

V. Jovašević
D. Tošić
S. Zarić
Lj. Maksimović

Institut "Boris Kidrič" - Vinča

TEMPERATURNO POLJE U PODU BETONSKOG
REAKTORSKOG SUDA

Temperaturno polje u podu betonskog reaktorskog suda uslovljeno je toplotnom kondukcijom, zapreminskom generacijom toplote - usled nuklearnog zračenja, - prostornom distribucijom prodora kroz pod suda, koji obzirom da su hladjeni posebnim rashladnim sistemom predstavljaju toplotne ponore i, najzad, graničnim uslovima na konturnim površinama.

Na sl. 1. šematski je prikazan uzdužni - vertikalni - presek kroz jedan cilindrični osnosimetrični betonski reaktorski sud sa ravnim dnom i tavanicom, i segment poprečnog - horizontalnog - preseka suda, koji je ugaono dvanaestosimetričan, obzirom na raspored prodora kroz pod suda.

U bočnim zidovima suda ugradjen je dvostruki koncentrični kavez metalnih cevi kroz koje protiče rashladni fluid, povezan sa spoljnim sistemom za hladjenje. Unutarnji kavez rashladnih cevi prolazi vertikalno - kroz pod suda, dok spoljni kavez skreće radijalno i izlazi horizontalno vani - na nivou unutrašnje površine dna suda.

Vertikalni prodori kroz pod suda imaju određene tehnološke namene - veza moderatorskog suda sa primarnim cirkulacionim kolom, kanali: za kontrolne šipke, za merenja, za zamenu gorivih elemenata itd. - i obzirom na različite toplotne uslove grejanja u njima hladjeni su posebnim sistemom povezanim sa glavnim rashladnim sistemom, i to duž cilindričnog omotača, od spoljne površine dna suda do izvesne dubine poda.

Zapreminska generacija toplote usled nuklearnog zračenja u podu suda, usvojena je kao eksponencijalna funkcija dubine prodiranja zračenja u beton. Radi uprošćenja problema usvojeno je da distribucija zapreminske toplotne generacije nije funkcija radijusa. Dakle:

$$Q = Q_0 e^{-mx} \quad (1)$$

gde je:

- Q i Q_0 - gustina zapreminske generacije toplote na dubini x i 0 , - (W/m^3)
 m - koeficijent slabljenja zračenja sa dubinom prodiranja u pod - ($1/m$)
 x - dubina, računata od unutrašnje površine dna - (m).

Temperatura ponora, tj. omotača cevi prodora, usvojena je kao linearna funkcija visine, odnosno dubine:

$$\theta_p = \theta_u + k_1(h_p - x) \quad \text{za } (h_p - e) \leq x \leq h_p \quad (2)$$

$$\theta_p = \theta_u + k_1(h_p - e) + k_2(e - x) \quad \text{za } 0 \leq x \leq (h_p - e)$$

gde je:

- θ_p - temperatura prodora na dubini x - ($^{\circ}C$)
 θ_u - temperatura ulazne vode koja hladi prodore - ($^{\circ}C$)
 k_1 i k_2 - koeficijenti linearnog rasta temperature duž prodora - ($^{\circ}C/m$)
 e - dubina na kojoj prestaje hladjenje prodora (m)

Konturne površine čoška suda su:

- spoljne površine cilindra i dna suda,
- vertikalni cilindrični omotač unutrašnjeg kaveza rashladnih cevi, i
- prstenasta površina horizontalne ravni na nivou unutrašnje površine dna suda, kroz koju prolazi radialna lepeza spoljnog kaveza rashladnih cevi.

Temperatura spoljnih površina dna i čoška suda - θ_a , usvojena je za nekoliko stepeni iznad temperature ambijentnog vazduha. Za unutrašnju - gornju - površinu poda reaktorskog suda usvojeno je da je uniformne temperature i da je jednaka temperaturi povratne teške vode - na ulazu u tehnološke kanale - θ_{pv} . Na unutrašnjim konturnim površinama čoška suda (vertikalnoj - uz unutrašnji registar, i horizontalnoj - uz spoljni registar rashladnih cevi) usvojena je linearna promena temperature, kao i duž toplotnih ponora.

Usvojeno je da je toplotna vodljivost betona homogena i da nije funkcija temperature.

Prostorno temperaturno polje poda betonskog reaktorskog suda moguće je rešavati u trima karakterističnim ravnima sa sl. 1. a na osnovu sledećih analiza.

Zahvaljujući dvanaestougao simetričnoj raspodeli prodora kroz pod suda, meridionalne ravni I-I i II-II su adiabat-ske ravni za toplotne tokove upravne na njih - tj., u ovim ravnima egzistiraju određena temperaturna polja i toplotni tokovi ali nema toplotnih tokova kroz njih.

Iz zadanih polaznih podataka - geometrije, toplotne generacije, i graničnih uslova - konstatuje se, a dobijena temperaturna topografija za meridionalne ravni to i potvrđuje, da unutar poda reaktorskog suda egzistira jedna prostorna površina višeg reda koja je razdelnica toplotnih tokova usmerenih na više - ka unutrašnjoj površini, i na niže - ka spoljnjoj površini dna suda. Ova prostorna razdelna površina, obzirom na mala odstupanja od neke horizontalne ravni, može se aproksimirati ravnom razdelnom površinom, nazvanom ekvatorijalna ravan. Naravno, ovo je moguće izvršiti samo u samom podu - a ne i u čošku suda. Za ekvatorijalnu ravan obzirom da je razdelnica toplotnih tokova naviše i naniže, važi isti zaključak kao i za meridionalne

ravni - tj. da kroz nju nema toplotnih tokova, iako u ravni egzistiraju temperaturna polja i toplotni tokovi.

Temperaturno polje ćoška suda je dvodimenzionalno, obzirom na usvojene konturne površine i zadate granične uslove, na njima i identično je u svim meridionalnim presecima.

Numerički proračun temperaturnog polja u ovim ravnima izvršen je na računskoj mašini ZUSSE-24 i dobijena je temperaturna topografija u tim ravnima - prikazana na dijagramima u prilogu.

Rezultati dobijeni za meridionalne ravni daju kompletnu kvalitativnu i kvantitativnu sliku temperaturne topografije u njima za zadane uslove. Unošenje radijalne distribucije toplotne generacije znatno bi snizilo visoke vrednosti temperatura u oblasti velikih radijusa, i svelo ih na veličine koje su bliske vrednostima dobijenim u oblastima manjih radijusa.

Temperaturna topografija ekvatorijalne ravni daje samo kvalitativnu sliku konfiguracije temperaturnog polja u njoj, jer dominantno - vertikalno - toplotno odvođenje, kroz pod betonskog suda, ne učestvuje u limitiranju vrednosti koje se dobijaju pri ravanskom rešavanju polja. Ovi rezultati bi se znatno popravili unošenjem radijalne distribucije zapreminske toplotne generacije.

Konstatujemo da ravanskim rešavanjem prostornog temperaturnog polja pod betonskog reaktorskog suda, u karakterističnim meridionalnim i ekvatorijalnoj ravni, daju potpunu informaciju o obliku polja u podu a pri unošenju zakona radijalne distribucije toplotne generacije u proračun, i tačne vrednosti polja u meridionalnim ravnima.

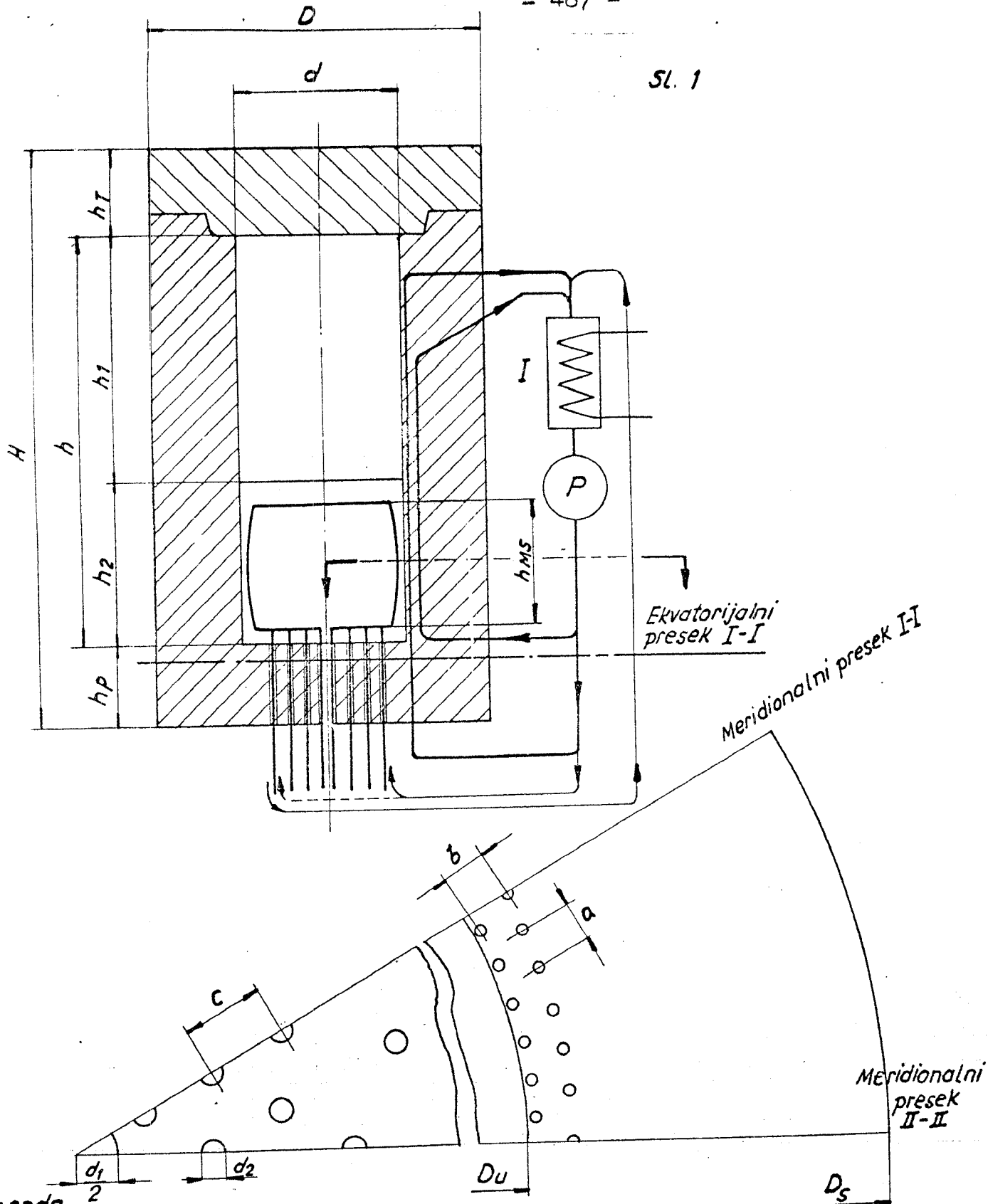
Temperaturna topografija u karakterističnim ravnima je dobijena za proračune izvršene sa sledećim vrednostima parametara:

$D_u = 8,5 \text{ m}$	$d_1 = 0,58 \text{ m}$	$Q_0 = 18 \text{ kW/m}^3$	$\theta_{pv} = 65 \text{ }^\circ\text{C}$
$D_s = 15 \text{ m}$	$d_2 = 0,22 \text{ m}$	$m = 8,5 \text{ l/m}$	$\theta_a = \theta_u = 25 \text{ }^\circ\text{C}$
$h_p = 4 \text{ m}$	$c = 0,50 \text{ m}$	$\lambda = 2 \text{ W/m}^\circ\text{C}$	$k_1 = 2,6 \text{ }^\circ\text{C/m}$
$e = 0,2 \text{ m}$			$k_2 = 150 \text{ }^\circ\text{C/m}$

Bibliografija

1. M.Zdravković - Tehnika, juli 1966.
2. S.Zarić, V.Jovašević - Izveštaj SKNE P-NE-7/1967/I 4.1.
3. S.Zarić, V.Jovašević, D.Tošić - XII konf. ETANA - Rijeka 1968
4. M.Zdravković, V.Vlajić - I simp. UNO, Rijeka 1968
5. V.Jovašević, D.Tošić, S.Zarić - Izveštaj SKNE. P-NE-3.2.1/1968

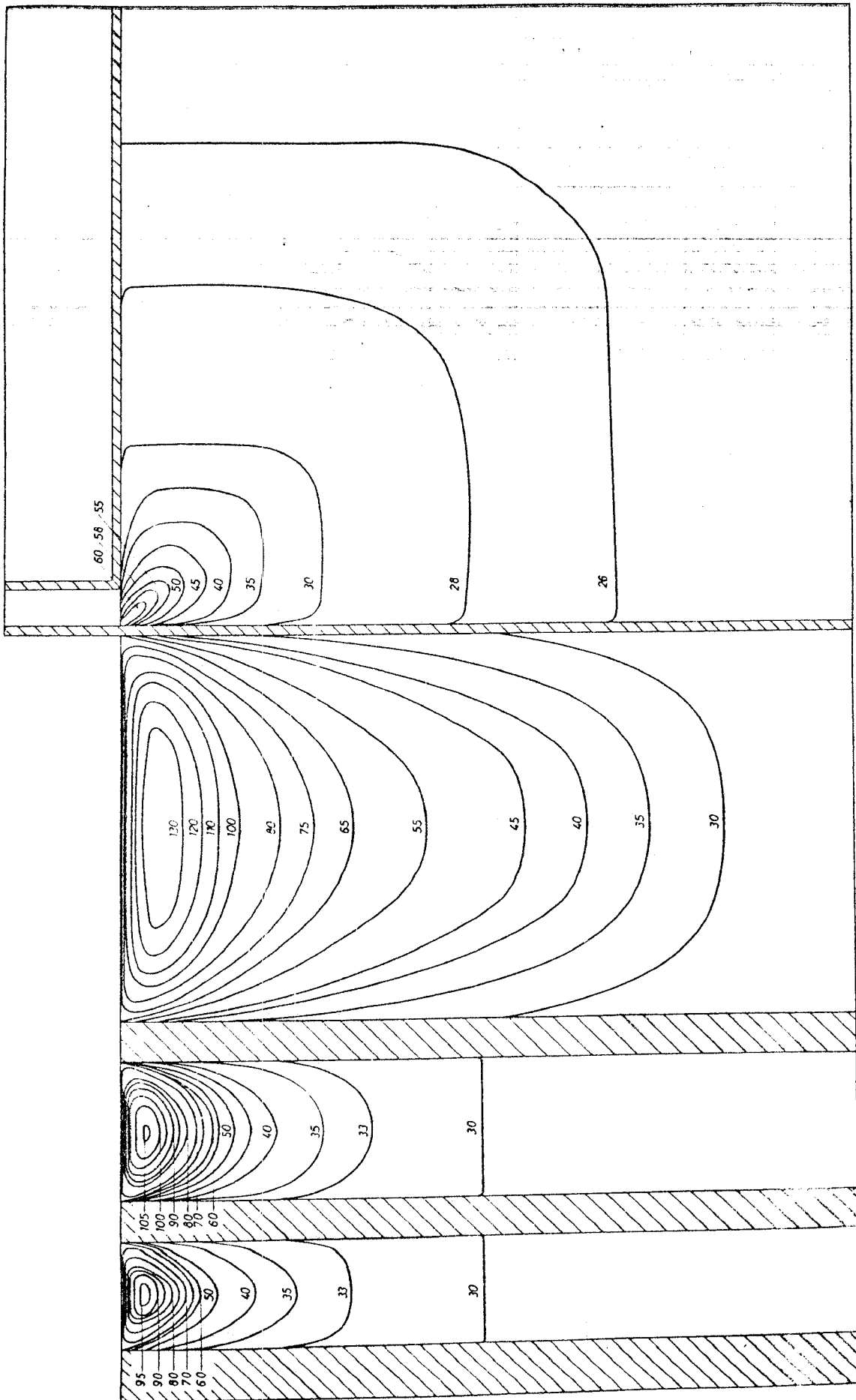
Sl. 1



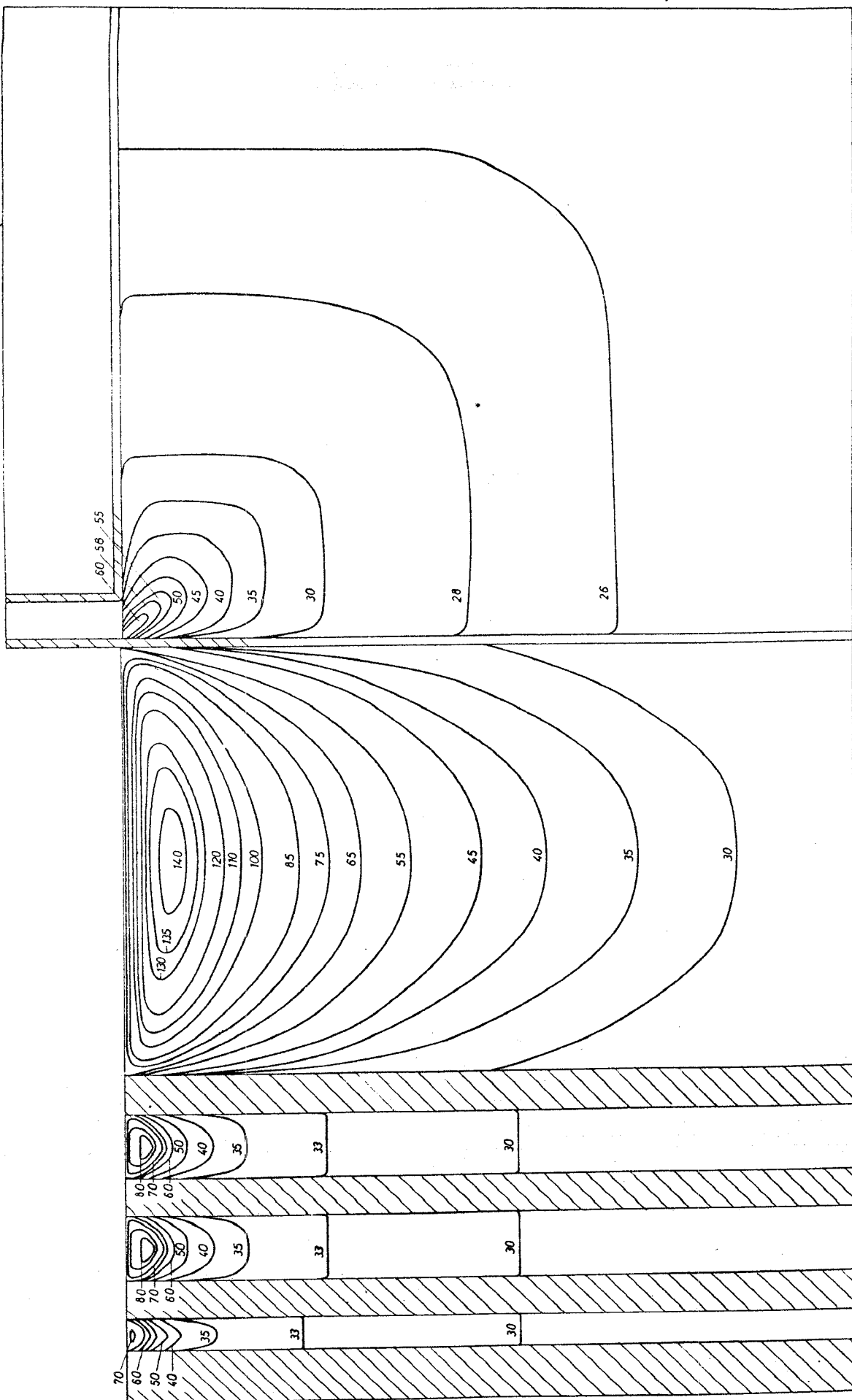
legenda

- D_s - spoljni prečnik suda
- D_u - unutrašnji prečnik suda
- H - spoljna visina suda
- h - unutrašnja visina suda
- h_p - debljina poda
- h_T - debljina tavanice
- h_{MS} - visina moderatorskog suda
- d_1, d_2 - prečnik prodora u podu

- a - perimetriski korak rashladnih cevi u bočnom zidu
- b - radijalni korak rashladnih cevi u bočnom zidu
- c - korak prodora u podu
- P - pumpa
- I - izmenjivač toplote (hladnjak)

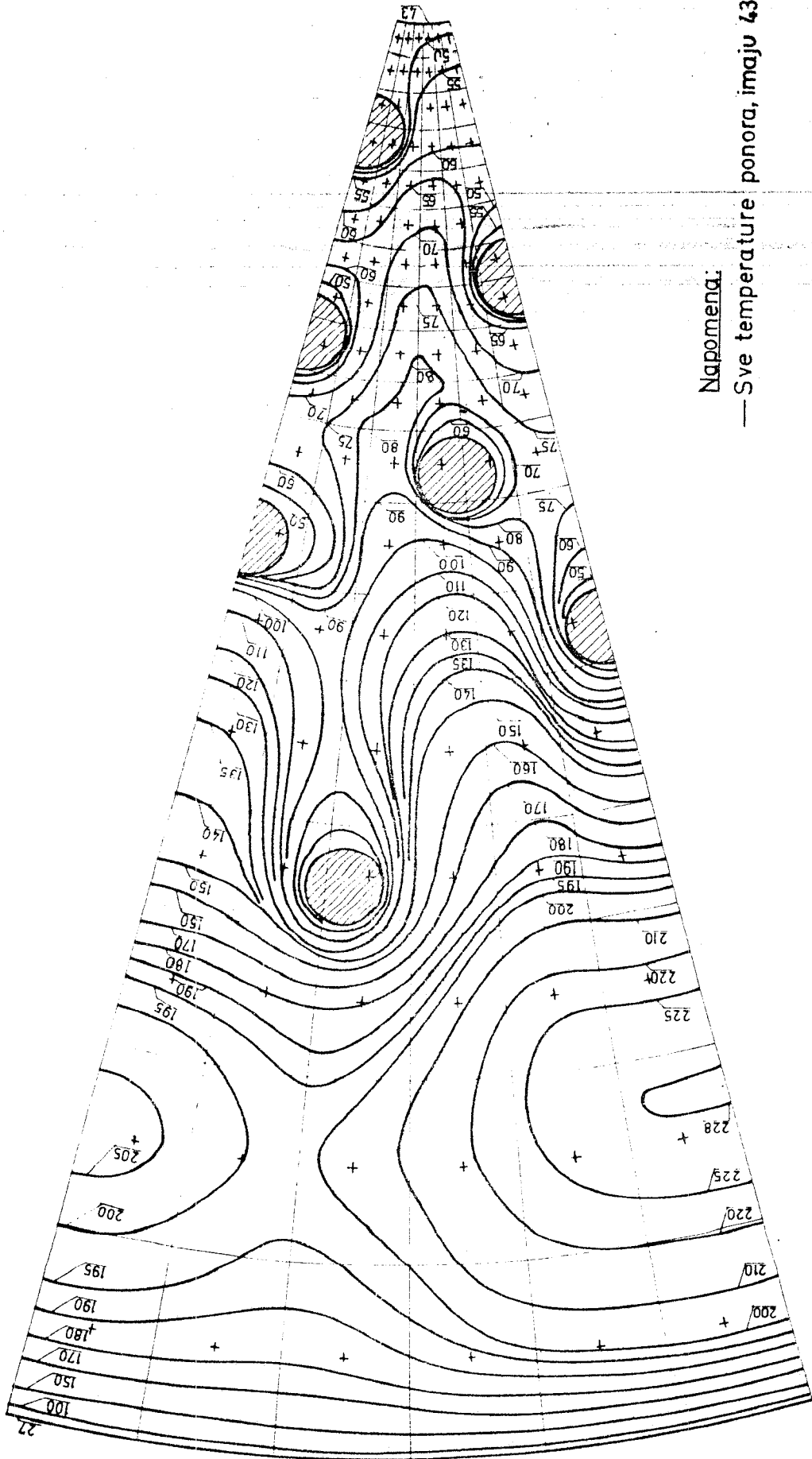


MERIDIONALNI PRESEK II II



MERIDIONALNI PRESEK 11

EKVATORIJALNI PRESEK II



Napomena:

— Sve temperature ponora, imaju 43 °C.