrete is under high tensile load. Brittle fracturing of the steel will result in collapse of the structure, with all attendant consequences thereof. Stress corrosion of prestressing steel may occur, when the steel under tension is so affected by environmental factors. In almost all cases the stress corrosion cracking is with hydrogen assisted. In this scope these mechanisms of both phenomenons are described.

UVOD

Različne poškodbe vozišče plošče na mostovih, ki so posledica delovanja atmosferilij, soli, zmrzali, obrabe itd., povzročajo vdor korozijskega medija do posameznih žic ali kablov v prednapetih konstrukcijah. V teh konstrukcijah z različnimi sistemi prednapenjanja se lahko poraja napetostna korozija (NK), vodikova krhkost (VK) ali kombinacija obeh. V dinamično obremenjenih tovrstnih konstrukcijah je možno tudi nastajanje korozijske utrujenosti, katere širjenje je lahko v prisotnosti NK in VK zelo hitro. NK in VK se pojavljata še na različnih drugih prednapetih objektih, npr. industrijskih halah, vodnih hranilnikih, številnih sidriščih itd.

Na mnogih prednapetih objektih, ki so jih začeli graditi kmalu po II. svetovni vojni, so se prve resne poškodbe in katastrofalna rušenja mostov pojavile po približno 25 do 30 letih. Očitno je, da se v času gradnje ni dosti vedelo o NK patentirane žice, še manj pa o VK, katerega delovanje so definirali mnogo kasneje. Tovrstno neznanje in že pridobljeno izkustveno spoznanje, da beton lahko dobro ščiti jeklo pred korozijo, je odvrnilo pozornost gradbenikov od učinkovite izvedbe hidroizolacije zgornjega ustroja vozišče plošče. Kasnejše analize so pokazale še kopico pomanjkljivosti, kot so uporaba neustreznega cementa in zamesne vode, slabo skompaktiran beton in neustrezno injektiranje kablov. V nekaj primerih so celo uporabili katodno zaščito, ki se ni obnesla zaradi pojava VK. Mnoge poškodbe so bile tudi posledica delovanja blodečih tokov, katerih učinek se je kazal v obliki NK ali VK. Pogosto so bili v korozijskih medijih prisotni različni pospeševalci korozije, kot so Cl^-, S^{2-}, NO_3^-, HCO_3^- in drugi ioni. Med vsemi je najbolj vpliven kloridni ion, katerega destruktivno delovanje je že bilo opisano v prejšnji številki Gradbenega vestnika.

Avtor:
* Dr. Leopold Vehovar – SOZD Slovenske železarne, Metalurški inštitut, Lepi pot 11, Ljubljana

NAPETOSTNA KOROZIJA IN VODIKOVA KRHKOST

Krhkost kovin zaradi NK in vodika, ki povzroča VK, je zelo kompleksen pojem, povezan z različnimi teorijami, katere vsaka po svoje iz različnih stališč zajemajo različne mehanizme. Ti mehanizmi so v tesni povezavi z mikrostrukturo kovine, njeno kristalno zgradbo in napakami v kristalni mreži, kemično sestavo, zasedenostjo elektronskih obel, vrsto korozijskega medija, njegove stopnje disociacije, ionsko sestavo, pH vrednostjo, absorpcijsko sposobnostjo specifičnih ionov na površini kovine ali v razpoki, temperaturo, pri kateri potekajo korozijski procesi, in ne nazadnje od velikosti napetosti v materialu, katere

izvor so lahko zunanje obremenitve (izdelki so v času uporabe različno obremenjeni) ali notranje obremenitve (zaostale napetosti, nastale pri različnih fazah termične obdelave oz. hladnega preoblikovanja, strojne obdelave itd.). Za tvorbo NK je torej potreben ustrezen korozijski medij, napetost in pa za tovrstne procese senzibilen material. VK potencirajo skoraj natanko isti faktorji. Napetosti v materialu niso potrebne za nastanek in širjenje VK, čeprav je povsem jasno, da jo te izrazito pospešujejo.

NK in VK se najpogosteje pojavljata brez vidnejših zunanjih sledov, kajti širjenje obeh je bodisi interkristalno bodisi transkristalno. Prav v tem pa je nevarnost, ker je ugotavljanje poškodb, ki vodijo do krkih nenadnih zlomov, težavno. Posledica tega so mnoge katastrofe v strojni, kemični, petrokemični, živilskopredelovalni industriji, v termo in nuklearnih elektrarnah, v prednapetih armiranobetonskih konstrukcijah, v vesoljski tehniki itd., torej vsepovsod tam, kjer je prisoten korozijski medij v obliki atmosferilij, par ali raztopin z agresivnimi ioni.

Kot je bilo že omenjeno, se NK in VK širita v notranjost materiala transkristalno ali interkristalno. Prav zaradi tega pa je težko ločiti en pojav od drugega; v mnogih primerih delujeta vzajemno (istočasno delujoča NK je lahko le priložnost za produkcijo atomarnega vodika, ki se širi v konico razpoke in na podlagi različnih mehanizmov njegovega delovanja utira pot razpoki) in le ko gre za izpostavo v plinastem ali tekočem vodiku ter pri katodni polarizaciji (npr. katodna zaščita) lahko zagotovo trdimo, da je prisotna čista VK. Zaradi tega pogosto uporabljamo kar generični izraz – korozijsko pokanje ali napetostno pokanje.

Mehanizmi napetostne korozije

Za pojav NK je potreben korozijski medij in napetost v materialu, ki je občutljiv za napetostno korozijsko pokanje. Napetost je običajno zunanjega izvora (npr. v prednapetih patentiranih žicah ali kablih). Pri tem nastale razpoke, ki vodijo pogosto do porušitve, pa nastajajo pravokotno na smer delujoče obremenitve.

Napetostno korozijsko pokanje si danes razlagamo z nekaj teorijami, ne obstaja pa enovita, s katero bi bilo možno v celoti zajeti vse dejavnike, ki vplivajo na nastanek in napredovanje napetostno korozijske razpoke. Za različne kovine in njihove zlitine v različnih medijih so mehanizmi lahko različni.

Pri mehanizmu NK ločimo nastanek razpoke in njeno napredovanje do loma. Začetek razpoke pa predstavljajo površinske mehanske poškodbe ali korozijske izjede (npr. neprimerno uskladiščena patentirana žica in nezaščiteni še nenapeti kabli na objektih, kjer se prednapenjanje ter injektiranje izvaja šele po nekaj mesecih), pa tudi kasnejše poškodbe pasivnega filma, ki se formira na armaturi že v svežem betonu.

Številne teorije omenjajo naslednje mehanizme:

1. Model prekinitve pasivnega filma, ki je značilen za nastanek transkristalnih napetostno korozijskih zlomov (tako pokajo npr. avstenitna nerjavna jekla).

2. Model napetostne interkristalne korozije, ki ga opisujejo kot »mehanizem krhkega filma«, je značilen za interkristalno napetostno pokanje visokotrdnostnih jekel (tudi patentirane žice). Tvorijo se krhki korozijski produkti, ki se v obliki filma izločajo po kristalnih mejah, kjer povzročajo dekohezijo med kristalnimi zrni.

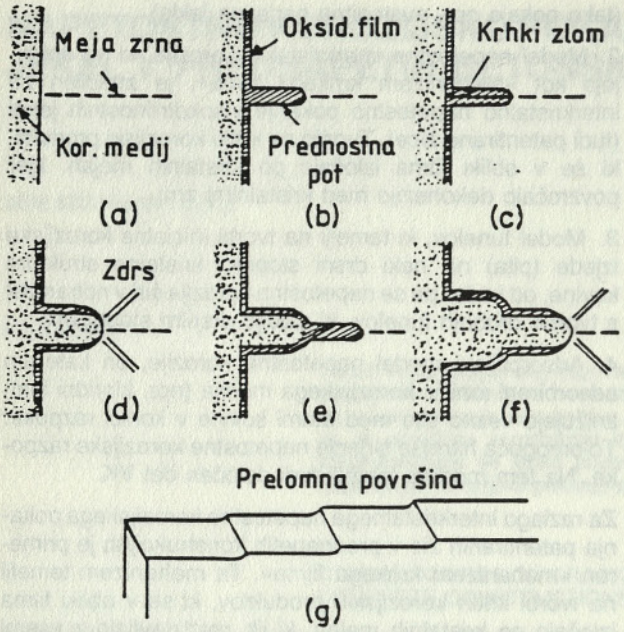
3. Model tunelov, ki temelji na tvorbi inicialne korozijske izjede (pita) na neki drsni stopnici kristalne strukture kovine, od koder pa se napetostna korozija širi v notranjost s tvorbo drobnih tunelov, ki sledijo drsnim stopnicam.

4. Adsorpcijski model napetostne korozije, pri katerem adsorbirani ioni iz korozijskega medija (npr. kloridni ioni) znižujejo vezno silo med atomi kovine v konici razpoke. To omogoča hitrejše širjenje napetostne korozijske razpoke. Na tem modelu temelji tudi določen del VK.

Za razlago interkristalnega napetostno korozijskega pokanja patentiranih žic v prednapetih konstrukcijah je primeren »mehanizem krhkega filma«. Ta mehanizem temelji na tvorbi krkih korozijskih produktov, ki se v obliki filma izločajo po kristalnih mejah, ki jih predstavljajo z vsemi njihovimi značilnostmi prednostna pota – slika 1a. Če v materialu ni prisotna napetost, napreduje korozija po mejah zrn počasneje, in sicer s tvorbo razmeroma homogenega filma – slika 1b. Z napetostjo pa se hitrost širjenja pospeši zaradi poškodb krhkega filma, kar omogoči večji pristop korozijskega medija, še posebej v koren razpoke, ki se ujema s kristalno mejo – slika 1c. Širjenje interkristalne korozije se za določen čas ustavi ob kakem zdrsu – slika 1d, nastalem s plastično deformacijo, kar omogoči povečanje razpoke zaradi delovanja korozijskega medija v tem področju. Po določenem času se z nadaljnjim napredovanjem korozije vzdolž kristalnih mej proces ponovi – slika 1e in f, to pa vodi do stopničastega – diskontinuirnega napredovanja interkristalne korozije – slika 1g.

Širjenje interkristalne korozije je posledica naslednjih dejstev:
– hitrost repasivacije po kristalnih mejah je mnogo manjša kot po notranjosti kristalnih zrn, kar pomeni, da imajo meje ali njihova neposredna okolica negativnejši elektrokemični potencial; v korozijskem procesu predstavljajo torej anode. Vendar pa se po mejah lahko izločajo tudi katodni vključki, ki tako spreminjajo naravo mej;
– po kristalnih mejah segregirajo nečistote, ki fungirajo kot anode, kar jasno daje prednost mejam kot prednostnim pótem.

Vzroki za interkristalno NK, katere značaj je tesno povezan s kemično sestavo, mikrostrukturo materiala ter distribucijo različnih korozijskih žarišč, po katerih korozija napreduje, so lahko različni. Za nastajanje interkristalne NK jekel je posebej pomemben vpliv ogljika ali pa v nerjavnih jeklih karbidni precipitati, izločeni po mejah feritnega zrna. Različni postopki (žarjenje, kaljenje in popuščanje) izrazito vplivajo na porazdelitev ogljika v jeklu, ki povzroča nastajanje lokalnih korozijskih celic. Površine, bogate z ogljikom, predstavljajo zelo učinkovite



Slika 1. **Mehanizem nastajanja interkristalne napetostno korozijske razpoke**

katode, ferit v neposredni bližini pa anode, ki se npr. v nitratnih raztopinah odtapljajo. V prisotnosti lužnatih medijev pa predstavljajo anode tista mesta, ki so bogata z raztopljenim ogljikom. Podobno, bodisi kot katode bodisi anode, pa se obnašajo še mnoge nečistote in različni precipitati v jeklu. Mnogi dajejo velik poudarek nečistočam, ki jih štejejo za najpomembnejše tvorce interkristalne NK in še posebej VK, ki se tudi v takšnem primeru širi interkristalno. V mnogih primerih je bilo dokazano, da nečistote znižujejo površinsko energijo mej zrn, kar znatno vpliva na kinetiko razvoja interkristalne korozije. Lahko trdimo, da nečistote tvorijo galvanske člene, ki so posledica razlik v kemični sestavi med kristalno mejo z izločenimi konstituanti in matrico. Podobno kot ogljik tudi intersticijsko raztopljen dušik v visokotrdnostnih jeklih povečuje nagnjenost teh do interkristalne NK. Izločanje različnih konstituantov po mejah kristalnih zrn, ki povzročajo interkristalno NK, je prikazano na sliki 2.

Mehanizmi vodikove krhkosti

Znano je, da sestavljata elektrokemični proces korozije parcialni anodni in katodni reakciji. Anodna reakcija, npr. korozije železa, predstavlja njegovo prehajanje v ionsko stanje, kar predstavlja oksidacijo kovine:

$$\text{anodna reakcija: } Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e \qquad (1)$$

Katodno reakcijo predstavlja redukcija oksidacijskega sredstva iz korozijskega medija (npr. H^+ ioni v kislem mediju):

$$2H^+ + 2e \rightarrow H_2 \qquad (2)$$

Toda reakcija (2) predstavlja le sumarno reakcijo katodnega procesa, pri kateri se na elektrodnih površinah izloča molekularni vodik, ki v obliki plina izhaja iz korozijskega medija. Takšen vodik (H_2) ni povzročitelj VK. Reakcija (2) pa je dejansko sestavljena iz vrste različnih vmesnih stadijev. Prvi stadij je transport delcev k elektrodnim površinam, za tem pa sledi stadij razelektrenja ionov vodika s tvorbo adsorbiranih atomov vodika (H_{ads}) na teh površinah:

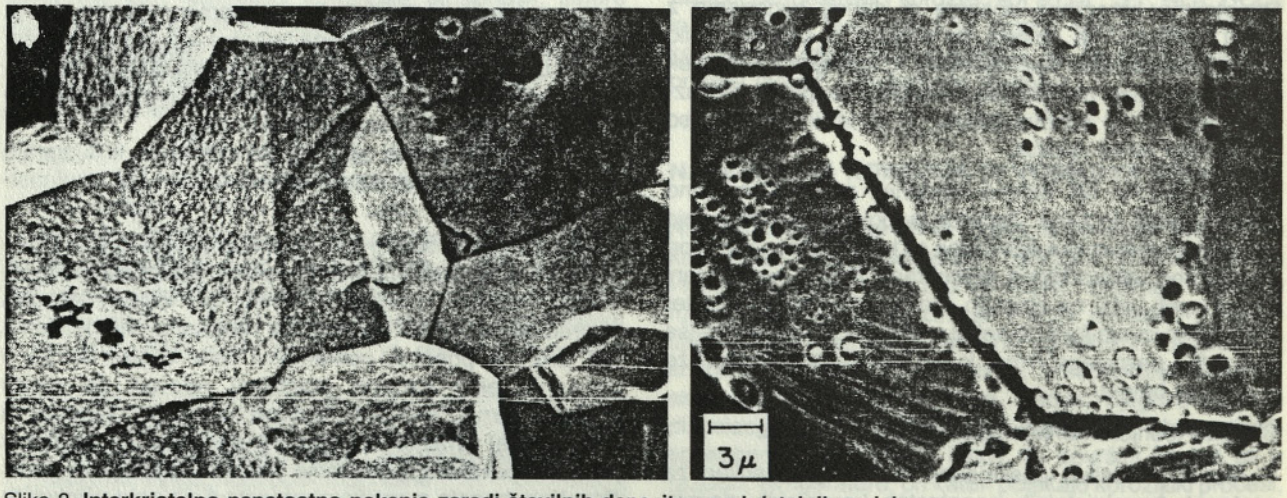
$$H^+ + e \rightarrow H_{ads} \qquad (2)$$

Za nadaljnji stacionarni potek korozije pa je potrebno, da so elektrodne površine zasedene z vodikovimi atomi (H_{ads}) oziroma da je omogočeno stalno odvajanje teh iz katodne površine v obliki H_2. Atomi vodika se lahko odstranijo na več načinov, toda omenimo bistvena dva:

– mehanizem Volmer-Tafel:

$$H^+ + e \rightarrow H_{ads} \qquad (3)$$

$$H_{ads} + H_{ads} \rightarrow H_2 \qquad (4)$$



Slika 2. **Interkristalno napetostno pokanje zaradi številnih depozitov po kristalnih mejah zrn**

– mehanizem Volmer-Heyrowski:

$$H^+ + e \rightarrow H_{ads} \quad (5)$$

$$H^+ + H_{ads} + e \rightarrow H_2 \quad (6)$$

Če zaradi specifičnosti elektrokemičnega procesa korozije ni povsem izvedljiva depolarizacija z vodikom na katodi s tvorbo H_2, temveč nastali H_{ads} ne reagira z elektroni (enačba 6) ali medsebojno (enačba 4), potem ostaja adsorbiran na katodnih površinah. Toda od tod lahko na ugodnih mestih migrira v kristalno rešetko jekla, kjer povzroča VK.

V prednapeti armaturi pa se lahko poraja VK z reakcijo elektronov, sproščenih pri anodni reakciji in vodo oz. vlago, ki prodira do žic, palic ali pletenih pramen:

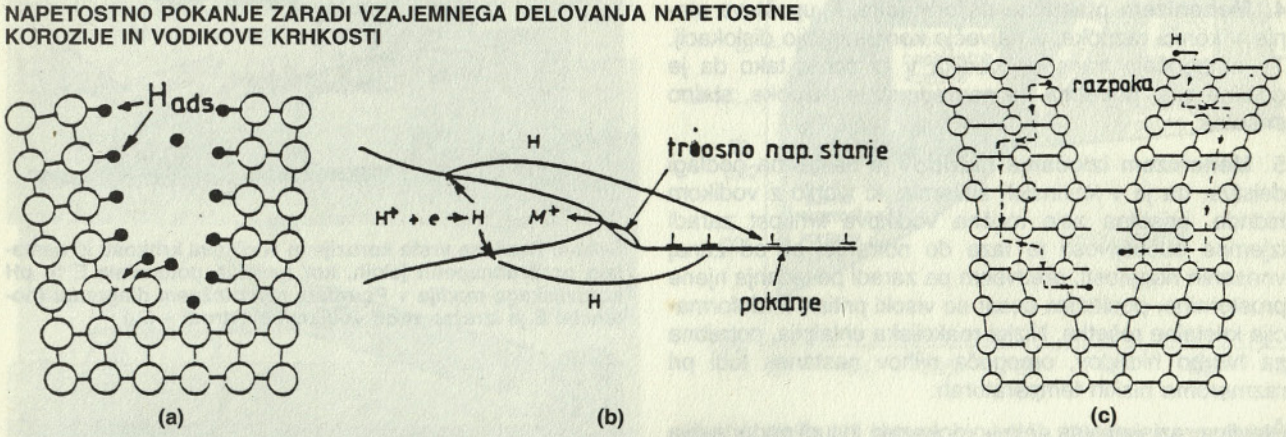
$$H_2O + e \rightarrow H_{ads} + OH^- \quad (7)$$

$$2H_2O + 2e \rightarrow H_2 + 2OH^- \quad (8)$$

Navodičenje torej nastopa po reakciji (7). Vendar pa so glavni povzročitelji VK in tudi NK kloridi, ki povzročajo v začetni fazi jamičasto korozijo, v korozijski jamici pa po reakciji (10) še proton vodika H^+.

Vpliv vodika so v začetku pripisovali delovanju napetostne korozije, vendar pa so kasneje dokazali, da gre za dva povsem ločena mehanizma (to je jasno razvidno tudi z gornjimi obrazložitvami), ki pa pogosto delujeta vzajemno. Na nekaj zadnjih FIP kongresih in na podlagi številnih drugih raziskav o napetostnem pokanju visokotrdnostnih jekel v drugih panogah industrije lahko potrdimo to vzajemno delovanje. Napetostna korozija, pri kateri se producirajo H^+ ioni oz. H_{ads}, je torej podprta še z vzajemnim delovanjem vodika. Takšno sodelovanje je prikazano na sliki 3. Korozijsko pokanje napreduje po enem od mehanizmov NK z anodno oksidacijo, to je tvorbo kovinskih kationov M^{n+} (pri koroziji armature Fe^{2+}) in korozijske izjede (slika a) oziroma razpoke (slika b). To pokanje pa je podprto z migracijo na katodnih površinah adsorbiranega vodika (slika a) v konico razpoke (slika b), kjer je prisotno triosno napetostno stanje in številne dislokacije (tu atomarni vodik rekombinira H_2 ob tvorbi visokih pritiskov in mikrorazpok ali pa H znižuje vezno silo med atomi železa, kar omogoča lažje napredovanje razpoke). Prodiranje atomarnega vodika v konico razpoke je intersticijsko (slika c). Kinetika transporta H v konico razpoke pa je odvisna od napetostnega stanja; čim večje so vnesene napetosti (čim večje je prednapenjanje), tem več je

NAPETOSTNO POKANJE ZARADI VZAJEMNEGA DELOVANJA NAPETOSTNE KOROZIJE IN VODIKOVE KRHKOSTI



Slika 3. **Vzajemno delovanje napetostne korozije in vodika v napetostni razpoki**

V jamici potekajo reakcije tako, da železovi ioni reagirajo s kloridnimi:

$$Fe^{2+} + 2Cl^- \rightarrow FeCl_2 \quad (9)$$

vendar pa je železov klorid zelo topen korozijski produkt, ki se v preostanku H_2O ponovno raztaplja v Fe^{2+} in Cl^- ione. Z nadaljnjo reakcijo teh z vodo pa se tvori proton vodika H^+:

$$Fe^{2+} + 2Cl^- + 2H_2O \rightarrow Fe(OH)_2 + 2H^+ + 2Cl^- \quad (10)$$

Na ta način se tvori H^+, ki povečuje kislost v korozijski izjedici (to je avtokatalitičen proces, ki je dobro poznan pri koroziji v špranji, pitih in razpokah).

dislokacij, ki istočasno predstavljajo transportno sredstvo za H.

Ker so katodni procesi usmerjeni v produkcijo bodisi H_{ads} bodisi H_2, je povsem jasno, da je katodna zaščita prednapetih konstrukcij zelo nevaren in nedopusten postopek preprečevanja korozije prednapete armature (več o tem v naslednji številki Gradbenega vestnika).

Za razlago VK ne obstaja enovita teorija, s katero bi bilo možno razložiti vsa dogajanja v zvezi s tem pojavom, katerega značaj se spreminja v odvisnosti od materiala, tj. njegove mikrostrukture, vpliva različnih nečistoč, ki se izločajo po kristalnih mejah, legirnih elementov, od vrste korozijskega medija itd. VK je povezana z vrsto različnih teorij oziroma mehanizmov, ki vsak po svoje poskuša

interpretirati različna dogajanja v kovini pri vstopu atomarnega vodika (tistega, ki se je adsorbiral na kovino – H_{ads}). Danes v svetu priznane teorije o VK so povezane z naslednjimi mehanizmi:

1. **Zapffov mehanizem** ali mehanizem pritiska, ki je posledica rekombinacije atomarnega vodika v molekularnega (v materialu se tvorijo pritiski do ca. 10^5 bar). V okolici plinskih mehurčkov je možno pričakovati precejšnje nakopičenje dislokacij, upadanje žilavosti materiala in pojav mikro ali makro razpok.

2. **Petchev mehanizem** ali adsorpcijski mehanizem, po katerem adsorbirani vodik znižuje površinsko energijo kovine in s tem olajšuje formiranje razpoke. Znižanje se doseže z interakcijo vodika z elektroni iz »d« elektronske oble in na osnovi tega sklepamo, da topnost vodika narašča z naraščanjem gostote elektronov na Fermijevi površini.

3. **Troianijev dekohezijski mehanizem,** katerega je povzel Oriani, po katerem vodik znižuje kohezijsko silo med atomi kovine, in sicer na mestih, kjer je koncentriran, to se pravi, v področjih triosnosti po Troianiju oziroma po Orianiju v konici razpoke, v kateri je prisotna največja napetost. S takšnim gledanjem na stanje v korenu razpoke se je porajal mehanizem plastične deformacije.

4. **Mehanizem plastične deformacije,** ki upošteva stanje v konici razpoke, z največjo koncentracijo dislokacij. Te omogočajo transport vodika v to cono, tako da je gonilna sila, potrebna za napredovanje razpoke, stalno prisotna.

5. **Mehanizem izločanja hidridov** je nastal na podlagi dejstva, da je v kovinskih sistemih, ki tvorijo z vodikom hidride, prisotna zelo močna vodikova krhkost zaradi izjemne občutljivosti te faze do notranjih ali od zunaj vnesenih napetosti, predvsem pa zaradi povečanja njene prostornine, posledica česar so visoki pritiski in deformacija kristalne rešetke. Nizka reakcijska entalpija, potrebna za tvorbo hidridov, omogoča njihov nastanek tudi pri razmeroma nizkih temperaturah.

Številna raziskovalna dela so dokazala in tudi podprla dva mehanizma, ker najbolj kompleksno obravnavata in omogočata razlago vodikove krhkosti. To sta:
– mehanizem Troiano–Oriani,
– mehanizem plastične deformacije.

Vsi ostali omenjeni mehanizmi oziroma pogoji so sicer potrebni, toda ne vedno zadostni.

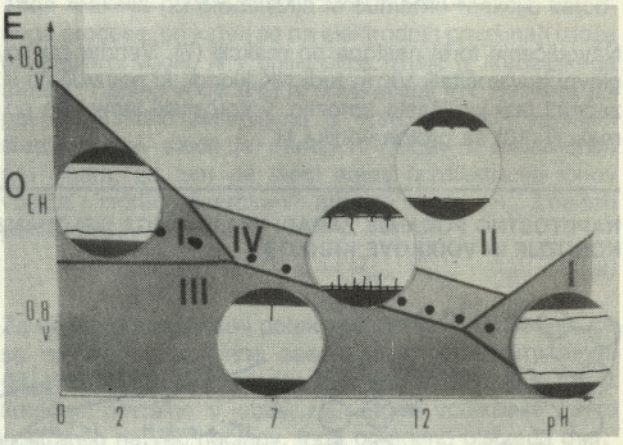
VRSTE KOROZIJE VISOKOTRDNOSTNE ARMATURE V ODVISNOSTI OD POTENCIALA JEKLA IN pH VREDNOSTI KOROZIJSKEGA MEDIJA

Jeklo zavzema v različnih korozijskih medijih (vključno v betonu z njegovo različno pH vrednostjo, dodatki, različno stopnjo karbonatizacije in degradacije, ki je posledica delovanja agresivnih atmosferilij itd.), z različno pH vrednostjo, različen potencial. Na sliki 4 so nazorno prikazana polja, v katerih se lahko pojavlja elektrokemična korozija v različnih oblikah (polje I, II in IV); v polju III pa nastaja VK, ki se v dnu korozijskih izjed ali razpokah lahko v večji ali manjši meri razvija tudi v polju IV.

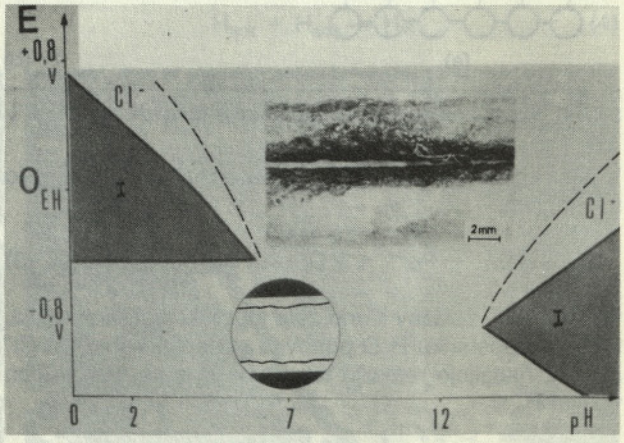
Za polje I (slika 5) je značilno splošno odtapljanje jekla, kloridni ioni pa to polje širijo.

V prisotnosti potencialov, ki so v področju II, je možna le jamičasta (pitting) korozija, in sicer na mestih, kjer so prisotne poškodbe pasivnega Fe_2O_3 filma, ki nastaja v tem področju.

Za gradbeniško prakso pa sta vendar najpomembnejši polji III in IV. V polju III, v katerem se zaradi nizkih potencialov ne morejo izvajati anodne reakcije (korozijsko imuno področje), so možne katodne, kar vodi do pojava VK (slika 6). Primeri poškodb iz te cone so lahko posledica delovanja katodne zaščite ali blodečih tokov.



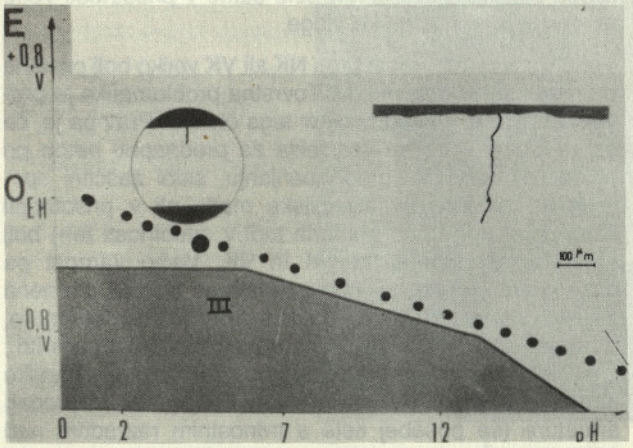
Slika 4. **Različne vrste korozije in vodikova krhkost, ki nastajajo na prednapetih jeklih, kot funkcija potenciala E in pH korozijskega medija v Pourbaix ravnotežnem diagramu (potencial E je izražen proti vodikovi elektrodi – E_H)**



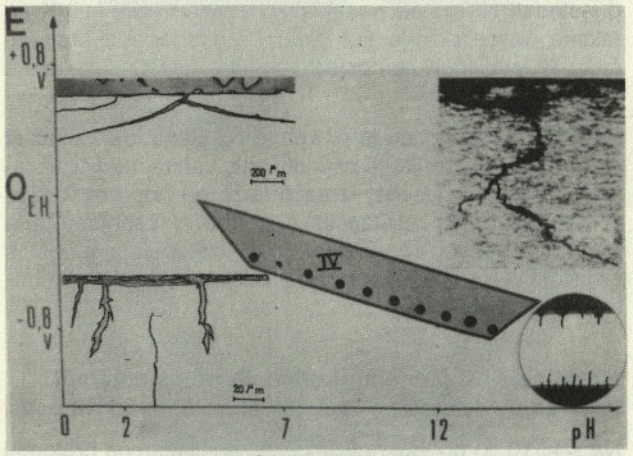
Slika 5. **Splošna korozijska jekla v polju I**

Napetostno korozijsko pokanje je možno v področjih, kjer se pojavlja pasivacija armature. To je področje IV (slika 7), v katerem se jeklo pasivira s tvorbo Fe_3O_4. Napetostna

korozija se pojavi zaradi lokalne depasivacije armature, kar je možno z vdorom korozijskega medija (depasivacijsko delovanje npr. kloridov). Iz takšne lokalne korozijske poškodbe v obliki korozijske izjede se v dnu te izoblikuje napetostno korozijska razpoka. Zaradi specifičnosti korozijskih procesov v dnu korozijske izjede pa se lahko v določeni meri pojavi še VK, ki podpira širjenje razpoke.



Slika 6. **Vodikova krhkost v polju III, kjer je jeklo imuno pred korozijo (katodno zaščiteno). Vodikova krhkost pa se lahko pojavi tudi v polju I in IV (označeno z manjšimi pikami)**

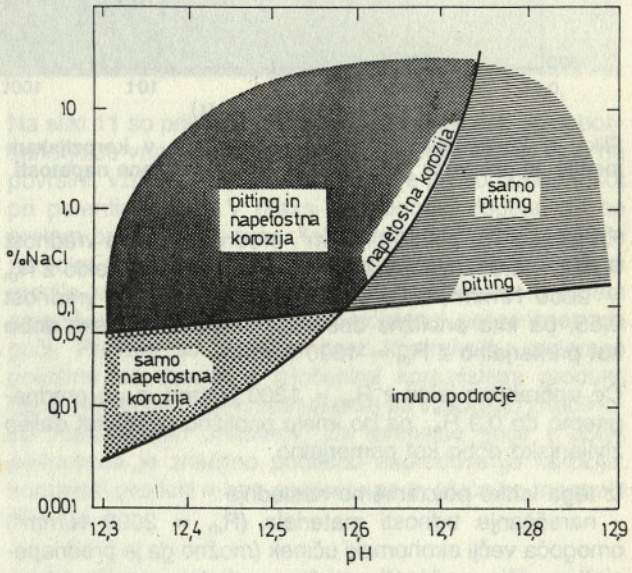


Slika 7. **Napetostno korozijsko pokanje prednapete armature v področju IV, katero pa je lahko podprto še z vodikovo krhkostjo**

Napetostno korozijsko pokanje armature za prednapeti beton v prisotnosti kloridov

Prosti kloridi, ki so v porni tekočini, npr. zaradi dodajanja $CaCl_2$ v sveži beton, ali pa ti penetrirajo v otrdeli beton zaradi delovanja korozijskih medijev, ki vsebujejo kloride (npr. soljenje cest), povzročijo učinkovito depasivacijo jekla in s tem NK, katere napredovanje pa je lahko podprto z vodikom. Kritične količine kloridov, potrebnih za nastajanje napetostne korozije ali samo pittinga, so podane na sliki 8. NK se torej lahko pojavi tudi pri polni pH vrednosti betona, ob ustrezni količini kloridov in vlagi, ki predstavlja elektrolit, potreben za vzpostavo elektrokemičnega procesa. Pri visokih pH vrednostih betona in vrednostih NaCl, ki presegajo 0,07 %, nastaja samo pitting, pri še nižjem deležu kloridov pa se celo poraja imuno področje. Z upadanjem pH betona se hitro pojavi NK. Pri večjih vrednostih Cl^- ionov nastopi v začetni fazi pitting, iz katerega pa se kasneje razvije NK, pri pH med 12,3 in ca. 12,6 pa se razvija NK neposredno. To pomeni, da se na površini armature ne pojavljajo dovolj signifikantni znaki korozije, vendar pa je armatura že lahko krhka. Prav takšno nastajanje NK je najbolj nevarno, ker daje videz neznatnega površinskega delovanja korozijskih procesov.

Diagram na sliki 8 je zelo poučen in dragocen za prakso npr. pri sanaciji objektov, ko samo z analizo betona (njegove pH vrednosti) in deleža kloridnih ionov lahko v mnogih primerih dovolj suvereno prognoziramo stanje prednapete armature, ne da bi jo dobili na vpogled in analizo.

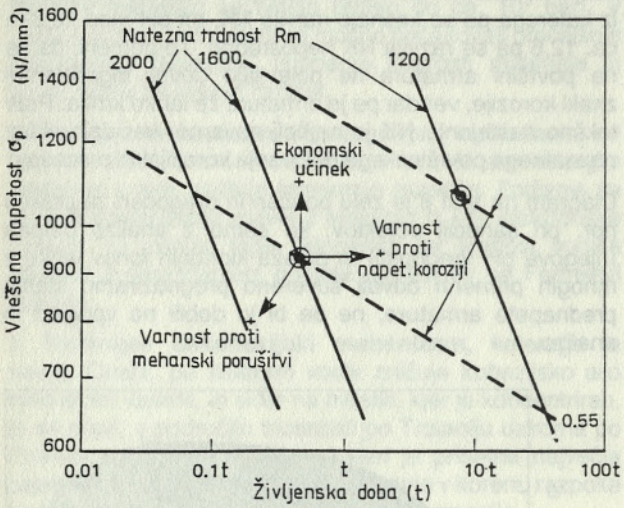


Slika 8. **Vpliv pH betona in deleža kloridov na nastajanje pittinga ter napetostne korozije**

Vpliv vnesene napetosti in kakovosti jekla na napetostno pokanje

Napetosti v materialu pospešujejo delovanje NK in VK. Z naraščanjem te raste hitrost širjenja razpoke, vendar pa je za pojav NK in širjenje razpoke potrebna kritična napetost v materialu. Ta je odvisna od vrste jekla in njegove kemične sestave ter temperature in sestave korozijskega medija. Ta kritična napetost je lahko nižja od 10 % meje tečenja, v drugih primerih se NK ne pojavlja, če je kritična napetost celo blizu 70 % od meje tečenja preizkušanega materiala. Za vsako kombinacijo kovina–korozijski medij torej obstaja neka mejna napetost, ki omogoča nastajanje NK in širjenje napetostno korozijske razpoke.

Oglejmo si vpliv prednapenjanja in natezne trdnosti na življenjsko dobo patentirane žice. Na sliki 9 je podana življenjska doba hladno vlečene in napetostno popuščene patentirane žice v korozijskem mediju. Življenjska doba je podana kot funkcija vnesene napetosti σ_p in natezne trdnosti R_m.



Slika 9. **Življenjska doba patentirane žice v korozijskem mediju, ki povzroča NK, v odvisnosti od vnesene napetosti**

Pri jeklu z R_m = 1600 N/mm^2, prednapetem na vrednost σ_p/R_m = 0,55, znaša življenjska doba »t« ur. Jeklo z R_m = 2000 N/mm^2, ki je bilo prednapeto na isto vrednost 0,55, pa ima približno desetkrat krajšo življenjsko dobo kot primerjalno z R_m = 1600 N/mm^2.

Če uporabimo jeklo z R_m = 1200 N/mm^2 in ga prednapnemo do 0,9 R_m, pa bo imelo približno desetkrat daljšo življenjsko dobo kot primerjalno.

Iz tega lahko povzamemo naslednje:
– naraščanje trdnosti materiala (R_m = 2000 N/mm^2) omogoča večji ekonomski učinek (možno ga je prednapenjati na višjo vrednost), vendar pa obstaja manjša odpornost proti NK. Če izvajamo prednapenjanje pri še večjem razmerju, se čas do zloma še bolj skrajša. Vendar pa se z izbiro takšnega jekla poveča varnost pred mehansko porušitvijo, ki je lahko posledica npr. preobremenitve;
– visoko prednapeto jeklo, ki ima nizko trdnost (R_p = 1200 N/mm^2), nudi dolgo življenjsko dobo, ne pa varnosti pred mehansko porušitvijo.

Napetostno korozijo torej lahko izločimo, če uporabljamo materiale z nižjim trdnostnim razredom (pri Dywidag jeklu s trdnostjo maks. 1100 N/mm^2 se NK ne pojavlja, če niso prisotni nitrati), ali pa takšnega z višjimi trdnostnimi karakteristikami, toda z majhno stopnjo obremenitve.

Na splošno lahko trdimo, da se poškodbe v različnih ogljičnih in malo legiranih jeklih pojavljajo le, če napetost tečenja prekorači vrednost približno 500 N/mm^2, vendar pa se NK in VK lahko pojavita pri laboratorijskih poskusih, ko se dosega napetost tečenja samo ca. 350 N/mm^2.

V območju, ko napetost tečenja dosega vrednosti med 550 in 1100 N/mm^2, se je pojavljala NK le v prisotnosti specifičnih medijev z agresivnimi ioni, kot so kloridi, cianidi, nitrati, hidroksidi, karbonati, acetati, propionati, sulfidni ioni, vodik, tekoči amonijak, amini in v prisotnosti žveplene kisline.

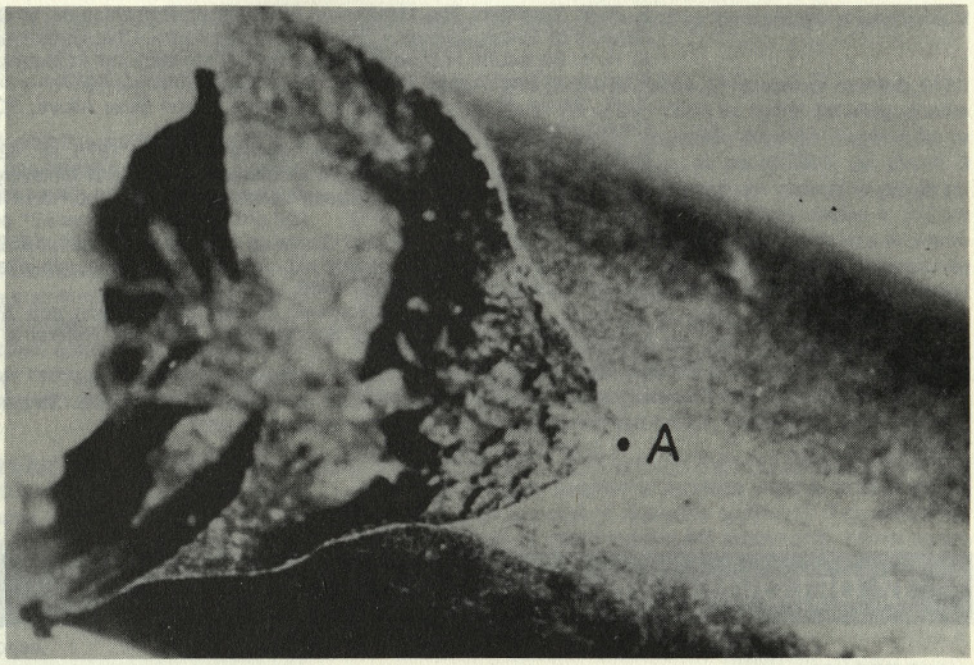
V območju napetosti tečenja med ca. 1100 N/mm^2 ali več pa se pojavljata NK in VK celo samo v prisotnosti vode ali običajne atmosferske vlage.

Vendar pa je odpornost proti NK ali VK veliko bolj odvisna od metalurških dejavnikov. Tovrstna problematika je preveč obširna in ne sodi v okvir tega članka. Prav pa je, če se zavedamo, da so vsa jekla za prednapeti beton pri polno izkoriščenem prednapenjanju, slabi zaščitni sposobnosti betona oz. injekcijske malte ali v prisotnosti kloridov (v določenih primerih tudi v odsotnosti teh) bolj ali manj neodporna na NK in VK. Večjo varnost pa dosegamo, če uporabljamo patentirano žico ali pramena z nizko relaksacijo. Takšno jeklo s trustitno mikrostrukturo, z nizkim deležem nečistot, segregacij po mejah zrn itd., ima neprimerno boljšo odpornost kot termomehansko obdelane palice (Dywidag jeklo). Pri uporabi Dywidag armature (še posebej tiste s trdnostnim razredom nad 1250 N/mm^2) so potrebni mnogo strožji ukrepi, povezani s kakovostjo betona, njegovo permeabilnostjo za določene povzročitelje korozije, debelino prekritja, velikostjo razpok v površinskem-prekrivnem sloju betona itd. V prisotnosti NK in še posebej kombinacije NK in VK so takšne palice pokale kot steklo v razmeroma kratkem času (v ljubljanski atmosferi vgrajena nezaščitena sidra že po 6 mesecih).

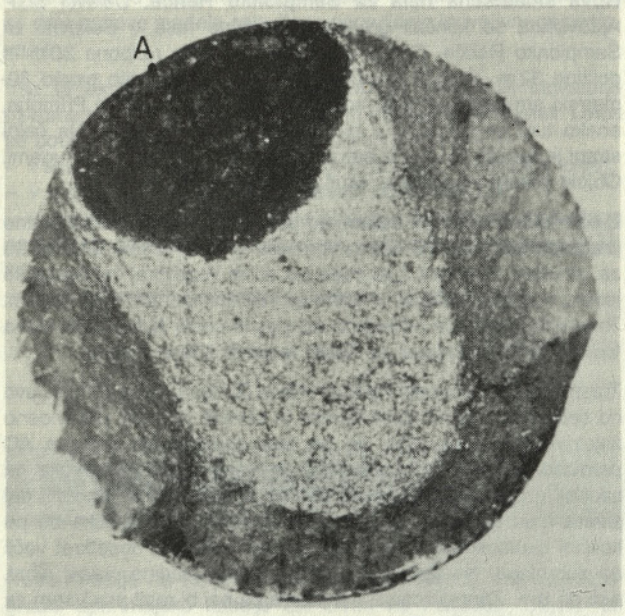
Ne povsem na koncu je potrebno poudariti, da kakovost jekel za prednapenjanje pogosto zelo variira med proizvajalci. To se še posebej izrazito kaže na odpornost proti NK in VK ter na relaksacijske izgube. V zadnjem času med proizvajalci še posebej zelo izstopajo Japonci s čistimi jekli, visoko tehnologijo predelave in strogo kontrolo.

Morfološke značilnosti prelomnih površin zaradi delovanja napetostne korozije in vodikove krhkosti

Na sliki 10 so podane morfološke značilnosti na prelomni površini patentirane žice. Inicialno mesto, od koder se razpoka počasi širi v notranjost, je v točki A. To mesto običajno predstavljajo poškodbe na površini žice. Te so v obliki površinskih zarez ali finih površinskih razpok, nastalih že pri predelavi žice, spremembe mikrostrukture itd., ali pa gre le za poškodbo pasivnega filma na površini žice. Prelomi so krhki in brez kontrakcije, prelomne površine v korodiranem delu pa interkristalne narave. Korozija torej poteka interkristalno in le v primerih, če je prisotno korozijsko utrujanje (dinamično obremenjene prednapete konstrukcije), se lokalno lahko pojavijo tudi značilnosti transkristalnega-krhkega preloma. Preostali sveži del prelomne površine je bolj ali manj žilav. Širjenje razpoke poteka običajno pod kotom 40 do 60° glede na os žice.



Slika 10: **Prelomna površina napetostne korozijske razpoke patentirane žice**



Na sliki 11 so prikazane morfološke značilnosti za poboljšano jeklo vrste Dywidag. Inicialno mesto v točki A je na površini, vzroki za njegovo nastajanje pa so podobni kot pri patentirani žici. V praksi se pogosto dogaja, da se prelom prične tik ob rebru tako profiliranih palic. Širjenje razpoke je omogočeno s stalno penetracijo korozijskega medija v notranjost razpoke. Pri določenem kritičnem zmanjšanju nosilnega prereza preostanek palice iznenada poči. Prelomi so krhki in brez kontrakcije, prelomne površine na mestih z izločenimi korozijskimi produkti (temnejše polje v obliki polmeseca) pa vsebujejo značilnosti interkristalnih prelomov. Za temnejše polje v obliki polmeseca je značilno počasno napredovanje korozije, korozijski produkt v tem področju pa je običajno magnetit (Fe_3O_4).

Slika 11. **Videz prelomne površine poboljšanega Dywidag jekla, ki je počilo zaradi delovanja napetostne korozije**

LITERATURA

1. P. C. Kreijger: Research into the Embrittlement of Prestressing Steel (Strees Corrosion); general review of the subject; Heron Vol. 22/1977 – Stress Corrosion in Prestressing Steel.
2. A. J. Brusle, E. N. Pugh: An Evolution of Current Models for the Propagation of Stress-Corrosion Cracks, Environments-Sensitive Fracture of Engineering Materials, Symposium Chicago, 1977, str. 30–31.
3. R. M. Latanision: Stress Corrosion Cracking and Hydrogen Embrittlement: Differences and Simiilarities, Chicago Symposium-Environment-Sensitive Fracture of Engineering Materials, leto 1977, str. 61–64.
4. A. J. Bursle, E. N. Pugh: An Evaluation of Current Models for the Propagation of Stress Corrosion Cracks, str. 19–43. Environment-Sensitive Fracture of Engineering Materials, Chicago 1977.

5. A. S. Tetelman: The Mechanism of Hydrogen Embrittlement in Steel, str. 446–461, Fundamental Aspects of Stress Corrosion Cracking, Symposium – Ohio State University 1967.
6. H. K. Birnbaum: Hydrogen Related Failure Mechanisms in Metals, str. 331, Environment-Sensitive Fracture of Engineering Materials, Symposium Chicago, 1977.
7. R. Gibala: Hydrogen Defect Interactions in Iron Base Alloys, SCC and HE of Iron Base Alloys, Unieux-Firminy, France 1973, str. 244–270.
8. L. I. Antropov: Teoretičeska elektrohimija – Moskva 1975, str. 428–449.
9. R. D. Mc Cright: Effects of Environmental Species and Metallurgical Structure on the Hydrogen Entry into Steel, str. 306–325, Stress Corrosion Cracking and HE of Iron Base Alloys, Unieux-Firminy, France 1973.
10. J. F. Newman, L. L. Shreir: Corrosion Science 9, str. 631, 1969.
11. L. Vehovar: Napetostno korozijsko pokanje visokotrdnostnih jekel s povišano mejo plastičnosti I., II. del, Poročila Met. inšt., 1987/1988.
12. F. M. Burdekin, G. P. Rothwell: Survey of Corrosion and Stress Corrosion in Prestressing Components used in Concrete Structure with Particular Reference to Offshore Applications, ISBN 0–7210–1248–5.
13. FIP Report 5/3/1976: Report on Prestressing Steel, 1981. 1. Types and Properties.
14. FIP Technical Report: Report on Prestressing Steel: 5. Stress Corrosion Cracking Resistance Test for Prestressing Tendons, September 1980.

IZ DELOVNIH KOLEKTIVOV

SGP PRIMORJE, AJDOVŠČINA

Novi milijoni kubikov v Bosni. Teče že osmo leto, odkar so prvič na področju Bosne in Hercegovine primorski stroji zaorali v odkrivko Lukavačke Rijeke. V vseh teh letih so z veliko uspeha odkrivali rudna bogastva, predvsem premog, na področju Lukavca, Banovičev, Ugljevika in Stanarov. Površinski kopi, kjer se letno premikajo milijoni kubičnih metrov zemljin in pridobivajo milijoni ton premoga, so dobro poznani tudi delavcem Primorja. Konkurenca je vsako leto večja. Ustanavljanje kooperantskih zadrug (največkrat prav s tem namenom) in pomanjkanje dela v gradbeništvu zahtevata na tem področju še dodatne napore, predvsem pri pridobivanju del, saj ni malo licitacij s 15 ali več ponudniki.

V letošnjem letu se stroji vrtijo na naslednjih površinskih kopih: Lukavačka Rijeka, Crveno brdo, Sički brod, Ugljevik in v rudniku svinca in cinka Sase v Srebrenici. Podpisanih pogodb je za nekaj čez 3,000.000 m^3 odkrivke, kar je v primerjavi z lanskim letom precej manj, vendar so se nekatere pogodbe podpisovale konec meseca maja, tako da je zalogaj kljub vsemu še kar zahteven. Dela potekajo skoraj po načrtu.

Obnavljanje cest v Sloveniji. Komisija SIS za ceste SFRJ je priznala SCT in SGP Primorje sposobnost za obnavljanje cest, ki jih bo kreditirala mednarodna banka za obnovo in razvoj (IBRD) iz Washingtona. Predvideno je obnavljanje naslednjih odsekov cest:

- Vrhnika–Razdrto (A10) 22,50 km
- Hoče–Arja vas (A10) 22,34 km
- Maribor–Ormož (M3) 30,36 km
- Rižana–Dekani (M10) 7,00 km
- Hajdina–Macelj (M11) 11,36 km

Na podlagi analize ponudb in mnenja komisije za vodenje postopka pridobitve najugodnejših ponudb so skupaj s SCT izbrani kot izvajalci za odsek Vrhnika–Razdrto; DO SCT bo opravila 60 % del, Primorje pa 40 %.

Nova skladiščna hala za Šampionko Renče. Delavci SGP Ajdovščina so končali gradnjo skladiščne hale v Bukovici za Šampionko Renče. Objekt je enoladijska hala razpona 30 m in dolžine 32 m. Vzdolžni rastri so 4×8 m. Konstrukcijo tvorijo 30-metrski armiranobetonski montažni dvokapni nosilci tip Primorje, enako tudi sekundarne π plošče in fasadni elementi. Na čelni strani je fasada zidana iz betonskih votlakov z zaribanimi fugami. Objekt gradijo po sistemu ključ v roke za fiksno ceno.

Z osimskimi cestami začenjajo pri Vogršču. O gradnji vodne pregrade čez potok in dolino Vogršča smo že pisali. Tako se bo za umetnim nasipom (pregrado po dolini Vogršča) razpotegnilo jezero v dolžini 2500 m, v širino pa različno od 200 m do 500 m. To umetno jezero je oddaljeno od glavne ceste Ajdovščina–Nova Gorica (v višini odcepa za Osek) le kakih 700 m v levo.

Trasa bodoče avtoceste Razdrto–Nova Gorica poteka 1500 m levo od sedanje ceste za Novo Gorico in seveda tudi čez predvideno zajezitev Vogršča. Zato je na tem območju za potrebe AC predviden nasip, ki bo praktično delil akumulacijo Vogršča na spodnji gospodarski bazen in zgornji rekreativni del. Spodnji del jezera med cestnim nasipom in pregrado prek Vogršča bo po količini akumulirane vode in po površini približno desetkrat večji od zgornjega. Na tem delu bo nivo vodne gladine precej nihal, tudi do 8 m. Zgornji manjši del jezera pa naj bi rabil predvsem za rekreativne namene. Za ta namen bo v cestno telo (nasip) vgrajen pretočni objekt. To je pravzaprav 85 m dolg cevast propust z notranjim svetlim premerom 3 m, ki se na vtočni strani dviga v šobasti preliv premera 8 m na višino bodoče gladine vode, in sicer 10 m nad sedanjim terenom. Poleg tega pa bo pod nasipom vgrajena tudi jeklena cev ∅ 100 cm z vtokom v višini obstoječega terena in iztokom v talni del omenjenega »pretočnega objekta«, ki bo rabila za morebitno praznjenje in čiščenje tudi zgornjega dela jezera.

Začelo se je torej polnjenje akumulacije Vogršča, kar je pospešilo oziroma izsililo tudi pričetek gradnje osimske ceste Razdrto–Nova Gorica. Dela morajo biti končana do 20. februarja 1989.

Vir: SGP Ajdovščina

GIP INGRAD, CELJE

Počitnice v atomski vasi. V Podčetrtku gradi GIP Ingrad tozd Gradbeništvo Rogaška Slatina apartmajsko počitniško naselje. Zasnovano je kot skupina enaindvajsetih počitniških hiš, sedmih različnih tipov, v katerih je skupno 128 apartmajev s približno 500 ležišči. Osrednji prostor je trg, okoli katerega so nanizani objekti in centralni večnamenski objekt. Oblikovno so objekti zasnovani po vzorcu tipične kozjanske hiše s strmimi dvokapnicami, čopi in balkoni. Skupna neto površina apartmajev znaša 6100 m^2. Večnamenski objekt vsebuje dodatno osem apartmajev, centralno kuhinjo, slaščičarno, manjše trgovine, restavracijo v skupni površini 2000 m^2. Večino kompletno opremljenih objektov je Ingrad predal uporabnikom.

Ingrad v korak z inovativno družbo. Za delovno organizacijo, v kateri združuje delo več kot 3000 delavcev, je področje inovativne dejavnosti izrednega pomena. Že lani so v vseh tozd in DSSS organizirali razgovore na temo »Množična inovativna dejavnost«, kjer so se pogovorili o vseh težavah, ki spremljajo področje inovativnosti. Ob tej priložnosti so ustanavljali komisije za inovativno dejavnost po posameznih tozdih, da bi prevzele nalogo pomoči pri realizaciji idej inovatorjev.

Organizirali so več seminarjev na temo inovativno poslovanje, ki so dale osnovo modela celovitega opravljanja inovativnega poslovanja.

Vse te aktivnosti so pripomogle, da so spodbudili inovatorje oziroma vse, ki so željni ustvarjanja in rezultati niso izostali. Letos se bodo angažirali predvsem na naslednjih področjih:
– v skrbi za inovatorja (nagrajevanje in pomoč pri realizaciji ideje),
– v izobraževanju (seminarji, posveti, obiski sejmov),
– v organiziranosti (uveljavitev enega od modelov celovitega opravljanja inovativnega poslovanja, ustanovitev lastnega DIATI) in
– v informiranosti (ustvarjanje klime za inovatorje).

Vir: Ingrad Celje

SGP GORICA, NOVA GORICA

Novo naselje na Pelješcu bo imelo 830 ležišč. Lani so pričeli graditi apartmajsko naselje Bili Dvori na Pelješcu. Objekti so oddaljeni približno 2 kilometra od vasi Lovište in so zgrajeni v zalivu na skrajnem rtu polotoka Pelješac. V prvi fazi so zgradili 66 apartmajev ter dva plažna objekta. Apartmaji so različne velikosti: od trisobnega s površino 46,10 m^2, do dvosobnega s 40,80 m^2 in enosobnega z 32,30 m^2. Zgrajeni so klasično iz opeke in votlih prednapetih montažnih plošč. Mizarski izdelki so belo pleskani. Prav takšna je celotna fasada. Streha je pokrita z opečnimi strešniki vrste mediteran. Objekti so projektirani v stilu, ki delno spominja na antiko in se kar dobro ujemajo z okoljem.

V drugi fazi bodo zgradili še vse druge načrtovane objekte v naselju: 177 apartmajev, teniška igrišča, balinišče, prostor z mizami za namizni tenis, igrišče za mini golf ter osrednji objekt, v katerem bodo: restavracija, snack bar, brezcarinska in samopostrežna prodajalna ter prostori za trgovinice.

Novo naselje bo imelo 830 ležišč ter bo končano predvidoma v maju 1989. leta.

Proizvodnja votlih plošč je stekla. O izdelavi in montaži votlih plošč je bil že govor. Ko so lani dobili še zadnji del ekstrudorske opreme, to je žago in modul za ploščo debeline 40 cm in ko je žaga prvič zarezala v trd beton, so se razblinili vsi dvomi o umestnosti te nabave. Žaga je avtomatsko vodena in potuje po podnici podobno kot ekstrudor. Rezanje 40 cm debele in 120 cm široke plošče traja največ 2 minuti. Odrezana površina je popolnoma gladka. Res pa je tudi, da je to občutljiv stroj, ki potrebuje strokovno vzdrževanje. Ob proizvodnji plošč PVP-4 za objekt Lesnina je bilo dokazano, da ni težko dnevno izdelati skoraj 400 m^2 plošč na treh podnicah, pri čemer je vgrajeno približno 70 m^3 betona v šestih urah. Največji problem je stalna kakovost betona, saj mora biti beton za ekstrudiranje zelo suhe konsistence z vodocementnim faktorjem 0,3 do 0,4. Vsako odstopanje od tega pomeni škart v proizvodnji.

Za celoten postopek izdelave in montaže plošč je izdelan tehnološki opis, ki ga je potrebno dosledno spoštovati. Tehnološki red je osnovni pogoj za vsako industrijsko proizvodnjo, kamor spada tudi ekstrudirana proizvodnja stropnih plošč.

Za tehnologijo ekstrudiranja se zanimajo tudi druge delovne organizacije.

Vir: SGP Gorica

GIPOSS, LJUBLJANA

Giposs v Turčiji. Giposs je skupaj z Inprosom iz Beograda podpisal pogodbo za izgradnjo hotela v Mersinu. Gre za 12-nadstropni hotel kategorije štirih zvezdic v skupni izmeri 18.876 m^2; trgovskih prostorov v izmeri 2484 m^2 ter kompleksom igrišč za tenis.

Z deli so pričeli lani, rok izgradnje pa je 14 mesecev. V ceni 11,930.000 ameriških dolarjev so všteta gradbena, obrtniška in instalacijska dela brez opreme. V okviru Giposs-a bosta sodelovala Gradbinec in Stavbar, ki sta se tudi zelo angažirano vključevala v pridobitev posla in pripravo ponudbe. Nosilec posla je Inpros iz Beograda, katerega član je tudi Giposs.

Kompresorska postaja Sava Kranj. Zaradi vse večje potrebe po komprimiranem zraku se je investitor SAVA Kranj odločil zgraditi centralno kompresorsko postajo. Delo je zaupal SGP Gradbincu. Objekt je lociran znotraj tovarniškega kompleksa; tako bo celoten energetski sistem v centru največjih porabnikov. Tlorisna zunanja mera objekta je 32,5×16,5 m. Objekt bo do višine 2,5 m armiranobetonski, do višine 8,5 m pa je projektiran v jekleni izvedbi.

Stavbar gradi novo sosesko Studenci. Stavbarjevi delavci nadaljujejo stanovanjsko gradnjo v novi soseski Studenci I. Letos bodo dogradili D objekt, ki bo imel 105 stanovanj, zgrajeni pa bodo tudi pokriti parkirni prostori. Vrednost teh del, ki jih financira mariborska stanovanjska skupnost, je nekaj več kot 6,7 milijarde dinarjev. Stavbar nadaljuje tudi s komunalnim opremljanjem stanovanjske soseske Studenci I. Dela bodo končana do predaje soseske, njihova vrednost pa je okoli ene milijarde dinarjev.

Vir: Giposs Ljubljana

GRADBENO PODJETJE, GROSUPLJE

Graditi čim ceneje. Razmišljanja dipl. inž. Franca Žavrlana o gradnji s konstrukcijami, ki bodo cenejše, bodo brez dvoma dala določene rezultate. Pred 20 leti so gradili npr. stanovanjske objekte pretežno z opažnimi stropovi (monta, super itd.), ki so imeli za 10 do 15 cm večjo višino prereza kot masivna armirano-betonska plošča. Polnila teh stropov so bila zelo lahka, lastna teža stropne konstrukcije je bila enaka kot pri masivni plošči, armature pa je bilo za približno 40 % manj.

Danes so lahka polnila (votla opeka, stiropor) tako draga, da je konstrukcija iz njih dražja kot masivna plošča, zato si moramo pomagati z votlimi prerezi (zrak v konstrukciji nas nič ne stane, če izdelani stroški niso bistveno večji).

Na voljo sta dve možnosti izdelave votlin v nosilnih prerezih:

1. Monolitna konstrukcija s polnilom iz suhega peska, ki se po razopaženju izpere, posuši in ponovno uporabi (pesek v vrečah). Pesek se izpira skozi luknje v zgornji plošči (dotok vode) in skozi luknje v spodnji plošči (izpiranje peska).

2. Montažna konstrukcija iz dvojnih koritastih plošč, izdelanih z opaži fasadnih elementov.

Spodnji element z navzgor obrnjenimi rebri se položi na nosilna zidova; v sredini se provizorično podpre in na njega položi obrnjen element, ki ima luknje za vgraditev sidra za spajanje obeh elementov. Skozi te luknje se izvrtajo še luknje v spodnjem elementu. Luknje se zalijejo z redko cementno malto in v njo zabijejo sidra iz rebrastega železa. Sidra, ki so v rebrih stropa, morajo biti poševna, da je omogočen tudi strižni spoj obeh elementov.

Višina takega stropa, izdelanega z obstoječimi kovinskimi opaži, je od 30 cm pri uporabni obtežbi 2,00 kN/m^2 in razponu 6,00 m (stanovanjska gradnja) do 73 cm pri uporabni obtežbi 30 kN/m^2 in razponu 12,00 m. Višino stropa regulirajo s spreminjanjem višine reber in tlačne plošče elementa tako, da odvečno višino opaža založijo z lesom.

Začasna vmesna podpora stropa se po treh dneh odstrani, ko se strdi cementna malta ob sideih. Pri tako izdelanem stropu razpona 6,00 m je npr. prihranek betona 28 %, prihranek armature pa približno 50 %.

Začasno izolacijo takega stropa lahko izboljšajo s trdo blazino iz 2,5 cm debelih novolit plošč in z mehko blazino iz 1 cm debelega stiropora. Obe blazini sta pod tlakom na nosilni stropni konstrukciji. Toplotna izolacija je lahko poljubna in se vgradi v votline oziroma se ti zalijejo s peno pri monolitni votli konstrukciji.

Na podoben način lahko izdelujejo tudi nosilce in stebre.

Vir: GP Grosuplje

GIP GRADIS, LJUBLJANA

Na gradbišču HE Fala vse po načrtih. Na gradbišču HE Fala II. delavci Gradisa tozd Nizke gradnje Maribor, gradijo novo strojnico, saj se v stari turbine vrtijo že 70 let. Hkrati s tem poteka sanacija zapornic, ki bodo kljub častitljivi starosti še naprej rabile svojemu namenu.

Delavci nizkih gradenj na Fali vgrajujejo zadnjega od masivnih blokov, delajo namreč ploščo nad spiralo. To je eden od najbolj obremenjenih delov, saj bo nosil turbino in generator, zato je tudi eden od najbolj armiranih. Armatura v plošči je položena tudi poševno, kar je značilnost te plošče.

Za ploščo oz. »strop« nad spiralo so porabili 2200 kubičnih metrov betona in 120 ton armaturnega železa. Zaradi krčenja betona smejo plošče betonirati le po delih ter v dveh plasteh. Letos so začeli delati ploščo nad vtokom.

Hkrati bodo morali pohiteti z deli na sredini desne strani objekta, da bo Metalna lahko pričela montirati portalni žerjav. Sicer pa so na Fali že montažerji Metalne, ki delajo pri montaži vodil za zapornice iztoka, ter delavci Litostroja, ki montirajo oblogo turbinskega jaška.

Delavci Nizkih gradenj sodelujejo tudi pri obnovi starih zapornic. Pred njimi bodo postavili začasno zapornico. Da bo ta lahko ista za vsa polja, ki niso enako široka, je potrebno narediti nove pragove. Pri delu pomagajo tudi potapljači.

Do sredine letošnjega leta mora biti narejen krov elektrarne, zatem pa so na vrsti obrtniška dela in večja montažna dela. Montirali bodo turbini, jeseni pa še generatorja. Prvi generator naj bi stekel marca 1990. leta, drugi pa junija istega leta.

Trajna sidra na sistemu Gradis LH. Metoda sidranja je bila v Gradisu razvita v okviru razvojne naloge in je bila operativno tudi že izvedena na več objektih na gradbišču v Višegradu. Prof. Ačanski napoveduje metodi in specializiranim skupinam, ki bi bile primerno opremljene in izurjene svetlo bodočnost.

Prva operativno izvedena trajna sidra po sistemu Gradis LH so bila, kot smo že omenili, uporabljena pri gradnji objektov v Bosni. Pridobljeni so bili tudi že ustrezni atesti. Sidra so bila izvedena zaradi globalne stabilnosti objekta – varujejo viadukt pred zdrsom hribine. Za viadukt »Crep« je bilo narejenih kar 28 sider (po deset za stebra številka 2 in 3 ter osem za steber št. 4), sidrne dolžine znašajo 30 metrov. Na objektu »Kotoš« sta s sidri enake dolžine sidrana opornik in steber št. 2, sidra za steber št. 3 pa so dolga po 20 metrov.

Za sidranje po sistemu Gradis LH so uporabne jeklene vrvi premera 6 mm in sicer od ene do največ dvanajst za posamezno sidro. Za izračun nosilnosti in dimenzioniranje služi nemška norma DIN 4125/2.

Za stalna sidra se zahteva posebna dvojna korozijska zaščita, ki pa ne sme ovirati raztezkov pri napenjanju. Izvedba sider zahteva visoko strokovnost ljudi, ki ta dela izvajajo.

Prizidek kemijskega inštituta Boris Kidrič v Ljubljani. Delavci tozda Gradbena operativa Ljubljana so nedavno predali investitorju novo lepo poslovno stavbo – prizidek h Kemijskemu inštitutu Boris Kidrič. Vhod v novo markantno ljubljansko poslopje je s Hajdrihove ulice, razen z inštitutom pa je objekt funkcionalno povezan tudi s FNT.

V prizidku so klet, pritličje in tri nadstropja, fasada je v kombinaciji naravnega in zeleno obarvanega umetnega kamna.

V Rušah 25 novih stanovanj. V Rušah blizu bencinske črpalke GE Maribor zida nov blok za občinsko samoupravno stanovanjsko skupnost. Vseh 25 stanovanj, po pet v etaži, bo namenjenih

delavcem ruških delovnih organizacij. Dela so pričeli septembra, končali pa bodo junija letos.

Nov posel v Iraku. Nov posel v Iraku je bil ponovno pridobljen prek Rudisa. Njegova vrednost je ocenjena na okrog 39 milijonov ameriških dolarjev. To pomeni delo za približno dve leti.

V minulih letih si je Gradis s svojim delom v zadovoljstvo iraških investitorjev pridobil zadostne reference. Zato je že v odgovoru na tendersko dokumentacijo variantno ponudil tudi svojo tehnološko rešitev. Ponudba je bila ugodno ocenjena. Gre za podoben projekt kot v Kurni, za katerega so bili prejšnji mesec skoraj v celoti potrjeni Gradisovi finančni zahtevki.

V sklopu novega posla pri mestu Kut (približno na polovici poti med Amaro in Bagdadom) je na cestni povezavi dveh avtocest, ki vodita z juga proti iraškem glavnem mestu predviden 740 m dolg most prek Tigrisa. Urediti bo treba tudi blizu 6 kilometrov priključnih cest (z vsemi manjšimi objekti) s skupno površino okrog 140 tisoč kvadratnih metrov.

Most (oziroma dva vzporedna mosta, vsak po 11 metrov širine) bo imel 21 podpor, za vsako pa bo treba v strugo zabiti šestkrat toliko Benoto pilotov premera 1,8 metra tudi do 30 metrov globoko.

Lažje čez Mežo v Dravogradu. V treh mesecih so delavci tozda Ravne na Koroškem zgradili most čez reko Mežo, ki povezuje Dravograd s Črnečami in Libeličami ter s sosednjo Avstrijo.

S pripravo gradbišča in rušenjem starega lesenega mostu so pričeli 11. septembra in z delom pohiteli, tako da je bil most decembra že prevozen, sicer še brez asfaltne prevleke, ki jo ni bilo moč narediti zaradi nepričakovanih nizkih temeratur.

Z investitorjem: Skupnostjo za ceste SR Slovenije, so se dogovorili, da bodo asfalt položili spomladi. Nov most je dolg 40 metrov in širok 9,5 metra. Na vsaki strani ima tudi hodnik za pešce.

Cerkev Sv. Duha v Celju. V začetku oktobra so delavci tozda GE Celje začeli s pripravljalnimi deli za gradnjo nadomestne cerkve Sv. Duha in župnijskega doma na Ostrožnem v Celju. Novogradja obsega izgradnjo cerkve, zvonika z nadstreškom in vhodom, župnišča in pastoralnega dela. Rok za dokončanje gradbenih del je oktober naslednje leto.

Zaradi visoke talne vode in slabo nosilnih tal je bilo treba odstraniti humus in nasutje ter ga nadomestiti s tamponsko blazino visoko od 1 do 1,5 metra.

Cerkveni del in zvonik bosta narejena iz armiranobetonske konstrukcije z montažnimi AB nosilci in lesenim ostrešjem. Župnišče in pastoralni del bosta enonadstropni opečni zgradbi z enokapno streho in lesenim ostrešjem. Cerkev bo imela kritino iz »tegola canadese«. Velikost cerkve je 38.88 metra×38,88 metra, visoka pa je 28 metrov. Vse štiri zgoraj omenjene enotne cerkve bodo deljene z diletacijami.

Most čez Badaševico. Zaradi boljše povezave med stanovanjskim naseljem Semedela in industrijsko cono v Kopru, je bilo potrebno zgraditi most čez Badaševico. Objekt premošča Badaševico v treh razponih. Podporno konstrukcijo tvorita dva vmesna stebra in dva krajna opornika. Vsaka podpora je temeljena na treh jeklenih pilotih premera 812 milimetrov zapolnjenih z armiranim betonom, ki s svojimi konicami stojijo v trdnejših flišnih oziroma glinastih plasteh. Most je kontinuirc preko 3 polj. Prekladno konstrukcijo posameznega polja tvori po 14 T nosilcev. Nosilci srednjega polja so prednapeti s po enim kablom, nosilci krajnjih polj pa so klasično ojačeni z rebrasto armaturo. Most bo dolg 27 metrov, širok pa 14,5 metra. Na obeh straneh bosta hodnika za pešce.

Vir: Gradis Ljubljana

VEGRAD, VELENJE

Najuspešnejše Vegradovo gradbišče je bilo lani v Berlinu. Celična gradnja ima številne prednosti. Predvsem pa je oblikuje izredna hitrost. S to gradnjo so se delavci Vegrada dobro uveljavili po domovini, v zadnjem času pa tudi na tujem. Tako so lani proglasili za najuspešnejše gradbišče Bürogebaude Treptow Berlin DDR.

Objekt je bil grajen v sistemu celične gradnje DOM 101 v velikosti 4550 m^2.Zanj je bilo potrebno izdelati v tovarniv Titovem Velenju 290 celic in jih transportirati v Berlin. Objekt je bil zgrajen v 2 mesecih, za kar so prejeli pohvalo investitorja.

Vir: Vegrad Velenje

SCT LJUBLJANA

SCT gradi v Avstriji. V Avstriji, blizu mesta Lavamünd (Labot), bo v prihodnjih letih zgrajena velika hidroelektrarna Koralpe. Zanjo bo treba zgraditi številne objekte in nekatere od njih bodo naredili delavci SCT. Pripravljalna dela, kamor sodi postavitev betonarne in železokrivnice, so stekla že lani. Za bodočo pregrado akumulacijskega jezera so se naši gradbinci lotili zidave kontrolnega ter dostopnega jaška ter zbiralnega bazena. Dostopni jašek, ki je dolg 156 metrov, njegove stranice pa 1,5 in 2 metra, so že zgradili do 25. avgusta. Prav tako so do 1. decembra, ko so gradbišče zaradi zime zaprli, naredili že 120 od skupno 360 metrov dolgega kontrolnega kanala. Tudi zbiralni bazen, ki so ga začeli zidati 15. septembra, so do 1. decembra že končali. Širok je 18, dolg 60 in visok 11 metrov, njegove stene so debele meter in pol. Doslej so v te objekte vgradili 570 ton železne armature in več kot 12 tisoč kubičnih metrov betona. Gradnjo bodo nadaljevali 1. marca.

Letališče v Sočiju – SSSR. V znanem turističnem središču Soči ob Črnem morju so SCT-jevci, ob sodelovanju z DO Unis iz Sarajeva, pričeli z gradnjo letališke stavbe.

Letališka zgradba za terminal Soči bo namenjena mednarodnemu in notranjemu potniškemu prometu. Koncept letališča je v funkcionalnem in tehnološkem smislu podrejen lokalnim zahtevam in razmeram ter sovjetski tehnologiji izvedbe potniških terminalov. Celoten idejni projekt je delo projektantov SCT pod vodstvom glavnega projektanta Padme Chitrakarja. Pri nadaljnjem projektiranju sodelujejo s sovjetskimi projektanti (Aeroprojekt Moskva) predvsem v smislu vključevanja projekta v sovjetske standarde in normative. Pri tehnološki rešitvi projekta letališča so sodelovali tudi strokovnjaki Energoinvesta iz Sarajeva.

Letališka stavba je predvidena na ozkem pasu med obstoječo letališko ploščadjo in magistralno cesto ob obali Črnega morja. Imela bo štiri funkcionalne etaže, ki bodo med seboj povezane z

vertikalnimi komunikacijskimi elementi. Glede na naravo letališkega objekta imata prvi dve etaži, namenjeni prihodom in odhodom, najpomembnejšo vlogo, ostali dve pa sta namenjeni servisnim dejavnostim (restavracije, kavarne, trgovine...) in administraciji. Po prostorski zahtevnosti in funkcionalni potrebi je objekt razdeljen na tri module z vmesnima atrijama. Približno 2/3 površine etaž bo namenjene domačemu prometu, tretjina pa mednarodnemu prometu.

Projekt, ki bo vreden okoli 76 milijonov klirinških dolarjev, mora biti zgrajen 33 mesecev po odprtju gradbišča v maju prihodnjega leta, torej januarja 1992.

Ljubljanske stanovanjske soseske – Zupančičeva jama. Največja stanovanjska soseska, ki jo gradi v Ljubljani SCT, je soseska BS 2/1 – Zupančičeva jama, na velikem prostoru med Vilharjevo, Robbovo, Neubergerjevo in Linhartovo cesto. Celotna soseska bo imela štiri kareje, povezane s centralnim objektom, ki ima v kletnem delu eno ali dve parkirni etaži. Zdaj gradijo drugi kare med Linhartovo in Neubergerjevo ulico, ki bo skupaj imel 16 objektov. Prva etapa gradnje (na objektih 1, 2, 3 in 4, v katerih bo 80 stanovanj) poteka zadovoljivo. V objektu 1 in 2 je skupno 44 stanovanj, čista uporabna površina znaša 4382 m^2, stanovanjska površina pa znaša 2888 m^2, lokalov je 174 m^3, parkirnih mest pa bo skupaj 286 m^2. Povprečna površina stanovanj je 66,56 m^2

Separacija SCT v Kurdistanu. V Kurdistanu na severu Iraka so v začetku letošnjega leta začeli graditi hidrocentralo Behme. Projekt, ki ga v kooperaciji gradita Hidrogradnja iz Sarajeva ter turška firma Enka, bo predvidoma končan čez osem let. Za to gradnjo je tozd SCT Strojni inženiring v začetku julija na gradbišču montiral veliko separacijo, katere zmogljivost je 300 kubičnih metrov na uro. Separacija dela že s polno paro.

Vir: SCT Ljubljana

LOJZE CEPUŠ

GR
GOSPODARSKO RAZSTAVIŠČE LJUBLJANA
POSLOVNA ENOTA POMURSKI SEJEM
GORNJA RADGONA
GRADBENIŠTVO
5. JUGOSLOVANSKI SEJEM GRADBENIŠTVA
IN GRADBENIH MATERIALOV Z MEDNARODNO
UDELEŽBO
GORNJA RADGONA
3.–7. 4. 1989

5. JUGOSLOVANSKI SEJEM GRADBENIŠTVA IN GRADBENIH MATERIALOV Z MEDNARODNO UDELEŽBO

GORNJA RADGONA
3.–7. april 1989

GOSPODARSKO RAZSTAVIŠČE LJUBLJANA
POSLOVNA ENOTA POMURSKI SEJEM
GORNJA RADGONA

PROGRAM STROKOVNIH POSVETOVANJ

- Mehanizacija v gradbeništvu
- Dan inovacij – Inventivna dejavnost v gradbeništvu
- Stanovanje za jutri
- Zbiranje, posredovanje in izmenjava tehnično-tehnoloških in poslovnih informacij v gradbeništvu
- Uporaba računalnika v gradbeništvu
- Urejanje voda in kmetijskih zemljišč v prostoru in okolju
- Cestogradnja v SRS
- Ravnanje s komunalnimi odpadki v Podravju
- Dan gradbenega šolstva

»Informativni bilten«

MEHANIZACIJA V GRADBENIŠTVU

Organizator:
– Splošno združenje gradbeništva in IGM Slovenije

Datum in čas: ponedeljek 3. 4. 1989 od 14. do 17. ure – dvorana 1 na sejmišču

Program:
– Predstavitev proizvajalcev gradbene mehanizacije in opreme

Kotizacije ni
INFORMACIJE: 061/312-733, FRANC ROŠ; 069/74-000, JANEZ ERJAVEC

DAN INOVACIJ
INOVATIVNA DEJAVNOST V GRADBENIŠTVU IN IGM

Organizator:
– Komisija za inovativno dejavnost pri RO Sindikata gradbenih delavcev
– Splošno združenje gradbeništva in IGM Slovenije

Datum in čas: torek 4. 4. 1989 od 10.00 do 13.30 in od 15. do 18. ure, dvorana 3 na sejmišču

PROGRAM:
– A. Kerin
  Uvodna beseda ob posvetovanju
– F. Ribič
  Organizacija inovativne dejavnosti v podjetjih
– I. Česnik
  Organizacija inovacijskih procesov v gradbeništvu
– Mr. J. Gabrijelčič
  Predstavitev dolgoročnega programa razvoja »PIONIREKA«

Razprava o referatih

Predstavitev razvojnih dosežkov in novih tehnologij v nekaterih gradbenih organizacijah

Kotizacija: 50.000 din za posvetovanje

INFORMACIJE: 061/314-530, ANDREJ KERIN; 063/856-381, IVAN ČESNIK

STANOVANJE ZA JUTRI

Organizator:
– Zveza stanovanjskih skupnosti Slovenije

Datum in čas: torek 4. 4. 1989 od 10. do 13. ure, dvorana 1 na sejmišču

PROGRAM:
– Stanovanje za jutri (iz družbenega in tehnološkega vidika)
  – status stanovanjskega gospodarstva v naši družbi
  – lastništvo in sistem organiziranja občanov
  – stanovanjski standard
  – racionalizacije in inovacije

Kotizacije ni

INFORMACIJE: 061/317-268, 321-858, PRIMOŽ BAJEC

ZBIRANJE, POSREDOVANJE IN IZMENJAVA TEHNIČNO-TEHNOLOŠKIH IN POSLOVNIH INFORMACIJ V GRADBENIŠTVU IN IGM

Organizator:
– Centralna tehniška knjižnica – SIC za graditeljstvo, Ljubljana
– Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije, Ljubljana

Datum in čas: sreda 5. 4. 1989 od 10. ure do 12.30, dvorana 2 na sejmišču

PROGRAM:
– C. Perc
  Možnosti iskanja in strukturiranja informacij preko SIC za graditeljstvo
– John Sanders – Electronic Data Interchange LTD, UK
  Računalniška izmenjava podatkov na področju gradbeništva – EDICON (Electronic Data Interchange for the UK Construction Industrie)

Kotizacija: 50.000 din

INFORMACIJE: 061/214-077, CVETKA PERC

UPORABA RAČUNALNIKA V GRADBENIŠTVU

Organizator:

- Institut za konstrukcije, potresno inženirstvo in računalništvo – FAGG Ljubljana

Datum in čas: sreda 5. 4. 1989 od 9. do 15. ure, dvorana 3 na sejmišču

PROGRAM:

- Dr. J. Duhovnik, I. Kovačič
  Izobraževanje uporabnikov računalnika v gradbeništvu
- M. Pšunder
  Oblikovanje grafičnih izhodnih poročil pri planiranju projektov v gradbeništvu
- V. Ljubič
  KUPO – Klub uporabnikov programske opreme pri Inštitutu za konstrukcije, potresno inženirstvo in računalništvo na FAGG, VTOZD GG
- G. Raič
  Uvajanje projektiranja na računalniškem sistemu COMPUTER VISION
- M. Šajn, T. Dimnik
  Uvajanje računalniško podprtih načinov dela na SCT TOZD Projekt, Ljubljana
- I. Petrović
  Razvoj metodologije i praktična iskustva pri projektiranju IMS sistema pomoću računara
- P. Omersel, D. Žnidar
  Organizacija, delo in problematika CAD tehnologije v procesu gradbenega projektiranja na RC Celje
- Z. Zupanc, T. Žigante, B. Saje, Ž. Povše:
  Konstruiranje opažnih načrtov in tunelskih-stenastih konstrukcij (Outinord) s pomočjo računalnika
- D. Žlajpah, S. Černelč, Z. Kos
  Računalniško podprto delo v GIP INGRAD, Celje
- A. Praprotnik
  Uvajanje integriranega poslovanja v gradbeni proizvodnji
- F. Tajnik, A. Sajko, F. Zajamšek, M. Videmšek, B. Lambizer, D. Jezeršek, M. Jarnovič, V. Stiplošek:
  Uvajanje osebnih računalnikov (PC) paralelno k že postavljenemu informacijskemu sistemu na večjem računalniku v GIP VEGRAD

Kotizacija: 240.000 din, za člane KUPO 180.000

INFORMACIJE: 061/268-741, JANEZ DUHOVNIK

UREJANJE VODA IN KMETIJSKIH ZEMLJIŠČ V PROSTORU IN OKOLJU

Organizator:

- Poslovna skupnost Maribor (HIDROGEA)

Datum in čas: sreda 5. 4. 1989 od 10. do 13. ure, dvorana 1 na sejmišču

PROGRAM:

- Hidromelioracije v okolju in prostoru
- Varstvo kvalitete in količine vode
- Razprava

Kotizacije ni

INFORMACIJE: 062/20-845, NIKO ROŽIČ

CESTOGRADNJA V SRS

Organizator:

- Republiška skupnost za ceste SRS Ljubljana
- Cestni inženiring Ljubljana

Datum in čas: četrek 6. 4. 1989 od 10. do 14. ure, dvorana 1 na sejmišču

PROGRAM:

- S. Skulj
  Problematika graditev cest v SRS
- B. Mikoš, T. Marinko, M. Štravs
  Gradnja predora pod Karavankami
- A. Gunde, V. Breščak, J. Klenovšek
  Gradnja AC Šentilj–Zagreb
- Dr. J. Žmavc
  Tehnični pogoji za gradnjo cest

Kotizacije ni

INFORMACIJE: 061/324-461, SAŠA SKULJ

RAVNANJE S KOMUNALNIMI ODPADKI V PODRAVJU

Organizator:

- Zveza komunalnih skupnosti SRS
- Samoupravna komunalna skupnost Maribor
- Komunalni inženiring Maribor

Datum in čas: četrtek 6. 4. 1989 od 10. do 15. ure, dvorana 3 na sejmišču

PROGRAM:

- Obstoječe stanje
- Načrti
- Ogled urejene deponije v Halbenreinu (Avstrija)

Kotizacije ni

INFORMACIJE: 065/26-632, MARJAN STRES; 062/301-181, ŽELJKO BLAŽEKA

DAN GRADBENEGA ŠOLSTVA

Organizator:

- Izobraževalna skupnost gradbeništva Slovenije
- Splošno združenje gradbeništva in IGM Ljubljana

Datum in čas: petek 7. 4. 1989 od 9. do 17. ure, dvorana 1 na sejmišču

PROGRAM:

- Prikaz dela srednjega gradbenega šolstva
- Praznovanje 100-letnice srednjega gradbenega šolstva v Sloveniji
- Izmenjava izkušenj pedagoškega kadra
- Tekmovanje učencev srednjih gradbenih šol

Kotizacije ni

INFORMACIJE: 061/331-655, M. MAZOVEC-SMOLEJ

PLAČILO KOTIZACIJ: v gotovini ali z naročilnico pred predavanjem

PREDPRIJAVE: pri organizatorju posvetovanja ali GR Ljubljana, pe Pomurski sejem, 69250 Gornja Radgona; telex: 35250 xups

UNIVERZA EDVARDA KARDELJA V LJUBLJANI

FAKULTETA ZA ARHITEKTURO, GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO

61001 Ljubljana, Jamova 2, p. p. 579

GV XXXVIII 3-4

POROČILA 10

PRIBLIŽNI RAČUN MEJNE NOSILNOSTI NEZVARJENIH IN ZVARJENIH TLAČENIH ALUMINIJASTIH PALIC

UDK 624.04:512.6

FRANCI KRŽIČ

POVZETEK

Prikazana je Dangelmaierjeva približna metoda določanja mejne nosilnosti nezvarjenih in zvarjenih tlačenih aluminijastih palic in grafično so prikazane primerjave rezultatov te metode s točnimi rešitvami, rešitvami po DIN 4113 in eksperimentalnimi rezultati. Zaradi odličnega skladanja s točnimi rešitvami in eksperimentalnimi rezultati se pričakuje, da bo metoda v bližnji bodočnosti nadomestila sedanji približni račun v predpisih DIN 4113.

THE APPROXIMATE CALCULATION OF ULTIMATE CAPACITY OF UNWELDED AND WELDED COMPRESSED ALU MEMBERS

SUMMARY

The Dangelmaier approximate method for the determination of ultimate capacity of unwelded and welded compressed Alu members has been given and the comparisons of the results, achieved by this method, with the solutions according to DIN 4113 with experimental results have been graphically presented. Since they excellently fit the correct solutions and experimental results as well, the method is expected to replace, in near future, the present approximate calculation in the standards DIN 4113.

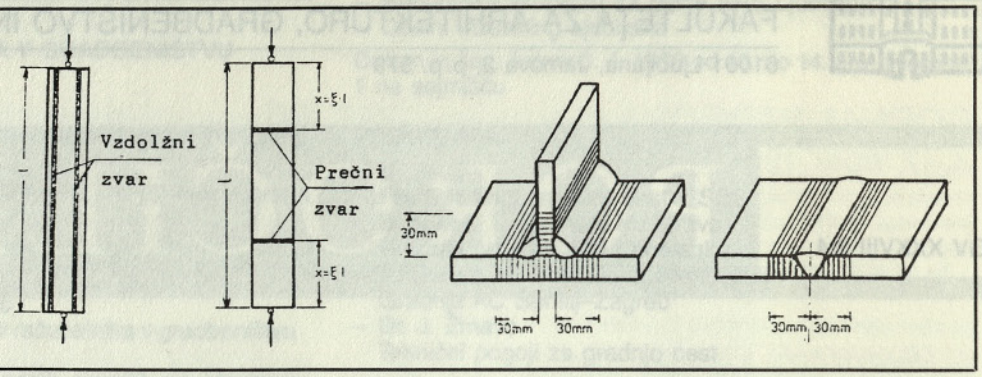
UVOD

Prerez aluminijaste palice je lahko enovit (če je profil valjan ali iztisnjen) ali pa je zvarjen iz več delov. V tem primeru je aluminijasta palica vzdolžno zvarjena. Če dva ali več delov palice enovitega ali varjenega prereza med seboj zvarimo, da dobimo palico ustrezne dolžine, govorimo o prečno zvarjeni palici (slika 1).

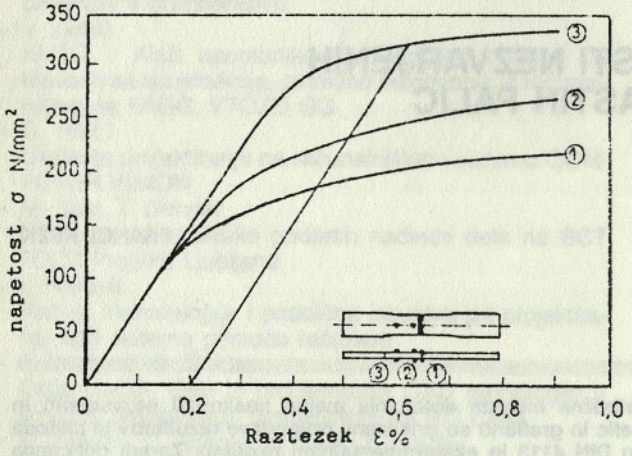
Avtor:
Franci Kržič, prof. dr., dipl. gradb. inž., Fakulteta za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo, VTOZD gradbeništvo in geodezija, Katedra za metalne konstrukcije, Ljubljana, Jamova 2

Kot je znano, pride pri varjenju aluminijastih legur zaradi toplotnega delovanja v bližini zvara do prekristalizacije materiala in s tem do občutnega zmanjšanja mehanskih lastnosti v tako imenovani toplotno vplivani coni (TVC). Širina te cone (šrafirani del v sliki 1) je običajno predpisana in znaša, merjeno od korena zvara, od 25 do 30 mm.

Na sliki 2 so za zvarjeni spoj iz legure AlZn 4,5 Mg 1 F 35/S-AlMg5 prikazani karakteristični diagrami odnosa: napetost σ — specifični raztezek ε za zvar, TVC in osnovni material. Občutno nižje vrednosti meje plastičnosti $\beta_{0,2}$ zvara in TVC v primerjavi z mejo plastičnosti osnovnega materiala, imajo velik vpliv na obnašanje in račun varjenih aluminijastih elementov.



Slika 1. **Vzdolžno in prečno zvarjena palica in področje TVC**



AlZn4,5Mg 1 F35/S-AlMg5
1. zvar $\sigma_{0,2} = 183$ N/mm²
2. TVC $\sigma_{0,2} = 230$ N/mm²
3. Osn. material $\sigma_{0,2} = 317$ N/mm²

Slika 2. **Obnašanje zvarjenega spoja**

Zaradi razmeroma majhne uporabe aluminija v nosilnih gradbenih konstrukcijah je tudi razvitih ustrezno malo računskih metod za določanje mejne nosilnosti tovrstnih palic. V nadaljnjem bo poleg metode, uporabljene v nemških predpisih DIN 4113 (1), podana v obliki povzetka iz (3) metoda P. Dangelmaierja (2), ki daje rezultate, ki se odlično skladajo z rezultati točne rešitve in z rezultati eksperimentalnih raziskav. To velja tako za nezvarjene, kot za prečno in vzdolžno zvarjene tlačene palice.

1.0. NEZVARJENE ALU - PALICE

1.1. Računska metoda po DIN 4113

V predpisih DIN 4113 za aluminijaste konstrukcije pod pretežno mirno obtežbo (1) je podan približni postopek za račun enodelnih tlačenih palic konstantnega prereza, ki temelji na tridelnem sekantnem opisu nelinearnega diagrama σ-ε aluminijastih legur (slika 3) in izhaja iz ravnotežnega stanja med notranjim in zunanjim momentom v sredini (geometrijsko) nepopolne tlačene palice, ki je obojestransko členkasto podprta in ima začetno ukrivljenost po sinusni funkciji (4).

Za tako formuliran problem sta dobljeni dve interakcijski enačbi:

$$\frac{N_u}{\bar{\mu} N_{pl}} + \frac{N_u e}{\left(1 - \frac{N_u}{N_{Ki}}\right) \bar{\mu} M_{pl}} = 1 \qquad (1.1)$$

$$\frac{N_u}{N_{pl}/\Psi} + \frac{N_u e}{\left(1 - \frac{N_u}{N_{Ki}}\right) M_{pl}} = 1 \qquad (1.2)$$

z

$$\Psi = 1 + \frac{\bar{n} - 1}{2}(1 - \bar{\mu}) \frac{N_{pl}}{N_{Ki} - N_u} \qquad (1.3)$$

V teh enačbah pomenijo:

N_u ... mejna nosilnost nepopolne palice (geometrijska nepopolnost)

N_{pl} ... polnoplastična sila, vsa vlakna prereza imajo napetost $\beta_{0,2}$

M_{pl} ... polnoplastični moment, vsa vlakna prereza imajo napetost $\beta_{0,2}$

e ... ekscentričnost v sredini palice

N_{Ki} ... Eulerjeva uklonska sila.

Če je

$$\frac{\bar{n} + 1}{2} \frac{N_u}{N_{Ki}} \geq 1 \qquad (1.4)$$

se uporablja enačba (1.1), sicer pa enačba (1.2). Obe enačbi dajeta mejne nosilnosti na varni strani. Nepopolnost realnih tlačenih palic je zajeta v interakcijskih enačbah (1.1) in (1.2) z ekscentričnostjo e, ki predstavlja ekvivalentno geometrijsko nepopolnost in je odvisna od vitkosti palice.

1.2. Računska metoda Dangelmaierja

V (2) je Dangelmaier razvil približni računski postopek, v katerem so interakcijske enačbe tako modificirane, da se pri privzetih vrednostih e (l/1000, l/500,

l je dolžina palice) mejna nosilnost palice v največji možni meri sklada s točno vrednostjo (elastično plastična analiza po teoriji drugega reda) za celotno področje vitkosti. Pri tem so lahko uporabljene poljubne legure in za prečno in vzdolžno zvarjene palice se uporabljajo istovrstne formule.

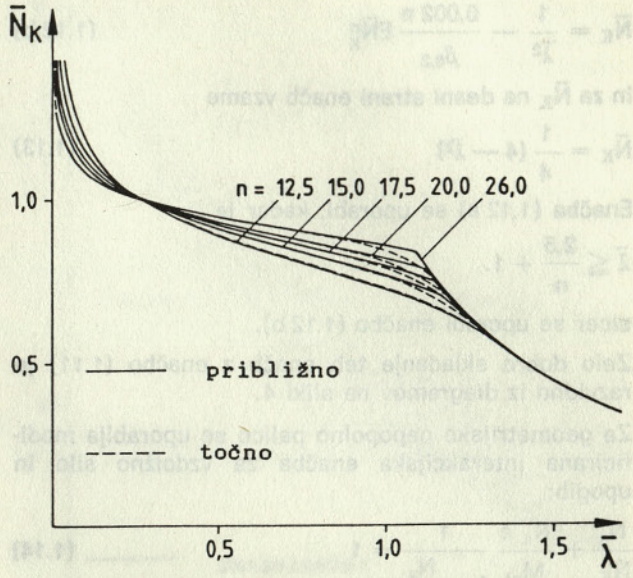
Namesto trosekantnega opisa diagrama napetost — specifični raztezek je upoštevan potek po Ramberg-Osgoodovem zakonu

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} + 0{,}002\left(\frac{\sigma}{\beta_{0,2}}\right)^n \qquad (1.5)$$

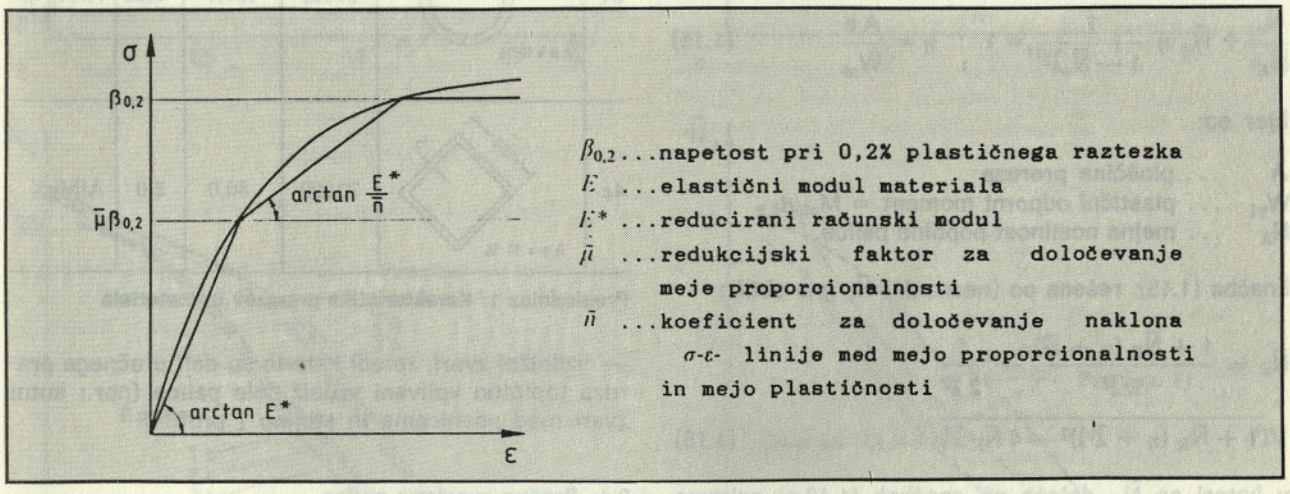
v katerem so σ, E in $\beta_{0,2}$ podani v [N/mm²]. Za eksponent n se je doslej uporabljala vrednost $n = \beta_{0,2}/10$. Dangelmaier pa je pokazal, da se dejanskemu poteku diagrama σ-ε toplotno vplivanega materiala, posebno v višjem področju raztezkov, optimalno približa s spremenjenim eksponentom

$$n = \frac{\beta_{0,2}}{10}\,\frac{\beta_{0,2}}{\beta_z} \qquad (1.6)$$

kjer je β_z trdnost materiala.



Slika 4. **Primerjava točnega in približnega poteka krivulj $\bar{N}_K$-$\bar{\lambda}$**



Slika 3. **Tridelni sekantni opis σ-ε diagrama aluminijastih legur**

Zveza med mejno napetostjo (geometrijsko) popolne palice σ_K in vitkostjo λ se dobi z diferenciranjem enačbe (1.5)

$$T = \frac{d\sigma}{d\varepsilon} = \frac{1}{\frac{1}{E} + \frac{0{,}002\,n}{\beta_{0,2}}\left(\frac{\sigma}{\beta_{0,2}}\right)^{n-1}} \qquad (1.7)$$

in vstavitvijo v enačbo $\sigma_K = \frac{\pi^2 T}{\lambda^2}$:

$$\sigma_K = \frac{\pi^2}{\lambda^2\left[\frac{1}{E} + \frac{0{,}002\,n}{\beta_{0,2}}\left(\frac{\sigma_K}{\beta_{0,2}}\right)^{n-1}\right]} \qquad (1.8)$$

Če vpeljemo izraza

$$\bar{N}_K = \frac{N_K}{N_{pl}} = \frac{\sigma_K}{\beta_{0,2}} \qquad (1.9)$$

$$\bar{\lambda}^2 = \frac{\lambda^2}{\lambda_{0,2}^2} = \frac{\lambda^2\,\beta_{0,2}}{\pi^2\,E} \qquad (1.10)$$

dobimo enačbo (1.8) v brezdimenzionalni obliki

$$\bar{N}_K = \frac{1}{\bar{\lambda}^2\left(1 + \frac{0{,}002\,n}{\beta_{0,2}} E \bar{N}_K^{n-1}\right)} \qquad (1.11)$$

Pomanjkljivost te enačbe je, da se ne da rešiti po $\bar{N}_K$. Dobra aproksimacija za enačbo (1.11) se dobi, če se le-ta transformira na dva načina:

$$\bar{N}_K = \left[\frac{\left(\frac{1}{\bar{\lambda}^2} - \bar{N}_K\right)\beta_{0,2}}{0{,}002\,n\,E}\right]^{\frac{1}{n}} \qquad (1.12\,a)$$

$$\bar{N}_K = \frac{1}{\bar{\lambda}^2} - \frac{0{,}002\, n}{\beta_{0,2}} E \bar{N}_K^n \qquad (1.12\,b)$$

in za $\bar{N}_K$ na desni strani enačb vzame

$$\bar{N}_K = \frac{1}{4}(4 - \bar{\lambda}^2) \qquad (1.13)$$

Enačba (1,12 a) se uporabi, kadar je

$$\bar{\lambda} \leq \frac{2{,}5}{n} + 1,$$

sicer se uporabi enačbo (1.12 b).

Zelo dobro skladanje teh enačb z enačbo (1.11) je razvidno iz diagramov na sliki 4.

Za geometrijsko nepopolno palico se uporablja modificirana interakcijska enačba za vzdolžno silo in upogib:

$$\frac{N_u}{N_K} + \frac{N_u\, e}{M_{pl}} \frac{1}{1 - \frac{N_u}{N_{Ki}}} = 1 \qquad (1.14)$$

ki se lahko napiše tudi v obliki

$$\frac{\bar{N}_u}{\bar{N}_K} + \bar{N}_u\, \eta \frac{1}{1 - \bar{N}_u \bar{\lambda}^2} = 1 \;;\; \eta = \frac{A\, e}{W_{pl}} \qquad (1.15)$$

kjer so:

A ... ploščina prereza
W_{pl} ... plastični odporni moment = $M_{pl}/\beta_{0,2}$
N_K ... mejna nosilnost popolne palice.

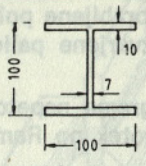
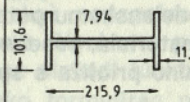
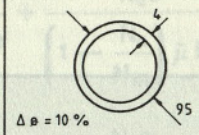
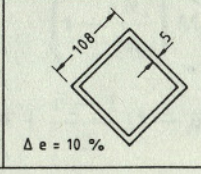
Enačba (1.15), rešena po (neznanki) $\bar{N}_u$ ima obliko:

$$\bar{N}_u = \frac{1 + \bar{N}_K(\eta + \bar{\lambda}^2)}{2\bar{\lambda}^2} - \frac{1}{2\bar{\lambda}^2} \sqrt{(1 + \bar{N}_K(\eta + \bar{\lambda}^2))^2 - 4\bar{N}_K\bar{\lambda}^2} \qquad (1.16)$$

v kateri se $\bar{N}_K$ določa po enačbah (1.12 a) oziroma (1.12 b) upoštevajoč približno enačbo (1.13).
Za prereze in lastnosti po preglednici 1 je bil napravljen račun in primerjava rezultatov točne metode s približno Dangelmaierjevo metodo in približno metodo iz DIN 4113 (slika 5). Ekscentričnost e je pri metodi Dangelmaierja upoštevana v iznosu l/1000 za odprte in l/1000 + 10 % ekscentričnosti debeline stene za zaprte profile. Za račun po DIN 4113 je ekscentričnost e upoštevana po določbah tega predpisa. V splošnem lahko zaključimo, da se rezultati Dangelmaierjeve metode mnogo bolje skladajo s točnimi vrednostmi kot rezultati po DIN 4113.

2.0. ZVARJENE ALU - PALICE

Pri zvarjenih palicah imamo dva slučaja:
— prečni zvari, zaradi katerih je en ali več prerezov ali delov prerezov, na poljubnem mestu palice, toplotno vplivanih (npr.: varjeni spoj palice, privarjena ojačilna pločevina itd.)

Nr.	Prerez	E (N/mm²)	$\beta_{0,2}$ (N/mm²)	n	Legura
1a	 šibka os	72860	290,5	57	AlMgSi1
2a	Kot 1a močna os	72860	290,5	57	AlMgSi1
3a	 šibka os	76014	309,5	27,43	AlZn4,5 Mg1
2c		67665	159,1	8,82	AlMg4,5 Mn
4c		70000	80,0	8,0	AlMg3

Preglednica 1: **Karakteristike prerezov in materiala**

— vzdolžni zvari, zaradi katerih so deli prečnega prereza toplotno vplivani vzdolž cele palice (npr.: kotni zvari med pasnicama in stojino I profila).

2.1. Prečno zvarjene palice

2.1.1. Računska metoda po DIN 4113

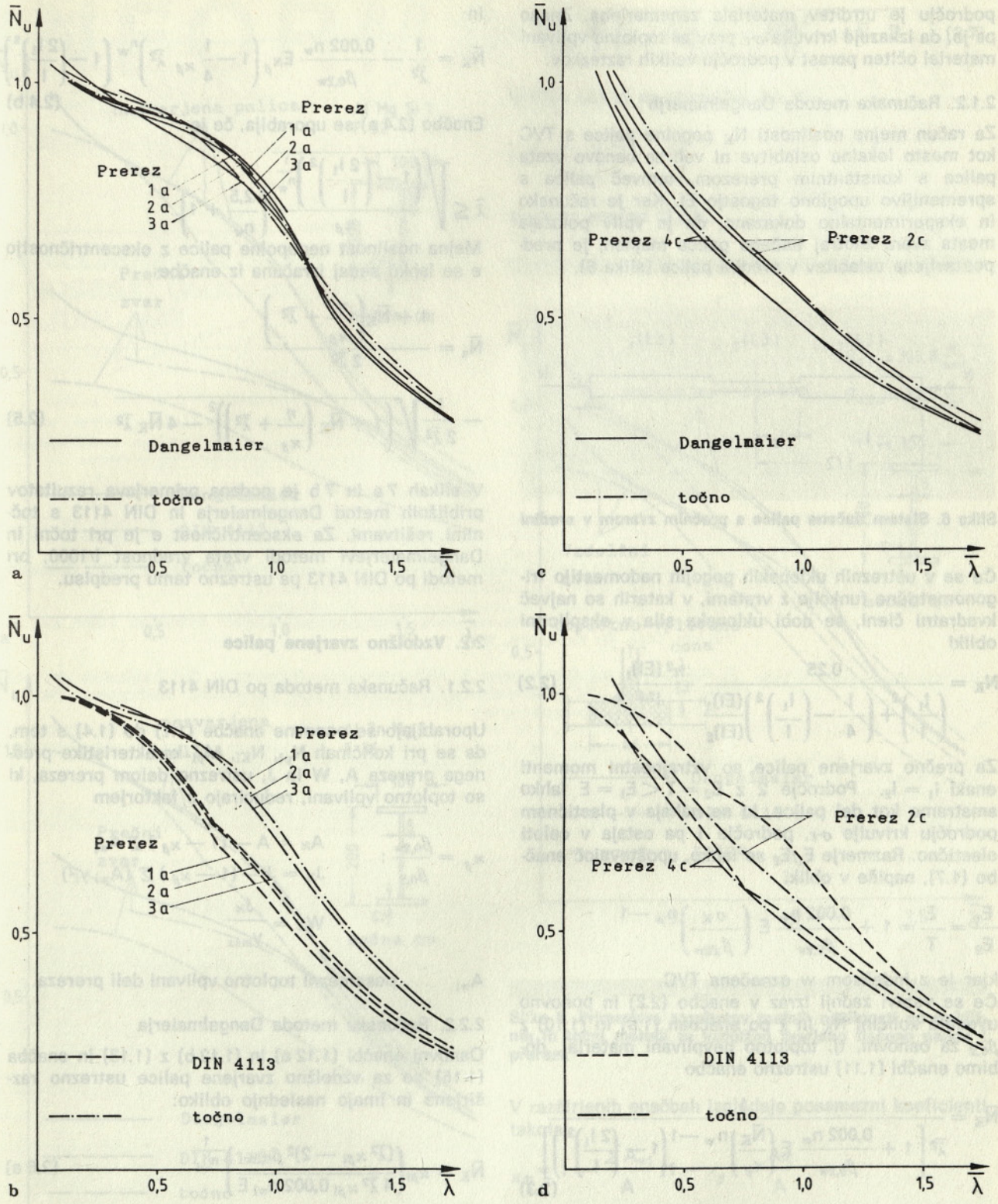
Enačbe (1.1) do 1.3) ostanejo nespremenjene, le enica na desni strani enačb (1.1) in (1.2) se zamenja z izrazom

$$\bar{\varkappa} = \frac{\beta_{0,2w}}{\beta_{0,2}} + (0{,}5 - \xi)^2 \left(\frac{\lambda}{c_\lambda}\right)^2 \leq 1 \qquad (2.1)$$

kjer pomenijo:

$\beta_{0,2w}$ ... napetost pri 0,2 % plastičnega raztezka materiala v TVC
$\xi = x/l$ ... mesto prečnega vara v palici
l ... dolžina palice
λ ... vitkost palice
c_λ ... koeficient, ki je odvisen od vrste legure.

Očitno daje taka formulacija le grob približek za mejno nosilnost prečno zvarjene palice in sicer iz naslednjih razlogov:



Slika 5. **Primerjava mejne nosilnosti nezvarjenih tlačenih palic, določene po Dangelmaierjevi metodi in DIN 4113 s točnimi vrednostmi**

— za $\bar{\mu}$ in $\bar{n}$ na levi strani enačb (1.1) in (1.2) se jemljejo vrednosti osnovnega materiala, čeprav je za mejno nosilnost spodnjega in srednjega področja vitkosti merodajen toplotno vplivan material v področju zvara

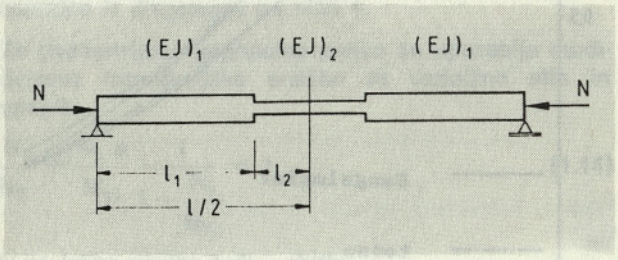
— za $\xi = 0{,}5$, tj. za prečni zvar v sredini dolžine palice je $\bar{\varkappa} = \beta_{0{,}2w}/\beta_{0{,}2}$, kar daje mejno nosilnost, kot da bi bila palica v celoti iz toplotno vplivanega materiala

— zaradi predpostavljenega horizontalnega poteka tridelnega sekantnega opisa diagrama σ-ε v plastičnem

področju je utrditev materiala zanemarjena. Znano pa je, da izkazuje krivulja σ-ε prav za toplotno vplivani material očiten porast v področju velikih raztezkov.

2.1.2. Računska metoda Dangelmaierja

Za račun mejne nosilnosti N_K popolne palice s TVC kot mesto lokalne oslabitve ni več za osnovo vzeta palica s konstantnim prerezom, temveč palica s spremenljivo upogibno togostjo EI. Ker je računsko in eksperimentalno dokazano, da je vpliv položaja mesta zvara znotraj tlačene palice majhen, je predpostavljena oslabitev v sredini palice (slika 6).



Slika 6. **Sistem tlačene palice s prečnim zvarom v sredini**

Če se v ustreznih uklonskih pogojih nadomestijo trigonometrične funkcije z vrstami, v katerih so največ kvadratni členi, se dobi uklonska sila v eksplicitni obliki

$$N_K = \frac{0{,}25}{\left(\frac{l_1}{l}\right)^2 + \left(\frac{l}{4} - \left(\frac{l_1}{l}\right)^2\right)\frac{(EI)_1}{(EI)_2}} \cdot \frac{\pi^2 (EI)_1}{l^2} \qquad (2.2)$$

Za prečno zvarjene palice so vztrajnostni momenti enaki $I_1 = I_2$. Področje 2 z $E_2 = T < E_1 = E$ lahko smatramo kot del palice, ki se nahaja v plastičnem področju krivulje σ-ε, področje 1 pa ostaja v celoti elastično. Razmerje E_1/E_2 se lahko, upoštevajoč enačbo (1.7), napiše v obliki

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{E}{T} = 1 + \frac{0{,}002\, n_w}{\beta_{0,2w}} E \left(\frac{\sigma_K}{\beta_{,02w}}\right)^{n_w - 1}$$

kjer je z indeksom w označena TVC.
Če se vstavi zadnji izraz v enačbo (2.2) in ponovno uvedeta količini $\bar{N}_K$ in $\bar{\lambda}$ po enačbah (1.9) in (1.10) z $\beta_{0,2}$ za osnovni, tj. toplotno nevplivani material, dobimo enačbi (1.11) ustrezno enačbo

$$\bar{N}_K = \frac{1}{\bar{\lambda}^2\left[1 + \frac{0{,}002\, n_w}{\beta_{0,2w}} E \left(\frac{\bar{N}_K}{\varkappa_\beta}\right)^{n_w - 1}\left(1 - \left(\frac{2\, l_1}{l}\right)^2\right)\right]} \qquad (2.3)$$

v kateri je $\varkappa_\beta = \beta_{0,2w}/\beta_{0,2}$.
Če se izvede analogna transformacija kot pri enačbi (1.11), se dobita za $\bar{N}_K$ izraza:

$$\bar{N}_K = \varkappa_\beta \left[\frac{(\varkappa_\beta \bar{\lambda}^2 - 2)^2\, \beta_{0,2w}}{4\, \varkappa_\beta \bar{\lambda}^2\, 0{,}002\, n_w E} \cdot \frac{1}{1 - \left(\frac{2\, l_1}{l}\right)^2}\right]^{\frac{1}{n_w}} \qquad (2.4\,a)$$

in

$$\bar{N}_K = \frac{1}{\bar{\lambda}^2} - \frac{0{,}002\, n_w}{\beta_{0,2w}} E \varkappa_\beta \left(1 - \frac{1}{4}\varkappa_\beta \bar{\lambda}^2\right)^{n_w}\left(1 - \left(\frac{2\, l_1}{l}\right)^2\right) \qquad (2.4\,b)$$

Enačbo (2.4 a) se uporablja, če je

$$\bar{\lambda} \leqq \sqrt{\frac{\left(1 - \left(\frac{2\, l_1}{l}\right)^2\right)^{\frac{1}{n_w}}}{\varkappa_\beta}\left(\frac{2{,}5}{n_w} + 1\right)}.$$

Mejna nosilnost nepopolne palice z ekscentričnostjo e se lahko sedaj izračuna iz enačbe

$$\bar{N}_u = \frac{1 + \bar{N}_K\left(\frac{\eta}{\varkappa_\beta} + \bar{\lambda}^2\right)}{2\,\bar{\lambda}^2} - \frac{1}{2\,\bar{\lambda}^2}\sqrt{\left(1 + \bar{N}_K\left(\frac{\eta}{\varkappa_\beta} + \bar{\lambda}^2\right)\right)^2 - 4\,\bar{N}_K\,\bar{\lambda}^2} \qquad (2.5)$$

V slikah 7 a in 7 b je podana primerjava rezultatov približnih metod Dangelmaierja in DIN 4113 s točnimi rešitvami. Za ekscentričnost e je pri točni in Dangelmaierjevi metodi vzeta vrednost l/1000, pri metodi po DIN 4113 pa ustrezno temu predpisu.

2.2. Vzdolžno zvarjene palice

2.2.1. Računska metoda po DIN 4113

Uporabljajo se osnovne enačbe (1.1) do (1.4) s tem, da se pri količinah N_{pl}, N_{Ki}, M_{pl} karakteristike prečnega prereza A, W in J, ustrezno delom prereza, ki so toplotno vplivani, reducirajo s faktorjem

$$\varkappa_\beta = \frac{\beta_{0,2w}}{\beta_{0,2}}: \qquad A\varkappa = A - (1 - \varkappa_\beta)\,\Sigma\, A_{wi}$$

$$J\varkappa = J - (1 - \varkappa_\beta)\,\Sigma\,(A_{wi}\, y_i^2)$$

$$W\varkappa = \frac{J\varkappa}{y_{max}}$$

A_{wi} ... posamezni toplotno vplivani deli prereza.

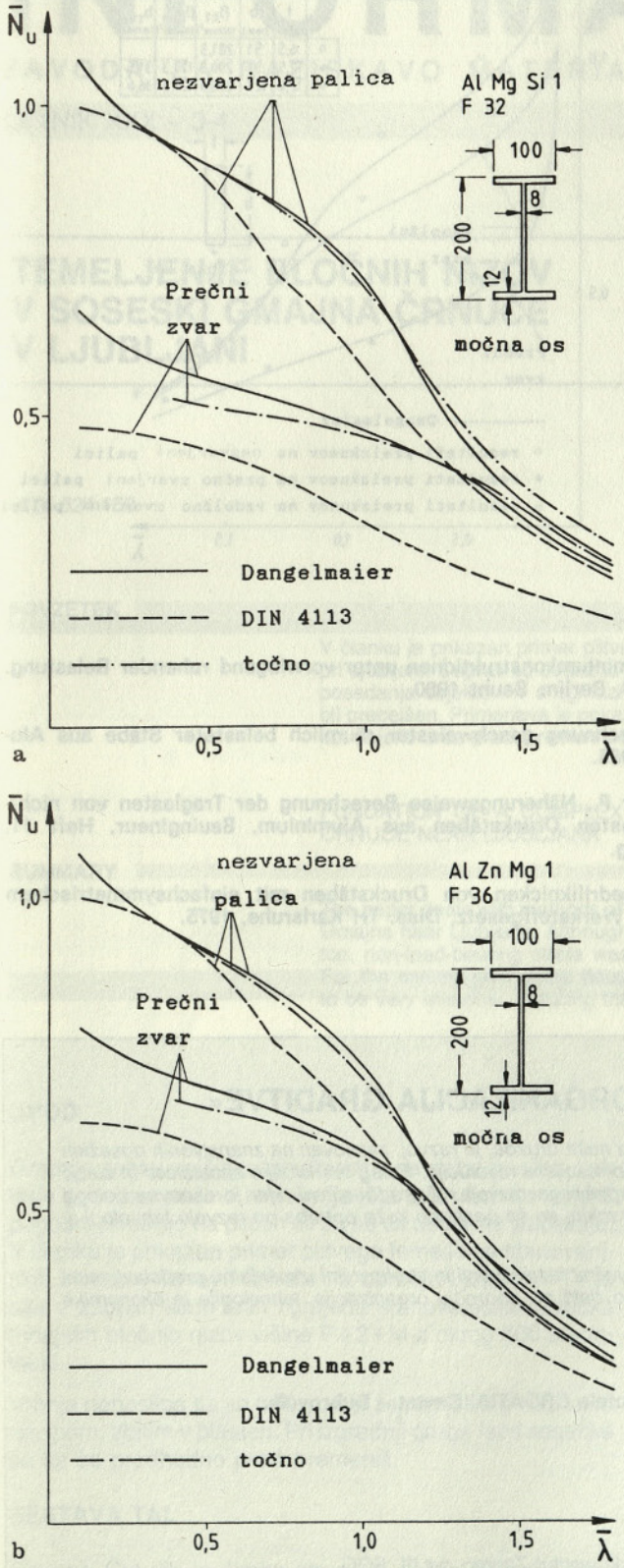
2.2.2. Računska metoda Dangelmaierja

Osnovni enačbi (1.12 a) in (1.12 b) z (1.13) in enačba (1.16) so za vzdolžno zvarjene palice ustrezno razširjene in imajo naslednjo obliko:

$$\bar{N}_K = \varkappa_{\beta l}\left(\frac{(\bar{\lambda}^2 \varkappa_{\beta l} - 2)^2\, \beta_{0,2wl}}{4\,\bar{\lambda}^2\, \varkappa_{\beta l}\, 0{,}002\, n_{wl} E}\right)^{\frac{1}{n_{wl}}} \qquad (2.6\,a)$$

$$\bar{N}_K = \frac{1}{\bar{\lambda}^2} - \frac{0{,}002\, n_{wl}}{\beta_{0,2wl}} E \varkappa_{\beta l}\left(1 - \frac{1}{4}\bar{\lambda}^2 \varkappa_{\beta l}\right)^{n_{wl}} \qquad (2.6\,b)$$

$$\bar{N}_u = \frac{1 + \bar{N}_K\left(\frac{\eta}{\varkappa_{\beta S}} + \bar{\lambda}^2\right)}{2\,\bar{\lambda}^2}$$



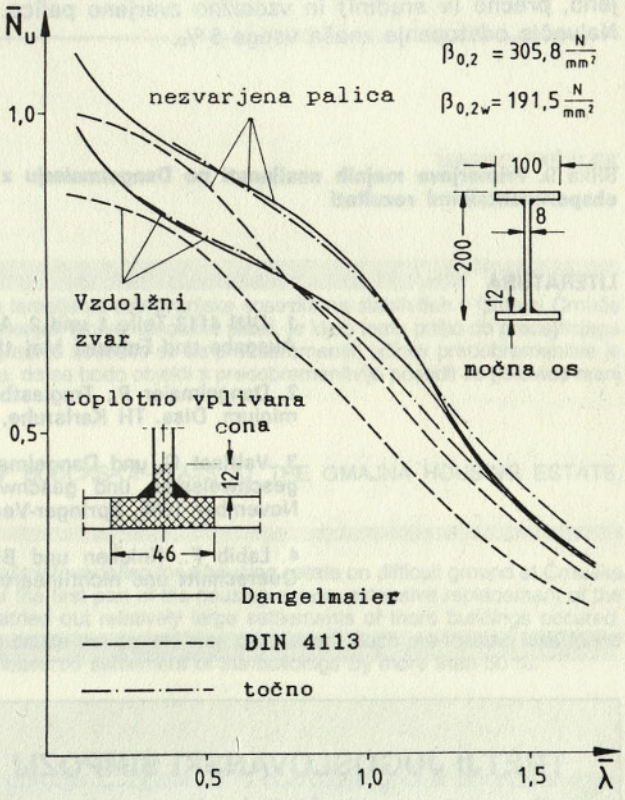
Slika 7. **Primerjava rezultatov mejnih nosilnosti po približnih in točni metodi za tlačeno palico s prečnim zvarom v sredini**

$$= \frac{1}{2\bar{\lambda}^2}\sqrt{\left(1+\bar{N}_K\left(\frac{\eta}{\varkappa_{\beta s}}+\bar{\lambda}^2\right)\right)^2 - 4\bar{N}_K\bar{\lambda}^2}\,. \qquad (2.7)$$

Enačba (2.6 a) se uporablja, če je

$$\bar{\lambda} \leqq \frac{1}{\sqrt{\varkappa_{\beta l}}}\left(\frac{2{,}5}{n_{wl}}+1\right)$$

sicer pa enačba (2.6 b).



Slika 8. **Primerjava rezultatov mejnih nosilnosti po približnih in točni metodi za vzdolžno zvarjeno tlačeno palico I prereza**

V razširjenih enačbah izgledajo posamezni koeficienti takole:

$$\varkappa_{\beta l} = 1 - \frac{\Sigma A_{wi}}{A}(1-\varkappa_\beta) = \frac{A\varkappa}{A}$$

$$\varkappa_{\beta s} = 1 - \frac{\Sigma A_{wi}\, y_i}{W_{pl}}(1-\varkappa_\beta) = \frac{M_{pl\varkappa}}{M_{pl}}$$

$$n_{wl} = n\left(1 - \frac{\Sigma A_{wi}}{A}\left(1-\frac{n_w}{n}\right)\right) \cong n\varkappa_{\beta l}$$

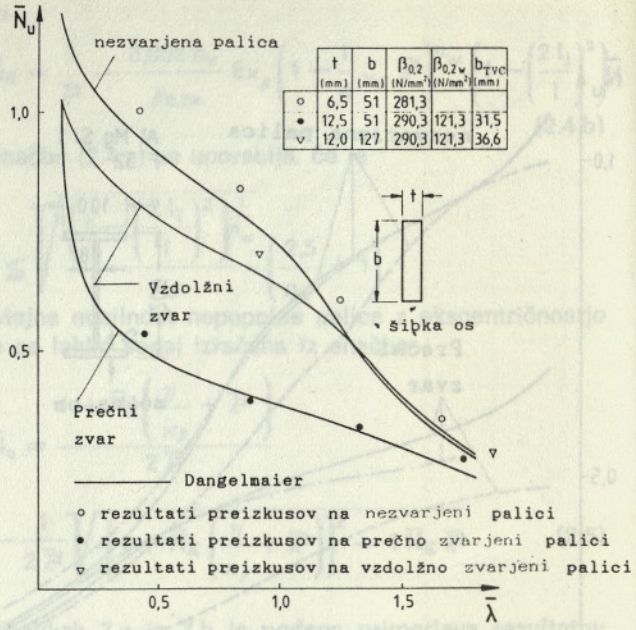
$$\beta_{0,2wl} = \beta_{0,2}\left(1 - \frac{\Sigma A_{wi}}{A}(1-\varkappa_\beta)\right) = \beta_{0,2}\varkappa_{\beta l}\,.$$

V količinah N_{pl} in $\lambda_{0,2}$, ki so potrebne za določitev $\overline{N}_K$, $\overline{\lambda}$ in $\overline{N}_u$, je obdržana vrednost $\beta_{0,2}$ osnovnega, tj. toplotno nevplivanega materiala.

V sliki 8 je prikazana primerjava rezultatov obeh približnih metod s točno rešitvijo. Vrednosti ekscentričnost so iste kot pri prečno zvarjenih palicah.

3.0. PRIMERJAVA REZULTATOV DANGELMAIERJEVE METODE Z EKSPERIMENTALNIMI REZULTATI

Na sliki 9 je prikazana primerjava mejne nosilnosti, določene po metodi Dangelmaierja, z eksperimentalnimi rezultati in sicer za tlačno palico pravokotnega škatlastega prereza. Primerjava zajema nezvarjeno, prečno (v sredini) in vzdolžno zvarjeno palico. Največje odstopanje znaša vsega 8 %.



Slika 9. **Primerjava mejnih nosilnosti po Dangelmaierju z eksperimentalnimi rezultati**

LITERATURA

1. DIN 4113 Teile 1 und 2. Aluminiumkonstruktionen unter vorwiegend ruhender Belastung. Ausgabe und Entwurf Mai 1980, Berlin: Beuht 1980.

2. Dangelmaier P., Traglastberechnung geschweisster räumlich belasteter Stäbe aus Aluminium, Diss. TH Karlsruhe, 1985.

3. Valtinat G. und Dangelmaier P., Näherungsweise Berechnung der Traglasten von nichtgeschweissten und geschweissten Druckstäben aus Aluminium, Bauingineur, Heft 11, November 1986, Springer-Verlag.

4. Labib F., Knicken und Biegedrillknicken von Druckstäben mit einfachsymmetrischem Querschnitt und nichtlinearem Werkstoffgesetz, Diss. TH Karlsruhe, 1975.

TRETJI JUGOSLOVANSKI SIMPOZIJ »ORGANIZACIJA GRADITVE«

Eden od bistvenih pogojev izhoda iz krize, s katero je soočena naša družba, je razvoj, zasnovan na znanstvenih dosežkih in »lovljenjem stika« z razvitim delom sveta, ki ga je zajela informacijska revolucija. Poleg tehnološke zaostalosti in slabe izrabe virov je slaba organiziranost ena od glavnih zavor uspešnega razvoja. V gradbeništvu, kjer je osnovna naloga racionalna uporaba sredstev in gradnja objektov v optimalnih rokih, se še posebno kaže potreba po razvoju tehnologije, izboljšanju organizacije in ekonomičnosti.

Pričakujemo, da bodo udeleženci tega, tretjega simpozija s svojimi raziskovanji in strokovnimi izkušnjami, predstavljenimi v referatih in diskusiji, dali usmeritev za nadaljnje znanstveno delo na področju organizacije, tehnologije in ekonomike gradnje.

KRAJ IN ČAS TRAJANJA

Simpozij bo od 19.–21. aprila 1989 v Kongresni dvorani hotela CROATIA, Cavtat – Dubrovnik.

KOTIZACIJA

Prispevek za sodelovanje na simpoziju znaša za udeleženca:
– do 1. 2. 1989 280.000 din
– po 1. 2. 1989 340.000 din

Kotizacija se plača na žiro račun: 30101-603-3866, Gradjevinski institut Zagreb, za III. SOG.

Vse informacije se lahko dobijo v tajništvu simpozija: GRADJEVINSKI INSTITUT, FAKULTET GRADJEVINSKIH ZNANOSTI ZAGREB, Zavod za organizaciju i ekonomiku gradjenja, 41000 Zagreb, Kačičeva 26, telefon: 041/440-857.

INFORMACIJE 286

ZAVODA ZA RAZISKAVO MATERIALA IN KONSTRUKCIJ V LJUBLJANI

LETNIK XXX – 3-4 MAREC-APRIL 1989

TEMELJENJE BLOČNIH NIZOV V SOSESKI GMAJNA ČRNUČE V LJUBLJANI

UDK 624.159

MARKO FAŠALEK

POVZETEK

V članku je prikazan primer plitvega temeljenja stanovanjske soseske na slabih tleh v Gmajni Črnuče pri Ljubljani. Čeprav so obsežno zamenjali vrhnje nenosilne plasti, je kljub temu prišlo do precejšnjega posedanja objektov. V drugi fazi izgradnje soseske so tla predobremenili; učinek predobremenitve je bil precejšen. Primerjava je pokazala, da se bodo objekti s predobremenitvijo posedli za polovico manj kot objekti brez predobremenitve.

FUNDATION OF A COMPLEX OF BLOCKS-OF-FLATS AT THE GMAJNA HOUSING ESTATE, ČRNUČE NEAR LJUBLJANA

SUMMARY

The paper deals with methods of shallow foundation for a housing estate on difficult ground at Črnuška Gmajna near Ljubljana. Although for the first part of the housing estate, extensive replacement of the top, non-load-bearing strata was carried out relatively large settlements of there buildings occured. For the second part of the housing estate the ground was pre-loaded. Such pre-loading was found to be very effective, reducing the measured settlement of the buildings by more than 50 %.

UVOD

Gradnja zahtevnejših težjih objektov na slabo nosilnih tleh terja posebne načine temeljenja. Na takih tleh se objekti pogosto temeljijo na pilotih ali pa se tla ustrezno izboljšajo. V članku je prikazan primer plitvega temeljenja stanovanjskih blokov v Gmajni Črnuče na obrobju Ljubljane. Tu je bila v zadnjih štirih letih zgrajena stanovanjska soseska trinajstih bločnih nizov višine P+2+M z okrog 500 stanovanji.

Vrhnja nenosilna tla so odkopali in zamenjali z gruščnatim nasipom, zbitim v plasteh. Pri izgradnji druge faze soseske so tla še predhodno predobremenili.

SESTAVA TAL

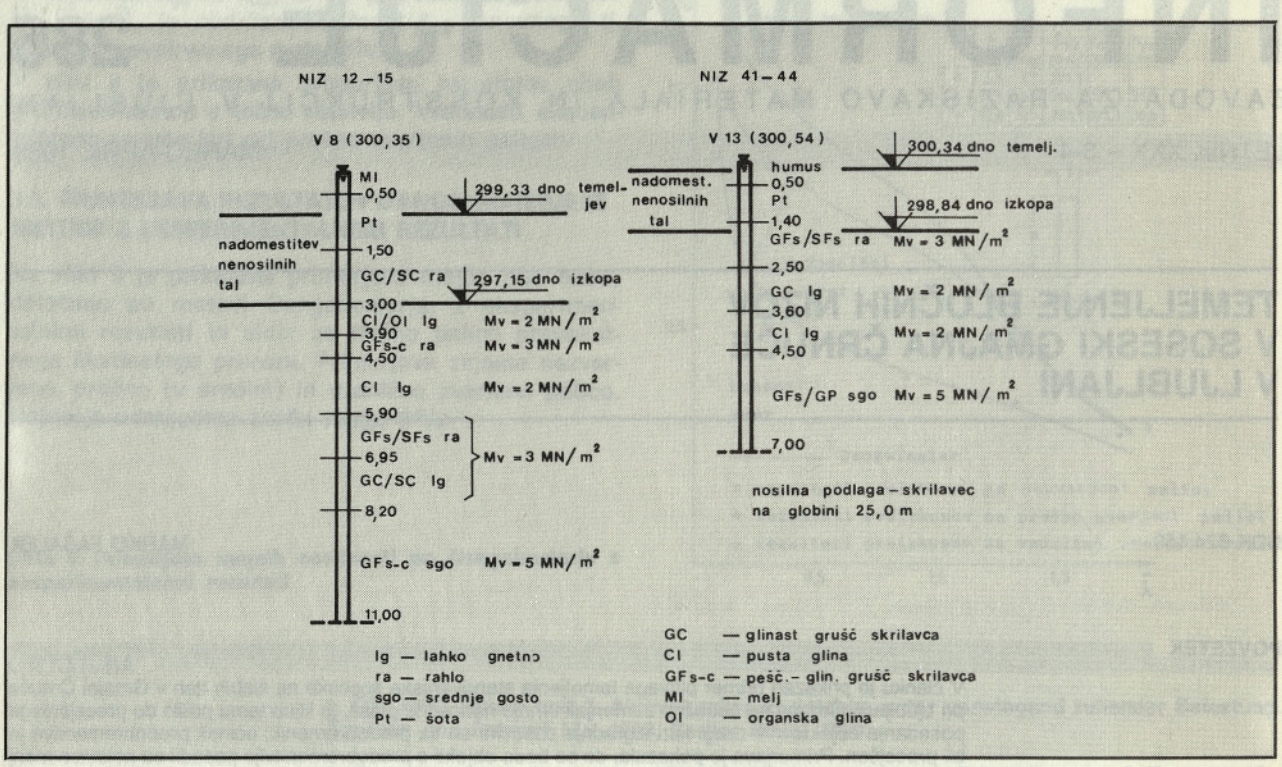
Gmajna Črnuče je široka stranska dolina na severnem obrobju Ljubljane, ki jo obkrožajo griči iz permokarabonskega skrilavca. V zadnjih 25 letih so to dolino intenzivno pozidali v glavnem s prosto stoječimi in vrstnimi enodružinskimi stanovanjskimi hišami. Nezazidan je ostal le še njen srednji del, ki je bil površinsko precej zamočvirjen.

V tem delu doline je ZRMK opravil terenske in laboratorijske geomehanske preiskave za potrebe projektiranja in izgradnje bločnih nizov višine P + 2+ M.

Raziskave so pokazale, da se na tem področju menjavajo poplavni in zajezitveni sedimenti. Slednji so v obliki lahko gnetnih glin, meljev, organskih glin in šote; šotne plasti so pod površino terena. Poplavni sedimenti so v obliki rahlih, glinastih gruščev in prodov skrilavca. Vsi ti sedimenti so prostorsko razporejeni precej neenakomerno. Pogosto so v obliki jezikov in leč. Le vrhnje nenosilne plasti šote in gline so precej enakomerne debeline. Sedimenti in nanosi so mladi in nekonsolidirani. Taka sestava tal seže do podlage, ki jo tu sestavlja permokarbonski skrilavec. Globino do podlage smo ugotavljali delno s sondažnimi vrtinami in s seizmografom. Podlaga permokarbonskega skrilavca je na globini 10 do 30 m.

Avtor:
Marko Fašalek, dipl. inž. gradb., višji raziskovalni sodelavec

Vse opisane plasti so nasičene z vodo; talna voda je na površini terena. Na sliki 1 je prikazana sestava tal pod bločnima nizoma 12–15 in 41–44.



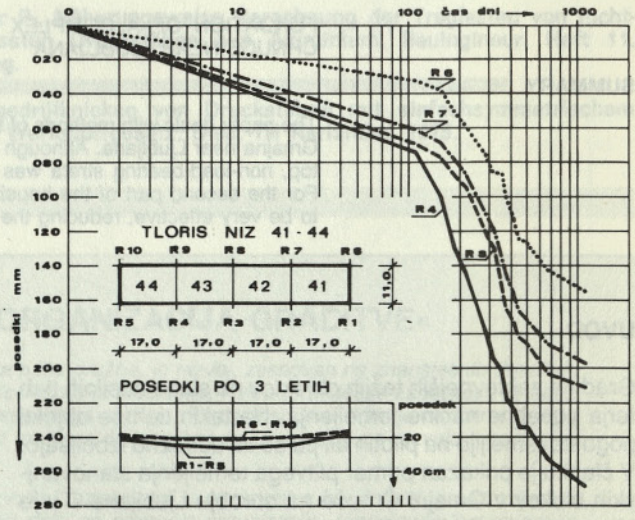
Slika 1. **Sestava tal**

TEMELJENJE OBJEKTOV

Zaradi neugodne sestave tal in dokaj težkih objektov smo preučili dve varianti temeljenja, in sicer varianto temeljenja na pilotih, ki bi segali do nosilne podlage, in varianto temeljenja na izboljšanih tleh. Temeljenje na kolih do podlage permokarbonskega skrilavca se je pokazalo kot neekonomično zaradi velike dolžine pilotov (10 do 30 m); objekte so zato temeljili na izboljšanih tleh.

Pri izgradnji prve faze soseske so bile odstranjene vrhnje nenosilne plasti šote in organske gline do prve glinasto-gruščnate plasti. Na fotografiji 1 sta v ospredju vidni dve temni progi, ki pomenita šotne plasti. Globina izkopa za posamezne nize je znašala 2 do 4 m. V izkop so položili polipropilensko polst Politlak ter nato gruščnat in prodnat zasip, utrjen v plasteh po 0,35 m. Na tako utrjena tla so zabetonirali temelje. Izračuni posedanja so pokazali, da bodo znašali največji posedki okrog 22 do 24 cm. Ti izračuni so tudi pokazali, da je mogoče pričakovati precejšnje diferenčne posedke (prek 5 cm med posameznimi nosilnimi stenami). Temu primerno je bila dimenzionirana temeljna brana. Ocena konsolidacije je pokazala, da bodo posedki nastali zelo hitro – v glavnem med gradnjo. Malo prepustne glinaste plasti so namreč razmeroma tanke in so med prepustnejšimi gruščnatimi plastmi.

Takoj po izgradnji temeljev so začeli opazovati posedanje objektov. Na sliki 2 so prikazane krivulje posedanja za bločni niz 41–44. Po treh letih, računajoč od začetka gradnje, smo dobili značilne konsolidacijske krivulje, iz katerih je viden opazen prehod iz primarne faze konsolidacije v sekundarno fazo; prehod je bil približno leto in pol od začetka gradnje. V treh letih se je glavnina posedkov že razvila; največji posedek je bil skoraj 27 cm. Poleg velikih absolutnih posedkov so nastali tudi precejšnji diferenčni posedki. Bločni niz se je rahlo zasukal okrog

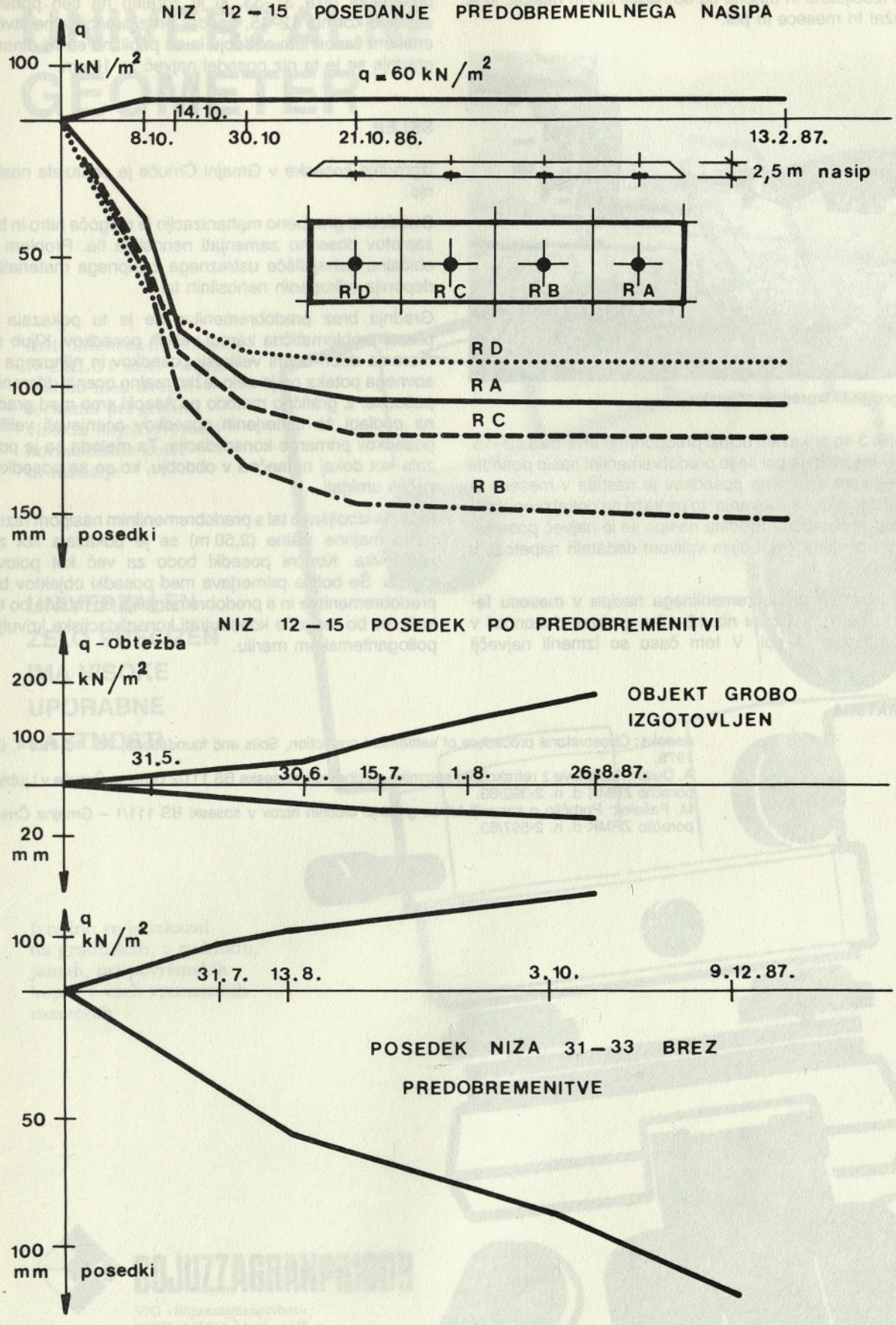


Slika 2. **Krivulja posedkov**

vzdolžne osi zaradi nehomogenosti tal. Posedki v sredini niza so večji in so posledica globljega učinka dodatnih napetosti zaradi večjih vplivnih površin temeljev v sredini objekta.

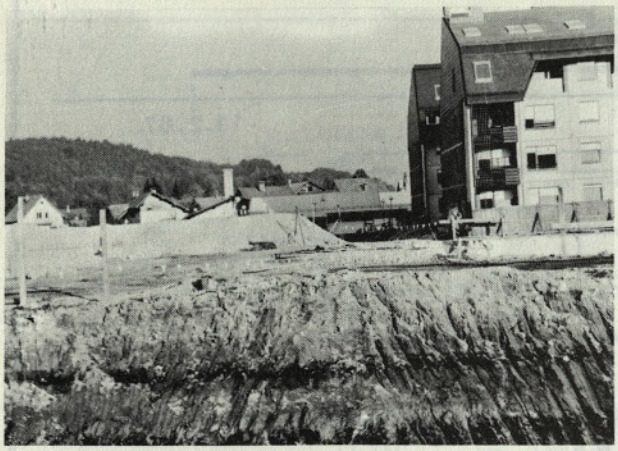
TEMELJENJE S PREDOBREMENILNIM NASIPOM

Veliki absolutni in diferenčni posedki ter hiter časovni razvoj posedanja v prvi fazi izgradnje so pokazali, da bo mogoče tu doseči dokaj velike posedke s predobremenilnim nasipom, ki bo odležal razmeroma kratek čas.



Slika 3. **Primerjava posedkov: preobremenitev, brez preobremenitve**

Vrhnja nenosilna tla so zamenjali v prvotnem obsegu. Na tako izboljšana in utrjena tla so nasuli 2,5 m nasipa, ki je odležal tri mesece in pol.



Fotografija 1. **Izgradnja soseske**

Na sliki 3 so prikazani učinki predobremenitve niza 12–15. V treh mesecih in pol se je predobremenilni nasip posedel za 9–15 cm. Glavnina posedkov je nastala v mesecu in pol od začetka nasipavanja; to pa kaže na dokaj prepustne plasti pod nasipom. Sredina nasipa se je največ posedla, kar je povezano z globljim vplivom dodatnih napetosti v sredini.

Po odstranitvi predobremenilnega nasipa v mesecu februarju 1987 so bločni niz 12–15 v grobem dokončali v treh mesecih in pol. V tem času so izmerili največji posedek 1,5 cm. Za primerjavo je na sliki 3 prikazan potek posedanja niza 31–33, ki je zgrajen na tleh podobne sestave kot niz 12–15, vendar brez predobremenitve. V enakem časovnem obdobju in ob približno enaki dinamiki gradnje se je ta niz posedel največ za 10 cm.

SKLEP

Izgradnja soseske v Gmajni Črnuče je pokazala naslednje:

S sodobno gradbeno mehanizacijo je mogoče hitro in brez zapletov obsežno zamenjati nenosilna tla. Problem sta običajno nahajališče ustreznega zasipnega materiala in deponija odkopanih nenosilnih tal.

Gradnja brez predobremenitve se je tu pokazala kot precej problematična zaradi velikih posedkov. Kljub razmeroma dobri oceni velikosti posedkov in njihovega časovnega poteka pa je zelo težko realno oceniti diferenčne posedke. Z grafično metodo po Asaoki smo med gradnjo na podlagi že izmerjenih posedkov ocenjevali velikost posedkov primarne konsolidacije. Ta metoda se je pokazala kot dokaj natančna v obdobju, ko so se posedki že začeli umirjati.

Metoda izboljšave tal s predobremenilnim nasipom razmeroma majhne višine (2,50 m) se je pokazala kot zelo učinkovita. Končni posedki bodo za več kot polovico manjši. Še boljša primerjava med posedki objektov brez predobremenitve in s predobremenitvijo bo možna po treh letih, ko bo mogoče konstruirati konsolidacijske krivulje v pollogaritemskem merilu.

LITERATURA

Asaoka: Observatoral procedure of settlement prediction, Soils and foundations, Vol. 18, No. 4, Dec. 1978.

A. Dular: Raziskave z refrakcijsko seizmiko na območju soseske BS 111/2 Gmajna Črnuče v Ljubljani, poročilo ZRMK d. n. 2-392/83.

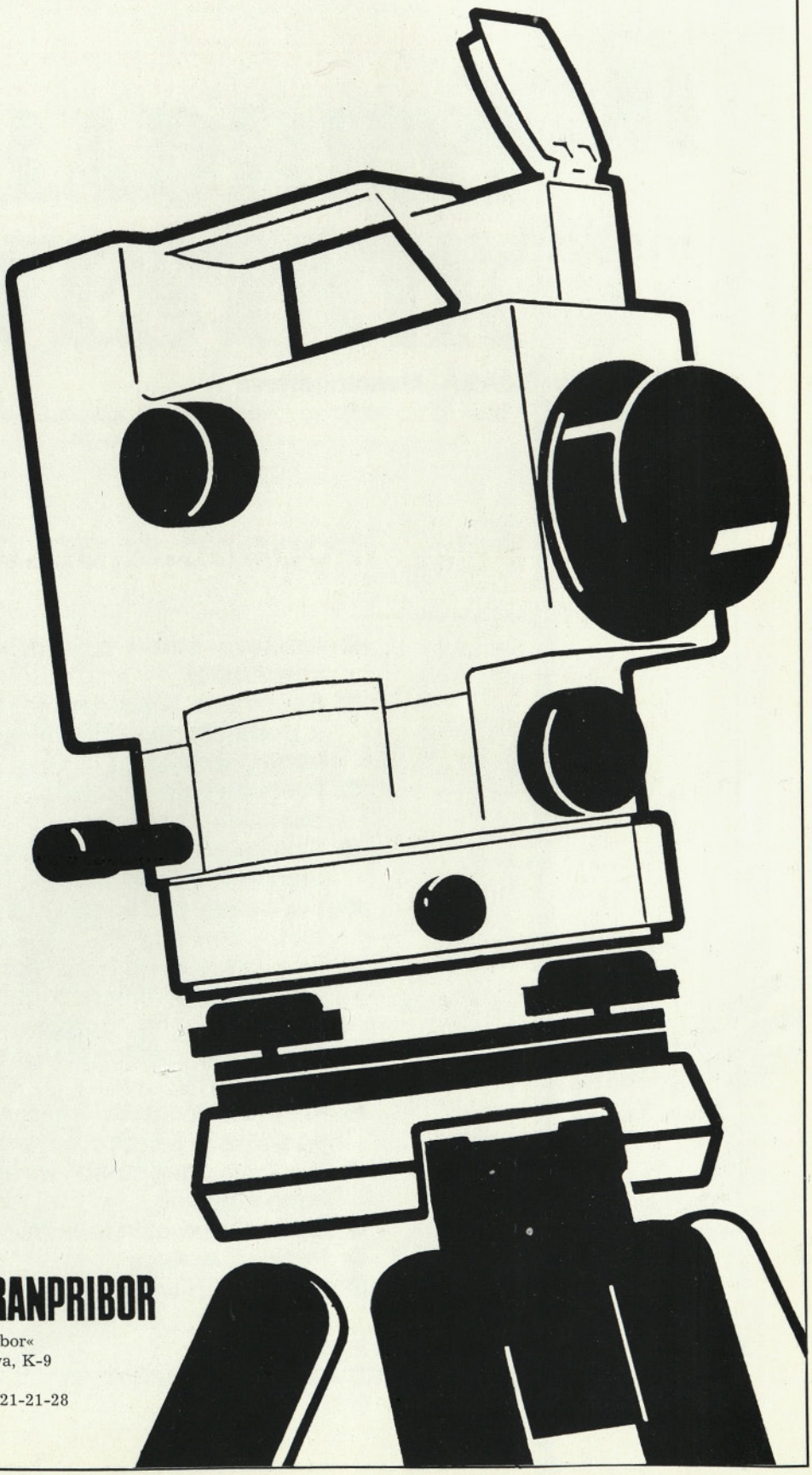
M. Fašalek: Poročilo o sanaciji tal za gradnjo bločnih nizov v soseski BS 111/1 – Gmajna Črnuče, poročilo ZRMK d. n. 2-597/83.

UNIVERZALNI GEOMETER

Instrument za niveliranje N-ZKLU1 meri višinsko razliko med dvema točkama pri gradnji visokih objektov, meri horizontalne kote in razdalje

UNIVERZALEN
ZELO PRECIZEN
IMA VISOKE
UPORABNE
LASTNOSTI

Izredno se je izkazal na gradbiščih, v rudnikih, jamah, pri površinskih kopih v vseh vremenskih razmerah



SOJUZZAGRANPRIBOR

V/O »Sojuzzagranpribor«
SSSR, 103918 Moskva, K-9
Ul. Ogareva 5
telefon: 229-61-10, 221-21-28
teleks: 411437

IMK

Inštitut za metalne konstrukcije

61115 LJUBLJANA, Mencingerjeva 7
Poštni predal: 10 / **Telex:** 32-191 IMEKO YU / **Telefon:** 332-024, 332-023, 219-926, 219-825, 219-613, 219-558

PODROČJE DELOVANJA:

- Izdelava študij s področja metalnih konstrukcij
- Reševanje konstrukcijskih problemov s pomočjo teoretičnih in eksperimentalnih raziskav
- Projektiranje jeklenih industrijskih objektov in mostov
- Kontrola kvalitete izdelave in montaže metalnih konstrukcij
- Preiskava materiala in elementov metalnih konstrukcij
- Vse preiskave brez porušitve (rentgen, izotop, magnetofluks, ultrazvok in drugo) ter zvarjenih spojev in osnovnega materiala (pločevine, profili in cevi)
- Kontrola kvalitete varilcev in varilnih postopkov na področju varjenja
- Merjenje napetosti in deformacij v konstrukcijah
- Opravljanje obremenilnih preizkušenj
- Projekti sanacij
- Projektiranje konstrukcij iz aluminijevih zlitin