

INŽENIR

SLOVENSKA INŽENIRSKA ZVEZA

1. 2008

INŽENIR, Vol. 1: letnik 2008, številka 1

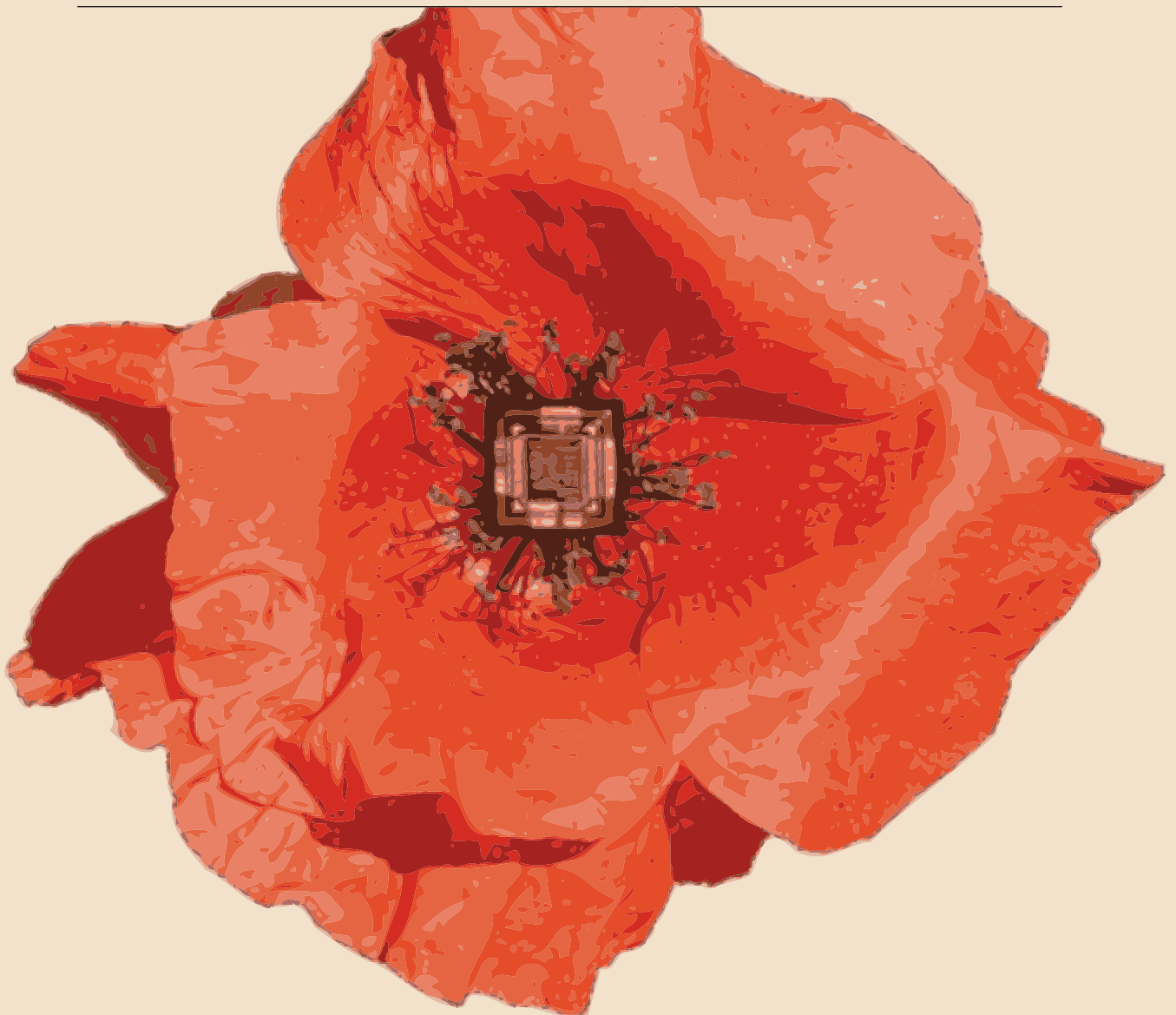
Izdaja Slovenska inženirska zveza - SIZ

Published by the Association of Engineering Societies in Slovenia

1.2008

I consider it important, indeed urgently necessary, for intellectual workers to get together, both to protect their own economic status and, also, generally speaking, to secure their influence in the political field.

– Albert Einstein



INŽENIR

izdaja **Slovenska inženirska zveza - SIZ**

v sodelovanju z **Inženirsko zbornico Slovenije - IZS**

ENGINEER

published by **the Association of Engineering Societies in Slovenia**

in cooperation with **the Slovenian Chamber of Engineers - IZS**

-

UDK (UDC): **62** ISSN: **1855-0290**

-

Vol. 1: letnik 2008, številka 1

Uredništvo in uprava / *Editor Office:*

Slovenska inženirska zveza

Karlovška cesta 3, 1000 Ljubljana, Slovenija

zveza.ing@siol.net

Glavni in odgovorni urednik / *Editor:*

prof. dr. Baldomir Zajc

baldomir.zajc@fe.uni-lj.si

Uredniški odbor:

mag. Črtomir Remec, dr. Branko Zadnik,

dr. Željko Vukelić, Marija Šadl – Sraka,

doc.dr. Jože Kortnik, Aleš Rastko

in prof.dr. Marko Jagodič

Strokovni svet:

vsí predsedniki posameznih Zvez - članic SIZ

Transakcijski račun / *Bank Account:*

19140-5000016063 – DBS d.d. Ljubljana

Davčna številka:

15627799

-

Oblikovanje / *Design:* **studiobotas**

-

Tisk / *Press:* **Somaru, Ljubljana**

VSEBINA

| | |
|--|----|
| Predgovor urednika | 4 |
| Nagovor ministra dr. Žige Turka | 6 |
| Slovenska inženirska zveza se predstavi | 8 |
| Članice Slovenske inženirske zveze | 11 |
| FEANI in Slovenski komite FEANI | 13 |
| Pogovor s predsednikom IZS mag. Črtomirjem Remcem | 16 |
| Nagrajenci Inženirske zbornice Slovenije mag. Marjan Kolenc, Premogovnik Velenje | 20 |
| Iztok Likar, Primorje inženiring | 24 |
| Andrej Kulovec, Krka | 28 |
| Strokovni pregledni prispevek Razvoj elektronike do danes | 32 |
| Sponzorji leta 2002 in 2008 | 50 |

PREDGOVOR UREDNIKA



S poštovane kolegice in kolegi inženirji, veliki znanstvenik Albert Einstein je leta 1938, na začudenje navzočih, da se je kljub svojem individualizmu pridružil neki strokovni organizaciji, dejal (na platnicah v izvirniku):

"Mislim, da je pomembno, zares nujno potrebno, da se intelektualni delavci združijo zavoljo dveh stvari: da zaščitijo svoj lastni ekonomski položaj in tudi, splošno rečeno, da zagotovijo svoj vpliv na političnem področju."

To potrebo bi morala čutiti danes tudi vsa inženirska inteligenca pri nas, saj zunaj strokovnega področja skoraj nima nobenega vpliva. Inženirji sicer lahko delajo in so tudi plačani za svoje strokovno delo, toda v družbenem in političnem smislu skoraj nimajo priložnosti sodelovati pri odločanju.

Omenjajo se civilna družba, nevladne organizacije, vendar pa je vseskozi jasno, da bo morala Slovenska inženirska zveza (SIZ) s svojimi devetnajstimi strokovnimi in področnimi zvezami doseči v družbi mnogo bolj neposreden vpliv, tako kot ga imajo vse podobne strokovne organizacije v drugih evropskih državah in drugod po svetu. Tam mimo strokovnih organizacij sploh ni mogoče sprejeti zakonodaje in drugih pomembnih strokovnih odločitev.

V pogovorih se vsi strinjamo s tem, pa vendar se pozneje ne zgodi nič konkretnega. Gotovo se boste strinjali, da SIZ mora dobiti svoj center z zaposlenimi, saj bi se tako mnoge ideje njenega vodstva lažje udeleževale, prijavljali bi se projekti in sestavljale pripombe na vsakodnevno dogajanje v družbi.

Po mnogo letih prizadevanj je postalo jasno, da se bomo morali prebiti sami – družbene finančne pomoči ne bo. Zbrati moramo inženirje, o katerih nihče sploh ne ve, koliko jih je – po nekaterih podatkih naj bi bilo organiziranih okoli 10 tisoč inženirjev, ocenjuje pa se, da naj bi bilo vseh skupaj do 100 tisoč. Pričakujemo, da bo revija INŽENIR našla in povezala čim več inženirjev in jih tako identificirala v čim večjem številu, seveda iz leta v leto večjem. Oglasi, prispevki in nekoč naročnine bodo materialna osnova za delovanje SIZ. Natisnili smo 10 000 izvodov revije in jih večji del že razposlali na znane naslove, preostale poiščimo skupaj. Prijavnico, ki jo boste našli v reviji, izpolnite in nam jo pošljite, da bi vam lahko poslali že naslednjo številko revije, seveda če želite revijo prejemati tudi v prihodnosti.

V letu 2008 sta predvideni dve številki: ena spomladi in druga jeseni. Prvo smo ustvarili z majhnim moštvom. V njej želimo predstaviti delo in organizacijo SIZ. Zaradi zgledega sodelovanja z Inženirsko zbornico Slovenije (IZS) smo se dogovorili tudi za soizdajateljstvo te revije. Strokovna besedila bo tako prispevala tudi Inženirska zbornica Slovenije, seveda pa je za revijo, ki se šele postavlja na noge, pomembna tudi logistična in finančna pomoč zbornice. Skupaj bomo uspeli, za pomoč se IZS iskreno zahvaljujem.

Zahvaljujem se tudi ministru dr. Žigi Turku za izražene dobre želje in mag. Črtomirju Remcu za njegova cenjena razmišljanja.

Prav tako se zahvaljujem vsem – v reviji smo se jim poimensko zahvalili –, ki so SIZ finančno podprli že pred nekaj leti. Njihova podpora ni bila samo finančna, ampak tudi moralna. Z njihovo pomočjo danes lahko izdajamo to revijo – bodoče središče inženirske strokovne dejavnosti.

V vsaki številki bomo poleg krajših strokovnih člankov, obvestil in zanimivosti objavili tudi kakšen daljši, pregleden strokovni članek, ki bo zanimiv tako za inženirje kot tudi za širšo javnost. Tako bodo bralci neko inženirsko področje lahko pregledno spoznali, ne da bi za to morali prebrati vrsto knjig, nekatere celo v tujih jezikih.

Za to številko sem tak članek napisal sam. Seveda je zahteval zelo veliko časa, govori pa o razvoju elektronike od njenih začetkov pa vse do današnjih dni. Prispevek smo zaradi znatnega obsega razdelili na dva dela: v tej številki je opisan razvoj do izuma tranzistorja, v jesenski številki pa bo govor še o izumu mikroelektronskih vezij in sistemov.

Kar je in še bo napisano na beli podlagi, je pravljica v slogu "bilo je nekoč". Ta rubrika bo zanimiva prav za vsakega bralca, in tudi če kakšne podrobnosti ne boste razumeli, vztrajajte in sledite zgodbi.

Nekaj bo gotovo ostalo! Morda pa boste članek nekoč pozneje ponovno prebrali.

Rubrika na modri podlagi dodatno pojasnjuje fizikalno razumevanje nekega pojava in jo lahko bralec morda prebere ob drugem branju ali pa jo preprosto izpusti.

Rubrika na rumeni podlagi pa prinaša še nekaj tehnoloških podatkov za ljubitelje te dejavnosti

in je za razumevanje zgodovinskega dogajanja manj pomembna.

V tej številki revije vam predstavljamo sedanje aktivnosti SIZ, njene članice ter organizacijo FEANI in njen slovenski komite. Ob koncu leta 2007 je IZS podelila tri nagrade za inovativnost, in tudi te dosežke vam na straneh te številke z veseljem predstavljamo.

V prihodnjih številkah bomo objavili seveda še več različnih informativnih in strokovnih prispevkov, predstavitev in sporočil posameznih članic SIZ, zanimivosti in tudi več podpornih oglasov. Ob pričakovanem številu bralcev bodo imeli oglasi vedno večji ekonomski učinek, zato upamo, da bo zanimanje za njihovo objavo naraščalo.

Kot naročnik revije Inženir boste postali član velike družine inženirjev in s tem pokazali, da vam ni vseeno, kaj se s to družino dogaja.

Z oglasi v reviji se boste predstavili veliki ustvarjalni populaciji, ki bo vaše predstavljene izdelke lahko vključevala v svoje bodoče projekte.

SIZ pa bo dobila pravo energijo za uspešno delovanje, da bo lahko suvereno nastopala v družbi.

Začnimo takole, kmalu nas bo veliko, dejavnosti bodo vedno boljše, vpliv povezanih inženirjev pa bo vedno večji.

S spoštovanjem,

prof. dr. Baldomir Zajc,
urednik revije Inženir

UVODNI NAGOVOR MINISTRA DR. ŽIGE TURKA

Služba Vlade RS za razvoj

Inženirji so ljudje, ki z bistrimi iznajdbami spreminjajo svet. To je vgrajeno že v sam izvor besede. Ena od lastnosti, ki je človeka ločila od ostalega živega sveta je tudi ta, da je začel naravo prilagajati sebi, namesto, da bi sebe prilagajal naravi. Ko beremo zgodovino človeštva so v ospredju vojne, osvajalci, države, pozabljamo pa, da so dobam dajale pečat pravzaprav inženirske iznajdbe.

Prižiganje ognja je omogočilo poselitev mrzlega severa, vzvodi, vretena, kanali namakanje suhih ravnin ob Nilu, Evfratu, Tigrisu, Indu in organizirano prehranjevanje velikih skupnosti in prvih držav, ki so tam nastale. Kolo in jadro sta omogočila prvi val globalizacije. Za vsemi temi iznajdbami so stali ljudje - danes bi jim rekli inženirji - katerih imen ne poznamo. Nekateri, npr. Prometej, ki je bogovom ukradel ogenj, so dobili celo napol božji status. Za prvega po imenu znanega inženirja velja graditelj piramid Imhotep iz 3. tisočletja pred našim štetjem.

Albert Einstein je zapisal, da znanstvenik odkriva stvari, ki že obstajajo, inženir pa kreira, česar še ni. Znanstvenik želi pojasniti, zakaj, kako, se odvijajo neki procesi v naravi. Ustvarja teoretične modele, ki pojav pojasnjujejo. Inženir ustvarja rešitve in rešitve najde, tudi če naravnih pojavov niti dobro ne razume in nima čisto vseh podatkov. Inženir ustvarja, kreira, ampak žal kreira vsakdanje stvari. Če bi Leonardo da Vinci za seboj pustil samo skice letal, škripcev, topov in drugih inženir-

skih iznajdb, morda sploh ne bi vedeli zanj. Le nekaterim, ki so načrtali presežnike v svetovnem merilu, se je uspelo dvigniti iz povprečja. Mladina v šolah spozna množice kulturnikov, ducat revolucionarjev, pa komaj kakega slovenskega znanstvenika, podjetnika ali inženirja. Še dobro, da se po Gabrielu Gruberju imenuje prekop, sicer ne bi vedeli, komu smo lahko v Ljubljani hvaležni, da hodimo po suhem. Komaj poznani so Herman Potočnik, Jozef Ressel, Edvard Rusjan, Janez Puhar, Ivan Slokar, Stanko Bloudek ... Slovenska država vsako leto velikodušno nagraduje kulturnike, nagraduje celo znanstvenike, vsak ceh izbira "člana ceha leta". Inženir pa, kot da ga ne bi zanimalo priznanje ljudi. Njegovo priznanje je, da je rešil problem, ukanil naravo. Inženirja kot ga ne bi zanimal denar, saj svoje delo obračunava na uro, ne pa v procentu prihranjenega ali zasluženega. Optimist pravi, da je kozarec napol poln, pesimist, da je napol prazen. Inženir ugotovi, da je enkrat prevelik.

Morda je težava prav v tem - da inženir rešuje realne probleme in da ljudje rešitev problema od njih tudi pričakujejo. Vedno boljše, vedno bolj enostavne. Da bo avto prav vsakič vžgal, da bo računalniški program vsakič prišel do iste rešitev, da stavbe ne bo podrl prvi potres. In inženirji ustvarjajo, rešujejo probleme, lajšajo življenje. Ne modrujejo o problemih in njihovih rešitvah po televiziji in časopisih, ampak sedijo v svojih pisarnah in delajo. In se veselijo, da so premagali oviro, ne pa, da je bila njihova slika v časopisu. Nekdo je zapisal, da je inženirstvo samo čista želja, da se



nekaj naredi bolje. Zato javnost o njih komaj kaj ve, pravzaprav se pojavijo šele, ko gre kaj narobe. In zato je v svetu, ki ga bolj in bolj doživljamo skozi medije, skozi posrednike, inženirski poklic vse bolj v ozadju. Res je, da gre ekonomija vse bolj v smeri storitvenih dejavnosti, ampak neke nekdo morda tudi kaj zgraditi, kaj proizvajati, in zato potrebujemo inženirje. Podobno kot nekoč, se morajo za inženirske poklice odločati najboljši, ker je z inženirskim delom neposredno povezana kvaliteta življenja in dela vseh ljudi.

Zato pozdravljam to publicistično-strokovno revijo Inženir kot enega izmed elementov boljše organiziranosti inženirske skupnosti v Sloveniji. Prav tako je to pomemben korak k promociji

same inženirske dejavnosti, s katero želimo privabiti ustvarjalne, realne in delovne mlade in jih navdušiti z zgodbami in občutki, ki jih kot inženirji doživljamo pri svojem delu.

Pomen revije Inženir vidim tudi v tem, da v času, ko so oči javnosti dostikrat uprte v lažni blišč in namišljene probleme, v ospredje postavi profil, ki zna priti do rešitev. Hkrati pa si želim, da bi se revija zavedla tudi Heideggerjeve misli, namreč, da je bistvo tehnike izven tehnike, da je torej bistvo inženirja zunaj inženirstva. S svojim delom namreč inženirji odločilno spreminjajo svet v katerem delajo in imajo zato do narave in ljudi tudi posebno odgovornost.

SLOVENSKA INŽENIRSKA ZVEZA SE PREDSTAVI

V prejšnjih časih, vse do leta 2002, je inženirsko dejavnost pri nas združevala Zveza inženirjev in tehnikov Slovenije (ZITS). Bila je enovita organizacija in združevala branžne in področne inženirske zveze; druge take organizacije ni bilo. Leta 2002 se je ZITS razdelila na IZS - Inženirsko zbornico Slovenija, ki deluje ločeno po takrat sprejetem zakonu in na SIZ - Slovensko inženirsko zvezo. SIZ ima status društva iz leta 2002. Na 28. rednem občnem zboru SIZ dne 27. 6. 2007 so bile sprejete z novim zakonom predpisane dopolnitve v Pravilih SIZ. Nato je bila z Odločbo MNZ-UE0144 Slovenska inženirska zveza, s sedežem v Ljubljani na Karlovški cesti 3, vpisana tudi s spremembami v temeljnem aktu. Slovenska inženirska zveza – SIZ je zveza inženirskih organizacij in združuje 19 panožnih in območnih zvez oziroma društev, ki jih bomo predstavili v nadaljevanju.

SIZ deluje na območju RS kot nacionalna mreža nevladnih organizacij slovenske tehniške inteligence. Za priznanje tega statusa je potekalo več sestankov na Ministrstvu za javno upravo, udeleževali smo se tudi koordinacijskih sestankov za nastajanje mrež z CNVOS (Center nevladnih organizacij Slovenije) in ZDOS (Zveza društvenih organizacij Slovenije), da bi zagotovili inženirski stroki večji vpliv v družbi. Lahko trdimo, da je njen vpliv danes mnogo premajhen. Finančna sredstva za konkretno delo se pričakuje iz evropskih virov.

SIZ sodeluje v raznih mednarodnih inženirskih organizacijah npr. v Svetovni zvezi inženirskih

organizacij (WFEO), kjer nas zastopa IZS in deluje vsakodnevno po programih Federacije evropskih asociacij nacionalnih inženirskih organizacij (FEANI). SIZ je krovna, nacionalna, strokovna, nevladna organizacija Nacionalnega komiteja NCSI FEANI. FEANI je pred časom akreditiral študijske programe 12 fakultet na univerzah v RS, po prenovi bolonjskih programov sedaj pa bo ta dejavnost zopet zelo pogosta. Nacionalni komite (dejavnost SIZ) podeljuje tudi naziv EUR ING, ki ga potrebujejo in cenijo inženirji, ki delajo na projektih v inozemstvu.

V Sloveniji smo do sedaj podelili naziv EUR ING že 106 strokovnjakom tehniških strok, za katere se vodi nacionalni register in register v generalnem sekretariatu FEANI. O dejavnosti FEANI in Nacionalnega komiteja sledi v tej reviji podrobnejše poročilo. Finančna sredstva za kotizacijo in potne stroške pokriva MVŠZT ad hoc.

SIZ je soorganizator vsakoletne Elektrotehniške in računalniške konference - ERK. ERK 2007 bo potekala letos že sedemnajstič po vrsti.

Namen konference je, da:

- nudi pregled raziskovalnega dela na elektrotehniškem in računalniškem področju v državi v preteklem letu;
- znanstveniki potrebujejo tako srečanje, saj pred strokovnim občinstvom slišijo pripombe in pohvale;
- oblikujejo se interdisciplinarne raziskovalne skupine za velike projekte, saj majhnih skoraj ni več;

- daje samozavest raziskovalcem, ko vidijo tiste, ki še vztrajajo v raziskovalnem delu itd.

Izbere se preko 200 referatov. Sedanji predsednik SIZ je tudi predsednik ERK in glavni organizator projekta.

Finančna sredstva od kotizacij in sponzorstva se vodijo na Fakulteti za elektrotehniko za konferenco ločeno.

Pri članici SIZ: Elektrotehniški zvezi Slovenije izhaja že 75. letnik Elektrotehniškega vestnika, znanstvene revije, ki daje prostor za objavo znanstvenih in strokovnih prispevkov v slovenskem in angleškem jeziku. Revija je pri današnji politiki: vse kar je tuje se sveti; ena zadnjih na visokem nivoju v našem jeziku. Tu je poslednji prostor, kjer se še razvija slovenska tehniška beseda. To omenjamo, ker je sedanji predsednik SIZ tudi glavni urednik te revije.

Finančna sredstva od naročnin in sofinanciranja Agencije za raziskovalno dejavnost RS se vodijo pri Elektrotehniški zvezi Slovenije.

SIZ je dolgo pripravljala tudi svoje glasilo Inženir, ki je sedaj v vaših rokah. Z njim bo obveščala člane in javnost ter vrsto drugih glasil z ožjo strokovno tematiko pri svojih članicah. Finančna sredstva od sponzorjev, oglasov in od naročnin se zbirajo na SIZ računu in pomenijo osnovo za delovanje SIZ.

SIZ je vložila predlog dveh projektov na Ministrstvo za visoko šolstvo, znanost in tehnologijo:

- Ponudba za izvedbo projekta "INŽENIRSKA TOČKA" je še vložena.
- Projekt "Razvito v Sloveniji" je bil sprejet in pogodba podpisana septembra 2007.

Kot krovna zveza vseh inženirskih združenj želi SIZ zbrati in dokumentirati najbolj kakovostne v slovenskem prostoru razvite izdelke in obeležiti kot dediščino slovenskega prostora. Odobrena finančna sredstva pomenijo prvi večji priliv neposredno na račun ZIS za izvedbo projekta.

SIZ tvorno sodeluje z Inženirsko zbornico Slovenije (standardizacija, vpliv inženirske stroke v družbi, izobraževanje,...) na osnovi sporazuma o sodelovanju.

SIZ je bila organizator konference (predsednik SIZ pa glavni organizator) Nanotechnology Aerospace Applications - novembra 2006. NATO je sponsoriral predavatelje in njihove stroške; Ministrstvo za obrambo je plačalo organizacijske stroške v hotelu neposredno.

Sedanji predsednik SIZ je bil izvoljen za Direktorja IEEE v regiji 8 v letih 2005 in 2006, sedaj pa opravlja funkcijo preteklega direktorja v letih 2007-2008. IEEE - The Institute of Electrical and Electronics Engineers ima 360 000 članov, v regiji 8, ki obsega Evropo, Afriko in velik del Azije in ima več kot 60 000 članov. Poleg vpliva inženirjev v družbi, akreditacij študijskih programov, oblikovanja standardov, nenehnega izobraževanja, organizacije več sto konferenc natisne kar 30% vse svetovne literature na elektrotehniških, računalniških in mejnih področjih. Položaj Direktorja IEEE regije je velika čast za našo inženirsko stroko in zelo velika promocija Slovenije po svetu. Izkušnje predsednika SIZ s te strani bodo zelo dobrodošle tudi v SIZ. Predsednik SIZ je imel vrsto vabljenih predavanj o elektroniki po svetu: v Sankt Petersburgu dvakrat: leta 2005 in 2006; v Varšavi na konferenci EUROCON 2007, septembra 2007; v Windhoeku, Namibija na konferenci AFRI-CON 2007, septembra 2007.

SIZ sodeluje pri pripravi nove zakonodaje, vendar je ta dejavnost še precej v povojih. Do sedaj smo sodelovali na noveli novega oz. Dopolnjenega Zakona o graditvi objektov (ZGO).

Sodelovanje z ministrstvi RS doslej

- Ministrstvo za gospodarstvo: Pogovor z ministrom mag. Andrejem Vizjakom je potekal 10.4.07, konkretizacija sodelovanja je predvidena.
- Ministrstvo za visoko šolstvo, znanost in tehnologijo: Dogovor za izvedbo projekta MADE IN SLOVENIA sprejet in pogodba podpisana 17. sept. 07. Ponudba za izvedbo projekta INŽENIRSKA TOČKA vložena.
- Ministrstvo za javno upravo: Pogovor za uveljavitev SIZ kot nacionalne mreže nevladnih organizacij slovenske tehniške inteligence in dogovor o sodelovanju SIZ pri pripravi nove zakonodaje.
- Služba Vlade RS za razvoj: Pogovor o vključevanju SIZ v snovanje razvojnih projektov na področju gospodarskih dejavnosti. Vsi pogovori vodijo

Sedež SIZ in nekaterih članic na Karlovški 3
v Ljubljani



k vključevanju razpoložljivega inženirskega potenciala SIZ v gospodarski razvoj v RS.

- Služba Vlade RS za lokalno samoupravo in regionalno politiko: Pogovori o vključevanju SIZ v regionalni in državni razvoj na področju inženirstva.
- Ministrstvo za obrambo: skupaj smo organizirali NATO predavanja o nanotehnologiji.

Cilji SIZ:

- Sodelovanje z domačimi in tujimi inženirskimi organizacijami;
- Povezovanje gospodarstva med seboj in z drugimi organizacijami za uveljavljanje inženirstva v strokah in družbi;
- Sodelovanje pri oblikovanju in izvajanju strategije programskih usmeritev gospodarskega razvoja RS;
- Spodbujanje inovacijske in inventivne dejavnosti;
- Sodelovanje pri dejavnosti varstva okolja in vzpodbujanje sonaravnega gospodarskega razvoja;
- Predstavljanje SIZ doma in v tujini;
- Zastopanje stanovskih interesov;
- Predlaganje razvojno–raziskovalnih in tehnično–tehnoloških programov;
- Presojanje razvojnih programov in investicij;

- Sodelovanje pri pripravi in izdelavi tehnične zakonodaje, predpisov in standardov s področja tehničnih strok;
- Sodelovanje pri izdelavi strokovne terminologije;
- Povezovanje - mreženje in po potrebi ustanavljanje projektnih skupin za razreševanje aktualnih in dolgoročnih gospodarskih problemov;
- Zadovoljevanje družbenih potreb v sodelovanju s članicam;
- Informiranje inženirskih kadrov, itd.

Na kraju:

V zadnjem obdobju do leta 2002 je Zveza inženirjev in tehnikov Slovenije iskala svoj drugačen profil dejavnosti, predvsem zaradi sprememb v družbi. Strokovne zveze so s svojimi individualnimi člani preživele družbene spremembe precej bolje. Nato so te leta 2002 ustanovile Slovensko inženirsko zvezo, ker jo potrebujejo za povezavo med strokami in za enovito zastopanje doma in za predstavitev strokovnih organizacij v tujini. Zato je SIZ krovna organizacija slovenskih inženirskih zvez z nalogami in cilji, kot smo jih navedli. Vsi skupaj ji moramo pomagati in ne samo stati ob strani.

prof.dr. Baldomir Zajc
predsednik SIZ

ČLANICE SLOVENSKE INŽENIRSKÉ ZVEZE

SLOVENSKA INŽENIRSKA ZVEZA

Karlovška 3
1000 LJUBLJANA
tel: 01 252 21 43, 252 71 29
fax: 01 252 71 30

Predsednik:

prof.dr. Baldomir ZAJC
e-pošta: baldomir.zajc@fe.uni-lj.si

Podpredsedniki:

mag. Marjan HUDEJ
e-pošta: marjan.hudej@rlv.si
Janez FABIJAN
e-pošta: janez.fabijan@sava.si
mag. Črtomir REMEC
e-pošta: crtomir.remec@siol.net
prof. dr. Iztok GOLOBIČ
e-pošta: iztok.golobic@fs.uni-lj.si
--

Člani:

EZS

ELEKTROTEHNIŠKA ZVEZA SLOVENIJE

Stegne 7, 1102 Ljubljana, tel: 01 511 30 00,
fax: 01 511 30 04, e-pošta: ezs@guest.arnes.si
Predsednik: Ferdinand GUBINA,
tajnik: mag. Marjan PORENTA

ZDGITS

ZVEZA DRUŠTEV GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV SLOVENIJE

Leskoškova 9 e, 1000 Ljubljana,
tel: 01 524 02 00, fax: 01 524 01 99
e-pošta: gradb.zveza@siol.net,
gradbeni.vestnik@siol.net
Predsednik: Miro VRBEK,
e-pošta: miro.vrbek@scp.si
Poslovna sekretarka: Anka Holobar

ZLS

ZVEZA LESARJEV SLOVENIJE

Karlovška 3, 1000 Ljubljana, tel: 01 421 46 60,
fax: 01 421 46 64
Predsednik: Bruno GRIČAR
Tajnik: Bojan Pogorevc,
e-pošta: bojanpogorevc@siol.net

SRDIT

SLOVENSKO RUDARSKO DRUŠTVO INŽENIRJEV IN TEHNIKOV

Aškerčeva 12, 1000 Ljubljana,
tel: 01 470 46 26, fax: 01 252 41 05
e-pošta: joze.kortnik@ntf.uni-lj.si,
joze.kortnik@guest.arnes.si
Predsednik: doc.dr. Jože KORTNIK

ZSIS

ZVEZA STROJNIH INŽENIRJEV SLOVENIJE

Karlovška 3, 1000 Ljubljana,
tel: 01 425 47 57, 421 53 80, fax: 01 426 10 42
e-pošta: info@zveza-zsis.si
Predsednik: dr. Iztok GOLOBIČ
e-pošta: iztok.golobic@fs.uni-lj.si

DUPPS

DRUŠTVO URBANISTOV IN PROSTORSKIH PLANERJEV SLOVENIJE

Karlovška 3, 1000 Ljubljana, tel: 01 421 83 50
Predsednik: Miran GAJŠEK

ZDVTS

SLOVENSKO DRUŠTVO ZA VARILNO TEHNIKO

Ptujska 19, 1000 Ljubljana, tel: 01 280 94 00,
fax: 01 280 94 42
e-pošta: pavel.stular@guest.arnes.si
Predsednik: dr. Pavel Štular, tel: 01 280 94 41

SKD**SLOVENSKO KEMIJSKO DRUŠTVO**

Hajdrihova 19, 1000 Ljubljana,

tel: 01 476 02 52

e-pošta: slavko.kavcic@ki.si

Predsednik: dr. Venčeslav KAUČIČ

ZDKITS**ZVEZA DRUŠTEV KMETIJSKIH INŽENIRJEV IN
TEHNIKOV SLOVENIJE**

Jamnkarjeva 101, 1000 Ljubljana

Predsednik: dr. Jože ŠAVOR,

tel: 04 580 21 92, 041 254 882

DITP**DRUŠTVO INŽENIRJEV IN TEHNIKOV
PAPIRNIŠTVA**

Bogišičeva 8, 1000 Ljubljana,

tel: 01 200 28 32, fax 01 426 56 39

e-pošta: ditp@icp-lj.si

Predsednik: Marko Jagodič, tel: 040 471 600

SPD**SLOVENSKO PREHRANSKO DRUŠTVO**

Jamnkarjeva 101, 1000 Ljubljana

Zastopnik: Štefan Oštir, Škofjeloška 106, 4000

Kranj, tel: 04 231 66 44

(novi predsednik Aleš VESEL, KOLINSKA Lj.)

SDNO**SLOVENSKO DRUŠTVO ZA NAMAKANJE IN
ODVODNJO**

Jamnkarjeva 101, 1000 Ljubljana,

tel/fax: 01 433 51 04,

e-pošta: sdno.sincid@guest.arnes.si

Predsednik: Anton Hrovat

Generalni sekretar: prof. dr. Brane Matičič

SDM**SLOVENSKO DRUŠTVO ZA MATERIALE**

Lepi pot 11, 1000 Ljubljana, tel: 01 470 19 80, fax:

01 479 19 39

Predsednik: prof. dr. Franc VODOPIVEC

e-pošta: franc.vodopivec@imt.si

Tajnik: doc. dr. Matjaž Torkar

e-pošta: matjaz.torkar@imt.si

ZDVIS**ZVEZA DRUŠTEV VARNOSTNIH INŽENIRJEV
SLOVENIJE**

Miklošičeva 38/III, 1000 Ljubljana,

tel: 01 230 28 23,

e-pošta: zdvis@guest.arnes.si

Predsednik: Janez FABIJAN,

e-pošta: janez.fabijan@sava.si

DVS**DRUŠTVO VZDRŽEVALCEV SLOVENIJE**

Stegne 21 c, 1000 Ljubljana,

tel: 01 511 30 06, fax: 01 511 30 07

e-pošta: tajnik@društvo-dvs.si

Predsednik: Jože Urbanc,

Tajnik: Suzana Štefanič, tel: 041 387 432

DJS**DRUŠTVO JEDRSKIH STROKOVNJAKOV**

Jamova 39, 1000 Ljubljana,

tel: 01 588 55 45, fax: 01 561 23 35

Predsednik: dr. Boštjan KONČAR,

e-pošta: bostjan.koncar@ijs.si

ZDIT MARIBOR**ZVEZA DRUŠTEV INŽENIRJEV IN TEHNIKOV
MARIBOR**

Vetrinjska 16, 2000 Maribor, tel: 02 250 13 23,

fax: 02 250 13 24,

e-pošta: marija.sraka.sadl@terme.radenci.si

Predsednica: Marija Sraka Šadl, univ.dipl.ing.,

tel: 02 520 27 04, 041 741 204

DAL**DRUŠTVO ARHITEKTOV LJUBLJANA**

Karlovska 3, 1000 Ljubljana,

tel/fax: 01 252 79 30, fax: 01 252 79 31, e-pošta:

društvo.arhitektov.lj@siol.net

Predsednik: Andrej Hrausky, u.d.i.a.

DKAS**DRUŠTVO KRAJINSKIH ARHITEKTOV SLOVENIJE**

BF, Oddelek za krajinsko arhitekturo

Jamnkarjeva 101, 1000 Ljubljana,

tel: 01 423 11 61,

Predsednik: mag. Aleš Bizjak

FEANI IN SLOVENSKI NACIONALNI KOMITE FEANI

V letih po drugi svetovni vojni je bilo v Evropi ustanovljenih precej inženirskih združenj in med njimi tudi FEANI. Junija 1949 se je srečalo 340 inženirjev na kongresu v Konstanci v Nemčiji. Tema kongresa je bila: "Vloga inženirja v moderni družbi". V okviru smernic, ki so bile sprejete v Konstanci, so se udeleženci odločili nadaljevati z dejavnostmi za postavitev mednarodne organizacije, začasno omejene na Evropo, katere cilj bo zagotovitev prisotnosti inženirjev v vseh nacionalnih in mednarodnih gibanjih, ki se ukvarjajo z ekonomskimi in socialnimi problemi inženirjev.

Delovanje vpletenih je obrodilo sadove in septembra 1951 je bil ustanovljen v Luksemburgu "Fédération Internationale d'Associations Nationales d'Ingénieurs". Ustanoviteljice so bile inženirske zveze evropskih držav: Avstrije, Belgije, Švice, Nemčije, Francije, Italije in Luksemburga. Kmalu zatem so se federaciji pridružile še inženirske zveze drugih evropskih držav in julija 1956 je organizacija preimenovala v "Fédération Européenne d'Associations Nationales d'Ingénieurs" (FEANI), da bi organizacija bolje odsevala evropsko usmeritev.

Danes je v FEANI zastopanih 29 inženirskih zvez evropskih držav, ki povezujejo več kot 80 nacionalnih inženirskih organizacij, ki so vse v svojih državah priznane kot reprezentanti inženirske stroke na nacionalni ravni. Skozi te nacionalne organizacije FEANI zastopa interese okoli 3,5 milijona inženirjev v Evropi.

FEANI je tudi ustanovni član "World Federation of Engineering Organisations" (WFEO) in sodeluje z mnogimi drugimi mednarodnimi organizacijami, ki se ukvarjajo z inženirstvom in tehnologijami ter izobraževanjem inženirstva.

FEANI je uradno priznan od Evropske komisije kot predstavnik inženirske stroke v Evropi. Federacija ima status posvetovalnega organa pri UNESCO, UNIDU in Evropski komisiji.

Države članice, ki jih v FEANI zastopajo nacionalni člani, so: Avstrija, Belgija, Bolgarija, Ciper, Češka Republika, Danska, Estonija, Finska, Francija, Nemčija, Grčija, Madžarska, Islandija, Irska, Italija, Luksemburg, Malta, Nizozemska, Norveška, Poljska, Portugalska, Romunija, Rusija (začasna članica), Srbija, Slovenija, Slovaška, Španija, Švedska, Švica in Velika Britanija.

FEANI ima samo enega člana iz vsake države. Ta predstavlja inženirsko organizacijo države ali FEANI nacionalni komite, ki predstavlja nacionalne inženirske organizacije. Uradni jeziki FEANI so angleščina, francoščina in nemščina.

Najvišji organ odločanja v FEANI je Generalna skupščina, ki oblikuje in potrjuje smernice in politiko delovanja organizacije. Generalna skupščina obravnava tudi finančno problematiko federacije in voli člane Izvršnega odbora (Executive Board). Sestaja se najmanj enkrat letno v eni od držav članic. Generalne skupščine so tako na primer bile na Kreti (Grčija) leta 1999, v Hamburgu (Nemčija) v letu 2000, v Luksemburgu leta 2001, na Cipru 2002, v Varšavi (Poljska) 2003, na Malti leta 2004, v Atenah (Grčija) 2005, v Pragi (Češka Republika) 2006, v Valenciji (Španija) 2007. Naslednja generalna skupščina bo 01.-03. oktobra 2008 v Bukarešti (Romunija), leta 2009 pa na Nizozemskem.

Predsednik FEANI, ki je hkrati tudi predsednik Izvršnega odbora, je izvoljen za obdobje treh let in predseduje sestankom Generalne skupščine.

Izvršilni odbor sestavljajo predsednik, namestnik predsednika, blagajnik (zakladnik), šest članov

(eden od devetih članov mora biti Belgijec) in predsednika obeh FEANI komitejev **Committee for Continuing Professional Development** (CPDC) in **European Monitoring Committee** (EMC). Mandat posameznega člana v IO je tri leta. Člani so lahko izvoljeni za isto funkcijo samo dvakrat.

Izvršilni odbor je izvršilni organ FEANI (IO). Sestaja se 6 krat letno. Eden od teh sestankov je namenjen pripravi na letno generalno skupščino. IO izvaja smernice in politiko, ki jih je začrtala Generalna skupščina, in je odgovoren za sprotno delovanje federacije. Odbor poroča o delovanju in financah Generalni skupščini. S privolitvijo Generalne skupščine IO izvaja in vzdržuje pogoje, ki so potrebni za delovanje postavljenih komitejev, ter določa postopkovne dokumente. IO tudi odloča o vsebinah na srečanjih in seminarjih.

Namen FEANI je skozi nacionalne odbore na principih vzajemnosti pomagati inženirjem v Evropi, da dobijo priložnost izboljšati svoj karierni razvoj:

- s promocijo odličnosti v izobraževanju, urjenju in strokovnem razvoju tistih, ki delajo na inženirskih področjih v nacionalnih članicah;
- z zagotovitvijo priznanja strokovnih kvalifikacij inženirjev iz nacionalnih članic v Evropi in po svetu;
- s podpiranjem odličnosti, kreativnosti in inovativnosti v inženirstvu in raziskovanju, razvoju in konstruiranju, v proizvodnji inženirskih produktov in pri zagotavljanju inženirskih uslug;
- z omogočanjem pospešene izmenjave znanstvenih, tehničnih in drugih informacij, ki so relevantne za inženirstvo, med člani in drugimi zainteresiranimi skupinami;
- s podporo multilateralnega sodelovanja med nacionalnimi članicami in drugimi zainteresiranimi skupinami, pri čemer vsaka inštitucija ohranja svojo avtonomijo in neodvisnost.

FEANI si prizadeva za uglašeno delovanje inženirskih strok v celotni Evropi z upoštevanjem različnosti in hkrati predstavlja in zastopa inženirje v Evropi pri njihovem sodelovanju z mednarodnimi organizacijami in drugimi subjekti odločanja, posebej s tistimi v Evropskih inštitucijah in javnosti.

FEANI zagovarja status, vlogo in odgovornosti inženirjev v družbi. Ščiti in promovira strokovne

interese inženirjev in si prizadeva za njihovo prosto migracijo in uveljavitev v Evropi in po svetu.

Za doseg navedenih ciljev FEANI, s pomočjo obeh komitejev in delovnih skupin, izvaja naslednje temeljne dejavnosti:

- v imenu nacionalnih članic in inženirjev Evrope ustvarja in vzdržuje aktivne stike z vsemi evropskimi inštitucijami in evropsko javnostjo;
- vzdržuje ažuren FEANI register evropskih inženirjev (EUR ING) in nadzira postopke podeljevanja tega strokovnega naziva;
- ustvarja in vzdržuje INDEKS od FEANI akreditiranih inženirskih tečajev, programov in izobraževalnih inštitucij v državah članicah;
- ukvarja se z vsemi tehničnimi in socialnimi problemi, ki so povezani z vlogo in odgovornostmi inženirjev v družbi;
- vzdržuje aktivni informacijski sistem in FEANI internetno stran;
- informira o možnostih trajnega strokovnega razvoja inženirjev "Continuous Professional Development (CPD)";
- sodeluje z organizacijami, ki imajo podobno poslanstvo in namen;
- pripravlja sporočila za javnost in predstavitve za ustrezne državne organe Evropske skupnosti in druge.

FEANI je v 28 evropskih državah akreditiral 9932 programov v 2951 disciplinah, ki jih izvaja 972 akreditiranih visokih šol (februar 2005). Postopek nominacije in akreditacije novega študijskega programa v FEANI indeks poteka v skladu s pravili FEANI. Bistveni element akreditacije posameznega programa je porazdelitev ECTS točk (European Credit Transfer System) na temeljne vede, inženirske vede in neinženirske vede. Temelje vede (matematika, fizika, kemija, biologija, geologija,...) morajo biti v programu udeležene z najmanj 20% od vseh ECTS točk. Višja matematika (linearna algebra, analitična geometrija, diferencialni in integralni račun, numerična analiza, operacijska raziskovanja, diskretna matematika, statistika, ...) morajo obsegati najmanj 24 ECTS. Inženirski predmeti morajo obsegati najmanj 60% oziroma 50% od vseh ECTS-ov, če je trajanje programa 3 leta oziroma daljše.

Ne-tehnični predmeti (tehnike komuniciranja, ekonomija, management, teamsko delo, pravo, varnost, okolje, jeziki,...) morajo biti zaobseženi z 10% vseh ECTS-ov.

| | 3 leta | > 3 leta |
|---------------------------|------------------|-------------------|
| Temeljna znanja | ≥ 20% (>24 ECTS) | ≥ 20% (> 24 ECTS) |
| Inženirska znanja | ≥ 60% | ≥ 50% |
| Ne-tehnična znanja | ≥ 10% | ≥ 10% |

FEANI V SLOVENIJI

Slovenija je bila sprejeta v FEANI v septembru leta 1995 na osnovi elaborata o visokoškolskem študiju tehnike v Sloveniji na Univerzah v Ljubljani in Mariboru. Sprejeti so bili vsi tehnični študijski programi, razen tehniške fizike, tehniške matematike in arhitekture. Kljub nadaljnjim trem vlogam do leta 2001, nismo uspeli, da bi bila sprejeta arhi-tektura med inženirske programe v FEANI INDEKS. Leta 2000 smo uspeli registrirati še večino tehniških visokoškolskih strokovnih programov obeh Univerz v FEANI INDEKS. Aktivnega člana v EMC imamo vse od 2001. V obdobju od 1996 do 2008 je bilo v Sloveniji podeljenih 102 nazivov EUR ING. V glavnem so to bili standardni primeri, pri katerih so prednjačili po interesu predvsem gradbeniki, nekaj pa je bilo še strojnikov, elektro-tehnikov, tekstilcev in kemijskih tehnologov. Kot posebne primere smo sprejeli iz naravoslovnega študija geologije 31 kandidatov z več kot 8 letno inženirsko prakso. Od vseh registriranih inženirjev v Evropi pred-stavljajo naši inženirji 0,3 %. V vseh preteklih letih so se države članice iz srednje Evrope vsako leto srečevale za pripravo strategije in programa za letno skupščino FEANI. Prireditelji takega srečanja smo bili tudi mi leta 2002 v Mariboru. V letu 2000 smo gostili v Mariboru tudi sestanek EMC, kjer smo se uspeli dogovoriti o vsem, kar je bilo potrebno za registracijo tehniških visokih strokovnih programov. Vse akcije nacionalnega kontrolnega komiteja (NMC SI), so potekale občasno v povezavi z določenimi poročili za EMC in v okviru pregleda ustreznosti vlog za naziv EUR ING. S tem delom je bil redno seznanjen nacionalni komite (NC SI). Potem, ko je v letu 2006 preminil predsednik NC SI, smo novega predsednika prof. dr. Karla Gotliha dobili spomladi 2007. Jeseni istega leta se je prof. dr. Valterju Dolečku iztekel dvakratni mandat v EMC. Zato smo predlagali kot našega predstavnika prof. dr. Staneta Pejovnika, ki ga je izvršni odbor tudi potrdil.

Slovenija ima posebno vlogo tudi v odboru CPD (trajno strokovno izobraževanje inženirjev) v okviru FEANI. Predsednik našega CPD odbora prof. dr. Marko Jagodič je istočasno tudi predsednik enakega odbora v FEANI, kar je veliko priznanje za njegovo aktivno delo. Hkrati je tudi član izvršnega odbora FEANI v katerega je bil izvoljen 2005 na generalni skupščini v Atenah. CPD odbor je enkrat že imel sestanek v Ljubljani in sicer leta 2005. Eden od letošnjih sestankov odbora bo aprila spet v Ljubljani. Poslanstvo CPD odbora zajema:

- Osveščanje o pomembnosti CPD in njegovi povezanosti s strokovno uspešnostjo:
 - individualnih evropskih inženirjev;
 - evropskih podjetij in industrije v globalnem kontekstu;
 - nacionalnih in evropskih organov oblasti;
 - nacionalnih članic FEANI-ja;
 - FEANI-ja kot predstavnika vseh inženirjev.
- Zbiranje in izmenjava informacij o evropskih CPD izobraževalnih programih in drugih sredstvih za obogatitev in promocijo CPD.
- Uveljavljanje odbora kot stalnega mesta za poglobljeno razpravo o vseh pomembnih vidikih CPD in s tem stalnega izvora relevantnih informacij za FEANI in njegove nacionalne članice.
- Pomoč FEANI nacionalnim članicam in njihovim organizacijam pri snovanju CPD politike in pripravi CPD storitev za svoje člane.

Za dodatne informacije o FEANI in njegovem delovanju je veliko podatkov na njihovi spletni strani: www.feani.org



Fédération Européenne d'Associations Nationales d'Ingénieurs / European Federation of National Engineering Associations / Föderation Europäischer Nationaler Ingenieurverbände

MAG. ČRTOMIR REMEC

direktor Trimovega raziskovalnega inštituta CBS Inštitut d.o.o.

Intervju pripravila Barbra Jermann.

Uporaba sončne toplote v stavbah je njegova sedanost in prihodnost. To je tudi v skladu z evropsko direktivo, ki do leta 2020 predvideva 20 odstotno uporabo obnovljivih virov, članice EU pa naj bi jo sprejele prav v času predsedovanja Slovenije. Takšna usmeritev bo prav gotovo odločilno vplivala na razvoj inženirskih strok in spreminjanje gradbene kulture.

"Evropska energetska bilanca v kar 80 odstotkih še vedno sloni na fosilnih gorivih in jedrski energiji. Ker si je Evropa zadala cilj trajnostnega razvoja, direktiva spodbuja izkoriščanje biomase, vodne, vetrne, geotermalne in termo-solarne energije. Doslej smo imeli t.i. "white paper", ki je predvideval do leta 2010 12% delež obnovljivih virov, vendar je vključeval le električno energijo in biogorivo. 40 odstotkov energije pa se porabi v stavbah, kjer prebijemo več kot 90 odstotkov časa in to je velika priložnost za inovacije in nove trende."

Pričakujete, da bo cilj v večini držav dosežen?

"Če bomo v okviru EU-ja dosegli konsenz in sistematično pristopili k izkoriščanju obnovljivih virov, bo to že velik uspeh. Predvsem pa vidim učinek direktive v osveščanju pri porabi energije."

Bi vi imeli t.i. pasivno hišo, ki je danes primer optimalnega izkoriščanja energije?

"Ne, to je ekstremna hiša, ki se ji moraš preveč prilagajati in tudi investori se je lotevajo le v 2 do 3 odstotkih. Mnogo raje bi imel nizkoenergijsko hišo po švicarskem vzgledu. Hišo, ki ima

dobro izolacijo, okna in vrata, ki dobro tesnijo, kjer projektanti upoštevajo vsa pravila pametne zasnove stavbe, kjer nimaš nepotrebne ogrevanja pozimi in ne segrevanja poleti in kjer je vgrajen solarno aktivni sistem za gretje in hlajenje z vodo ali zrakom."

Koliko takšnih primerov gradnje je pri nas in kakšno je sodelovanje gradbenikov z arhitekti, ko gre za nove tehnologije in nove inventivne rešitve v gradbeništvu?

"Sorazmerno malo, je pa v tem stilu potekala obnova nekaterih stanovanjskih blokov mestnega stanovanjskega sklada. Z arhitekti seveda sodelujemo, vendar bolj operativno, medtem ko skupne kulture gradnje še ni. Arhitekti so tisti, ki s poudarjanjem zunanjega videza pred funkcijo, diktirajo tempo, večino kupcev, ti imajo zadnjo besedo, pa zaenkrat še vedno bolj kot uporabna vrednost zanima zunanja oblika. Pomembno pa je, da stavba deluje kot celota. Vsaka stroka, ki sodeluje v gradnji, bi morala vsaj malo poznati tudi sosednja področja in se z njimi uskladiti."

Kakšna pa naj bi bila kvalitetna sodobna stavba?

"Če povzamem iz evropske direktive, bi projektanti morali upoštevati šest bistvenih zahtev: mehansko odpornost in stabilnost, varnost pred požarom, higiensko in zdravstveno zaščito, varovanje okolja, varnost pri uporabi, in tiste, ki jih v zadnjih letih še posebej poudarjamo: zaščito pred hrupom, varčevanje z energijo in ohranjanje toplote. Če bi stavba vse to upoštevala, bi bilo



mag. Črtomir Remec

bistveno manj težav. Tako pa gradnja pri nas pogosto ne dosega zahtevanih standardov, se pa izboljšuje. Zlasti pri stanovanjski gradnji, kjer zakonodaja bolj ščiti kupce. Ena izmed pomembnih spodbud je prav gotovo tudi akcija Inženirske zbornice Slovenije, v kateri izbiramo in objavljamo primere dobre inženirske prakse. Toda zaenkrat gre bolj za izjeme kot pravilo."

Koliko pa se takšnim zahtevam in aktualnim energetske razmeram prilagaja zakonodaja?

"Zakoni, ki urejajo gradbeno področje, se predvsem prehitro spreminjajo. Poglejte Skandinavce. Tam potrebujejo malo zakonodaje, ker imajo visoko zavest. Mi pa bi radi vse zapisali in več kot napišemo, več imamo lukenj in bolj jih izkoriščamo. Odtod tudi marsikateri vprašljivi projekti na izjemno občutljivih lokacijah. Noben gradbeni zakon ne more biti idealen, predvsem pa ga je treba najprej dosledno izvajati, da sploh lahko ugotovimo dobre in slabe strani. Pri nas pa takoj, ko nekaj sprejmemo, že začnemo razmišljati o spremembah."

Do leta 2020 naj bi uporabljali okoli 2 odstotka sončne energije. Danes je ta odstotek zanemarljiv. V kakšno smer gre razvoj solarnih gradbenih sistemov v Trimovem inštitutu?

"Panele nadgrajujemo z integriranimi termo-solarnimi in tankoslojnim fotovoltaičnimi moduli, ki so v primerjavi s klasičnimi kristalnimi moduli precej bolj enostavni za vgradnjo in bolj estetski. V skladu s ciljem EU, da se do leta 2020 do 75 odstotkov znižajo stroški v gradbene elemente integriranih fotovoltaičnih sistemov, razvijamo nove in cenovno ugodnejše rešitve za masovno izkoriščanje sončne toplote na velikih površinah streh in fasad. Razvijamo pa tudi energetske aktivne barve: tople in hladne, pa tudi samo-čistilne, s katerimi še dodatno izboljšujemo izkoristek solarnih sistemov."

Koliko pa vas pri tem finančno podpira država?

"Predvsem nas podpira Trimo, sicer pa smo majhen inštitut s 5 zaposlenimi, v večjih projektih sodeluje še okoli 20 zunanjih sodelavcev, ki se v primerjavi z uveljavljenimi inštituti srečuje z veliko birokratskimi ovirami. Pred kratkim smo sodelovali na razpisu Agencije za raziskave in razvoj in kljub dobri projekti padli skozi. Skupaj s Trimom in skupino Hidria, ki se tudi usmerja v solarne sisteme na področju gretja, hlajenja in klimatizacije, se bomo potegovali na težko pričakovanem razpisu strukturnih skladov, ki se prestavlja že od lanske pomladi. Nekorabljenih je ostalo skoraj

300 milijonov evrov. Kakšna zamujena priložnost za hitrejši razvoj slovenske industrije! Zato pa veliko pričakujem od evropske direktive o obnovljivih virih. Očitno se sami ne zmoremo dogovoriti in potrebujemo, da nas "porine" nekdo od zunaj."

Koliko pa se pri nas sploh vlaga v razvoj?

"To je kar velik problem. Večina slovenskih firm zato nima dovolj izdelkov, ki bi bili tudi dolgoročno vlečni konji. Treba bo poiskati nove niše. Trimo se je že pred 15 leti pogumno odločil, da bo poliuretansko polnilo pri panelih zamenjal z mineralno volno, ki je okolju bolj prijazna. S tehnologijo, ki jo je samostojno razvijal, je še danes v vrhu evropskih proizvajalcev panelov. To, kar danes razvijamo v inštitutu, bo velikoserijsko na trgu verjetno šele čez 3 do 5 let. Sicer pa bomo naše politike o nujnosti zakonsko obvezne uporabe solarnih sistemov v večjih javnih stavbah skušali prepričati na mednarodni konferenci Sončna energija v stavbah. Organizator je Slovenska termosolarna tehnološka platforma v povezavi z evropskimi sončnimi dnevi, njen cilj pa je približati najnovejše tehnologije projektantom in investitorjem."

Trimo je zagotovo zelo inovativno okolje in primer učinkovite povezave raziskovalne sfere in podjetja. Kako uspešni pa ste na zbornici pri spodbujanju ustvarjalnosti in inovativnosti?

"Mislim, da kar precej. Vse tri letos nagrajene rešitve imajo gospodarski učinek in vplivajo na poslovanje podjetij. Mi se ne spuščamo na nivo inovatorja posameznika, ampak si želimo spodbujati inovativna okolja, pri stimulaciji inovatorjev

pa uvaja red Zakon o zaščiti in nagrajevanju inovacij. Je pa tu še veliko neizkoriščenega potenciala. Morda spet primer iz Trima: z razvijanjem solarnih sistemov v CBS inštitutu odpiramo manevrski prostor tudi strojni in elektro industriji. Vsekakor pa tu tako Evropa kot Slovenija še močno zaostajata za Ameriko in Japonsko."

Posebno pozornost namenjate tudi vseživljenjskemu učenju inženirjev. Kakšen je odziv na programe, ki jih pripravljate?

"Presenetljivo dober. Časi, ko si se enkrat nekaj naučil in potem celo življenje delal, so mimo. Celo izobraževanje o EU gradbenih predpisih – evrokodih, ki je bilo plačljivo, je bilo izjemno dobro obiskano. Slovenija je s 1. januarjem namreč postala prva država EU z obvezno uporabo evrokodov, kar projektantom in izvajalcem kljub začetnim težavam dolgoročno prinaša konkurenčno prednost. Mislim, da je dobro, da navkljub nekaterim zahtevam, uporabe nismo odložili še za leto dni."

Gre za nek globalni pristop pri urejanju stvari. Kaj pa bo to pomenilo za evropski trg, ki je po drugi strani poln lokalnih zahtev?

"Samo Nemčija ima 16 deželnih zakonodaj! Vsaka lokalna zakonodaja je racionalna za posamezno državo. Vendar evropski trg nujno potrebuje enotno gradbene predpise in standarde, če želi biti globalno konkurenčen. Zaenkrat tako razmišljamo predvsem nove članice, veliki kot Velika Britanija, Nemčija in Francija pa za vsako ceno branijo svoje nacionalno zakonodajo. Upam, da



mag. Črtomir Remec

polovica inženirjev deluje v svobodnem poklicu, pri nas pa so bili doslej večinoma vsi zaposleni v podjetjih. Po evropski direktivi bi morali zakonodajo ustrezno nadgraditi že do oktobra 2006, a kljub naši pobudi tega vprašanja ne rešuje niti januarja sprejeta novela zakona o graditvi, ki bo stopila v veljavo meseca aprila."

To so torej konkretni problemi stroke, svetovna federacija je najbrž bolj globalna?

"Res je, v ozadju njenega delovanja je UNESCO, zato se posveča bolj trajnostnim in okoljskim ciljem vezanim na človeštvo kot so trajnostni razvoj, energetska učinkovitost, stalno poklicno izobraževanje in t.i. "capacity building": kako ljudi iz nerazvitih držav oborožiti z inženirskim znanjem, da bodo z izvirnimi rešitvami bolje izkoriščali lokalne možnosti. Dejavnosti svetovne federacije se vrtijo tudi okoli najhitreje rastočih trgov BRIC: brazilskega, ruskega, indijskega in kitajskega."

bo slovenski zgled tudi zaradi predsedovanja EU prispeval k izboljšanju tega stanja."

Kot predsednik IZS ste tudi mednarodno zelo aktivni. Ste član izvršnega odbora Evropskega sveta inženirskih zbornic, letos pa so vas ponovno izvolili v predsedstvo Svetovne inženirske federacije. Katere teme so najbolj aktualne?

"Prav gotovo enotne licence pooblaščenih inženirjev v Evropi., skupne smernice za nacionalne kodekse inženirske etike in enostaven prehod pooblaščenih inženirjev znotraj evropskega trga storitev. Vse to naj bi prispevalo tudi k oblikovanju primerne cene inženirskega poklica. Problem je kvalifikacija svobodnega poklica. V tujini kar

Kako koristne so te mednarodne vezi in ali boste še tretjič kandidirali za predsednika IZS?

"Če bi me predlagal upravni odbor zbornice in če bom tudi v prihodnje imel podporo Trima, bom kandidiral še enkrat, trenutno pa se osredotočam predvsem na izvajanje ključnih aktivnosti za spreminjanje gradbene kulture. Čeprav mislim, da so moje zbornične aktivnosti v obojestransko korist, strogo ločujem obe "službi": zbornične zadeve urejam ob torkih in četrtek popoldne, na kongrese v tujino pa hodim med dopustom. Sicer pa sem prepričan, da doma boljše delaš, če imaš tipala usmerjena tudi navzven."

VELENJSKA ODKOPNA METODA

mag. Marjan Kolenc,
univ. dipl. inž. rud. in geotehnol.

RAZVOJ ODKOPNE METODE

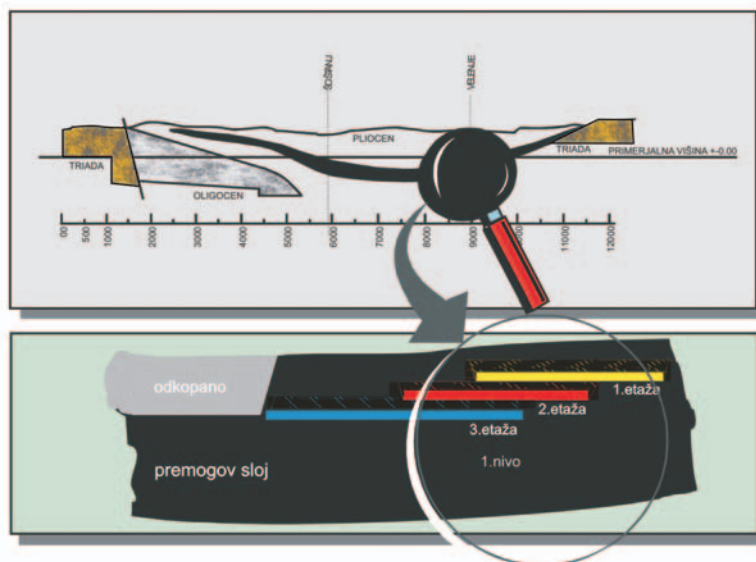
Odkopavanje v Premogovniku Velenje poteka neprekinjeno že od konca 19. stoletja. V tem obdobju je bilo preizkušenih kar nekaj odkopnih metod. Že pred I. svetovno vojno je bilo več odkopnih metod, ki na kasnejši razvoj niso imele bistvenega pomena. V obdobju med obema vojnama so uporabljali več odkopnih metod: stebarno odkopno metodo, komorno odkopno metodo, metodo dolgih stebrov in bunkersko odkopno metodo.

Ves čas pridobivanja premoga pa je bila glavna želja in naloga poiskati, premoškemu sloju izredne debeline (do 160 m), odgovarjajočo odkopno metodo.

Po letu 1947 se je uveljavila širokočelna odkopna metoda, ki je zaradi svoje specifičnosti in visoke produktivnosti poznana v svetovnem okolju in se kot samostojni pojem navaja v rudarski strokovni literaturi.

Prvi začetki širokih čel so se pojavili leta 1947, intenzivno so se široka čela pričela uvajati v letu 1952. Osnovni princip širokočelne odkopne metode s povečano odkopno višino (Ahčan, 1975) je delo na dveh odkopnih frontah hkrati. In sicer delo pri izdelavi novega podkopnega dela in pridobivanju premoga iz nadkopnega dela, ki mu sledi zaruševanje krovnine v odkopani prostor.

V Velenju je, zaradi specifičnosti pogojev delovne sredine, odkopna metoda poimenovana kot Velenjska odkopna metoda. Ob visoki stopnji mehani-

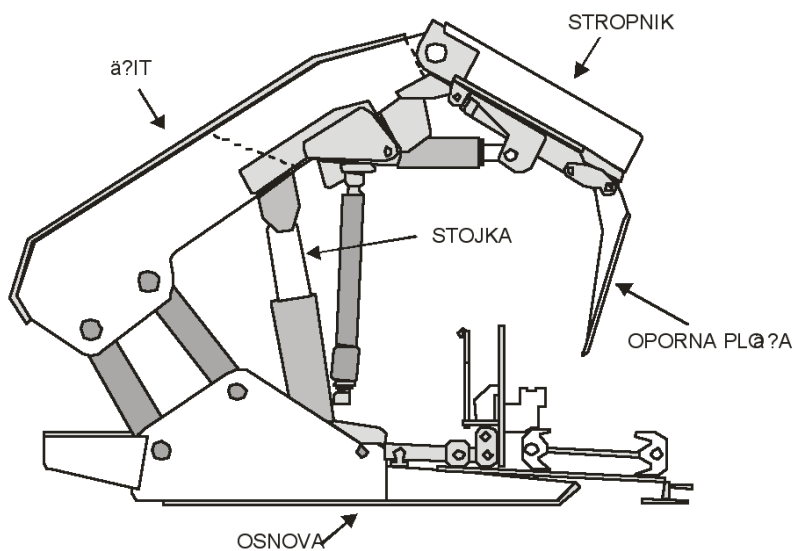


Slika 1. Način izkoriščanja sloja premoga z Velenjsko odkopno metodo

ziranosti in ustrezni organizaciji dela je zelo učinkovita in primerna za pridobivanje premoga iz debelih slojev.

V sedanjem sistemu poteka odkopavanje debellega sloja lignita po odkopnih ploščah (tlorisna razmejitev) in etažah (vertikalna razmejitev) od zgoraj navzdol (slika 1).

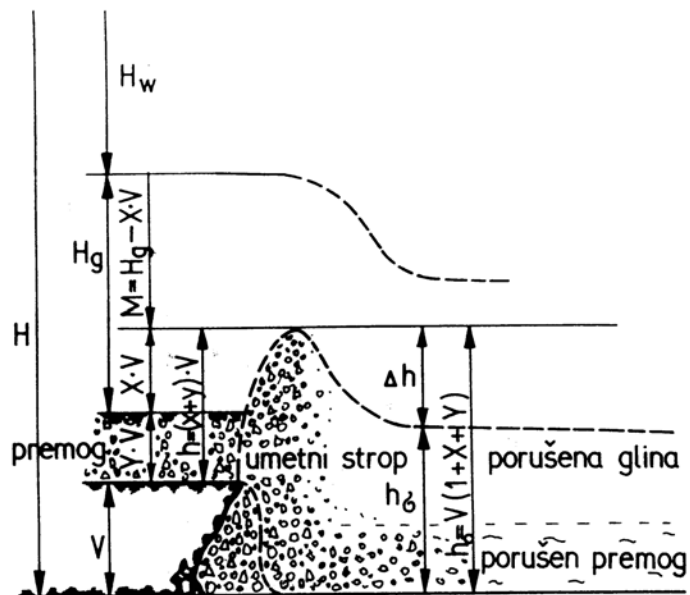
Širokočelna odkopna metoda se je v Velenju v preteklosti razvijala v dveh variantah. In sicer horizontalna koncentracija (pridobivanje premoga samo iz podkopnega dela) in vertikalna koncen-



Slika 2. Hidravlično podporje ("sekcija")

tracija (pridobivanje premoga iz podkopnega dela in nadkopnega dela odkopa).

Z uvedbo kriterijev varnega odkopavanja pod vodonosnimi plastmi (Kočar, 1987), ki dopuščajo zvezno spreminjanje višine odkopavanja v odvisnosti od debeline izolacijske plasti, tlaka vode v vodonosniku in globine odkopa, se razlika med horizontalno in vertikalno koncentracijo izgublja. Govorimo le še o širokočelni odkopni metodi s povečano oziroma spremenljivo odkopno višino.



Slika 3. Shematski prikaz rušnega procesa v premogu in glini

RAZVOJ ODKOPNEGA PODPORJA IN TEHNOLOGIJE

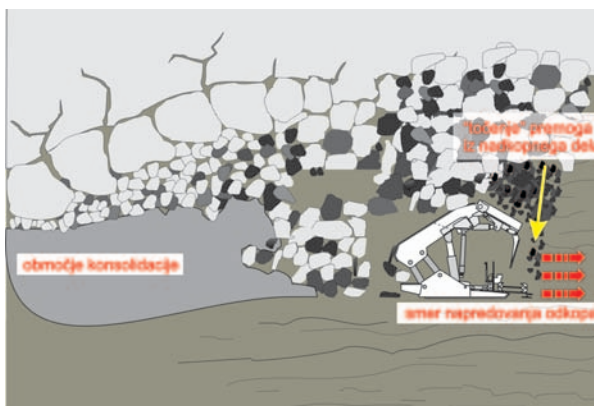
Velenjska širokočelna odkopna metoda se je razvila na klasičnih odkopih, ki so bili opremljeni s trenjskimi stojkami in železnimi stropniki. Nizka storilnost, težko fizično delo in visoki stroški proizvodnje so zahtevali pospešen razvoj opreme in tehnologije rudarjenja. V začetku sedemdesetih let je na Premogovniku Velenje stekel intenziven razvoj opreme za mehanizacijo dela na širokih celih. Tako je bila preizkušena vrsta hidravličnih

podporij. Sprva so se preizkušala predvsem hidravlična podporja nosilnega tipa. Ta se zaradi svojih karakteristik niso najbolj obnesla.

Nadaljnji korak je pomenil razvoj novih hidravličnih podporij nosilno-ščitnega tipa, ki je bilo prirejeno za pridobivanje premoga po Velenjski odkopni metodi. Pravo revolucijo v razvoju podporja pomeni hidravlično ščitno podporje s transporterjem na osnovi, lemniskatnim vodenjem ščita, možnostjo popolnega obvladovanja (preprečevanja) zruškov v podkopnem delu ter elektrohidravličnim načinom krmiljenja.

POZNAVANJE RUŠNEGA PROCESA

Za razvoj odkopne metode ter tudi odkopne opreme je bila potreba po poznavanju zakonitosti rušnega procesa za odkopom neizbežna. V preteklosti so bile izvedene številne raziskave, katerih izsledki so ključnega pomena. Upoštevanje teh izsledkov omogoča večjo produktivnost odkopa ob manjšem vložnem delu. Na osnovi pozna-



Slika 4. Tehnologija pridobivanja premoga iz nadkopnega dela odkopa

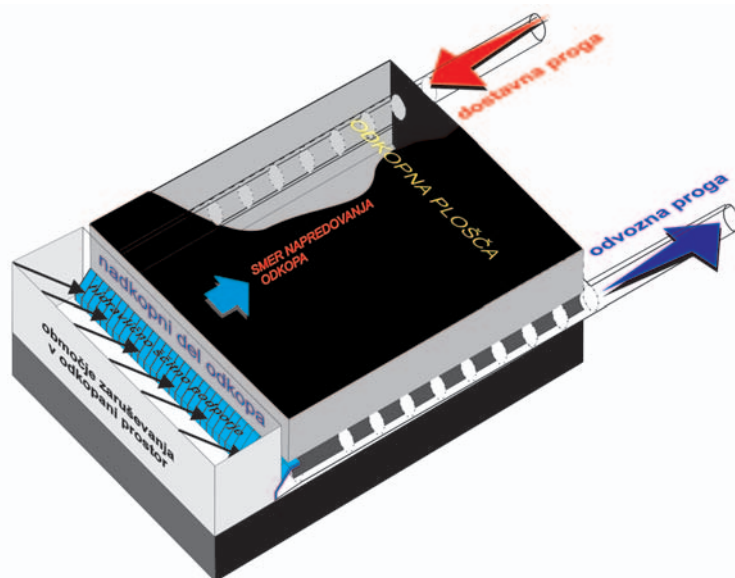
vanja rušnega procesa je potrebno izbrati pravi trenutek za pridobivanje premoga iz nadkopnega dela, da ne bi pri tem povzročili prekomerne odkopne izgube oziroma osiromašenje premoga. Sam proces se variantno spreminja v odvisnosti od lokacije in uporabljene odkopne opreme. Skladno s tem je potrebno spreminjati oziroma dopolnjevati delovni proces.

OPIS VELENJSKE ODKOPNE METODE

Velenjska odkopna metoda je rezultat dolgoletnega dela številnih rudarskih strokovnjakov. Zaščitena je s patentom "Postopek za pridobivanje premoga, zlasti iz debelih slojev" (št. patenta 9500091).

Temeljni pristop pri odkopavanju z Velenjsko širokočelno metodo je v tem, da poveča območje pridobivanja premoga tudi nad varovani prostor na odkopu in pri tem izkorišča naravne sile lomljenja ter drobljenja sloja premoga.

Odkop je višinsko razdeljen na podkopni in nadkopni del (slika 4). Podkopni del višine 3 m do 4 m je zavarovan s hidravličnim podporjem, ki omogoča mehanizirano pridobivanje z odkopnimi stroji - kombajni ter odvoz z zmogljivimi verižnimi

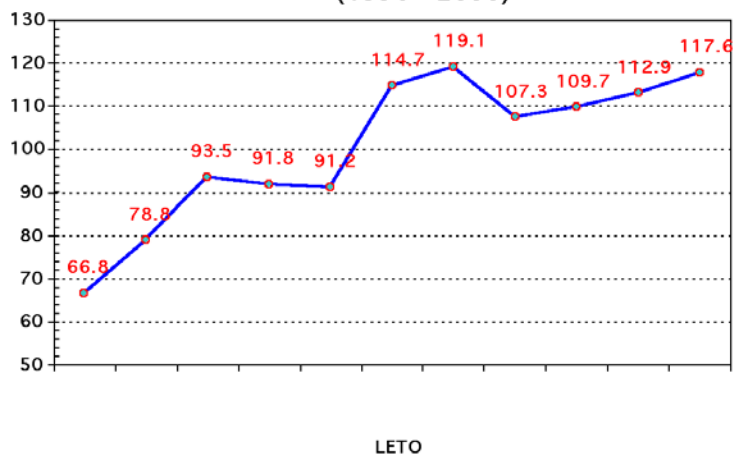


Slika 5. Shematski prikaz odkopne plošče

transporterji. Nadkopni del višine 7 m do 17 m je izpostavljen dinamičnim jamskim pritiskom, ki porušijo plast premoga, katerega potem kontrolirano spuščamo v odkopni transporter in ga sproti odvažamo.

Dovoljena odkopna višina na širokem čelu je odvisna od debeline izolacijske plasti gline nad slojem premoga (ki ščiti odkop pred vdori tekočih peskov in vode), od tlaka vode v prvih peskih nad premogom, globine odkopa in od postavitve odkopa v premoški sloj. V območjih, kjer je zaščitna izolacijska plast zmanjšana, Velenjska odkopna metoda

ODKOPNI UČINEK
(1996 - 2006)



Slika 6. Odkopni učinek za obdobje 1996 - 2006

vodnje iz enega odkopa, povečevanju izkoristka sloja, varnosti zaposlenih, humanizaciji dela ter večje ekonomičnosti.

TEHNIČNI IN TEHNOLOŠKI PARAMETRI PRI VELENJSKI ODKOPNI METODI

Odkopavanje z Velenjsko odkopno metodo je možno popolnoma mehanizirati, določene faze tudi avtomatizirati. Ob uspešni vključitvi naravnih dejavnikov rušenja premoga v nadkopnem delu predstavlja metoda temelj za visoko produktivnost.

Odkopna oprema na širokem čelu:

- sekcije hidravličnega podporja z elektrohidravličnim krmiljenjem,
- elektronsko voden odkopni pridobivalni stroj,
- verižni transporter s standardnim ali bočnim presipom,
- mehanizirano križišče,
- smerni odvoz z drobilnikom in avtomatiziranim zamikom.

V nadaljevanju so predstavljeni povprečni parametri pri odkopavanju z Velenjsko odkopno metodo v pogojih odkopavanja, ki vladajo v jamah Premogovnika Velenje na sedanji stopnji razvoja vseh odkopnih plošč s povečano odkopno višino. Povprečni parametri odkopavanja pri širokočelni velenjski odkopni metodi:

- odkopna višina 10 - 20 m,
- proizvodnja do 13.000 ton/dan,
- odkopni učinek (letni povprečni) 118 ton/dnino,
- produktivnost (letna povprečna) 52 ton/m/dan.



Slika 7. Široko čelo

omogoča umetno utrjevanje in zapolnjevanje starega dela s pomočjo vtiskanja pepelnih mas za odkop. Posebnost Velenjske odkopne metode je v zadnjem desetletju uveden postopek kontroliranega pridobivanja premoga iz nadkopnega dela odkopa s "točenjem" premoga preko stropnikov v čelni transporter. Kar omogoča zelo visoke kapacitete odkopavanja ob izredno visoki stopnji varnosti in veliki ekonomičnosti.

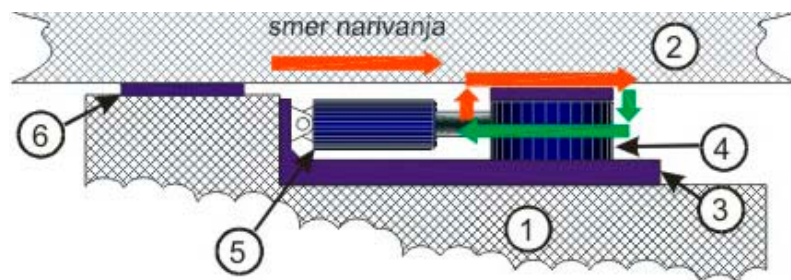
V tehnološkem in organizacijskem smislu se Velenjska odkopna metoda še vedno razvija in izboljšuje, predvsem v smislu povečevanja proiz-

VIRI

1. Rudarski projekt: "VELENJSKA ODKOPNA METODA" (Velenje, 1996), Premogovnik Velenje.
2. Foto arhiv Premogovnika Velenje.
3. Prospekt "PREMOGOVNIK VELENJE", (Velenje, 2005), Projektna skupina za CP RLV.
4. Letno poročilo Premogovnika Velenje 2006, april 2007.
5. Prospekt "ČUT ZA PRIHODNOST, predstavitev družbe", (Velenje, 2007), Projektna skupina PV. 22

POSTOPEK NARIVANJA MOSTNIH KONSTRUKCIJ Z VELIKIM VZDOLŽNIM NAKLONOM S POMOČJO VIJAKA DYWIDAG

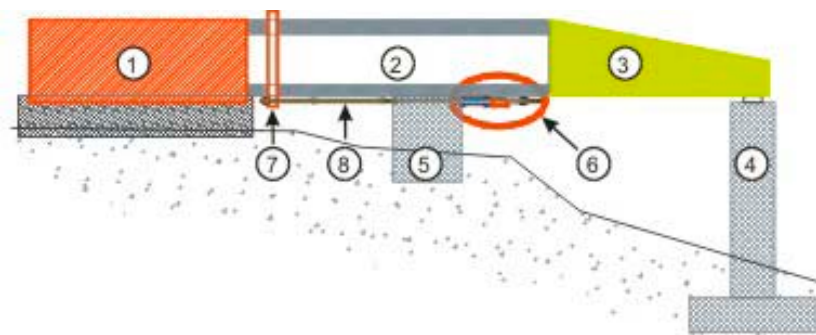
Iztok Likar, univ dipl. inž. grad.



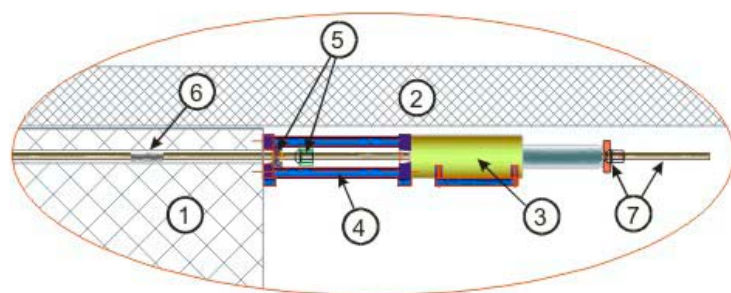
Slika 1. Narivni mehanizem, ki se je uveljavil v Sloveniji: opornik (1), spodnji del prekladne konstrukcije (2), sanke - površina po kateri drsi dvižni cilindar (3), dvižni cilindar s krempljasto ploščo (4), potisni cilindar (5), krempljasto ležišče (6)

Primorje d.d. je že nekaj desetletij v slovenskem in tudi v srednjeevropskem prostoru eno vodilnih podjetij na področju gradnje mostov. Pod svojo streho združuje veliko inženirskega znanja, izkušenj in več različnih tehnologij za gradnjo mostov. Pomemben kriterij pri tem so številne mednarodne izkušnje, saj je Primorje d.d. samo v zadnjih desetih letih izvedlo na desetine mostov na slovenskih in hrvaških avtocestah, ter v črni gori. Mostovi so običajno zelo raznolike gradbene konstrukcije, njihova velikost in oblika sta odvisna predvsem od geografskih, geomehanskih, vodarskih in tudi krajinskih okoliščin. Vsak most je zato subjekt zase in prav za vsak most je treba uporabiti prej naštetim okoliščinam najprimernejšo tehnologijo gradnje.

Tehnološki postopek narivanja mostnih konstrukcij je danes eden najbolj ekonomičnih načinov gradnje večjih mostov in viaduktov z ustrežno geometrijo. Tehnologije uporabljene na področju Slovenije temeljijo na postopnem cikličnem potiskanju konstrukcije iz opaža - delavnice s pomočjo dvižno-potisne hidravlike. Dvižna cilindra, na katerih so hrapave - "krempljaste" plošče dvigneta, prekladno konstrukcijo na mestu opornika za nekaj deset mm. S tem se vzpostavi trenje med krempljasto ploščo in prekladno konstrukcijo. Potisni cilindri nato potisnejo oba dvižna bata za nekaj decimetrov (25 -80 cm ali več odvisno od opreme) v smer narivanja. Ko so potisni bati popolnoma iztegnjeni, se dvižni bati spustijo in odložijo prekladno konstrukcijo na začasna hrapava ležišča na oporniku (krempljasto ležišče).



Slika 2: Groba shema narivnega mehanizma, uporabljenega na viaduktu Polance za vlečenje navzgor: delavnica (1), prekladna konstrukcija (2), narivni kljun (3), prvi steber (4), opornik (5), vlečni mehanizem (6), vpetostni element (7), vijak (npr. dywidag) (8)

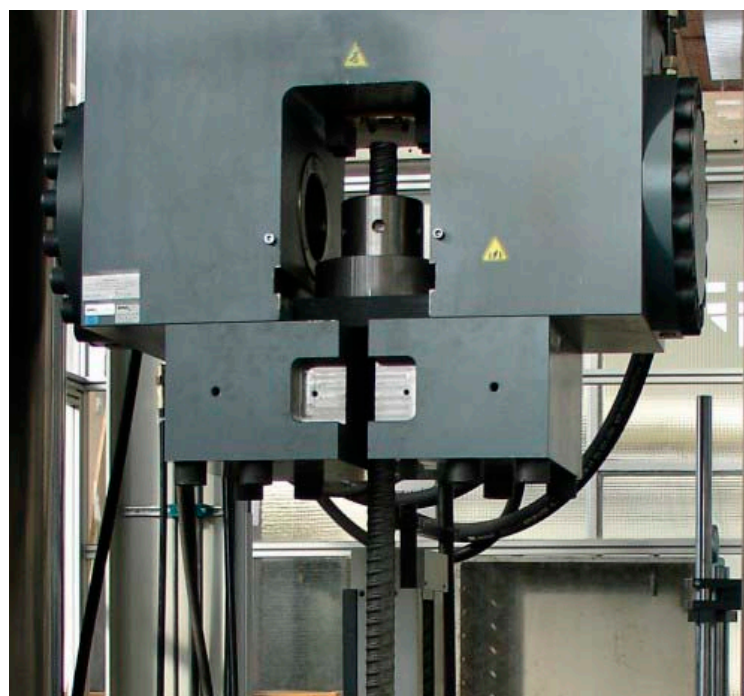


Slika 3: Detajl - vlečni mehanizem uporabljenega na viaduktu Polance za vlečenje navzgor: opornik (1), prekladna konstrukcija (2), votel vlečni bat (3), "kletka" (4), prerezana kupolasta matica in podložka z objemko (5), standardna spojka Dywidag (6), standardni elementi dywidag vijak, kupolasta matica in podložka (7)

Sistem pogojno varno deluje v območju vzdolžnega naklona $\pm 2.5\%$, vendar se pri objektih, ki imajo večje naklone nivelete, pojavljajo določeni problemi, ki močno omejujejo uporabo take tehnologije. Pri objektih z večjim vzdolžnim naklonom se v sami mostni razpinski konstrukciji pojavljajo velike vzdolžne sile, ki močno vplivajo na izbiro narivne tehnologije in varovanja prekladne konstrukcije med narivanjem zaradi možnosti zdrsa, tako med samim narivanjem kot v fazi mirovanja.

Uveljavljene tehnologije narivanja, ki slonijo na osnovi izkoriščanja sile trenja za potisk mostne konstrukcije navzgor v smeri nivelete v takih primerih niso uporabne in so nezanesljive zaradi nevarnosti zdrsa mostne konstrukcije zaradi velikega vzdolžnega nagiba. Obstajajo sicer tudi rešitve s potiskanjem mostne konstrukcije na območju tako imenovane delavnice, kjer se običajno izdeluje nov segment oz. kampada mostne razpanske konstrukcije, ki omogoča potiskanje tudi v primeru večjih nagibov navzgor, vendar s kompleksnejšo opremo in s tem s precej večjimi stroški. Druge rešitve so npr. z vlečenjem oz. zavi-ranjem s pomočjo kablov (VSL sistem), ki pa so dokaj zahtevne.

S problemom velikega naklona smo se na Primorju d.d., srečali pri izvedbi narivanja mostne konstrukcije za objekt Viadukt Polance na HC Razdrto - Vipava. Dolžina objekta znaša 345,5 m za desno in 378,4 m za levo polovico viadukta. Objekt

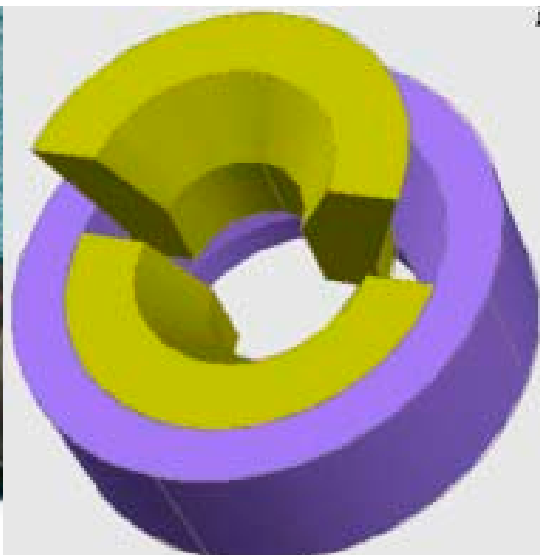


Slika 4: Preizkus nosilnosti

je v zaključni fazi gradnje (december 2007). Vzdolžni naklon viadukta znaša $\sim 5\%$, kar onemogoča uporabo uveljavljenih postopkov narivanja mostnih AB konstrukcij v smeri navzgor.

Prvo rešitev, nam je predlagal dobavitelj hidravlične opreme (Enerpack). Predlagan princip temelji na vlečenju prekladne konstrukcije.

Posredovan nam je bil le koncept, ki je bil uporabljen na nekaj objektih, predvsem v španiji. Žal nam pri



Slika 5 in 6: Ključna elementa, ki zagotavljata delovanje sistema prerezana kupolasta matica in podložka z objemkami.

tem niso bile podane rešitve varovanja prekladne konstrukcije med fazo potiska in mirovanja. Raziskali smo kar nekaj primerov, v katerih so uporabljali enako opremo. Nobena izmed rešitev ni zadovoljila zahtevnim robnih pogojev viadukta Polance. Večina primerov je zelo površno obravnavala varovanje oz. preprijemanje, predvsem na mestu, kjer je vlečni vijak vzdolžno spojen s spojko. Tehnološko je nesmiselno uporabljati Dywidag vijake daljše od 12 m (predvsem v smislu optimalne manipulacije in s tem povezanih poškodb vijaka). Podaljševanje vijaka s spojkami omogoča kontinuirano vlečenje in hkrati lažjo manipulacijo s samimi vijaki, vendar predstavlja tudi prepreko podložki in matici, ki varujeta konstrukcijo med povratnim hodom votlih batov.

Preprijemanje oz. prenos velike vzdolžne sile v fazi narivanja pred zdrsom prekladne konstrukcije smo izvedli z učinkovito uporabo prerezane matice Dywidag, v fazi obremenitve zavarovane oz. objete s specialno jekleno objemko. Objemko smo sami skonstruirali in je zato naša originalna rešitev. Vse elemente (matico in podložko z objemko) smo preizkusili tudi na ZAG-u (Slika x). Rezultat je potrdil ustrezno zasnovano elementov, saj se nosilnosti niso razlikovale od deklariranih za originalne elemente.

Novost je v navidezno enostavna in omogoča preprijemanje velike vzdolžne sile zaradi lastne teže

AB mostne razpanske konstrukcije oziroma varovanja v vseh fazah narivanja brez nevarnosti zdrs, ki je pri tako velikih naklonih možen (tako v fazi narivanja kot v fazi mirovanja).

Rešitev omogoča varovanje tudi pri vzdolžnih naklonih mostnih konstrukcij, ki so večje od $\pm 2,5\%$, kar je meja uveljavljenih postopkov narivanja, ki temeljijo na trenju. Prerezana matica in podložka z objemkama morajo zato skupaj prevzeti nosilnost standardne matice in podložke, ki bi same po sebi sicer opravljala svojo nosilno funkcijo, vendar iz tehnoloških razlogov (podaljševanja vijaka) ne bi omogočala vzdolžnega premika na tako veliki dolžini vlečenja (cca 30 m). Uporabljeni postopek s prerezano matico in podložko v kombinaciji z objemko pa omogoča kontinuirano narivanje kampade dolžine cca 30 m z možnostjo neprekinjenega dela na principu neskončnega vijaka.

Na ta način je rešeno narivanje in istočasno varovanje prekladne konstrukcije z večjimi vzdolžnimi nakloni brez dodatnih precej kompliciranih ukrepov proti zdrs, ki so praviloma dragi.

Bistvena prednost takega postopka gradnje je, da omogoča hitro in hkrati varno izvedbo vseh faz narivanja z neskončnim vijakom, ne glede na vzdolžni naklon mostne konstrukcije. Po našem



Slika 7: vpetostni element pred začetkom vlečenja
- pogled v smeri delavnice



Slika 8: prerezana matica in podložka z objemkami
v "kletki" med varovanjem



Slika 9: vlečni mehanizem v delovanju - viadukt Polance

vedenju ter informacijah, ki smo jih iskali pri znanih uporabnikih tehnologij za gradnjo mostov v tujini, ni bil do sedaj v taki obliki še uporabljen nikjer v svetu.

Predstavlja poceni in učinkovito izboljšavo, ki je na gradbišču izredno enostavno uporabljiva, ker rešuje vse mejne probleme pri narivanju mostnih konstrukcij z velikimi vzdolžnimi naklonom. Sistem se je pri izvedbi postopnega narivanja viadukta Polance izkazal kot izjemno enostaven, učinkovit in ekonomičen, ter se je potrdil v praksi. Sam postopek je v fazi patentiranja.



Slika 10: Viadukt Polance v fazi narivanja desne polovice

NOVI OBRAT ZA PROIZVODNJO API UČINKOVIN SINTEZA 4

Andrej Kulovec,
univ. dipl. inž. el.



Krka je v Novem mestu zgradila nov obrat za proizvodnjo aktivnih farmacevtskih učinkovin (API) Sintezo 4. Projekt se z vrednostjo več kot 80 mio EUR uvršča med največje Krkine naložbe. Gradnja Sinteze 4 je zahtevala tudi vlaganja v infrastrukturo, ki zagotavlja oskrbo novega obrata z mediji in energenti. Projekt smo začeli uresničevati v drugi polovici leta 2002, z gradnjo smo pričeli v začetku leta 2004. Objekt je bil zgrajen in opremljen v dveh letih, proizvodnja je stekla v drugi polovici leta 2006.

V novem obratu kemijske sinteze proizvajamo aktivne farmacevtske učinkovine, ki jih vgrajujemo v lastne končne izdelke. Novi obrat zagotav-

lja obvladovanje celotnega procesa od razvoja do surovine in končnih izdelkov in omogoča proizvodnjo učinkovin za zdravila, ki bodo v naslednjih petih do desetih letih predstavljala Krkin najperspektivnejši prodajni program. Ker proizvodnja aktivnih učinkovin in končnih izdelkov poteka na istem mestu, je lažji in bolj učinkovit tudi nadzor kakovosti izdelkov, ki je eden najpomembnejših elementov pri proizvodnji zdravil. Pri tem je pomembno, da imamo v Krki ustrezno tehnološko znanje, ki nam omogoča, da lahko zgradimo lastni proizvodni obrat.

POTEK PROJEKTA

V projekt smo vključili domače in tuje strokovnjake ter lastni strokovni kader. Na njem smo začeli delati v drugi polovici leta 2002, ko smo na podlagi tehnoloških osnov za izdelavo koncepta proizvodnega obrata s firmo Jacobs izdelali idejni projekt (Conceptual Study) Sinteze 4 ter nato osnovne ter detajlne načrte. Vzporedno smo pripravljali dokumentacijo in vodili upravne postopke, ki so potrebni za pridobitev gradbenega dovoljenja. Med domačimi projektantskimi hišami so na projektu sodelovali IBE, Elsing, IMP Promont elektro, IVD ter druge organizacije. Pri izvedbi projekta je sodelovalo več deset domačih in tujih podjetij. Konstruktorska in gradbena dela sta izvajali firmi Trimo in Begrad, strojna instalacijska dela so izvajali IMP Promont, Brinox in Numip, elektro



instalacijska dela IMP Promont elektro ter ELMO. Za izvedbo računalniških sistemov za nadzor in vodenje tehnoloških procesov in infrastrukturnih sistemov smo najeli podjetje Metronik.

Gradbena dela so potekala v letu 2004, leto 2005 je bilo v celoti namenjeno instalacijskim delom ter zaključnim gradbenim delom. V letu 2005 smo s firmo Metronik razvili programsko opremo za vodenje tehnoloških procesov, energetskih procesov in ostalih infrastrukturnih sistemov ter sistemov za prezračevanje in klimatizacijo. V letu 2006 smo izvedli validacije in poskusne zagone vseh sistemov, proizvodnja je stekla v septembru 2006.

FUNKCIONALNA ZASNOVA

Novi obrat obsega dva med seboj povezana objekta (proizvodni in energetski) skupne tlorisne površine cca 10.000m². Proizvodni objekt je pet-nadstropna stavba dimenzije 54m x 21m, energetski objekt je dvonadstropna stavba dimenzije 24m x 24m.

Sinteza 4 je projektirana za pet proizvodnih linij, v prvi fazi smo zgradili štiri linije, trenutno pa opremljamo linijo 5. Ena izmed najbolj pomembnih zahtev pri projektiranju je bila visoka fleksibilnost obrata. Tako kot je Krkina prodajna strategija visoka stopnja fleksibilnosti in prilagodljivosti zahtevam trga, je potrebno to prilagodljivost zagotoviti tudi na proizvodnem nivoju. Obrat je zasnovan tako, da je mogoče v najkrajšem času in z najmanjšimi posegi spremeniti proizvodni postopek in proizvajati nov izdelek. To je omogočeno predvsem z dinamičnimi povezavami med proizvodno opremo ter s sodobnim sistemom avtomatizacije, ki sledi spremembam v fizični konfiguraciji linij. V ta namen smo v tem obratu implementirali t. i. Batch orodje za vodenje šaržnih procesov, ki omogoča fleksibilnost v vodenju proizvodnje.



zijsko ogroženo okolje, prav tako smo v tem okolju namestili računalniške konzole, preko katerih vodimo tehnološke postopke. Pri razvoju sistemov avtomatizacije smo uporabili najnovejša programska orodja, ki omogočajo izgradnjo sistemov v skladu s standardom S88, ki narekuje pravila pri vodenju šaržnih procesov. To smo izvedli s pomočjo programskega orodja iBatch firme Intellution, ki je logična nadgradnja Scada sistemov. Preko MES sistema Werum se sistem avtomatizacije integrira z Krkinim ERP sistemom, ki deluje na platformi SAP, preko katerega se izvaja celotno poslovanje Krke.

Proizvodno opremo kot so reaktorji, centrifuge, sušilniki, mlini itd. smo večinoma kupili iz držav Evropske Unije (Nemčija, Francija, Italija).

SODOBNE TEHNIČNE REŠITVE

Sinteza 4 je sodoben obrat, zgrajen v skladu z najnovejšimi tehnično-tehnološkimi rešitvami, ki se v svetu uporabljajo na tem področju, v skladu z GMP smernicami ter najstrožjimi evropskimi standardi za varnost in zaščito okolja. Tako smo med drugim preprečili navzkrižno kontaminacijo z ločevanjem centrifug v t. i. čistih prostorih. Vsa proizvodnja se izvaja v zaprtem sistemu, kar pomeni, da delavec ne pride v stik z snovmi, ki so škodljive zdravju. Pri električnih instalacijah smo prvič vgradili opremo avtomatizacije v eksplo-



EKOLOŠKE REŠITVE

Proizvodnje API učinkovin so se v preteklih letih iz Evrope selile na Daljni vzhod, kjer so stroški investicij in operativni stroški zaradi poceni delovne sile in ekološke neosveščenosti precej nižji kot v Evropski skupnosti. Kljub temu smo se v Krki odločili, da bomo zgradili tovarno v Sloveniji in v tem času je bil to največji tovrstni projekt v Evropi. Razlog za to odločitev je predvsem v strategiji vertikalne integracije, s katerim v Krki zagotavljamo enako stopnjo kakovosti proizvodnje v vseh fazah pridobivanja zdravilnih učinkovin. Na ta način si zagotavljamo konkurenčno prednost na trgu z visoko kakovostnimi zdravili. Danes se ta strategija izkazuje za pravilno, saj so dokaz za to neposredno poslovni rezultati Krke kot tudi to, da se v Evropi spet začnejo graditi podobni obrati. Investicija v Sintezo 4 je bila cca 15 % višja zaradi varovanja okolja in zaposlenih, kot bi to bilo v primeru, da bi obrat gradili na Daljnem vzhodu. Varovanje okolja in varnost zaposlenih zagotavljamo z zaprtimi sistemi, sodobnim sistemom avtomatizacije, pralniki plinov, termično oksidacijo, t.i. krio sistemom za kondenzacijo hlapov halogeniranih topil in mnogimi drugimi ukrepi, s katerimi zagotavljamo spoštovanje vseh strogih kriterijev in predpisov, veljavnih v našem prostoru.

VELIKI IZZIV

Čas za izvedbo projekta je bil relativno kratek, zato smo morali prepletati aktivnosti na nivoju projektiranja in izvedbe. Zaradi kratkega časa in visoke tehnično-tehnološke zahtevnosti projekta je bil to velik izziv in hkrati tudi odgovornost celotnega tima, ki je delal na projektu. Poleg tehnično korektno izvedbe objekta ter končanja del v časovnih okvirih je bilo merilo uspešnosti predvsem finančno stanje projekta. Z veliko strokovnostjo in predanostjo delu celotnega projektne tima smo vse te cilje dosegli in danes Sinteza 4 obratuje s polno zmogljivostjo. Projekt Sinteza 4 je bil tako poleg tehnično-tehnološkega izziva tudi velik izziv s stališča projektnega vodenja. Uspeh projekta je bil rezultat pravilnih tehničnih in poslovnih odločitev tekom celotnega življenjskega cikla projekta.

NADALJEVANJE Z IZGRADNJAMI NOVIH PROIZVODNIH KAPACITET

Zaradi izredno uspešnih prodajnih rezultatov in Krkine poslovne strategije danes v Sintezi 4 ob ostalih kapacitetah za proizvodnjo API učinkovin ne moremo slediti zahtevam po količinah. Zato bomo v letošnjem letu opremili in predali v uporabo linijo 5, hkrati pa načrtujemo nakup zemljišča na novi lokaciji, kjer bomo nadaljevali z gradnjo proizvodnih kapacitet za proizvodnjo intermedietov in novih aktivnih farmacevtskih učinkovin.



RAZVOJ ELEKTRONIKE DO DANAŠNJIH DNI

DEVELOPMENT OF ELECTRONICS TILL NOWDAYS

Baldomir Zajc

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko

baldomir.zajc@fe.uni-lj.si

POVZETEK

Članek smo razdelili na dve dela. V prvem delu v tej številki opisujemo pomembnejše dogodke ob izumu tranzistorja in ob uresničenju unipolarnega MOS tranzistorja. V drugem delu v prihodnji jesenski številki pa bomo govorili o izumu in razvoju integriranih vezij – o mikroelektroniki. Opisujemo glavne dogodke in fizikalno dogajanje v nekaterih polprevodniških elementih in tehnološke postopke za izdelavo elektronskih elementov in sistemov.

ABSTRACT

The paper is divided in two parts. The first part here is concerned with important events before the invention of bipolar transistor and realization of unipolar MOS transistor. The second part in next issue will describe the announcement and development of integrated circuits. The main events, physical effects in some devices and manufacturing technological processes for electronic elements and systems are described.

1. ZAČETNA ODKRITJA

Temelj so polprevodniškim raziskavam položile eksperimentalne meritve v fiziki in kemiji skozi dolgo začetno obdobje. Morda bi veljalo začeti s pomembnim prispevkom k razumevanju pojavov v polprevodnikih iz leta 1833, ko je Faraday odkril, da ima srebrov sulfid negativen temperaturni koeficient upornosti, lastnost, ki ga je razlikovala od kovin.

V naslednjih petdesetih letih je edino pomembno spoznanje o polprevodnikih prineslo opazovanje kontaktnega usmerjanja (kadar kovinski kontakt na polprevodniku prepušča tok le v eno smer) in fotoprevodnosti (ko se prevodnost materiala spreminja z osvetlitvijo). Poleg tega je leta 1879 E. H. Hall odkril, da polprevodnik, skozi katerega teče tok, razvije prečno napetost, če je pri tem položen še v magnetno polje, ki pa mora delovati pravo-

kotno na smer toka. Hallov pojav je omogočil razne meritve na polprevodnikih (določanje koncentracije primesi in gibljivosti nosilcev elektrine (naboja) v posameznih materialih) in s tem dal tudi sredstvo za ločevanje polprevodnikov od kovin glede na različno obnašanje prevodnosti opazovanih materialov.

V dvajsetih letih prejšnjega stoletja je naraščalo razumevanje kvantne mehanike in s tem obnašanja elektronov v trdnih snoveh, kar polprevodniki tudi so. Difrakcijski eksperimenti, ki so jih opravili Davison, Germer in Schrodinger do 1924. leta, so dali valovni koncept o elektronih. Leta 1928 je Sommerfeld objavil svoje ugotovitve o uporabnosti Fermi-Diracove statistike pri pojasnjevanju električne prevodnosti. Tri leta pozneje je A. H. Wilson predstavil prvo pravo teorijo o polprevodnikih na podlagi kvantne mehanike, ki uvaja idejo o energijskih pasovih v trdnih snoveh in

o prevodnosti ne samo z gibljivimi elektroni ampak tudi s pomočjo vrzeli, kar oblikuje današnje razumevanje dogajanj v polprevodnikih (pp).

pp IN PRIMESI

Največ uporabljana polprevodnika germanij in silicij sta elementa četrte skupine v periodnem sistemu (s štirimi valenčnimi zunanji elektroni), medtem ko so za boljšo prevodnost potrebne primesi, to so elementi pete (fosfor, arzen, antimon,...) in tretje skupine (bor, galij, indij,...) in delujejo kot donatorji elektronov v prvem oziroma kot njihovi akceptorji v drugem primeru.

ČISTI pp

V čistem polprevodniku je vsak atom s svojimi štirimi elektroni v zunanji ovojnici popolno - valenčno povezan s sosednjimi štirimi atomi v kristalni mreži. Elektroni se iz povezave sproščajo le s pomočjo znatne energije (toplotne, svetlobne,...) in se nato lahko gibljejo po polprevodniku, toda puščajo v vseh zlomljenih povezavah vrzeli, kamor padajo potujoči elektroni, sproščeni v sosednjih povezavah. Tako se tudi vrzeli selijo od atoma do atoma. Prosti nosilci elektrine (naboja): elektroni e in vrzeli v nastajajo pri čistem polprevodniku le v parih (le znatna energija generira te pare), tok v polprevodniku pa je posledica gibanja enih in drugih.

DONATORJI N_D

S primesmi iz pete skupine dopirani polprevodnik ima vgrajene atome primesi s petimi elektroni v zunanji ovojnici. V kristalno mrežo nepovezani peti elektroni se sproščajo z veliko manjšo ionizacijsko energijo (pri sobni temperaturi že lahko govorimo o ionizaciji vseh atomov primesi), ki lahko nato potujejo po materialu. To pomeni: kolikor atomov primesi, toliko dodatnih gibljivih nosilcev negativne elektrine – elektronov in prav toliko nosilcev pozitivne elektrine v negibljivih ioniziranih atomih primesi N_D , trdno vezanih v kristalno mrežo. V takem polprevodniku imamo zdaj dva mehanizma: energijsko zahtevno, manj pogosto generiranje gibljivih parov elektron-vrzel kot v čistem polprevodniku in nezahtevno, stoodstotno generiranje gibljivih elektronov iz v kristalno mrežo vgrajenih, negibljivih ioniziranih (sedaj pozitivnih) atomov primesi, slednji k

toku ne pripomorejo. Ker je tako gibljivih elektronov iz dveh nastajanj precej več kot gibljivih vrzeli (da negibljivih v zvezi s tokom ne omenjam), označimo tako dopiran polprevodnik s tipom n , primesi pa imenujemo donatorske primesi (ker dajejo proste elektrone, ki se nato lahko prosto gibljejo).

AKCEPTORJI N_A

S primesmi iz tretje skupine dopirani polprevodnik ima vgrajene atome primesi s tremi zunanji elektroni v zunanji ovojnici. V kristalni mreži polprevodnika ostajajo četrte povezave atomov primesi prazne, zato nastanejo na teh povezavah vrzeli že z majhno ionizacijsko energijo in pri sobni temperaturi lahko govorimo o popolni ionizaciji vseh atomov primesi. Te vrzeli rade sprejmejo gibljive elektrone iz sosednjih vezi, kamor se nato vrzeli selijo. To pomeni: kolikor atomov primesi, toliko dodatnih gibljivih nosilcev pozitivne elektrine – vrzeli v in prav toliko nosilcev negativne elektrine v negibljivih ioniziranih atomih primesi N_A , trdno vezanih v kristalno mrežo. Tudi tu imamo dva mehanizma: poleg energijsko zahtevnega, manj pogostega, generiranja gibljivih parov elektron-vrzel kot v čistem polprevodniku; tudi nezahtevno, stoodstotno generiranje gibljivih vrzeli iz vgrajenih v kristalno mrežo, negibljivih ioniziranih (sedaj negativnih) atomov primesi, ki pa k toku ne pripomorejo. Ker je vrzeli veliko več kot elektronov, označimo tako dopiran polprevodnik s tipom p , primesi pa imenujemo akceptorske primesi (ker sprejemajo proste elektrone - selijo pa se vrzeli).

np STRUKTURE

Atomi primesi dajejo presežek gibljivih nosilcev elektrine svojega tipa, zato je mogoče oblikovati dvo-plastne pn (diode) ali celo triplastne pnp oziroma npn strukture (transistorje) z različnimi koncentracijami elektronov in vrzeli v posameznih območjih, kar za delovanje teh struktur potrebujemo. V čistem polprevodniku seveda to ni mogoče, tam je število elektronov in vrzeli v celotnem območju vedno enako, odvisno seveda od razpoložljive energije za generiranje posameznih parov: elektron-vrzel. V n -polprevodniku imamo: veliko večinskih \bar{e} in veliko manj manjšinskih v , v p -polprevodniku imamo: veliko večinskih v in veliko manj manjšinskih e .

Pred drugo svetovno vojno je bila dejavnost na področju polprevodniških elementov posvečena predvsem usmerniškim lastnostim bakrovega oksida in selena. Vendar sta šele leta 1939 Schottky in Mott postavila teorijo o dipolu prostorske elektrine, ki je usmerniške lastnosti spoja kovina-polprevodnik šele prav razložila.

SB SPOJ

Kadar ima polprevodnik manjše izstopno delo kot kovina, se na njunem stiku začne preseljevanje gibljivih nosilcev iz polprevodnika v kovino, v polprevodniku ob spoju pa nastaja t.i. osiromašeno področje (OP), skoraj brez gibljivih nosilcev elektrine. V njem zapuščeni (nekompenzirani) negibljivi nosilci elektrine v atomih primesi pa oblikujejo potencialni prag, oviro za nadaljnje odseljevanje gibljivih nosilcev. Nastane prirojena ovira, ki ohranja ravnotežje. S priključeno napetostjo lahko nato vplivamo na velikost praga. Prepustna napetost (pozitivni potencial na polprevodniku tipa p in negativni na kovini, pri polprevodniku tipa n pa nasprotno) zniža potencialni prag, oži osiromašeno področje in tako sama določa pretok skozi spoj. Zaporna napetost (negativni potencial na polprevodniku tipa p in pozitivni na kovini, pri polprevodniku tipa n pa nasprotno) zviša potencialni prag, razširi osiromašeno področje, zato pretoka prek spojev tem primeru sploh ne bo. Ker pri določeni smeri napetosti spoj prevaja, pri nasprotni pa ne, govorimo v tem primeru o usmerniških lastnostih spoja (Schottky barrier – SB spoj med kovino in polprevodnikom). Schottkyjevo osiromašeno področje nastane le v polprevodniku, medtem ko ga na drugi strani spoja v kovini seveda ni (slika 1).

OHMSKI KONTAKT

Kadar ima polprevodnik manjše izstopno delo kot kovina, dobimo dober kovinski kontakt na polprevodnik in tak spoj prevaja v obe smeri.

V tem času je začel svojo raziskovalno dejavnost tudi William Shockley. Za svojo doktorsko disertacijo (1936) je obravnaval valovno funkcijo v kristalih trdnega telesa, točneje v kristalu NaCl. Nato se je zaposlil v Bellovih laboratorijih, v oddelku za elektronke, kjer se je ukvarjal z elektronskimi pomnoževalkami in drugimi problemi v teoriji in proizvodnji elektronskih cevi.

Vendar ga je teorija trdnega telesa še naprej privlačila in dovolili so mu, da se je tej tematiki čedalje bolj posvečal.

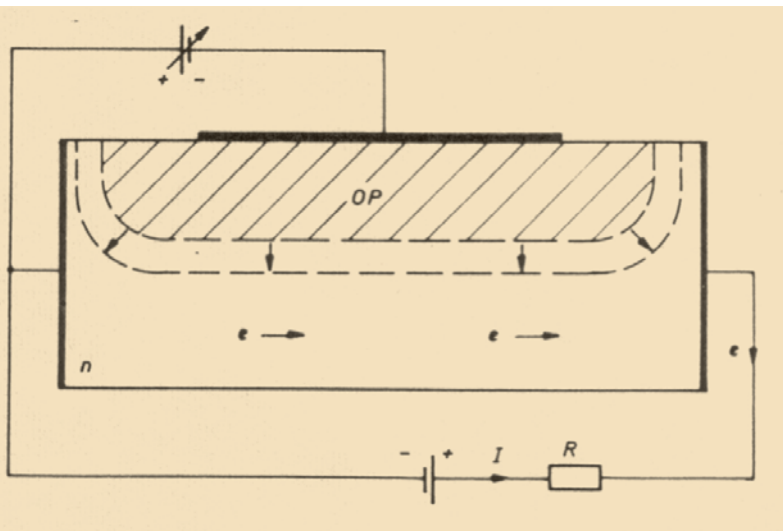
Raziskoval je najprej zakonitosti pri nekaterih zmesih in kmalu nato tudi usmerniške lastnosti bakrovega oksida, kar ga je napotilo v študij Schottkyjeve teorije usmerniških kontaktov med kovino in polprevodnikom – SB spoja (ki smo ga razložili v besedilu zgoraj in na sliki 1).

Tukaj pa moramo omeniti tudi posamezne "vizionarje - preroke", ki so napovedali od elektronke drugačen element, pravzaprav izražali želje, imeli vizijo, čeprav brez kakršnihkoli nakazanih rešitev. Kljub temu so pomogli k razvoju, spodbudili so posamezne strokovnjake v svoji okolici k iskanju zelenih novih elementov. Pozneje bomo omenili G. W. A. Dummerja, ki je napovedal rojstvo integriranih vezij precej pred njihovim uresničenjem, na tem mestu pa moramo omeniti M. Kellyja, direktorja Bellovih raziskovalnih laboratorijev, kjer je delal W. Shockley. Njegova vizija elektronskega preklapljanja v telefoniji, ki naj bi nekako zamenjalo takratno povezavo med naročniki prek mehanskih kontaktov, je spodbudila Shockleya k nenehnemu razmišljanju o taki možnosti. Že v letih 1938 – 39 se mu je dozdevalo, da bodo za elektronsko preklapljanje bolj kot takrat že dobro znane, vendar prevelike elektronke za ta namen primernejši pojavi prav v polprevodniku – v nekem pp elementu.

Najprej je pomislil na piezoelektrični pojav v kristalu, kjer bi s krmilnim signalom stiskali material, ta pa bi pri tem spreminjal svojo upornost in s tem električni tok skozi material. Vendar je kmalu spoznal, da tak pristop zelo malo obeta.

Čedalje bolj se mu je oblikovala predstava o elementu s SB spojem med kovino in polprevodnikom (slika 1), ob katerem bi se z napetostjo majhne energije na SB spoju spreminjalo Schottkyjevo osiromašeno področje (OP), in to na račun glavne polprevodniške proge (kanala) z virom energije – baterijo oziroma napajalno napetostjo in porabnikom R (zvočnik, rele...) v delovnem tokokrogu.

Najprej je imel v mislih bakreno mrežico, obdano z bakrovim oksidom, takrat poznan usmerniški SB



Slika 1. Krmiljenje prevodnosti z napetostjo na SB spoju

KRMILJENJE PREVODNOSTI pp

S spreminjajočo se napetostjo na kovinskem kontaktu je mogoče spreminjati debelino osiromašenega področja (OP) v polprevodniku. Npr. negativni potencial na elektrodi odžene gibljive negativne nosilce elektrine – elektrone, ki so v polprevodniku tipa n v večini (slika 1), medtem ko bi pregнал gibljive pozitivne nosilce elektrine – vrzeli v polprevodniku tipa p pozitivni potencial.

Če bi tako z majhnimi krmilnimi signali (krmilnimi napetostmi majhnih energij) na kovinski elektrodi vplivali na debelino osiromašenega področja pod elektrodo, bi ta del ne pripomogel k prevodnosti polprevodnika in krmilili bi s tem debelino vzdolžnega kanala. Po tem polprevodniškem kanalu (vzporedno s spojem, ne prek spoja) pa bi se lahko pretakali že večji tokovi pri višjih napetostih, saj je v tem delovnem tokokrogu baterija in s tem na voljo energija. Dobili bi uporaben ojačevalni element med majhno krmilno in večjo izhodno veličino, dobili bi nadomestek za takrat edini tovrstni element -- elektronko.

ELEKTRONKA

V elektronki so električni spreminjajoči se signali majhnih energij na krmilni mrežici med katodo in anodo krmilili pretok elektronov na poti od (grete) katode, da so bili lahko emitirani, do anode z veliko pozitivno napetostjo, ki jih je privlačila, da so nato oblikovali električni tok v priključenem vezju.

element. V njem je želel s potencialom na mrežici spreminjati debelino osiromašenega področja okoli mrežice in s tem krmiliti prevodnost (in tok) skozi glavno oksidno progo. Toda po nekaj dneh je to strukturo, ki zaradi mrežice še morda spominja na elektronke, zamenjal z drugo, pri kateri je bila na bakreni plošči narejena vzdolžna proga iz bakrovega oksida in na obeh koncih kontaktirana. S potencialom na krmilni bakreni plošči bi se moralo oblikovati osiromašeno področje v oksidu pod njo in s tem spreminjati prerez vzdolžne oksidne proge, ki bi ostala na voljo za pretok v glavnem tokokrogu. S krmilne elektrode bi prečno vplivali na prevodnost elementa - ventila. To bi bil ojačevalni element, če bi za krmiljenje s kovinske elektrode potrebovali električne signale majhnih energij, skozi element pa bi se lahko nato pretakali podobni signali, vendar večjih energij, saj bi bila v tem krogu napajalna baterija, predlagani element pa bi v njem s svojo spreminjajočo se upornostjo spreminjal električni tok. To se je dogajalo februarja leta 1940, vendar je bila pot do elementa, ki bi deloval na tej podlagi, še precej dolga. Na elementu namreč takrat pričakovanega pojava sploh niso zaznali

Potem je sledila druga svetovna vojna in Shockley se s fiziko trdnega telesa med vojno ni ukvarjal. K Bellu se je vrnil iz urada v Pentagonu šele leta 1945. Vendar nikdar ni prenehal sanjati o polprevodniškem ojačevalniku. Medtem so se tehnološki postopki za germanij in silicij precej razvili, saj so pri medvojni proizvodnji radarjev potrebovali detektorje – diode s točkastimi kontakti. Izpopolnjeni so bili tudi postopki za vnašanje primesi v polprevodniška materiala germanij in silicij.

2. PRED IZUMOM TRANZISTORJA

Po vojni je Shockley lahko razmišljal že o elementu v germanijevih in silicijevih kristalih. Načrtoval je strukturo, ki bi jo krmilil s prečnim električnim poljem (field effect – FE strukture). Uporabili so silicijev material (konkretno tipa n) za vzdolžno progo elementa, s to progo pa je kovinska krmilna plošča sestavljala ploščni kondenzator (slika 2a) in zaradi napetosti na njej bi nastalo električno polje delovalo na polprevodnik pod njo. Zdelo se

mu je, da razume celotno fizikalno dogajanje v strukturi kovina – dielektrik (zrak) - polprevodnik. Pričakoval je lepo izražen krmilni učinek električnega polja.

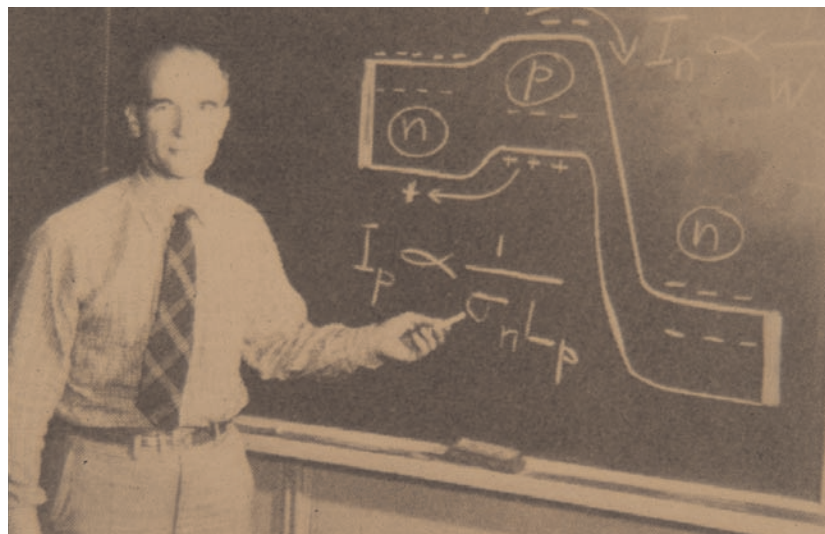
SHOCKLEYEVA IDEJA

Pozitivni potencial na kovinski plošči (slika 2b) naj bi v plasti polprevodnika tipa n nakopičil negativne gibljive nosilce elektrine — elektrone, povečal tam njihovo število in s tem njegovo prevodnost, pa tudi vzdolžni (vodoravni) pretok nosilcev in s tem električni tok, če je v tem tokokrogu priključena (baterijska) napetost.

Nasprotno pa bo negativni potencial na krmilni plošči (slika 2c) pregnal elektrone in s tem zmanjšal prevodnost plasti.

Z napetostjo na krmilni elektrodi bi vplivali na električni tok v delovni veji (kjer je porabnik R: rele, zvočnik..).

lahko detektiral različen površinski potencial: pozitiven potencial praznih površinskih stanj v temi in nevtralen površinski potencial zaradi ujetih elektronov v času osvetlitve (slika 3a). Prisotnost površinskih stanj je s tem dokazal.



William Shockley

Toda poskus je prinesel razočaranje. Shockley je opazil veliko (1500-krat) manjši učinek, kot ga je teoretično pričakoval. Postalo je jasno, da pri tem nastopa skupaj s pričakovanim želenim poljskim pojavom še neki neznani pojav, ki ga zato takratna predstava o fizikalnem dogajanju v elementu ni vključevala.

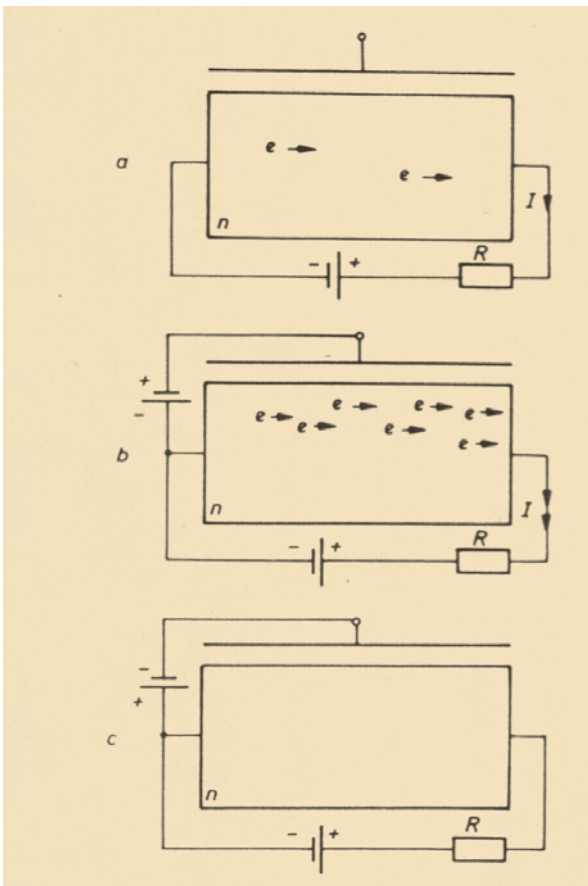
Ko je poskuse opazoval tudi sodelavec, fizikalni kemik R. B. Gibney, je predlagal v strukturo s slike 3 dodatek elektrolita (boljši dielektrik) med polprevodnikom in nad njim ležečo kovinsko elektrodo.

Posvetoval se je s sodelavcem J. Bardeenom, vendar je bil tudi on nad razhajanjem teoretičnih in praktičnih rezultatov nadvse presenečen. Tak spodrseljaj pri poskusu imenuje Shockley pozneje, ko se spominja teh dogodkov, kreativni spodrseljaj, saj mu nato navadno sledijo novi programi in odkritja. Bardeen ni mogel pozabiti presenečenja. Fizikalno predstavo o dogajanju v elementu je kmalu izpopolnil s tezo o fiksnih površinskih stanjih (surface states z nabojem $+Q_{ss}$), o pasteh na stičišču dielektrik-polprevodnik, kamor se prosti elektroni blizu stičišča ujamejo in niso več na voljo za pretok. Učinke "površinskih stanj" je nato eksperimentalno študiral W. H. Brattain. V presledkih je osvetljeval polprevodnik (tipa p) in s tem generiral pare elektronov in vrzeli. Pozitivna površinska stanja (to je pač njihova lastnost) so odgnala večinske vrzeli iz svoje bližine, pritegnila pa manjšinske elektrone. V temnih obdobjih so se generirani pari elektronov in vrzeli sčasoma zopet združili — rekombinirali. Z mrežico v bližini površine je v ritmu osvetljevanja

POVRŠINSKA STANJA

Na površino pritegnjeni elektroni se ujamejo v tako imenovana površinska stanja, postanejo negibljivi in ne morejo pripomoči k pretoku skozi element. Na njih konča krmilno električno polje. Tako zastrejo notranjost polprevodnika pred vplivom električnega polja s krmilne elektrode, ki se na teh stanjih konča in ne seže v notranjost polprevodnika. Električni potencial oziroma napetost na krmilni elektrodi ne vpliva v celoti, tudi na gibljive nosilce v notranjosti polprevodnika.

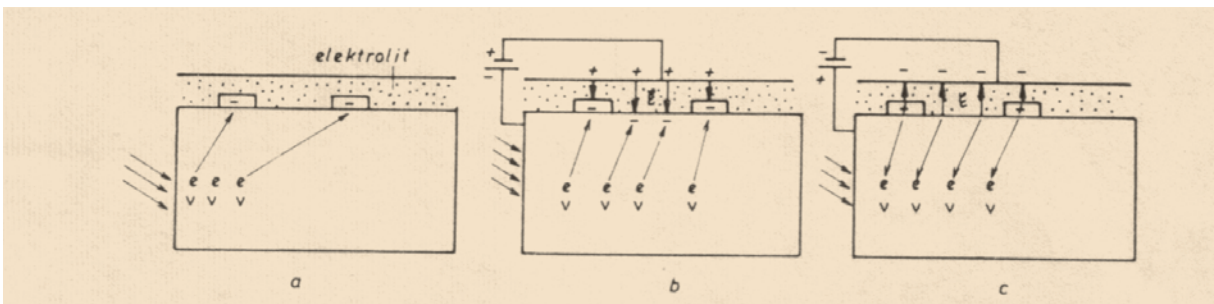
Seveda so ta odkritja spodbudila nadaljnje raziskave skupine. Preskušali so razne strukture. Vendar zaradi velike časovne konstante elektrolita ni bilo mogoče opazovati pojavov pri višjih frekvencah krmilnih signalov, pa tudi sicer je to neroden material za praktične elemente. Iskali so drugačen dielektrik. Galvansko so oksidirali polprevodnik in nato naparili več zlatih pik za



trone v obeh primerih. Vendar je lažje opazovati posledice na manjšinskih elektronih v materialu tipa p, kjer jih je le toliko, kot je svetlobno generiranih parov (elektron-vrzel). Množice vrzeli iz ioniziranih primesi pa krmilno električno polje v območju, kjer vpliva, ne dopušča. V materialu tipa n prekriva namreč število elektronov iz svetlobno generiranih parov še velik oblak elektronov iz ioniziranih primesi, pa se vpliv osvetljevanja na njihovem celotnem številu ne vidi dovolj in tudi želenega učinka osvetlitve ne opazimo.

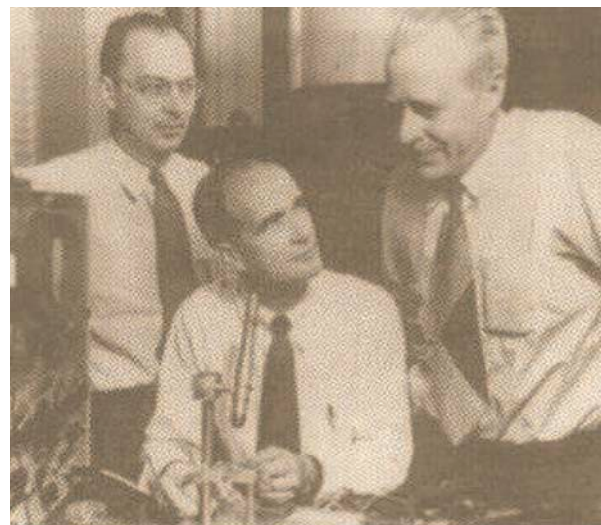
Slika 2. Spoj kovina – izolator – polprevodnik:
a) brez učinkovanja električnega polja
b) in c) z učinkovanjem električnega polja

Slika 3. Svetlobno generirani pari elektron-vrzel v polprevodniku:
a) površinska stanja ujamejo elektrone na površini
b) pozitivna krmilna napetost poveča število elektronov na površini
c) negativna krmilna napetost zmanjša število elektronov na površini



krmilne elektrode. Takoj so ugotovili, da kakovost dielektrika ni zadovoljiva, da nobena elektroda ni dovolj dobro izolirana od polprevodnika, vendar so kljub temu eksperimentirali. V bližino nparjene pike za krmilno elektrodo so namestili, kot v

J. Bardeen, W. Shockley in W.H. Brattain



ELEKTROLIT POVEČA POLJE

Ob navzočnosti elektrolita je bilo nenadoma mogoče zmanjšati zastiralni učinek površinskih stanj, ki je Shockleya zaustavil. Vplivajoče polje je šele z njim (zaradi dobrih dielektričnih lastnosti) postalo dovolj močno, da je lahko vplivalo mimo elektrone v površinskih stanjih globlje v polprevodnik in tudi tam vplivalo na gibljive elektrone.

Ker imajo površinska stanja pri obeh tipih polprevodnika pozitiven značaj, privlačijo negativne elek-

Pod krmilno elektrodo z elektrolitom so nameščali tudi pn spoje z zaporno priključeno napetostjo na njih. Ta napetost je bila priključena med od elektrolita izolirani točkasti kontakt sredi krmilnega električnega polja na eni strani pn spoja in drugo spodnjo stranjo pn strukture (slika 4). Pri zaporni napetosti na spoju lahko le manjšinski nosilci prestopijo na drugo stran spoja in tako oblikujejo zaporni tok. Z električnim poljem prek elektrolita so želeli vplivati na razporeditev teh nosilcev elektrine, posledično pa šteti njihove prehode preko spoja z meritvijo zapornega toka.

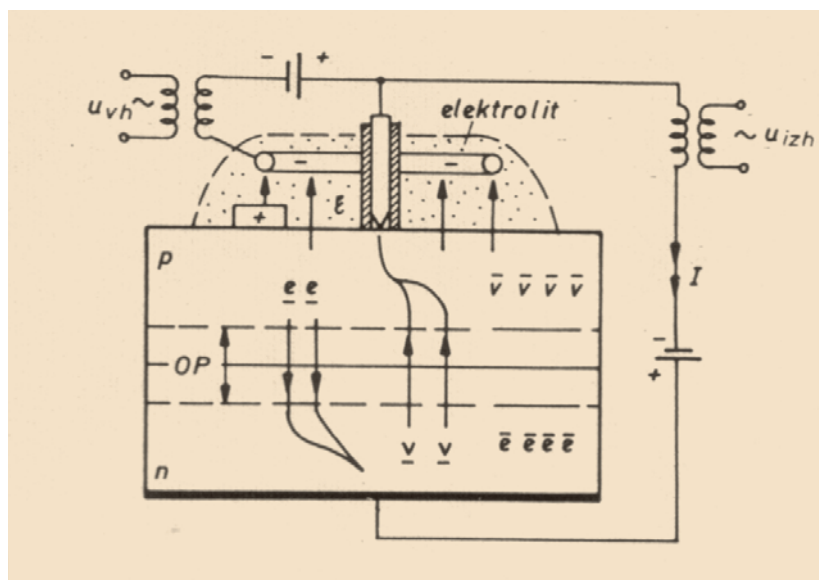
Poleg pn strukture (slika 4) so eksperimentirali tudi na SB spoju (slika 5): nastal je med kovinskim točkastim kontaktom za polarizacijo spoja in visokohmskim germanijem tipa n. Nastal je SB usmerniški spoj. Zato je bila tudi nanj priključena zaporna polarizacijska napetost kot pri vseh prejšnjih poskusih. Enako so vplivali z elektrodo nad elektrolitom na razporeditev nosilcev v polprevodniku in s tem na njihove prehode prek SB spoja ter na zaporni tok, ki je posledica teh prehodov.

prejšnjem primeru, točkasto elektrodo za oblikovanje Schottkyjevega usmerniškega spoja in priključili običajno zaporno napetost (slika 6). In nekaj se je tudi tokrat začelo dogajati, vendar ne tako, kot so pričakovali iz prejšnjih eksperimentov. Pri tem poskusu so namreč prvič opazovali nov fizikalni pojav, pozneje imenovan delovanje (bipolarnega) tranzistorja .

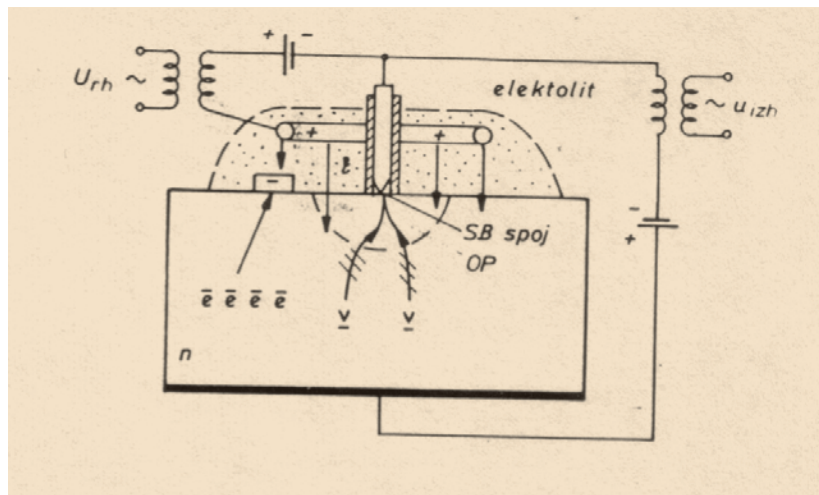
Seveda je bilo to nekaj novega, saj je ustrezna krmilna elektroda v elektrolitu morala dobiti bolj negativno napetost, da se je zaporni tok povečal. Zato dogajanja takrat v celoti niso povsem razumeli.

Tako sta Bardeen in Brattain povsem po naključju opazovala 16. decembra 1947 "tranzistorski pojav", ko sta pravzaprav hotela narediti le še eno strukturo s poljskim učinkom, tokrat s trdnim dielektrikom, le še en element v dolgi seriji podobnih poskusov.

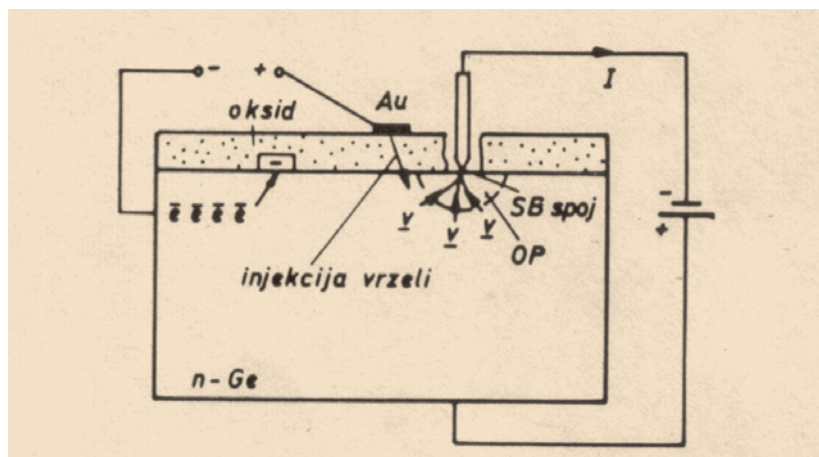
Pozneje so iskali tudi primernejši kovinski kontakt namesto zlate pike. Prva različica je imela oba zgornja kontakta, krmilnega (injekcijskega) in odvzemnega – kolektorskega, naparjena najprej na klinast izolator in nato spodaj prerezana – ločena. Tako so dobili kontakta dovolj blizu sku-



Slika 4. Vpliv električnega polja na razporeditev elektrine in (zaporni) tok pn strukture



Slika 5. Vpliv električnega polja na razporeditev nosilcev elektrine in (zaporni) tok SB strukture



Slika 6. Prva (naključna) tranzistorska struktura

IZUM TRANZISTORJA

Ugotavljali so, da v točkasti (pozneje kolektorski) kontakt pritekajo vrzeli, ki jih določa napetost na krmilni (zlati) elektrodi. Govorili so o površinski plasti vrzeli, odvisni od krmilne napetosti, vendar takrat še nekaj časa niso vedeli, da je tudi krmilna elektroda (pri kateri ni uspela izolacija) s polprevodnikom ustvarila Schottkyjev usmerniški spoj. Preko tega spoja (pozneje emitorski spoj) so bile pri prevodni napetosti na njem injicirane vrzeli v medprostor (pozneje baza) in nato prek drugega spoja (polprevodnik – sonda) zbrane v tok (pozneje kolektorski tok).

paj, klin pa ju je pritiskal na osnovo polprevodnika (pozneje baza). Struktura je bila za proizvodnjo zelo nerodna. Zato so na površino germanijevega kristala s posebnim varilnim procesom, imenovanim oblikovanje (forming), kmalu namestili dva kovinska točkasta kontakta. Tudi to je bil precej težko ponovljiv tehnološki postopek, zato so bile tudi električne karakteristike od tranzistorja do tranzistorja precej različne.

Ob izumu tranzistorja s točkastima kontaktoma (point contact transistor) pred božičem 1947 je bit Shockley seveda prizadet. Ni bil med izumitelji, čeprav so njegove raziskave na tem področju trajale že osem let (vse od leta 1939). Prispeval je teorijo o kvazifermijskih nivojih, difuzijskem gibanju nosilcev elektrine v polprevodniku, predlagal vrsto struktur in obdeloval tudi vse strukture Bardeenove skupine. Dotlej in v poznejših letih se večina njegovih devetdesetih patentov nanaša na podrobnosti okoli te tematike. Bardeen in Brattain sta prišla do uspeha po naključju, s slabo elektrodo (naparjeno na oksidirani polprevodnik) za krmiljenje prevodnosti polprevodnika z električnim poljem prek oksida. Shockley pa je prvi doumel pomen injiciranja večinskih nosilcev elektrine prek emitorskega spoja, ki je prepustno polariziran in nato prehod teh nosilcev prek baze in končno še prek kolektorskega spoja, zato se mu je odprla pot do izuma drugačnega t.i. spojnega tranzistorja (junction transistor).

Tako je januarja 1948 Shockley kompletiral svoj koncept spojnega transistorja, kjer je:

1. injiciranje nosilcev prek propustno polarizirane emitorskega spoja v bazo razumel,

2. zaporno napetost prek kolektorskega spoja za zdrs nosilcev iz baze predvidel in
3. poznal pomembnost pravih dimenzij strukture (tanka baza za manjše izgube nosilcev) in porazdelitve gostote primesi po njej (močno dopiran emitor za močnejše injiciranje nosilcev iz emitorja v bazo).

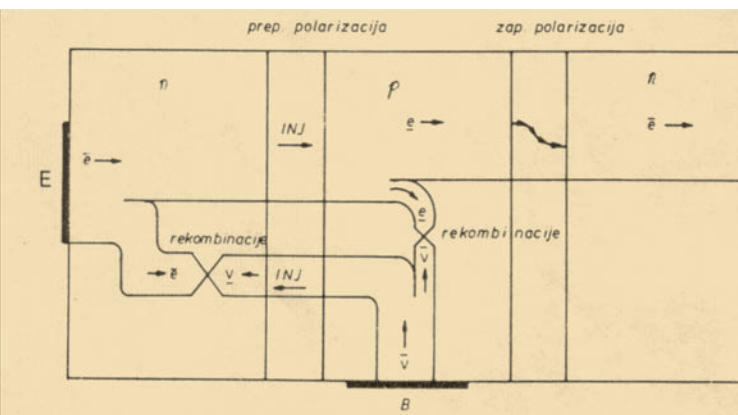
Idejo spojnega tranzistorja, imenovano "Močnostni polprevodniški ventil velike površine" (High Power Large Area Semi-Conductor Valve), je patentiral 26. junija 1948, čeprav teoretična predvidevanja z eksperimentom sploh še niso bila povsem dokazana. Poudaril je "velike površine" svojih spojev, da bi ločil spojni transistor od tistega s točkastima spojem. Do praktičnih izvedb spojnega transistorja je preteklo še nekaj časa. Aprila 1949 je R. M. Mikulyak pod vodstvom M. Sparksa izdelal germanijev spojni transistor. Ta je šele potrdil, da je teoretično napovedani spojni transistor tudi praktično izvedljiv. Medtem je tehnologija rasti kristalov iz taline po metodi Czochralskega iz 1918. leta čedalje bolj napredovala. Med vlečenjem kristala so s tabletkami primesi spreminjali tip taline in so na tak način rasli pn elementi, z dvakratnim predopiranjem taline pa v aprilu 1950 tudi npn elementi. V teh prizadevanjih je vodil G. K. Teal. Vendar zaradi predebelega baznega področja poskusi aprila 1950 niso dali več kot slab frekvenčni odziv in zanimanje za element je v naslednjih devetih mesecih precej zamrlo, razen pri posameznikih, ki so medtem že videli prednost strukture. Predvsem pa je Shockley želel promovirati svoje ideje, zato je zgodaj, 1951. leta, končno nastal (mikrowattni) transistor z zraslimi spoji, ki so ga predstavili Shockley, Sparks in Teal. Shockley z naslovom patenta svoje ideje "Močnostni polprevodniški ventil..." ni bil poseben prerok. Sposobnost spojnega tranzistorja pozneje ni bila samo v prenašanju večjih moči, ampak predvsem v odličnih frekvenčnih karakteristikah pravzaprav že pri majhnih močeh. Tako je proizvodnja transistorjev s točkastimi kontakti, stara komaj tri leta, izginila, ostala je proizvodnja spojnih transistorjev (eni in drugi so bipolarni T, kar bo razloženo v naslednjem poglavju). Ta pa je potekala v nadaljnjih letih z raznimi tehnološkimi pristopki. Končno je ostal spojni transistor glavni element tudi v vsem obdobju bipolarnih integriranih vezij. Spojni transistor je bil prvi tehnološko pomem-

ben element, z njim je nastopilo na začetku petdesetih let obdobje bipolarnih transistorjev, ko o današnjih MOS tranzistorjih še ni bilo ne duha ne sluha.

Vstop tranzistorja v elektronska vezja je bil izredno hiter, zamenjal je velike in vroče elektronke, vnesel je revolucijo v tehniko in družbo, zato so leta 1956 Bardeen, Brattain in Shockley dobili za svoja odkritja pri oblikovanju tranzistorja Nobelovo nagrado za fiziko.

3. DELOVANJE BIPOLARNEGA TRANZISTORJA

Delovanje bipolarnega tranzistorja Shockleyjeve patentirane ideje iz leta 1948 odlično opišejo. Pretok nosilcev elektrine, ki se pretakajo po elementu, opazujemo na sliki 7.



Slika 7. Gibanje (večinskih in manjšinskih) nosilcev elektrine v bipolarnem tranzistorju

GIBANJE NOSILCEV ELEKTRINE V TRANZISTORJU

Prepustno polariziran emitorski spoj dopušča prehod nosilcev v obe smeri. Večinski elektroni \bar{e} so iz emitorja injicirani v bazo, kjer igrajo vlogo manjšinskih nosilcev e , dokler ne zdrsnejo prek kolektorskega spoja v kolektor in postanejo spet večinski elektroni e . Na poti skozi bazo se nekateri e rekombinirajo z razpoložljivimi večinskimi vrzeli \bar{v} , ki v ta namen prihajajo od baznega kontakta. Ta proces ni zaželen. Želimo pripeljati čim več elektronov prek baze v kolektor, zato mora biti bazno območje ozko, da se rekombinacije zgodijo čim manjkrat. Prav tako so večinske vrzeli \bar{v} injicirane iz baze v emitor, kjer potujejo kot manjšinski nosilci v proti emitorskemu

kontakta, na tej dolgi poti pa se prej ali slej vse rekombinirajo z večinskimi elektroni \bar{e} . Ti morajo zato pritekati od emitorskega kontakta. Slednje injiciranje je za osnovno delovanje transistorja nepotrebno, ker opazno večja majhen bazni tok; enako, toda manj opazno pa večja tudi veliko večji emitorski tok. Kadar je področje emitorja veliko močnejše dopirano kot bazno območje, sta obe injiciranji temu primerno nesimetrični: zeleno iz emitorja je veliko večje od neželenega z baznega območja. Ker delovanje elementa temelji na prepletajoči se igri obeh vrst nosilcev elektrine v njem, večinskih in manjšinskih, se ta tranzistor imenuje bipolarni.

Shockleyjev koncept opisuje delovanje tranzistorja s tremi ključnimi učinki:

1. "propustna" napetost (pozitivna sponka na p in negativna na n tipu polprevodnika) prek emitorskega spoja omogoči eksponencialno odvisnost injicije manjšinskih nosilcev (v bazo, pa tudi v manjši meri v nasprotni smeri), ki so zaradi
2. "zaporne" napetosti (pozitivna sponka na n in negativna na p tipu polprevodnika) na kolektorskem spoju ekstrahirani (zdrsnajo) v kolektor, in to le
3. pri pravilnih dimenzijah elementa (ozka baza) in ustreznih razporeditvah koncentracij primesi v posameznih območjih (emitor bolj dopiran kot baza).

Poznejša ugotovitev, da nehomogeno dopirana baza lahko dodatno pospešuje manjšinske nosilce na njihovi poti skozi njo, je omogočila t. i. "poljske" (drift) tranzistorje, ki so imeli zato veliko boljše frekvenčne karakteristike.

4. TEHNOLOŠKI POSTOPKI ZA IZDELAVO BIPOLARNIH TRANZISTORJEV

Tranzistorje so izdelovali z najrazličnejšimi tehnološkimi postopki. Da bi razumeli razvoj misli in tehnoloških sposobnosti do izuma integriranega vezja, si oglejmo najprej še nekatere starejše postopke.

Tranzistor s točkastima kontaktoma je bil, kot vemo iz 2. poglavja, prvi element te vrste. Na osnovno polprevodniško ploščico (bazo tranzistorja) so s posebnim varjenjem (forming) nameščali tanki kov-

inski žici zelo blizu skupaj. Pri tem sta nastala zelena SB spoja: emitorski in kolektorski. Postopek je bil slabo ponovljiv, zato so imeli transistorji zelo različne električne karakteristike od elementa do elementa.

Tranzistorji z raščeni spoji (grown junctions) so nastajali šele od leta 1951 naprej. Shockley je moral s svojimi idejami čakati kar tri leta, da se je tehnologija raščeni spojev velikih površin (velikih v primerjavi s točkastimi spoji) dovolj razvila in je lahko končno svoje ideje tudi promoviral. Pri vlečenju monokristalnega polprevodnika (Ge ali Si) iz njegove taline (po metodi Czochralskega) so ji v določenem časovnem zaporedju dodajali primesi donatorske in akceptorske narave. Zato je v določenih časih vlečenja rasel kristal različnega (ustreznega) tipa. Na primer: iz taline z zmernim številom antimonovih (Sb) atomov je nastajalo najprej kolektorsko območje tipa n, dokler niso talini primešali galijeve (Ga) tablete, zato je od tega trenutka raslo bazno območje tipa p. Končno so primešali zopet precej antimona (Sb), kar je omogočilo rast še enega območja tipa n⁺ (z njim so dobili zeleno bolj dopirano emitorsko območje). Med rastjo kristala pa sta nastala tako dva potrebna spoja na prehodih iz enega tipa v drugega in nastala: emitorski in kolektorski spoj (slika 9a). Z dvojnimi predopiranjem taline zrasli spojni (double-doped grown-junction) transistor pa je bil element, kateremu je bilo verjetno vsaj na začetku težko narediti zelo tanko vmesno (bazno) območje. To bazno območje pa nikakor ne sme biti debelo, ker hočemo skozi hiter prehod iz emitorja injiciranih nosilcev elektrine na poti v kolektor in tako dobre ojačevalne in frekvenčne karakteristike tranzistorja. Poleg tega je bilo treba po nastanku trislojne strukture postopek prekiniti, saj ni mogoče dodajati tablete primesi ciklično naprej, tako bi bilo v polprevodnik vgrajenih preveč kompenziranih primesi. Zrasli kristal je bilo treba razžagati v vzdolžni smeri, v kateri je kristal nastajal, da so dobili potrebne npn (ali pnp) strukture.

Cela skupina tehnoloških postopkov je temeljila na izločitvenem (segregacijskem) koeficientu posameznih primesi. Pri določeni temperaturi T_1 pri vlečenju kristala iz taline se v polprevodnik vgrajuje le ena (npr Sb oblikuje Ge tipa n), pri spremenjeni T_2 pa le druga primes (Ga oblikuje Ge tipa p), čeprav sta v talini obe hkrati (slika 8b). Ko so v nadaljevanju temperaturo zopet znižali na T_3 , je zopet prevladalo izločanje prvotne primesi in tip polprevodnika, vendar

z drugačno koncentracijo primesi ($T_3 \neq T_1$), saj potrebujemo različno dopirani področji emitorja in kolektorja. Temperatura in z njo odnos vgrajenih primesi sta se spreminjala med postopkom rasti kristala. Nastal je s temperaturo določenim odnosom primesi zrasli (rate-grown) tranzistor. Tokrat je bilo mogoče spreminjati temperaturo ciklično in vleči daljši ingot polprevodnika s številnimi zaporednimi npn strukturami.

Lahko pa vlečemo kristal ves čas pri isti temperaturi in tako povsod vgrajujemo v določenem razmerju atome enih in drugih primesi (npr Sb:Ga). Šele pozneje le na določenem mestu (ali več) material ponovno pretalimo. Po tej ohladitvi nenadoma prevladujejo na tem delu (se izločijo in vgradijo v večjem številu) tiste primesi, ki jih je bilo prej manj. Pretalilni postopek je oblikoval pretaljeni zrasli spojni (meltback grown-junction) tranzistor.

Včasih so, da bi dosegli isti cilj, združevali dva zaporedna toplotna postopka: pretalilni in difuzijski postopek. S pretalilnim postopkom so le delno popravili razmerje primesi na tem mestu, vendar ne do take mere, da bi Ga že prevladal kot v prejšnjem primeru in bi npn struktura s tem neposredno že nastala. Šele z dodatnim dolgim pregrevanjem materiala so se gibljivejši atomi primesi (Ga) preporazdelili (difundirali v smer manjših koncentracij), tako da so na določenem mestu potem le prevladali. Nastal je pretaljeni zrasli spojni (meltback-diffused grown-junction) tranzistor z difuzijsko prerazdelitvijo primesi. Pozneje so znali napovedati tudi difuzijske premike Ga atomov med osnovnim postopkom rasti kristala iz taline in tako že v tej fazi oblikovati zrasle difundirane (grown-diffused) tranzistorje.

Vse te tehnologije niso doživele širše uporabe v proizvodnji bipolarnih tranzistorjev, na razvojni poti so odpadale, neprimerne za izdelavo čedalje manjših elementov.

Z obeh strani oblikovani tranzistorji so nekoč zelo razširjeni tako imenovani legirani (alloy) germanijevi tranzistorji. Na Ge osnovo tipa n so na obeh straneh namestili drobca indija in segreti proti 600 C, da bi se In zli z Ge, ga dopiral in mu dal značaj tipa p (slika 8a). Zlivanje obeh elementov tudi v notranjost osnovnega materiala je potekala s precej ravnim čelom, razporeditev primesi v pretaljenem polprevodniku pa je bila zelo enakomerna – homogena. Razmeroma tanek nedotaknjeni srednji del tipa n je

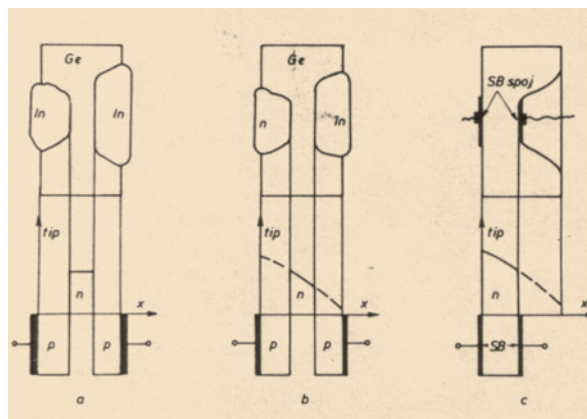
nato predstavljal tanko bazo, kakršno si za dobro tokovno ojačanje želimo. Eno predopirano območje je prevzelo vlogo emitorja, drugo, navadno večje, narejeno z večjim koščkom indija, pa vlogo kolektorja. Teh tranzistorjev so naredili zelo veliko.

Vendar so kmalu ugotovili, da bi v nehomogeno dopiranem baznem območju nastalo električno polje, ki bi dodatno pospeševalo difuzijo nosilcev elektrine skozi bazo na poti iz emitorja v kolektor.

NEHOMOGENO PORAZDELJENE PRIMESI

Če so nehomogeno porazdeljeni atomi primesi, so tako porazdeljeni tudi gibljivi večinski nosilci elektrine (elektroni ali vrzeli), saj so nastali z ionizacijo atomov teh primesi. Ti so seveda tudi nosilci (nasprotno) elektrine, vendar vgrajeni v kristalno mrežo in zato negibljivi. Ker želijo gibljivi nosilci oditi v smeri svoje manjše koncentracije, bi ostali negibljivi sami in material bi na tem mestu ne ostal več nevtralen. Zato nastane med obema elektrinama električno polje, da umiri željo gibljivih po odtekanju. Polje nastane torej zaradi gibalne težnje nehomogeno razporejenih večinskih nosilcev v območju, pri tem pa vpliva seveda tudi na difuzijsko gibanje manjšinskih, kadar se prek takega območja gibljejo. To pa se dogaja v bazi tranzistorja.

V ta namen so pripravili osnovno ploščico pri visoki temperaturi 1000-1200°C v difuzijski peči, kjer so atomi primesi iz nosilnega plina – dušika vstopali skozi površino polprevodnika na eni strani (druga stran je bila zastrta) in nato difundirali v notranjost. Koncentracija primesi s takim postopkom je gotovo največja na površini in se nato v globino materiala nenehno manjša. Na ploščico z nehomogeno porazdelitvijo primesi so nato z legiranjem indija ustvarili emitorsko in kolektorsko območje, kot pri navadnem legiranem tranzistorju. Zato so tak element imenovali legirani (diffused-base alloy) tranzistor z nehomogeno (z difuzijskim postopkom narejeno) bazo (slika 8b). Zaradi pospešilnega električnega polja v bazi so se imenovali tudi "drift" tranzistorji. Philco je izdeloval svoj MADT (microalloy diffused T), kjer so difundirano osnovno ploščico najprej elektrokemično jedkali za želeno debelino baze (slika 8c), nato pa galvansko nanесли kontakta, ki sta morala postati Schottkyjeva usmerniška kontakta. Zaradi tanke baze je bil to



Slika 8. Legirani tranzistor: (a) s homogeno, (b) z nehomogeno bazo in (c) MADT

visokofrekvenčni transistor z odličnimi ojačevalnimi in preklopnimi lastnostmi.

Nato so nastali t.i. difundirani bipolarni tranzistorji in tovrstna tehnologija je takoj prevzela vodilno vlogo (slika 9).

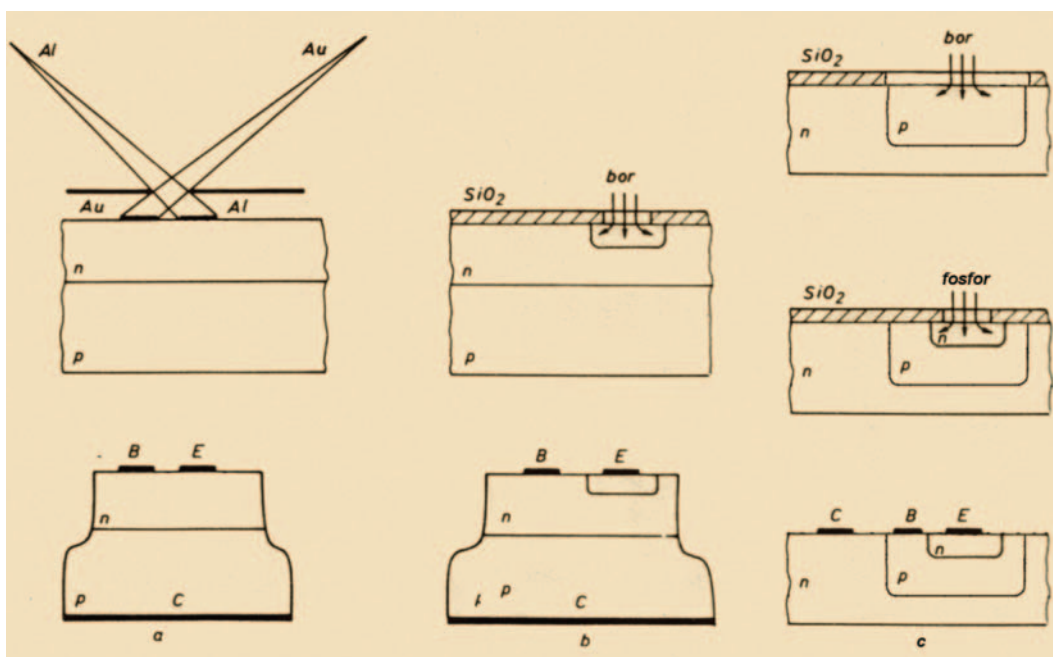
To so samo na eni strani oblikovani tranzistorji, narejeni z vsemi tehnološkimi postopki samo skozi zgornjo ploskev. Najprej je nastal en spoj (kolektorski) med osnovnim materialom p in z difuzijskim postopkom predopirano plastjo tipa n. V difuzijski peči pri visoki temperaturi 1000 do 1200°C prodirali atomi ustreznih primesi iz nosilnega plina (dušika) v izpostavljeno osnovno ploščico skozi celotno zgornjo površino. Potem ima ploščica dobila 2 plasti: zgornjo difundirano plast tipa n za bazno območje bodočega tranzistorja z majhno debelino, kot jo zahteva bazno območje, in spodnjo preostalo plast z lastnostmi izbrane začetne ploščice tipa p, ki bo odigrala vlogo kolektorja. Vmes je nastal pn (difundiran) spoj na prehodu, kjer se zamenja tip polprevodnika. Z naparevanjem materialov skozi masko v vakuumskem sistemu, tudi novim postopkom pri izdelavi tranzistorjev, je bilo mogoče naporiti Al pod enim in Au pod drugim kotom skozi isto masko (slika 9a). Al na difundirani n plasti je oblikoval emitorski spoj (SB spoj: kovina – n pp), zlato pa je kontaktiralo bazno območje. Seveda je bilo mogoče skozi masko z več vzorci narediti hkrati več Al in Au naporjenih plasti in s tem zasnovati množico tranzistorjev v isti ploščici. Ko je bila ploščica razrezana, podobno kot okensko steklo ali pa razžagana, je bil s tem prerезan tudi kolektorski spoj. Poškodbe spoja na tem

robu je odstranilo le kemično jedkanje boka, ki je poleg tega odredilo tudi velikost strukture. Pri tem pa jedkanje zapuša vbočene robove elementov in se zaradi tipičnega videza imenujejo mesa tranzistorji (v španščini to sicer pomeni mizo, toda tako se imenujejo tudi planote v New Mexico, ki so jih fiziki in elektroniki poznali iz Los Alamosa – rojstnega kraja atomske bombe, omejene pa so z vbočenimi robovi zaradi erozije ob potokih). To so mesa tranzistorji z difundirano bazo. Tak tranzistor je prevladoval v proizvodnji podjetja Texas Instruments leta 1958, (ko je prihajala na dan ideja o integriranem vezju, zato je bil pozneje izdelan vzorec za prvi patent integriranega vezja pri TI prav s to tehnologijo).

Doslej je difuzijsko vnašanje primesi potekalo vedno skozi celotno površino ploščice; zato je nastajala difundirana plast enega tipa v osnovni ploščici

drugega tipa. Neprecenljivega pomena pa je bilo odkritje, da primesi v oksidirani silicijev kristal tako rekoč ne morejo vstopati. Oksid SiO_2 nastane na površini Si ploščice v oksidacijski atmosferi pri visokih temperaturah od 1000°C do 1200°C v oksidacijskih pečeh. Te so podobne difuzijskim pečem, le nosilni plin je v obeh primerih drugačen (prej dušik, zdaj kisik). Ta lastnost oksida sama po sebi sicer nima večjega pomena, toda če bi tako oviro lahko selektivno izjedkali, bi dobili difuzijsko masko, skozi katero pa bi nato v difuzijski peči vnašali primesi samo na določenih izbranih območjih osnovne ploščice (slika 9b).

Slika 9. Mesa tranzistorji: a) z difundirano bazno plastjo, b) z difundirano bazno plastjo in skozi masko difundiranimi emitorjem in c) skozi dve različni maski: z difundirano bazo in z difundiranimi emitorjem.



FOTOLITOGRAFIJA

Fotolitografski postopek je odprl povsem nove možnosti (slika 10). Na oksidirano ploščico je treba nanesti najprej svetlobno občutljivo fotoemulzijo, nato strukturo skozi fotografsko ploščo (fotomasko) osvetliti in razviti. Če je pod temnimi polji na fotografski plošči neosvetljen fotolak odplaknjen, potem na teh mestih ne bo varoval oksida v naslednjem postopku jedkanja oksida. Na tem mestu bo nastala odprtina v oksidu. Fotolak je treba potem odstraniti, ostane pa oksidna maska, odporna tudi pri visokih temperaturah v difuzijskih pečeh, kjer bodo lahko

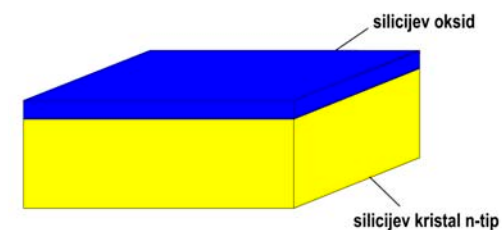
vdirale primesi iz nosilnega plina v polprevodnik le na tako izbranih mestih. Ta mesta določijo načrti – predloge, ki jih je treba slikati in primerno zmanjšati za fotomasko. Razvili so se primerni pripomočki. S fotomasko je bilo mogoče opredeliti čedalje manjša območja. Fotolitografija, sicer že znana ob izumu integriranih vezij, se je potem vrtoglavo razvijala in danes obvlada podrobnosti daleč pod $1\ \mu\text{m}$.

Fotolitografski postopek je mogoče uporabiti tudi pri izdelavi kontaktov na posamezna območja tranzistorja. Ko odpremo oksidno plast po prej opisanem

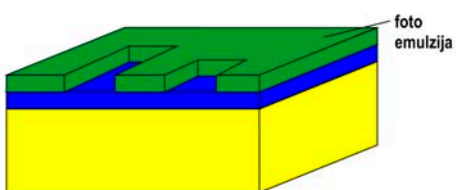
postopku do emitorskega, baznega in kolektorskega območja (kolektorski kontakt spodaj lahko naredi tudi kar podlaga, tj. ohišje), lahko v vakuumskem sistemu naparimo Al plast po vsej površini ploščice. Nato pa s

fotolitografskim postopkom (s primerno fotomasko) odjedkamo vse nepotrebne in zato nezaščitene predele kovinske plasti. Ostanejo samo potrebna kontaktna polja (in pozneje tudi povezave).

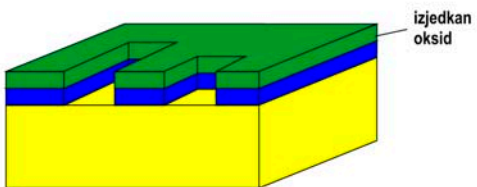
FOTOLITOGRAFSKI POSTOPEK



1. V oksidacijski peči pri 1100–1200 °C ob navzočnosti kisika zraste tanka (manj kot 1 μm debela) oksidna SiO₂ plast

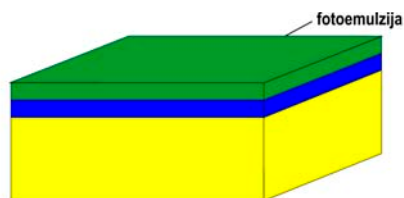


4. Po fotorazvijanju so neosvetljeni deli fotoemulzije odplaknjeni (lahko tudi obratno) in nastanejo okna do oksidne plasti

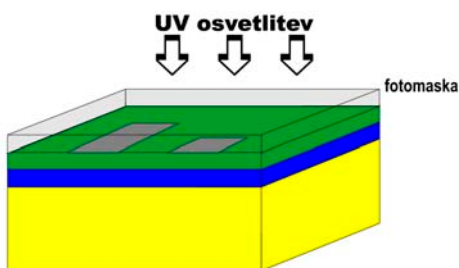


5. Nezaščiteno oksidno plast HF kislina izjedka

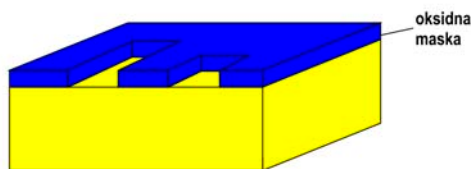
Slika 10. Fotolitografski postopek za oblikovanje difuzijske oksidne maske in difundirana območja



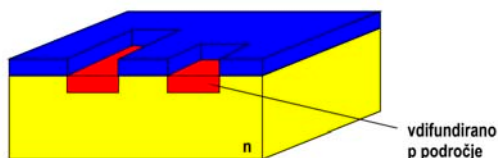
2. Nanešena je plast fotoemulzije



3. Skozi fotomasko (diapozitiv) je struktura z UV lučjo osvetljena



6. Fotoemulzija je odstranjena in ostane izjedkana oksidna maska



7. Skozi odprtine v oksidni maski vstopajo v difuzijski peči pri 1000–1200 °C atomi primesi bora – B) in nastane plast tipa p (ali fosforja – P za tip n) iz nosilnega, dopiranega, N₂ plina, potujočega mimo strukture

Fotolitografski postopek je najprej omogočil difuzijo emitorskega območja, namesto da bi zanj še naprej naparovali Al (naparjeni Au je kontaktilna baza). Potem je bilo treba napariti le še Al tako za bazne kakor tudi za emitorske kontakte. Mogoče je narediti kakršnokoli obliko območij, če le pripravimo ustrezen načrt in po njem fotografsko ploščo. Tako je nastal mesa transistor z difundiranim emitorjem (slika 9b). Kmalu nato so pri Fairchildu difundirali skozi oksidno masko tudi bazo (slika 9c), tako se je kolektorski spoj končal na površini lepo zaščiten pod oksidom in po rezanju jedkanje bokov ni bilo več potrebno. Proces so imenovali planarni, element pa planarni dvojno difundirani tranzistor, ker je imel element vse kontakte (tudi kolektorskega) na planem in nobenega več spodaj. S tako tehnologijo je pozneje R. N. Noyce uresničil svojo idejo o integriranem vezju, kjer je igral planarni tranzistor vse do danes glavno vlogo.

Zaradi izredno tankih baz in majhnih površin spojev, ki so jih omogočili novi postopki, so tranzistorji ponujali čedalje boljše (visokofrekvenčne, kakor tudi enosmerne) lastnosti. Diskretni (posamezni) tranzistorji so imeli nameščeno zunanje največje kolektorsko območje kar neposredno na ohišju; s tem je bilo doseženo tudi dobro odvajanje toplote – hlajenje. Z istim postopkom so lahko sočasno, na isti ploščici (substratu v vlogi kolektorja) nastajala bazna in emitorska območja velikega števila transistorjev, zato je postajala njihova proizvodnja čedalje bolj množična in s tem tudi poceni. Ploščico je bilo še treba samo še razlomiti. Tabletko, prilepljene na ohišje, so imele tako kontakt substrata oziroma kolektorskega območja narejen že kar z njeno montažo.

5. URESNIČENJE MOS TRANZISTORJA

Prve ideje o polprevodniškem ojačevalnem elementu so kar nekaj let temeljile na krmiljenju prevodnosti glavne prevajalne proge (kanala med začetkom – izvorom in koncem – ponorom) z vplivanjem (električnim poljem) iz izolirane krmilne elektrode nad kanalom. Vendar takega elementa dolgo niso mogli tudi praktično zadovoljivo uresničiti. Želeli so krmiliti število večinskih nosilcev elektrine (prevodnost) v kanalu in s tem električni tok skozi kanal.

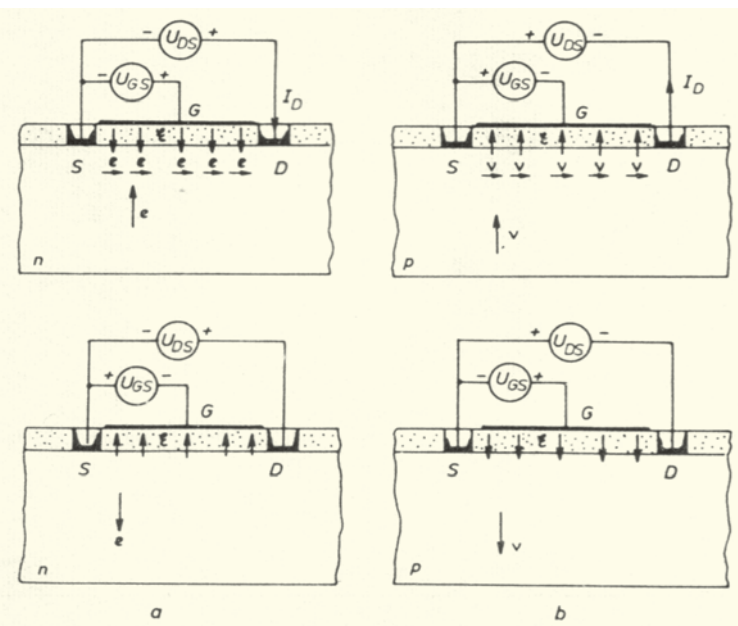
POLJSKI POJAV

Kadar želimo spreminjati prevodnost polprevodnika z učinkovanjem prečnega električnega polja (slika 1), govorimo o poljskem efektu (field effect - FE).

Že zdavnaj prej sta sicer posamezne tovrstne ideje patentirala J. E. Lilienfeld (1926) in O. Heil (1935), in sicer v času, ko je bilo razumevanje fizikalnega dogajanja v polprevodniku še zelo borno. Tudi Shockley je imel svoje predstave o tovrstnem dogajanju; vendar za uresničitev ideje v letu 1945 (slika 1) še niso bile dovolj popolne, zato njegov poskus takrat ni pokazal pričakovanega poljskega učinka. Nato je Bardeen dopolnil takratno poznavanje fizikalnega dogajanja (fizikalni model) s tezo o navzočnosti površinskih stanj – pasti na površini polprevodnika (na stičišču polprevodnika in izolatorja do krmilne elektrode), ki blokirajo delovanje električnega polja s krmilne elektrode (slika 2) globlje v polprevodniku. V naslednjih letih sta nato on in Brattain eksperimentirala z različnimi strukturami (slike 3, 4, 5), vsem pa so spreminjali število nosilcev (prevodnost polprevodnika) z električnim poljem med krmilno elektrodo in polprevodnikom. Ko so po Gibneyjevem nasvetu namesto zraka nalili vmes še elektrolit (boljši dielektrik), je ta toliko povečal polje, da je bilo nenadoma le mogoče vplivati mimo površinskih stanj tudi globlje v polprevodnik. Iz teh poskusov se je potem 1947 povsem po naključju rodil prvi tranzistor s točkastima kontaktoma (slika 6), kmalu nato pa še Shockleyjev spojni tranzistor (slika 7), katerega proizvodnja je nato zamenjala manj ponovljivo tehnologijo prvega točkastega tranzistorja. Pozneje je dobil ime bipolarni (za delovanje so pomembni tako elektroni kot vrzeli) tranzistor.

Vendar sta kmalu nato W. Shockley in G. L. Pearson leta 1948 razvila in nedvoumno potrdila tudi vsa ta leta raziskovani poljski vpliv s krmilne elektrode na polprevodnik in pokazala znatno modulacijo prevodnosti vsaj v površinskem območju polprevodnika.

Ko so v tistem času govorili o spreminjanju gostote nosilcev elektrine v polprevodniku s prečnim električnim poljem iz krmilne elektrode in s tem o modulaciji prevodnosti v vzdolžnem kanalu med izvorom in ponorom, so imeli v mislih vedno



Slika 11. MOS tranzistorja s krmiljenjem večinskih nosilcev elektrine:

- a) elektronov v polprevodniku tipa n,
- b) vrzeli v polprevodniku tipa p

le večinske nosilce (elektrone v tipu n in vrzeli v tipu p). Vendar je mogoče dobiti uporaben element (slika 11) na tej podlagi le pri pogoju, da je ploščina elementa, na katero deluje krmilno električno polje, precej večja od prostornine, v kateri naj se spreminja prevodnost.

Zato so kasneje poskušali vplivati na prevodnost tanjših plasti polprevodnika.

Prvi "tankoplastni" tranzistor s poljskim učinkom (field efekt transistor FET) je objavil P. K. Weimer več let po Shockley-Pearsonovi demonstraciji pojava. Nato pa je dal 1955. leta nadvse zanimiv predlog za nadaljnji razvoj L. M. Ross, kot sledi.

Z določenim električnim poljem s krmilne elektrode je mogoče oblikovati pod površino polprevodnika tudi tanko površinsko plast manjšinskih nosilcev (na sliki 12a spodaj: z negativnim potencialom na krmilni elektrodi so pritegnjene vrzeli v n-polprevodniku in na sliki 12b v sredini: s pozitivnim potencialom elektroni). Zaradi nakopičenih nosilcev te vrste (vrzeli v n-polprevodniku in elektronov v p-polprevodniku) dobi površinska plast polprevodnika lastnosti nasprotnega tipa (p-kanal v n-polprevodniku levo spodaj in n-kanal v p-polprevodniku desno v sredini). Nastala

je invertirana plast oziroma kanal nasprotnega tipa, kot ga je imel osnovni material. Kanal je leta 1953 eksperimentalno dokazal W. L. Brown.

Toda v vsem tem času še vedno niso poznali dovolj kakovostnega izolanta – dielektrika med krmilno elektrodo in polprevodnikom. Potrebna je bila tanka plast (okoli $0,1 \mu\text{m}$), da ne bi bile potrebne prevelike napetosti na krmilni elektrodi (gate) U_G za oblikovanje krmilnega električnega polja. Imeti mora dovolj visoko dielektrično trdnost, saj so potrebna velika polja (tudi 10^6 V/cm) in imeti majhne izgube pri vseh frekvencah delovanja elementa. Danes, ko je ta problem rešen, težko razumemo stisko tistega časa, ko so želeli sicer dober, toda za praktično proizvodnjo elementa neroden, tekoči elektrolit zamenjati s kakšnim trdnim dielektričnim materialom. Pri tem pa bi moral ta imeti zahtevane električne lastnosti in biti tehnološko preprosto uresničljiv. Šele 1959. leta je za dielektrik pod krmilno elektrodo Atalla predlagal termično raščen oksid (SiO_2), ki zraste na Si kristalu pri visokih temperaturah v oksidacijskih pečeh ($1100\text{-}1250^\circ\text{C}$). Predlog je bil posledica obširnih raziskav postopkov za rast SiO_2 in njegovih lastnosti v Bellovih laboratorijih v tistem času. Oksidne SiO_2 plasti so imele visoko dielektrično trdnost in majhne izgube, predvsem pa preprost tehnološki postopek za njihovo uresničenje.

Tako sta D. Kahng in M. M. Atalla 1960. leta patentirala prvi MOS (metal-oxide-semiconductor) tranzistor. Vendar ponovljivost pri izdelavi tranzistorjev ni bila zadovoljiva. Motil je neposreden vpliv površinskih stanj na meji Si-SiO_2 , pa tudi navzočnost škodljivih vgrajenih ionov (predvsem natrijevih) v SiO_2 . Ti so vezali elektrino v polprevodniku, da ni bila gibljiva za vzdolžni pretok. Ko so dognali, kako je mogoče zmanjšati število nezaželenih ionov v SiO_2 , je bila pot za industrijsko izdelavo MOST odprta. Niti danes, po več kot sedeminštiridesetih letih, za SiO_2 ni prave zamenjave.

6. DELOVANJE MOS TRANZISTORJEV

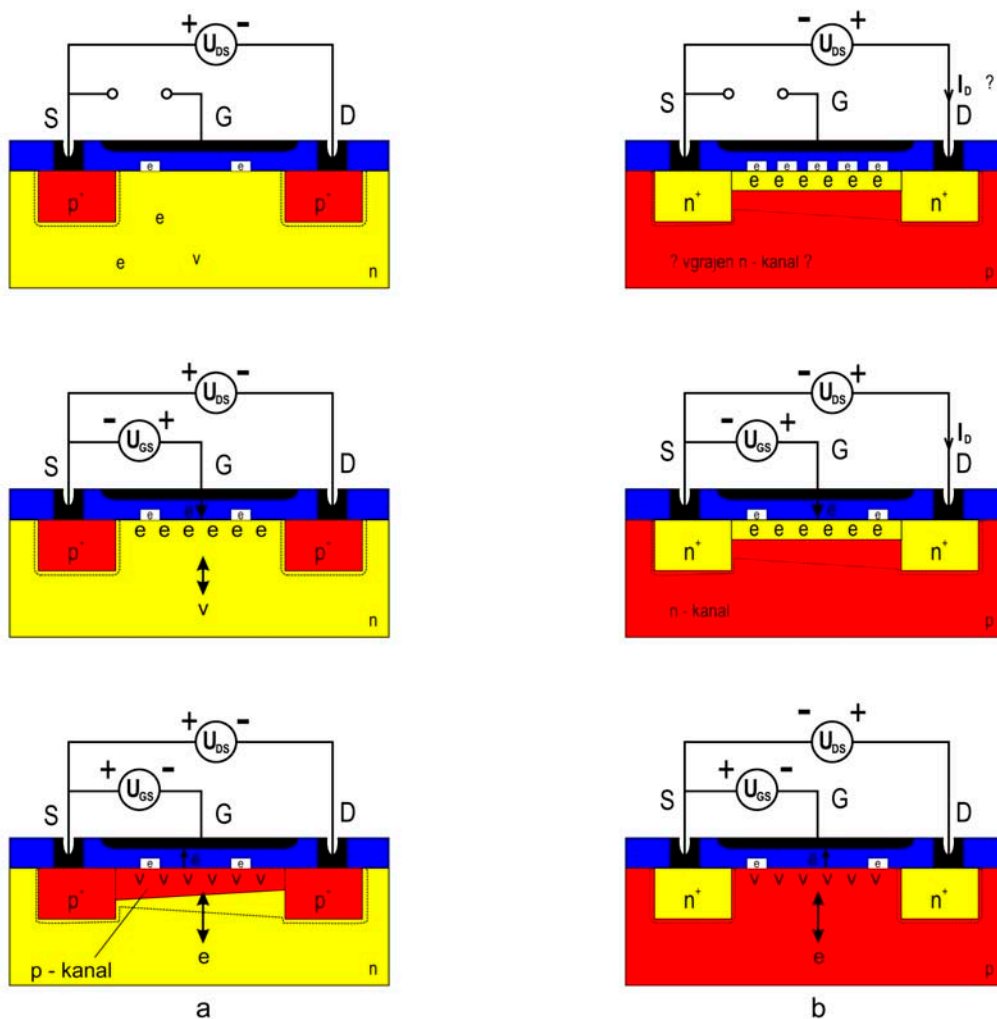
Pri prvih MOS tranzistorjih so z električnim poljem krmilili pretok večinskih nosilcev (slika 11), pozneje pa so prodrle strukture, kjer je električno polje pritegnilo manjšinske nosilce elektrine pod površino in oblikovalo kanal za njihov pretok skozi transistor (slika 12) spodaj levo in v sredini desno). V obeh primerih se v kanalu pretakajo le ene vrste nosilci, zato take elemente imenujemo unipolarne tranzistorje v primerjavi z bipolarnimi (slika 7), kjer delovanje temelji na prepletajoči se igri obeh vrst nosilcev pri prehodu (od emitorja do kolektorja) skozi element.

Rossov predlog, ko so s poljem krmiljeni manjšinski nosilci v polprevodniku, je omogočil današnjo zvrst tranzistorjev: MOS tranzistorje z invertiranim kanalom (slika 12). Tam se zaradi

vplivajočega prečnega polja nabere večje število gibljivih manjšinskih nosilcev v tanki plasti pod površino polprevodnika, zato dobi ta plast lastnost nasprotnega tipa. Pravimo, da je tam tip polprevodnika invertiran, da je nastala invertirana plast. Taka plast pa omogoči kanal med izvorom in ponorom. Če pozorno pogledamo strukturo (slika 12), opazimo, da sta v osnovni material vdfundirani področji izvora (source) in ponora (drain) nasprotnega tipa, kot ga ima substrat, vmes pa mora biti iz krmilne elektrode (gate) oblikovan kanal (istega tipa kot ga imata izvor in ponor).

Na voljo imamo torej dva tipa MOST.

MOST z induciranim kanalom, kjer šele pritisnjena napetost na krmilni elektrodi, ki je večja od pragovne napetosti, značilne za tranzistor (danes



Slika 12. MOS tranzistorja s krmiljenjem manjšinskih nosilcev elektrine: a) v p-kanalu, b) v n-kanalu

pod iV , včasih kar nekaj voltov), ustvari (inducira) kanal. Če se pritisnjena napetost veča, se veča tudi kanal; če se manjša, seveda ni kanala.

MOST z vgrajenim kanalom, ki je navzoč že takrat, ko še ni nikakršne pritisnjene napetosti. V eno smer bo napetost kanal še večala, v drugo pa ga bo spet pri določeni pragovni napetosti zaprla in ostajal bo zaprt tudi pri večjih napetostih v to smer.

Za ojačenje majhnih signalov so primerni eni in drugi tranzistorji (z vgrajenimi in induciranimi

kanali). Oboji imajo vse potrebne lastnosti za ojačenje majhnih signalov v majhnem območju karakteristik (odvisnosti med tokom ponora in napetostmi na krmilni elektrodi in ponoru).

Za preklopne elemente v digitalnih vezjih pa so neprimerni, ker bi za krmiljenje potrebovali tako $-U_{GS}$ (ni n-kanala) kot tudi $+U_{GS}$ (za induciranje n-kanala, ker vgrajeni n-kanal pri $U_{GS}=0$ navadno še ne zadostuje). Za dve vrsti napetosti pa bi potrebovali dva usmernika in ustrezno vmesno vezje med dvema stopnjama. Pri induciranjem p-kanalu tega problema ni: $U_{GS}=0$ zapre transistor, $-U_{GS}$ pa ga odpre.

p IN n-KANAL V MOST

Dokler med izvorom in ponorom ni ustvarjen kanal (slika 12a zgoraj in v b spodaj), ne more teči noben vzdolžni tok. Negativni potencial na krmilni elektrodi (slika 12a spodaj) zbere vrzeli (manjšinske nosilce elektrine v polprevodniku tipa n) in ustvari p kanal med področjema tipa p: izvorom in ponorom, zato tranzistor prevaja sorazmerno krmilni negativni napetosti. Pozitivni potencial (slika 12a v sredini) zbere pod krmilno elektrodo elektrone (večinske nosilce v substratu tipa n), vendar se ti prek pn spojev ne morejo pretakati, zato je tranzistor tudi v tem primeru zaprt. Elektrina v površinskih stanjih pri tej strukturi osnovnega delovanja ne moti. Za odpravo njenega vpliva je potreben le določen del začetne krmilne napetosti, zato mora ta napetost U_{GS} , preseči pragovno napetost U_T . Slednja pa ni odvisna samo od navzočnosti površinskih stanj, ampak tudi drugih fizikalnih parametrov (koncentracije primesi v polprevodniku, materiala za krmilno elektrodo...).

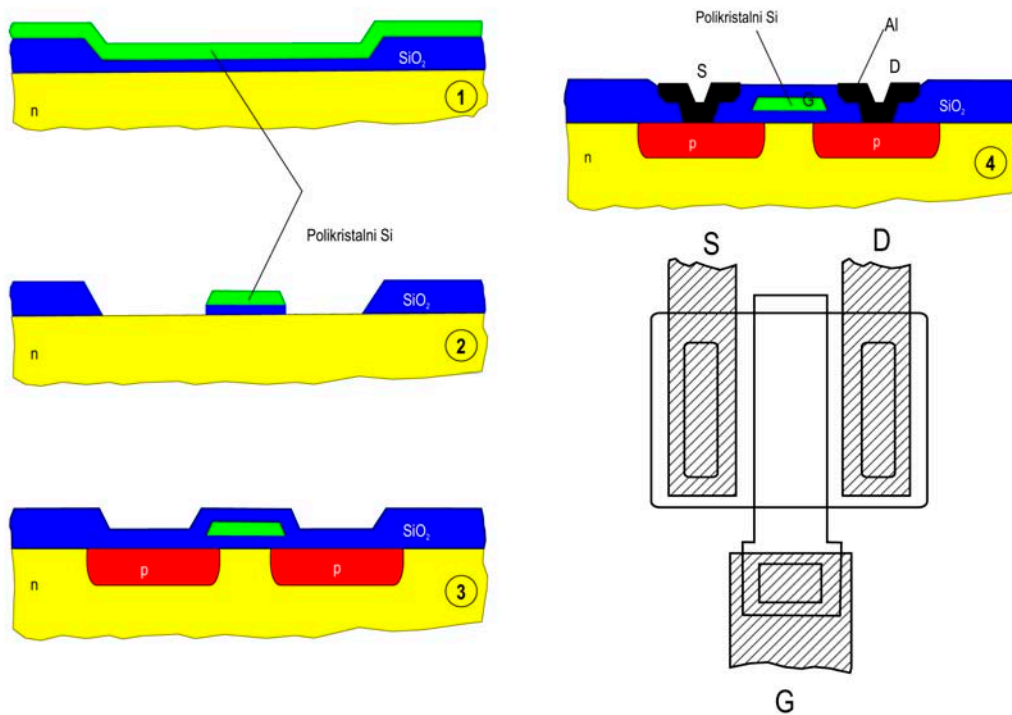
Seveda pa podobno nastane n-kanal v polprevodniku tipa p (slika 12b v sredini) s pozitivno napetostjo na krmilni elektrodi, medtem ko ga pri negativni ni (slika 12b spodaj). Vendar lahko površinska stanja s svojim pozitivnim nabojem že tudi kar sama, brez krmilne napetosti, oblikujejo n-kanal. Tak kanal se imenuje vgrajeni n-kanal, ki ga pozitivna U_{GS} še povečuje, negativna pa razgrajuje. Zato je šele pri $-U_{GS} < -U_T$ lahko tranzistor povsem zaprt.

Istovrstni (pozitivni) značaj površinskih stanj vnaša nesimetrijo v delovanje obeh vrst tranzistorjev in narava ponuja tranzistorje z induciranimi p-kanali in vgrajenimi n-kanali. Seveda je vpliv površinskih stanj samo eden od prepletajočih se fizikalnih vplivov, zato je mogoče v bolj dopiranem osnovnem polprevodniku dobiti tudi inducirane n-kanale.

Tako je pri digitalnih vezjih na začetku prevladovala tehnologija MOS tranzistorjev s p-kanalom, čeprav so vedeli, da so elektroni do 3-krat gibljivejši v n-kanalu kot vrzeli v p-kanalu. Šele s popolnejšim razumevanjem fizikalnega dogajanja v elementu je bilo mogoče upoštevati nasprotujoče si fizikalne učinke in z določenim tehnološkim pristopom pri izdelavi zelenega MOST z induciranim n-kanalom.

Poleg tega je imel MOS tranzistor s p-kanalom precej veliko pragovno napetost $U_{GS} = -4$ V. Pri tem so se seštevali vsi vplivi: zaradi površinskih stanj, lastnosti izolanta, koncentracije primesi v osnovnem polprevodniškem telesu in končno je vplivala tudi izbira materiala za krmilno elektrodo. Boljša permeabilnost izolanta (SiO_2 ima $\epsilon_r = 3,9$) bi že znižala pragovno napetost. Našli so sicer silicijev nitrid (Si_3N_4) z $\epsilon_r = 7,5$, vendar na spoju med Si in Si_3N_4 nastane večje število površinskih stanj, ki imajo nasproten vpliv; saj želijo povečati pragovno napetost. Zato so naredili najprej tanko oksidno, nato pa šele nitridno plast za uresničenje zgornje ideje. Tak tranzistor se je imenoval MNOS tranzistor. Pri tem ponovno vidimo, kako veliko je bilo odkritje termično raščene silicijevega dioksida, ne samo za zaščitni oksid za difuzijske maske, temveč tudi za dielektrik, ki posreduje električno krmilno polje iz krmilne elektrode MOST.

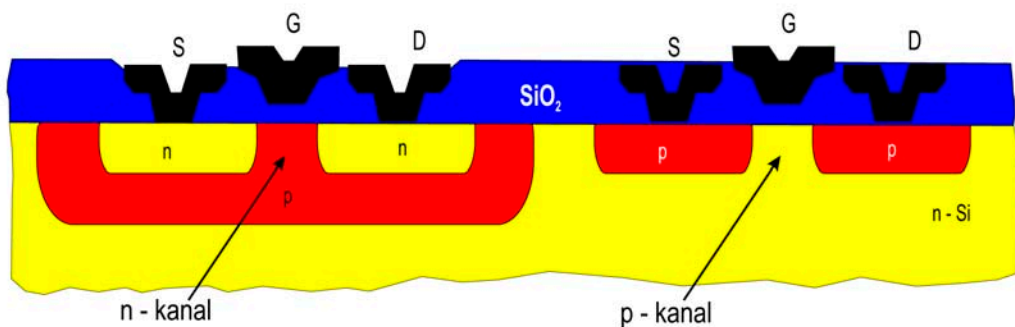
Pogosto srečamo tudi MOS tranzistorje s silicijevo krmilno elektrodo (silicon gate). Drugačno izstopno delo na poti silicij-oksidi-silicij v primerjavi z navadno strukturo aluminij-oksidi-silicij ugodno vpliva, ker zmanjšuje pragovno napetost takih tranzistorjev (slika 13).



Slika 13. MOS tranzistor s silicijevo krmilno elektrodo

Tudi združenje obeh tranzistorjev z enim in drugim kanalom, ki sta ga 1963. leta patentirala F. M. Wanlass in C. T. Sah, je zelo pomembno zaradi izredno ekonomične porabe energije. V vsaki celici nastopata tako MOS tranzistor z n, kot tudi s p-kanalom, zato se imenuje komplementarna MOS (CMOS) celica (slika 14). Od obeh tranzistor-

jev je v mirovanju celice, če predstavlja stikalo, vedno eden odprt, drugi pa zaprt, zato ne teče iz baterije noben tok. Le v kratkem preklopnem času sta nekako odprta oba: eden bolj, drugi manj. Zato le takrat teče preko celice tok iz napajalnega vira. Nato pa je prvi zaprt ter drugi odprt in zopet ni porabe.



Slika 14. CMOS celica

Konec prvega dela, drugi del o izumu in razvoju integriranih vezij — o mikroelektroniki — bo objavljen v jesenski številki te revije.

SPONZORJI

SIZ se zahvaljuje za prispevke leta 2003,
ki so jih donirali:

ELEKTRO CELJE d.d.
ELEKTROSERVISI, d.d.
LEK d.d.
GRADIS SKUPINA G d.d.
**IRGO, INŠTITUT ZA RUDARSTVO,
GEOTEHNOLOGIJO IN OKOLJE
INŠTITUT ZA METALNE KONSTRUKCIJE
MOTOMAN ROBOTEC d.o.o. RIBNICA
ELEKTRO LJUBLJANA d.d.**
IMOS d.d.
TRIMO d.d.
**KEMIJSKI INŠTITUT LJUBLJANA
NUMIP d.o.o.**
TSE d.o.o.
**OBRTNO PODJETNIŠKA ZBORNICA SLOVENIJE
ELEKTROINŠTITUT MILAN VIDMAR
SMART COM d.o.o.**
RTH, RUDNIK TRBOVLJE-HRASTNIK d.o.o.
ELEKTROSPOJI d.o.o.
**IRMA, INŠTITUT ZA RAZISKAVO MATERIALOV
IN APLIKACIJE d.o.o.**
TELEKOM SLOVENIJE d.d.
SCT d.d.
ZRMK HOLDING d.d.
KRKA d.d.
PRIMORJE d.d.
PREMOGOVNIK VELENJE d.d.

Ob izidu revije Inženir leta 2008 pa so prispevali:
-

Oglasi:
Hidria
Premogovnik Velenje
Primorje
-

Glavni sponzor:
MEDIAtel, Ljubljana



PREMOGOVNIK VELENJE
je pomemben in zanesljiv člen
v oskrbi Slovenije
z električno energijo.



ČUT ZA PRIHODNOST

PODJETJE **MEDIA**tel



je sistemska hiša za interaktivne multimedijske aplikacije z odličnimi referencami doma in v tujini. Podjetje, ki se z razvojem in uvajanjem novih tehnologij ukvarja že vrsto let je zaradi svoje vizije "LIVE STYLE OF THE FUTURE, BEGINN'S TODAY!", dober partner različnih podjetij.

Mediatel kot sistemski integrator avdio, video, multimedijske, svetlobne, krmilne in telekomunikacijske tehnologije, ponuja:

- interdisciplinarno združevanje tehnologij v enovite rešitve,
- razvoj novih sistemskih rešitev in nadgradnjo obstoječih,
- sistemsko integracijo,
- prilagoditev uporabniškega vmesnika končnemu uporabniku,
- razvoj programskih rešitev, ki posegajo v tehnološka jedra posameznih sklopov tehnologij.

Svojim partnerjem in strankam ponujamo rešitve na različnih področjih:



PODATKOVNI/VIDEO PRIKAZOVALNIKI ZA NADZORNE CENTRE

vključuje jovo potrebno strojno in programsko opremo za prikaz podatkov, shem in video signalov na velikozaslonskih monitorjih kot so LCD, projekcijski prikazovalniki, ...



SISTEMI DIGITALNEGA OGLAŠEVANJA

LiveGLASS je celovita rešitev digitalnega oglaševanja za kreiranje, razvrščanje, distribucijo in prikaz teksta in multimedijskih datotek na prikazovalnikih.

| Odsotni | Ura | Razred | Nadomestila | Obvestila za učence |
|---------|-----|--------|-------------|---|
| Herzog | 3 | 7.d | Mrzel | 1 V petek 7.6 bo akcija zbiranja starega papirja. Prinesite ga čim več. |
| Herzog | 4 | 5.c | Kadivnik | 2 Zaradi vročega vremena se bo letos šolsko leto skrajšalo za en teden. |
| Brence | 4 | 7.a | Bastar | |
| Željko | 5 | 1.c | Nosan | |

Četrtak, 24.04.2007, 08:38 1. URA

url: <http://www.o-vvodnika.lj.edus.si> tel: 01 5007 150

INTERAKTIVNI MULTIMEDIJSKI PORTAL

združuje:

- IP televizijo,
- video na zahtevo,
- elektronske časopise,
- krmiljenje ozvočenja,
- brskanje po internetu,
- krmiljenje zaves, luči, klimatskih naprav, ...



SISTEMI ZA UPRAVLJANJE MULTIMEDIJSKIH NAPRAV

s pomočjo različnih ekranov na dotik imamo možnost krmiljenja vseh multimedijskih naprav v prostoru in preko IP omrežja tudi v oddaljenih prostorih.



DISTRIBUCIJA AVDIO/ VIDEO SIGNALOV

preko analognih povezav in IP omrežja lahko avdio/video signale prenašamo v analogni ali digitalni obliki na poljubne lokacije in tudi na Internet.



INTERAKTIVNE TABLE

predstavljajo z ustreznimi programskimi rešitvami nepogrešljiv pripomoček pri učnih procesih, sestankih in predavanjih.



Naš cilj je tudi v prihodnje slediti svetovnim trendom razvoja in krepiti svojo aktivno vlogo, se hitro odzivati na potrebe domačega in tujega okolja ter bogatiti paleto svojih storitev in vsebin.



Misel.
Zamisel.
Velika dela.

V sozvočju nove razsežnosti.

Sončna energija v stavbah

1. DAN, SREDA, 14. MAJ 2008

Gospodarska zbornica Slovenije, Dimičeva 9, Ljubljana, dvorana A

8:30 - 9:30 Registracija

PLENARNA SEKCIJA

9:30 - 10:00 Uvodni govori

Tanja Mohorič, predsednica STTP
Janez Podobnik, minister za okolje in prostor
Gerhard Stryi-Hipp, predsednik ESTTP

10:00 - 11:00 Zakonodaja in vzpodbude
ODMOR

Ricardo Battisti, Ambienetitalia

11:30 - 12:30 Solarno termalni trg
Obnovljiva energija v stavbah

Gerhard Rabensteiner, ESTIF
Brigitte Bach, arsenal research

12:30 - 13:00 Razprava
KOSILO

SEKCIJE

14:00 - 15:00 Termosolarni izzivi

Dr. Sašo Medved, Fakulteta za strojništvo, Ljubljana

15:00 - 16:00 Fotovoltaika v Sloveniji

Dr. Marko Topič, Fakulteta za elektrotehniko, Ljubljana

Sončna arhitektura

Dr. Aleš Krainer, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana

ZAKLJUČNA SEKCIJA

16:00 - 16:30 Zaključni konference

Dr. Aleš Mihelič, Ministrstvo za visoko šolstvo, znanost in tehnologijo

Zaključni govor

Mag. Črtomir Remec, CBS Inštitut, Trimo

2. DAN, PETEK, 16. MAJ 2008

Strokovne delavnice 9:30 - 15:00: Trimo, Hidria, ZAG



Občuti sonce, prepusti se energiji



**VABIMO NA SEJEM ENERGETIKA,
CELJE: 13. – 16. maj 2008**

V Hali L na razstavnem prostoru št. 9 predstavljamo:

- hišo sonca z inovativnimi termosolarnimi rešitvami
- novosti s področja klimatskih naprav in distribucije zraka
- predstavitev izbornih programov za hiter izbor in izračun izdelkov

Informacije:
Hidria IMP Klima d.o.o.
PE Obnovljivi viri in toplotni
prenosniki
Vojkova 58, 1000 Ljubljana
E: collectors@hidria.com
T: 01 300 52 15
www.hidria.com

Hidria