

RN 57b

GOSPODARSKA IZRABA SLOVENSКИH REK TER NJIHOV VPLIV  
NA OKOLJE

Mitja Bricelj  
dr. Darko Radinja

## Namen dela:

V nalogi nameravamo do konca srednjeročnega obdobja celovito preučiti vlogo in pomen reke Save v SR Sloveniji, vključno s Savo Bohinjko in Savo Dolinko.

Greza kompleksno zastavljen projekt, ki bo pokazal današnjo stopnjo gospodarske izrabe naše najdaljše reke (od vodne oskrbe za pitno, tehnološko in vodo za namakanje, hidroenergetske izrabe, vira gradbenih mineralov: gline, mivke, proda, peska, ribištva, prometnega in turističnega pomena). Vse te dejavnosti bomo medsebojno funkcijsko primerjali in tudi ekonomsko ovrednotili tako, da bomo dobili predstavbo kakšen gospodarski potencial je lociran ob naši glavni reki.

V drugem delu naloge bomo preučili vpliv vseh gospodarskih obratov na kakovost rečne vode in njihov fizični in družbenogeografski pomen v širšem okolju. Poseben poudarek bo na ugotavljanju degradacije okolja in njegovem vrednotenju.

Ugotavljali bomo tudi gospodarsko izrabo reke v prejšnjem stoletju in upoštevali načrtovano izrabo reke v prihodnosti. S celovito predstavitvijo današnjega stanja in upoštevanjem predhodne ter načrtovane izrabe bo imela naloga tudi komparativni vidik kar ji bo dajalo uporabno vrednost v planiranju. Zaradi medrepubliškega pomena reke Sava (in v zadnjem času zmeraj bolj aktualne ekološke problematike) bo naloga zanimiva tudi za SR Hrvaško in SR Srbijo.

**Opis dela:** Občina Jesenice - upravljajo s Savo Dolinko

- je imela leta 1985 le 0,2 % v družbenem proizvodu ustvar-

V prvi fazi - v letu 1987 - smo se omejili na raziskavo Save Dolinke in Save Bohinjke do sotočja v Radovljici. Ob pregledu obstoječe literature in virov, ki vsaj deloma vključujejo obravnavano tematiko, smo v sodelovanju z Zavodom za ribištvo SRS sestavili seznam najbolj kritičnih točk na obravnavanih rekah. Ob njih prihaja zaradi različnih oblik degradacije reke do konflikta med različnimi gospodarskimi dejavnostmi.

Z anketami smo zbrali podatke o hidroenergetski izrabi obeh rek (Dolinka s Pišnico: 65859 MWh/leto in Bohinjka 18779 MWh/leto). Ugotavljamo, da elektrika proizvedena na Dolinki zadostuje za potrebe občine Jesenice brez Železarne (z njo pa komaj za petino). Na Bohinjki pa proizvedejo komaj 17 % elektrike, ki jo rabijo v občini Radovljica.

Pridobivanje elektrike je hkrati najbolj pomembna gospodarska dejavnost na obeh rekah. Prihodek iz te dejavnosti predstavlja kar 88 % družbenega proizvoda, ki je ustvarjen na reki. Ob tem pa čistilnih naprav za čiščenje odpadnih voda ob Bohinjki sploh ni, ob Dolinki pa so njihove zmogljivosti

Z metodo ankete smo zbrali tudi podatke o letni količini izkopanega proda, peska in mivke na obeh prodonosnih rekah (v letu 1986 so na Dolinski izkopali 76 000 m<sup>3</sup>; na Bohinjki pa 4 500 m<sup>3</sup>). To je sicer gospodarsko koristna dejavnost in še zdaleč ne dosega letnega donosa gradiva, vendar ob nizkih vodostajih ogrozi življenje v obeh rekah.

Ta dejavnost je v letu 1985 prispevala 11 % k družbenemu proizvodu ustvarjenem na Dolinki in 4 % k družbenemu proizvodu ustvarjenem na Bohinjki.

Je komunalna dejavnost skrajno neprimerno. To pa še posebej zaradi načrtovane še večje usmerjenosti obeh občin v turizem.

Prihodek Ribiške družine Jesenice - upravlja s Savo Dolinko - je znašal leta 1985 le 0,2 % v družbenem proizvodu ustvarjenem na Dolinki. Na Bohinjki pa je prihodek ribiških družin Bled in Radovljica dosegel 8 % v družbenem proizvodu, ki je bil ustvarjen na reki.

Ribištvo je na Savi izredno obrobna gospodarska dejavnost (kar je v nasprotju s turistično usmerjenostjo pokrajine!). Njegovi prihodki znašajo komaj 0,5 % v družbenem proizvodu občine Radovljica, v občini Jesenice pa celo desetkrat manj ali 0,05 %.

Poleg gospodarske vloge obeh rek smo vrednotili tudi njun pomen kot odvodnik odplak jeseniške in radovljiške industrije, turizma in komunale. Pri tem smo uporabili tudi Seznam zavezancev vodnega prispevka SRS pri Zvezi vodnih skupnosti SRS.

Podatki so pokazali, da so v letu 1985 različne družbeno-gospodarske dejavnosti onesnaževale Savo v občini Jesenice 2,1 x bolj, v občini Radovljica pa 2,7 x bolj kot prebivalstvo samo. Ob tem pa čistilnih naprav za čiščenje odpadnih voda ob Bohinjki sploh ni, ob Dolinki pa so njihove zmogljivosti (Želazarna) še zmeraj premajhne. Drugi veliki onesnaževalci pa so sploh brez njih, kar se pozna tudi v kakovosti rečne vode. Zaradi fekalnih izpustov iz turističnih objektov v Kranjski gori je Sava Dolinka bakteriološko oporečna že v svojem zgornjem toku, nič boljše pa ni tudi na Jesenicah. Poleg drugih komunalnih odplak se tudi kanalizacija bolnice izliva brez vsakega predčiščenja neposredno v Savo Dolinko. Zaradi močnega onesnaženja Save, ki jo povzroči Želazarna in za ribiče mrtvo vodo za pregrado hidroelektrarne Žirovnica, je tako "reševanje" komunalne dejavnosti skrajno neprimerno. To pa še posebej zaradi načrtovane še večje usmerjenosti obeh občin v turizem.

**Ugotovitve:**

Industrija je danes najbolj pomembna gospodarska dejavnost v porečjih obeh Sav. Hkrati je tudi največja porabnica in onesnaževalka voda saj je način proizvodnje še zmeraj predvsem enosmeren, stopnja reciklaže in učinkovita uporaba čistilnih naprav pa premajhna.

Pri onesnaževanju Dolinke ima industrija 90 % delež, pri Bohinjki pa 80 % delež. Primerjava stopnje onesnaženosti, ki jo povzroči industrija na Dolinki in deležem, ki ga ima v družbenem proizvodu občine (61,3 %) pokaže, da je delež industrije pri onesnaževanju Dolinke 1,4 x večji kot v družbenem proizvodu občine Jesenice. Pri Bohinjki je to razmerje 1,3 x večje v korist onesnaževanja.

Turistične organizacije pa so za svojo dejavnost porabile blizu četrtino (občina Jesenice 26,7 %\*, občina Radovljica pa 27,5 %) vode v občini in jih obremenil z 10 % (Jesenice) in 18,2 % (Radovljica) vseh enot onesnaženja (E).

Razmerje med deležem družbenega proizvoda in deležem onesnaževanja voda pokaže, da turizem v občini Jesenice 2,5 x več prispeva k onesnaževanju Dolinke kot k družbenemu proizvodu občine. V Radovljici je to razmerje 2,1 x večje v škodo onesnaževanja Bohinjke.

V današnjih razmerah ko industrija ob Bohinjki in Dolinki le izjemoma uporablja čistilne naprave vidimo, da turizem - ki jih sploh ne - prispeva enkrat večji delež pri onesnaženju voda.

---

\*Pri določanju deleža so izvzete Slovenske Železarnе, ki rabijo kar 98 % vode v občini; pri onesnaženju Dolinke pa imajo 38,8 % delež.

To pa se negativno odraža tudi v pokrajini: že pred desetletjem je bilo močno degradirano Blejsko jezero (zdaj v fazi sanacije) in najnovejši proces - slabšanje vode Bohinjskega jezera. Iz oligotrofnega prehaja v mezotrofno. Značilno zanj pa je, da v njegovem pojezerju ni druge gospodarske dejavnosti kot turizem (le zanemarljivo majhno ima kmetijstvo).

Močan delež pri fekalnem onesnaževanju Dolinke ima turistični kompleks v Kranjski gori, podobnega pa ima tudi bohinjski in blejski pri onesnaževanju Bohinjke. "Zdravljenje" Blejskega jezera gre danes na račun slabšanja kakovosti Bohinjke.

Poleg močnega industrijskega onesnaževanja voda (Jesenice) pa gre tudi za čedalje resnejšo degradacijo, ki jo povzroča turizem, saj so vsi turistični centri brez vsakršnih čistilnih naprav uporabljene vode. Samočistilna sposobnost voda pa je za tako obremenitev že premajhna.

Degradirana voda pomeni manjšo privlačnost pokrajine, to pa lahko vpliva na zmanjšan turistični obisk in manjši dohodek ustvarjen v turizmu.

Zato je treba obstoječe turistične objekte opremiti z uporabnimi čistilnimi napravami, načrte za predvidene pa ekološko bolje pretehtati.

\*10.039.526 din je leta 1985 znašal letni prispevek  
Treba pa je razmisliti še o višini denarnega prispevka za onesnaženo vodo. Turistične organizacije v obravnavani pokrajini odmerijo zanj le 0,054 % (v občini Jesenice) oz. 0,082 % (v občini Radovljica) od svojega družbenega proizvoda.

Hkrati reka s plačevanjem onesnažene vode dobiva novo "gospodarsko funkcijo" velikega odprtega kanalizacijskega korita.

1.17 Denarna vsota\* od te "dejavnosti" je na Savi Dolinki že za 4,5 x preseгла prihodke Ribiške družine Jesenice.

Vzorec je ob obliki jezera se je po desetletni metodologiji izdelavala tudi v letu 1987. In objektivnih razlogov (okvare instrumentov, prekinitve dela v laboratoriju itd.) se niso, šel, letošnje meritve procesj redovirsne po obsegu. Na Bohinjskem jezera se bile meritve namreč le dvakrat, pa še to se v najbolj karakterističnem času, na Blejskem jezera se celo samo enkrat. Primerjave obliki jezera, in še zlasti primerjave s prejšnjimi leti, je tako procesj okrajane. Prav tako je okrajane tudi prenosje s velikih obsega na strukturo Blejskega jezera.

Druga značilnost letošnjih meritv je, da se potekalo, podobno kakor lani, v klimatske neoprečnem letu. Meteorološke moti-pične potene, ki se vplivale tudi na režim obliki jezera, se se sicer obnovljale preko vsega leta, saj značilnejša pa je bile relativno hladne in deževne poletje ter toplejša in sušnejša jesen, zlasti septembra. Segrevanje in ohlajevanje obliki jezera je potekalo sate nakolike drugače, drugačena od povprečja pa je bil tudi celotni režim obliki jezera. Tošja je sate tudi pre-seja s limnoloških posledičnih antropogenih vplivov na obliki jezera, s koncentracij v Blejskem jezera (suzocije) in koncentracij v Bohinjskem jezera (osensičevanje).

\*10.039.526 din je leta 1985 znašal letni prispevek na onesnaževalcev Dolinke Zvezi vodnih skupnosti Slovenije.

novembra, na Blejskem jezera pa 9. novembra. Glede na karakteristič-ne hidrološke faze v letnem režimu obliki jezera meritve termin-ske niso najbolj karakteristične. Inč pa se v letošnje poročila najeto še meritve s konca prejšnjega leta (14.12.1986), ki jih hianskeletno poročila še ni moglo upoštevati.

## 1. Uvod v Blejskega jezera.

Vzporejanje obeh jezer se je po dosedanji metodologiji nadaljevalo tudi v letu 1987. Iz objektivnih razlogov (okvara instrumentov, prekinitev dela v laboratoriju itd.) so bile, žal, letošnje meritve precej reducirane po obsegu. Na Bohinjskem jezeru so bile meritve namreč le dvakrat, pa še to ne v najbolj karakterističnem času, na Blejskem jezeru pa celo samo enkrat. Primerjava obeh jezer, in še zlasti primerjava s prejšnjimi leti, je tako precej okrajena. Prav tako je okrajena tudi presoja o učinkih "natege" na strukturo Blejskega jezera.

Druga značilnost letošnjih meritev je, da so potekale, podobno kakor lani, v klimatsko nepoprečnem letu. Meteorološke netipične poteze, ki so vplivale tudi na režim obeh jezer, so se sicer obnavljale preko vsega leta, najznačilnejše pa je bilo relativno hladno in deževno poletje ter toplejša in sušnejša jesen, zlasti septembra. Segrevanje in ohlajevanje obeh jezer je potekalo zato nekoliko drugače, drugačen od povprečja pa je bil tudi celotni režim obeh jezer. Težja je zato tudi presoja o limnoloških posledicah antropogenih vplivov na obe jezera, o namernih v Blejskem jezeru (sanacija) in nenamernih v Bohinjskem jezeru (onesnaževanje).

Na Bohinjskem jezeru so bile meritve 5.-6. septembra in 8. novembra, na Blejskem jezeru pa 9. novembra. Glede na karakteristične hidrološke faze v letnem režimu obeh jezer meritve terminsko niso najbolj karakteristične. Pač pa so v letošnje poročilo zajete še meritve s konca prejšnjega leta (14.12.1986), ki jih lanskoletno poročilo še ni moglo upoštevati.



Iz navedenih razlogov je poročilo podano v nekoliko skrajšani obliki; tekst dopolnjuje 11 diagramov (5 za Bohinjsko in 6 za Blejsko jezero) ter 10 standardnih podolžnih prerezov Blejskega jezera.

## 2. BOHINJSKO JEZERO

### 2.1. Struktura jezera 5. septembra 1987

2.1.1. Splošna oznaka - Meritve so potekale ob mirnem, sončnem in toplem vremenu (temp. zraka ob 13<sup>h</sup> - 21.1°C). Stanje jezera je bilo podpovprečno (Sv. Duh - 20 cm). Izmerjena je bila vertikalna nad največje globino jezera (45 m), ki jo štejemo za reprezentativno. Osnovna značilnost v tem času je bila ta, da je relativno hladnemu juliju in avgustu (ko so bile temperature jezera podpovprečne) sledil topel in suh september. Na začetku tega meseca se je zato jezero še segrevale, ustrezne stratifikacije pa ob času merjenja vseeno ni kazale.

2.1.2. Temperature - Meritve v začetku septembra so pokazale, da epilimnija ni bilo, ker so se temperature od gladine do globine 5 m naglo povečevale, za več kot stopinjo na meter (risba 1). Zato je zgornjo, petmetrsko plast sestavljal metalimnij (od 21.8°C na gladini do 11.2° v globini 5 m razlika 10.6° ali povprečno 2.1° na globinski meter). V globini 45 m je bila temperatura 5.3°, amplituda med gladino in dnom je znašala potemtakem 16.5°C\*.

Značilno je bilo še naslednje: Naslednji dan (6.9.1987) po dežju in ohladitvi ozračja za okoli 7° se je močno ohladila

\* Zaradi okvare elektrotermometra so bile globinske temperature izmerjene s pomočjo vzorcev (po 1 liter), dvignjenih v čoln z batometrom, kjer je bila izmerjena temperatura vode. Zato ni izključeno, da so izmerjene vrednosti nekoliko previsoke.

tudi zgornja, okoli 3 m debela plast vode, ki pa je zaradi mešanja pridobila enako temperaturo (nekaj nad  $19^{\circ}\text{C}$ ). Od 3 m navzdol pa se temperature ostale enake kot prej (risba 1).

2.1.3. Kisikove razmere - Značilen je potek kisika z viškom v globini 5 m (12 mg/l) ter s pejemanjem navzgor do gladine (8.9 mg/l) in navzdol v globino, in sicer do 40 m počasneje (9.1 mg/l), do dna pa hitreje (6.9 mg/l), kjer se bile sorazmerne nizke vrednosti (risba 2).

Temu ustrežna je bila saturacija: zgornja 10 m debela plast je bila s kisikom zasičena, v globini 5 m tudi prezasičena (109 %), navzdol pa je nasičenost pejemala, precej enakomerno do globine 40 m (74 %), do dna pa hitreje (56 %).

2.1.4. Druge pezeze - Jezero je kazalo enolične vertikalno sestavo glede pH, saj je bila voda v vseh globinah približno enako alkalna (pH 8.1 - 8.6). Celokupna trdota je z globine rahlo naraščala (6.6 - 7.3<sup>o</sup>NT), bolj pa se je z globine stopnjevala elektroprevodnost, zlasti do globine 10 m (126 - 208  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), navzdol pa le polagoma (208-229). KPK je z globine pejemala, od 3.6 mg/l na gladini do 1.4 mg/l v globini, BPK<sub>5</sub> je bila največja v globini 15 m, navzgor in navzdol pa se je zmanjševala: od 1 mg/l na gladini do 0.2 mg/l v globini 45 m.

Prezornost vode, merjena z bele secchijevo ploščo, je znašala 6.8 m, kar je rahlo nad povprečjem.

Savica je imela temperature  $9^{\circ}\text{C}$ , približno toliko, kolikor jezero v globini 10 m. Trdota Savice je bila enaka, kakor v jezeru, enako velja za pH in elektroprevodnost, pač pa je imela Savica več kisika (12.1 mg/l). Glede na to se je Savica po dotoku v jezero spuščala v globino približno do zgornjega dela hipolimnija.

## 2.2. Struktura jezera 8. novembra 1987

2.2.1. Splošna oznaka - Meritve so potekale ob mirnem, sončnem in toplem vremenu, z značilno jutranjo meglo in popoldansko meglico nad jezerom ter opoldansko temperature zraka nad  $8^{\circ}\text{C}$ . V celoti je šlo za značilno jesensko anticiklonalno vreme po toplem in suhem septembru ter razmeroma zmernem oktobru (temperaturno in padavinsko). Jezero se je ohlajalo zlasti od zadnje dekade v oktobru dalje. Tudi tokrat je bil izmerjen profil z največje globine jezera (45 m).

V celoti se je vertikalna struktura jezera na koncu prve novembrske dekade že precej izenačila, zato o stratifikaciji jezera ni bilo več sledu.

2.2.2. Temperature - Ohlajevanje jezera je že toliko napredovalo, da so se razlike med površinsko in globinsko vodo zmanjšale na približno  $2^{\circ}\text{C}$ . Medtem ko je bila na gladini temperatura  $7.5^{\circ}$ , je bila v globini 45 m  $5.5$  do  $5.6^{\circ}\text{C}$ . Ohlajevanje je nedvomno seglo najmanj v zgornji del hipolimnija, to je v globino 21 do 22 m (glej risbo 3).

2.2.3. Kisikove razmere - Količine kisika so se v tem času na splošno zmanjšale, vendar se v globinah 5 do 20 m še presegle  $10\text{ mg/l}$ , drugod pa vsaj  $9\text{ mg/l}$ , le v najglobljih delih jezera so se znižale pod te vrednosti, a še vedno nad  $6\text{ mg/l}$  (risba 4). Tu so bile plasti tudi najmanj nasičene s kisikom ( $65.9\%$ ), najbolj pa v globini 10 do 15 m ( $88\%$ ).

2.2.4. Druge lastnosti - Zelo neenakomerne so bile v jezeru vrednosti za pH ( $7.9 - 8.3$ ), vendar nekoliko nižje kakor septembra (risba 5). Nekoliko bolj pa so se spreminjale celokupne trdote ( $6.7 - 7.8^{\circ}\text{NT}$ ), nasploh pa je bila voda nekoliko trša v primerjavi z zadnjimi meritvami. Zelo premočrtna

je bila krivulja za KPK, katere vrednosti so kobile med 4 in 5 mg/l, podobno je bilo z BPK<sub>5</sub> (< 1.0 mg/l), ki so se le na dnu nekoliko povečale (1.3 mg/l).

Drugače je s sulfati, ki jih je bilo sicer v vseh globinah preko 100 mg/l, vendar nikjer nad 200 mg (v Blejskem jezeru je bilo tedaj nad 200 in celo nad 300 mg/l SO<sub>4</sub>). Z globino so se količine sulfatov na splošno povečevale. Izjema je bila le v globini 5 m, kjer jih je bilo najmanj (114 mg), manj kakor na gladini (130 mg). Količina sulfatov se je nekoliko zmanjšala tudi v globini 30 m (134 mg/l), od tod navzdol pa se je hitreje povečevala in dosegla na dnu 169 mg/l (risba 5).

Podobno velja za elektroprevodnost, ki je povsod presegala 200 μS/cm. Od gladine (210) se je do globine 25 m sicer počasneje povečevala, od tod navzdol pa hitreje (do 260).

Prezreti ne smemo še fosforja, ki se je pojavil na dnu v globini 45 m: erte - e.15, totalni e.168 mg/l PO<sub>4</sub>, kar opozarja na spremenjene razmere.

Slednje tri lastnosti nakazujejo določene poteze onesnaženosti jezera, pravzaprav njegove trofičnosti. Ob tem velja opozoriti na lansko leto no Vrhovškovo utemeljevanje glede spreminjanja Bohinjskega jezera iz oligotrofičnega v mezotrofično stanje (D. Vrhovšek, Ocenitev stanja in spremljava procesa evtrofizacije v Bohinjskem jezeru, BE, Raz. naloga, Ljubljana 1986). Pri naslednjih meritvah bo treba več pozornosti posvetiti tudi temu vprašanju. Te spremembe še dodatno utemeljujejo sistematično nadaljevanje dosedanjih raziskav, ki jih bo treba vsebinsko še razširiti.

### 3. BLEJSKO JEZERO

#### 3.1. Struktura jezera 14. decembra 1986

- 3.1.1. Splošna oznaka - Meritve so potekale ob mirnem, pretežno jasnem anticiklonalnem vremenu, ki je trajalo vse prve polovice meseca. Zato je bil december padavinsko in temperaturno nadpovprečno ugoden, brez snega in s pozitivnimi temperaturami. Kakor običajno so bile tudi tokrat izmerjene vertikale pa podolžnem prerezu jezera. V tem času je bilo jezero v zelo značilni razvojni fazi, bilo je namreč tik pred popolno konvekcijo in homotermijo.
- 3.1.2. Temperature - V tem času je ohlajevanje zajelo skoraj že celotno jezero. Temperaturne razlike med gladino in dnom so se namreč skrčile le na nekaj desetink stopinje. Medtem ko je bila površinska voda ohlajena na  $6.7^{\circ}$ , je globinska na dnu zahodne kotanje imela  $6.5^{\circ}$ , na dnu zahodne kotanje pa  $6.1^{\circ}$  (risba 47). Dejansko je homotermija s konvekcijo segla pravzaprav do globine 23 m eziroma 24 m. V vzhodni kotanji je tako ostala nepremešana dva metra debela plast, v zahodni pa okoli pet do šest metrov debela, kar ponazarjata obe temperaturni krivulji (risba 10 in 11).
- 3.1.3. Kisikove razmere - Da je jezero zajela konvekcija do globine 24 m, potrjuje tudi vertikalna razporeditev kisika. Do globine 20 m se plasti vsebovale okoli  $8 \text{ mg/l } O_2$ , od tod navzdol pa je količina kisika naglo pojemala in pri 24 m izginila (risba 10 in 48). Najgloblja plast je bila povsem anaerobna. Kisikova krivulja je razdelila jezero na tri dele: a) na kisikovo plast (od gladine do 20 m globine in enakomerno količino kisika - nad  $7 \text{ mg/l}$ ), b) na prehodno plast (od 20

do 24 m globine, kjer se se količine kisika naglo zmanjševale) in e) na anaerobno plast (od 24 do 25 m v vzhodni kotanji in do 30 m v zahodni) ki je bila povsem brez kisika.

- 3.1.4. Saturacija - Analogna je bila tudi nasičenost jezerske vode s kisikom. Homotermična plast je bila s konvekcijo nasičena vsaj 50 % (risba 10 in 49), v prehodni plasti je nasičenost naglo pojemala, v najgloblji plasti pa je sploh izostala. Manjše razlike v spodnjih dveh plasteh med eno in drugo kotanjo prikazujeta risbi 10 in 11.
- 3.1.5. Vrednosti pH - Vrednosti pH se bile takrat na splošno nižje, ne glede na razlike med vzhodno in zahodno kotanjo. Povsod se bile namreč pod 8, večinoma med 7 in 7.5, v zahodni kotanji tudi pod 7 (do 6.6). V celoti vzeto je bila reakcija vode povečini blizu nevtralnosti. Omenjene tri plasti se se razlikovale tudi po razporeditvi pH, zlasti v vzhodni kotanji.
- 3.1.6. Celokupna trdota - Trdota vode se je z globino večala, od 11.4<sup>o</sup>NT na gladini do 15.5 na dnu. Globinska voda je bila v tem času že precej trda in s tem težja. Zato je otežkočen tudi nadaljnji razvoj konvekcije in vprašanje je, ali bo prišlo do popolne homoterrije. Naraščanje trdote vode v prehodni in anaerobni plasti je lepo razvidna zlasti na dnu vzhodne kotanje (Risba 11). Na pomen mineralizacije globinskih plasti večkrat pozabljamo, vendar je to ena od osnov za obstoj monomilimnija in meromiktičnost jezera.
- 3.1.7. Sulfati - Značilna je sulfatna krivulja, kakor se ja razvila v zahodni kotanji (risba 10). Količina sulfatov je od gladine (234 mg/l) navzdol najprej pojemala do globine 10 m (218 mg/l), nakar je naraščala, zlasti v prehodni in anaerobni plasti. Pridnena voda je vsebovala največ sulfatov (291 mg/l). Njihova količina je bila na splošno precejšnja.

- 3.1.8. Elektroprevodnost - Tudi elektroprevodnost jezerske vode je bila v tem času zelo visoka, povsod preko  $300 \mu S/cm$ . Medtem ko je bila prevodnost v konvekcijski plasti precej enakomerna (okrog  $310$ ), se je v prehodni plasti povečala na  $360$ , v anaerobni plasti pa se je dvignila na  $360 \mu S/cm$ . Krivulja ne kaže le na veliko onesnaženost jezerske vode v tem času, temveč tudi na razlike med omenjenimi tremi plastmi (risba 10 in 11).
- 3.1.9. KPK in BPK<sub>5</sub> - Obe lastnosti vode sta v konvekcijski plasti nizki ( $< 2 mg/l$ ) in enakomerni, v prehodni plasti se BPK<sub>5</sub> poveča, v anaerobni izgine, nasprotno pa se KPK v tej plasti poveča.
- 3.1.10. Fosfor - Zadnje meritve, ki so bile na koncu avgusta, fosfatov v jezeru niso ugotovile, tokrat pa so se fosfati na dnu obeh kotanj ponovno pojavili, in sicer v zahodni kotanji pri  $30 m$  ( $0.191 mg/l PO_4$ ), v vzhodni kotanji pa na dnu osme vertikalne ( $0.69 mg/l$ ), četrte vertikalne ( $0.373 mg/l$ ) in druge vertikalne ( $0.014 mg/l$ ).
- 3.1.11. Splošna podoba - Meritve sredi decembra 1986 so registrirale stanje tik pred popolno homotermijo jezera. Konvekcijska plast je namreč zajela skoraj celotno jezero, razen najglobljih plasti na dnu obeh kotanj. Nepremešana je v vzhodni kotanji ostala le okoli  $2 m$  debela plast, v zahodni pa okoli pet metrov. Konvekcijska plast je s homogenimi potezami jezerske vode segla na račun prehodnega sloja do globine  $23$  oziroma  $24 m$ . Prehodni sloj je bil tako stanjšal, skrčen pa je bil tudi anaerobni. Razporeditev teh slojev se v eni in drugi kotanji sicer nekoliko razlikuje (risba 10 in 11).

Meja med omenjenimi sloji je bila izrazita, saj so je poleg temperaturne krivulje dokumentirale tudi druge poteze jezerske vode - razporeditev kisika, trdote, sulfatov itd.

Glede na večje gostote globinskih plasti je vprašanje, ali bo v letošnjih meteoroloških in sanacijskih razmerah konvekcija segla do dna in izenačila globinske razmere ali pa se bodo tudi tokrat ohranile monolimnijske oziroma meromiktične poteze jezera.

V fazi, ko je anaerobna voda na dnu, je njeno umetno odvajanje po nategi toliko pomembnejše, še posebej, če pomislimo, kako se se lastnosti globinskih plasti od pomladne homotermije dalje neprestano poslabševale. V prikazani situaciji vplivi "natege" v podolžnem prerezu jezera neposredno niso razvidni.

### 3.2. Struktura jezera 9. novembra 1987

**3.2.1. Splošna oznaka** - Merjenje je potekalo v oblačnem, hladnem vremenu, neposredno po dežju. Pred tem je bilo dalj časa trajajoče razmeroma lepo, toplo vreme. Podatki se nanašajo, če ni drugače rečeno, na vertikalno največje globine jezera (30 m) v zahodni kotanji.

**3.2.2. Temperature** - Za razliko od Bohinjskega je bilo Blejsko jezero v tem času dobro stratificirano, čeprav se je že precej ohladilo (risba 51). Ohlajevanje je seglo do globine približno 11 m. Do te globine so bile temperature od glavnine navzdol nekaj nad  $11^{\circ}\text{C}$ . Tako obsežen je bil tudi epilimnij, ki se je od poletja ohladil za okoli  $10^{\circ}$ . Metalimnij je bil na račun konvekcije skrčen na komaj meter debele plast (med 11 in 12 m), kjer je znašal gradient nekaj nad  $3^{\circ}\text{C}$ .

V hipolimniju so se temperature sprva hitreje zniževale, navzdol pa počasneje ter se v globini 30 m znižale na  $4,8^{\circ}$  (risba 6). Blejsko jezero je bilo potemtakem v zgornjem delu toplejše od Bohinjskega, v spodnjem pa hladnejše, čeprav bi glede na "natego" pričakovali obratno. Temperaturna krivulja Blejskega jezera je bila tudi v tem času zelo tipična za eutrofična jezera (risba 6).



3.2.3. Kisik - Razporeditev v vodi raztopljenega kisika je bila precej neenakomerna in za stanje Blejskega jezera zelo značilna (risba 6). V epilimniju so bile količine kisika praktično enake, skoraj 11 mg/l, blizu termokline pa so pri 10 m začele naglo pojemati: do globine 12 m na 9.3 mg/l, do globine 14 m na 6 mg, do globine 16 m na 4 mg, do globine 20 m na 1.8 mg in do globine 24 m do 0.4 mg/l. Odtod navzdol kisika ni bilo več. Najgloblja, približno 5 m debela plast je bila docela anaerobna (risba 52).

Manj kot 4 mg/l  $O_2$  je imela v tem času skoraj vsa spodnja polovica jezera. Vertikalni potek kisika daje krivuljo, ki je tipična za obolelo eutrofično jezero (risba 6).

V horizontalni smeri je razporeditev kisika precej enakomerna, blizu dna pa se nekoliko razlikuje, kar je verjetno odsev globinske "drenaže" jezera. Med obema kadunjama se opazne manjše razlike, največje na dnu, navzgor pa zbledijo (risba 52).

3.2.4. Saturacija - Podobna razporeditev velja tudi za nasičenost vode s kisikom. Celotna epilimnijska plast je bila s kisikom skoraj zasičena (> 97 %). Od globine 10 m navzdol pa je delež kisika naglo pojemal: v globini 12 m na 78 %, v globini 14 m na 50 %, v globini 16 m na 30 %, v globini 20 m na 15 % in v globini 24 m na 3 %. Od 25 m navzdol do dna (30 m) je bila več metrov debela plast anaerobne vode, kjer je kisika zamenjal žveplovodik (risba 53). Ker je konvekcija zajela šele zgornjo polovico jezera (pa še to ne v celoti), je očitno, da se bodo globinske plasti slabšale še vse do jesenske kometermijske.

Vpliv globinske "drenaže" se verjetno kaže v tem, da je plast anaerobne vode tanjša kot bi bila sicer. Morda se kaže tudi v razlikah, ki so na dnu ene in druge kotanje, pa tudi v rahlo nagnjenih plasteh na dnu vzhodne kotanje (risba 52 in 53).

- 3.2.5. Trdote - Značilna je razporeditev celokupne trdote (risba 7), ki je bila vse do sredine metalimnija nespremenjena ( $11^{\circ}\text{NT}$ ), navzdol pa se je povečevala, vendar neenakomerno. Na dnu je dosegla najvišjo vrednost ( $16^{\circ}\text{NT}$ ). Trša in s tem težja globinska voda je pripomogla k oblikovanju monomilimnija. V primerjavi z lanskim letom je bila voda približno enako trda, v primerjavi z Bohinjskim jezerom pa dvakrat trša. Opazne so razlike med vzhodno in zahodno kotanjo (risba 54).
- 3.2.6. Biokemijska potreba po kisiku - Značilna je tudi razporeditev  $\text{BPK}_5$ , ki pa od gladine skozi epilimnij upada (od 2 do 1 mg/l), nato narašča in v zgornjem delu hipolimnija doseže prvotno vrednost, od tedaj navzdol pa ponovno pojema ter je od globine 25 m navzdol ni več (risba 6). Na splošno pa vrednosti v tem času niso bile velike.
- 3.2.7. Kemijska potreba po kisiku - Ta krivulja se od biokemijske razlikuje (risba 6). Od gladine do zgornjega roba hipolimnija pojema (od 5.6 do 3.7 mg/l), nato do globine 20 m narašča (5.8 mg/l), zatem ponovno pada do globine 27 m (4.5 mg/l), nato pa se do dna močno dvigne (9.8 mg/l). Krivulja ponazarja različno vertikalno sestavo jezera in daje osnove za razvrstitev posameznik plasti v različne bonitetne razrede.
- 3.2.8. Vrednosti pH - Med vsemi lastnostmi kaže jezero najbolj enakomerno razporeditev glede pH (risba 7). Vse plasti so alkalne, nekoliko bolj epilimnijske in metalimnijske ( $\text{pH} > 8$ ), manj hipolimnijske ( $\text{pH} < 8$ ). Na splošno pa pH z globino pojema (risba 56). Manj pravilen je potek pH v globljih delih zahodne kotanje (vpliv natege!?). Tudi v primerjavi z lanskim letom so vrednosti pH približno enake, take pa so tudi v primerjavi z Bohinjskim jezerom.

3.2.9. Sulfati - Količine sulfatov so bile visoke in so se z globino precej spreminjale (risba 7). Od gladine skozi epilimnij se do sredine metalimnija naraščale (od 200 do 230 mg/l), v hipolimniju pa kolebale. Močno se se zmanjšale zlasti v globini 25 m (na 125 mg/l), od ted do dna pa ponovno naraščale (do 196 mg/l). Največ sulfatov je vsebovala voda v globini 12 m in 20 m (230 mg/l).

V horizontalni smeri je bilo največ sulfatov v vzhodnem delu jezera (vertikala 2). Tam so bile blizu dna ugotovljene tudi najvišje vrednosti - 241 in 258 mg/l (risba 56). Morda se tudi v tej razporeditvi kaže vpliv "natege", ki v ta del jezera ne seže.

V primerjavi z Bohinjskim jezerom vsebuje Blejsko jezero skoraj dvakrat več sulfatov. Jezerska voda potemtakem po tej plasti presega normative za pitno vodo.

3.2.10. Elektroprevodnost vode - Prevednost vode je nihala med 348 in 437  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ter se je z globino na splošno večala (risba 7). V primerjavi z Bohinjskim jezerom je bila skoraj dvakrat večja. V horizontalni smeri pa elektroprevodnost, ki ponazarja splošno onesnaženost jezerske vode, ne kaže večjih razlik. V celoti vzeto so bile vrednosti v vzhodni kotanji manjše kakor v zahodni (risba 55). Če elektroprevodnost ponazarja splošno onesnaženost vode, je ta v Blejskem jezeru dvakrat večja kakor v Bohinjskem.

3.2.11. Fosfati - Celokupni  $\text{PO}_4$  smo v tem času registrirali na dnu zahodne kotanje (v globini 30 m - 0.036 mg/l) in na dnu vzhodne (25 m - 0.040 mg/l) pa tudi na dnu šeste (24 m - 0.036 mg/l) in desete vertikalne (28 m - 0.042 mg/l). Ugotovili pa smo ga tudi na šesti vertikali nad dnem v globini 20 m (0.036 mg/l) in v enaki globini na deseti vertikali (0.070 mg/l). Za primerjavo: 0 koncu

lanskega avgusta fosfatov v jezeru ni bilo, v začetku lanskega junija pa so bile vrednosti precej višje. Spreminjanje njihove količine je očitno.

#### 4. Splošna problematika

Letošnje meritve obeh jezer - Bohinjskega in Blejskega - so bile po obsegu omejene iz objektivnih razlogov. Primerjava obeh jezer, kar je eden od namenov raziskovanja, je tako okrnjena. S tem je okrnjena tudi primerjava z dosedanjimi meritvami, kar je drugi namen rednih limnoloških raziskav. Omejena pa je tudi presoja o učinkovitosti sanacije Blejskega jezera, kar je prav tako namen raziskave. Letošnje izkušnje zato potrjujejo, kako nujno je vsako leto opraviti najmanj štiri terminska merjenja, vsaj po eno za vsako osnovno limnološko fazo v toku leta.

Druga značilnost letošnjih meritev je ta, da so tudi tovrstne potekale v klimatsko (meteorološkem) netipičnem letu, kar presojo o režimu obeh jezer, vključno s sanacijskim, precej otežkoča. Zato bo šele večletno povprečje dale ustreznejšo osnovo za presojo ne le vsakoletnega stanja, temveč tudi o razvojnem trendu enega in drugega jezera.

Tudi enkratno merjenje Blejskega jezera v tem letu je pokazalo, da so učinki umetne "drenaže" Blejskega jezera sicer opazni, niso pa kdove kako izraziti. Letos se je namreč pokazalo, da se tudi pri fazi skoraj popolne konvekcije jezera, ko je anaerobna plast na dnu že močno stanjšana, ne kažejo prepričljivi učinki sanacijske "natege". Težko je sicer opredeliti, ali je anaerobna plast tanjša, kakor bi bila brez umetnega odvajanja globinske vode.

Vsekakor pa se večje razlike med tistimi deli jezera, kjer poteka natega in drugimi, kamor njene cevi ne segajo, ne kažejo, čeprav se v podolžnem prerezu jezera določene razlike vendarle opazijo, npr. nagnjene globinske plasti.

Ekološko se slabša tudi Bohinjsko jezero, saj ga Vrhovšek (1986) pa saprebnosti in bioloških parametrov sploh že uvršča med "mezoevtrofična". Naslednje raziskave Bohinjskega jezera bodo zato terjale več pozornosti kakor doslej. Nadaljnje sistematično raziskovanje obeh jezer je zato več kot utemeljeno.

4. Vertikalna rasporeditev kisika v Bohinjskem j. 8.11.1987
5. Vertikalna struktura Bohinjskega jezera 8.11.1987
6. Vertikalna struktura Blejskega jezera (IX) 8.11.1987
7. Vertikalna struktura Blejskega jezera (IX) 8.11.1987 (nadalj.)
8. Vertikalna struktura Blejskega jezera (VI) 8.11.1987
9. Vertikalna struktura Blejskega jezera (VI) 8.11.1987 (nadalj.)

### B. PODOLENI PREREZI BLEJSKEGA JEZERA

- Št. 47. Jezerske izoterme 14. dec. 1986
48. Rasporeditev kisika 14. dec. 1987
49. Nasičenost s kisikom 14. dec. 1987
50. Celokupna trdota vode 14. dec. 1987
51. Jezerske izoterme 8. nov. 1987
52. Rasporeditev kisika 8. nov. 1987
53. Nasičenost s kisikom 8. nov. 1987
54. Celokupna trdota vode 8. nov. 1987
55. Električno prevodnost vode 8. nov. 1987
56. Trdota 20, in pH 8. nov. 1987

## Seznam prilog

## A. DIAGRAMI

- Št. 10. Vertikalna struktura Blejskega jezera (ZK) 14. dec. 1986  
 11. Vertikalna struktura Blejskega jezera (VK) 14. dec. 1986

1. Globinske temperature Bohinjskega jezera 5. sept. 1987
2. Vertikalna struktura Bohinjskega jezera 5. sept. 1987
3. Ohlajanje Bohinjskega jezera med 5. 9. in 8. 11. 1987
4. Vertikalna razporeditev kisika v Bohinjskem j. 8. 11. 1987
5. Vertikalna struktura Bohinjskega jezera 8. nov. 1987
6. Vertikalna struktura Blejskega jezera (ZK) 8. nov. 1987
7. Vertikalna struktura Blejskega jezera (ZK) 8. nov. 1987 (nadalj.)
8. Vertikalna struktura Blejskega jezera (VK) 8. nov. 1987
9. Vertikalna struktura Blejskega jezera (VK) 8. nov. 1987 (nadalj.)

## B. PODOLŽNI PREREZI BLEJSKEGA JEZERA

- Št. 47. Jezerske izoterme 14. dec. 1986
48. Razporeditev kisika 14. dec. 1987
  49. Nasičenost s kisikom 14. dec. 1987
  50. Celokupna trdota vode 14. dec. 1987
  51. Jezerske izoterme 8. nov. 1987
  52. Razporeditev kisika 8. nov. 1987
  53. Nasičenost s kisikom 8. nov. 1987
  54. Celokupna trdota vode 8. nov. 1987
  55. Elektroprevodnost vode 8. nov. 1987
  56. Vrednosti  $SO_4$  in pH 8. nov. 1987

BOHINJSKO - [REDACTED]

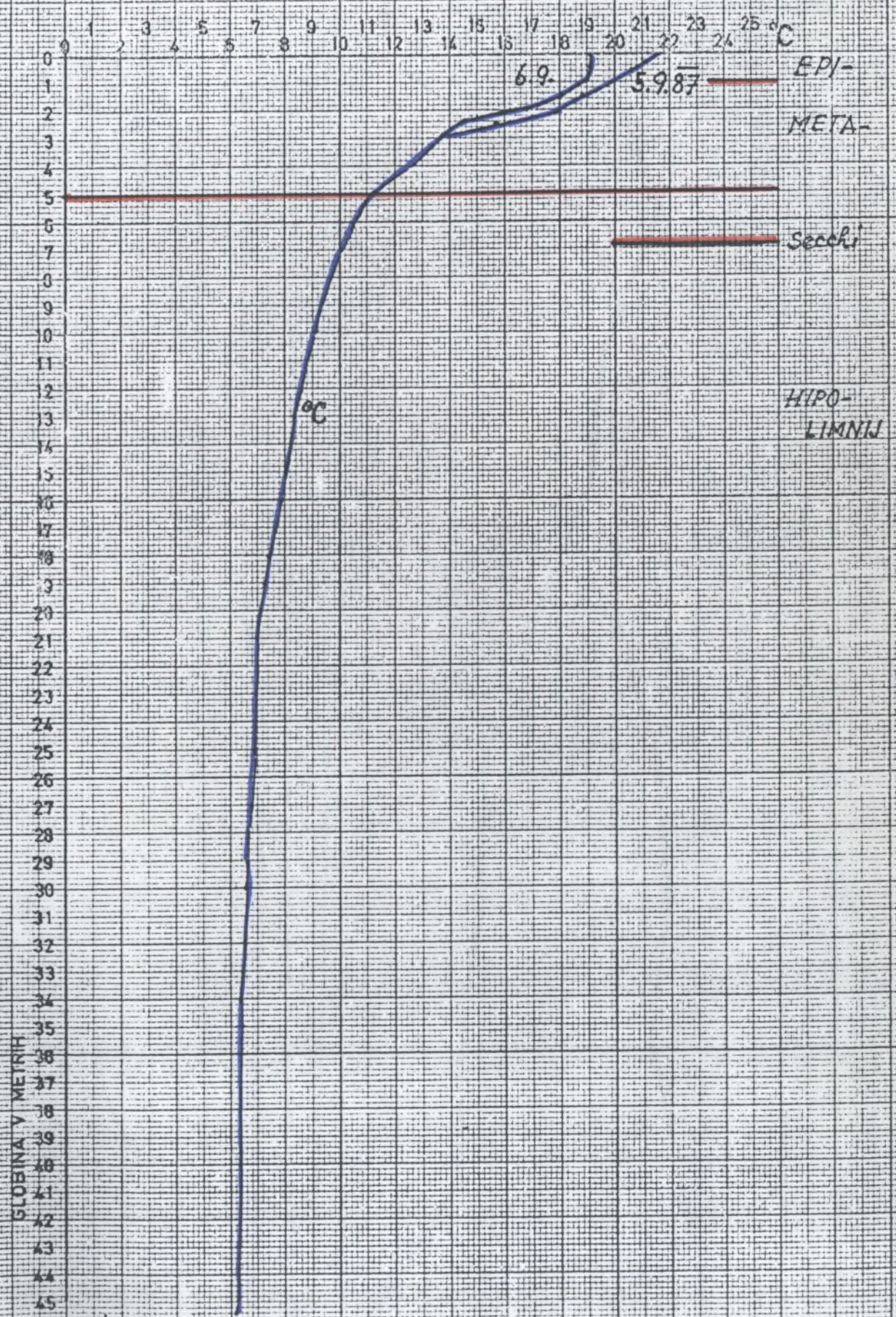
GLOBINSKE TEMPERATURE

DATUM 5.9.87

KRAJ 45 m

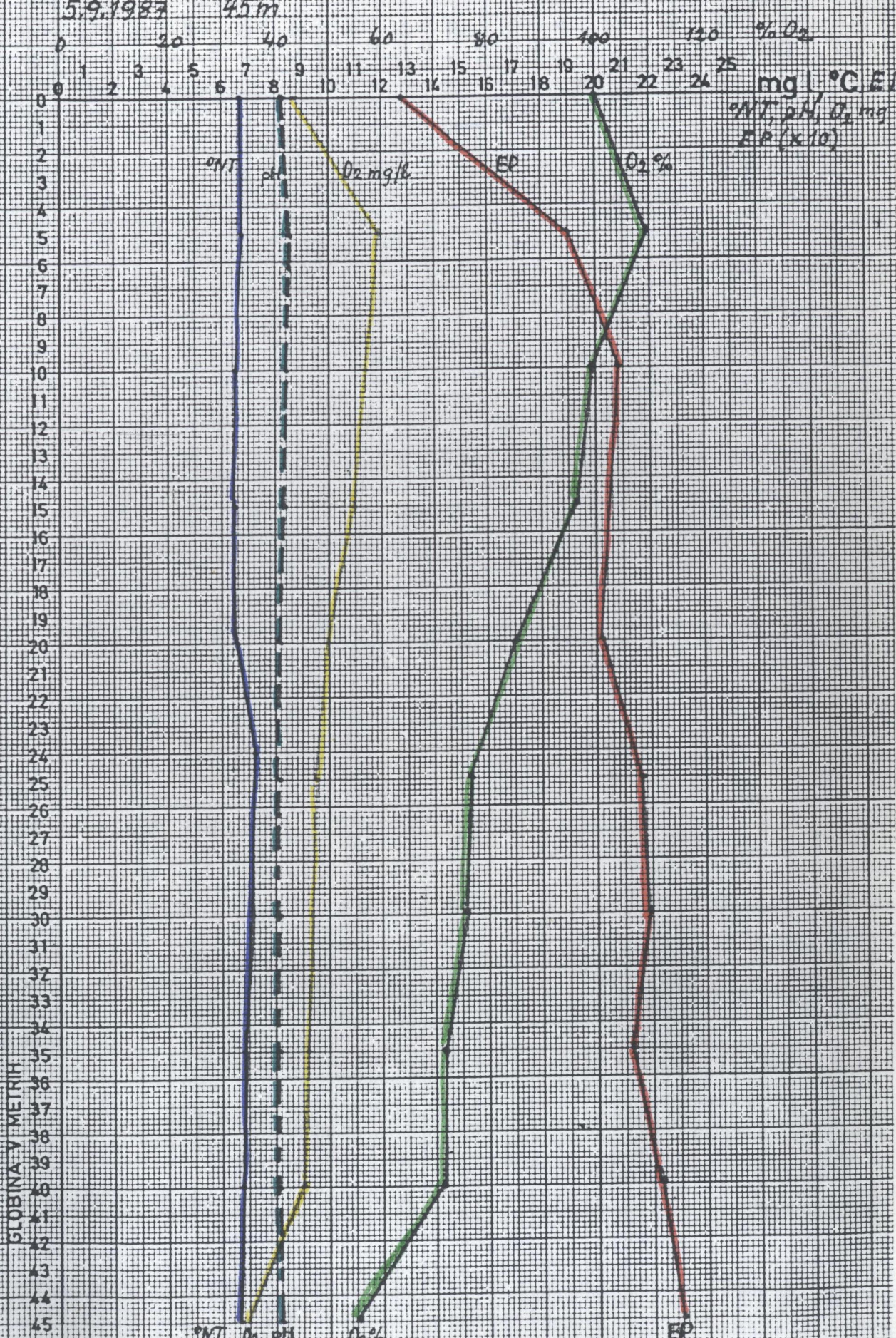
ORDINATE

ZAF R DNA ŠIEV



# BOHINJSKO-JEZERO KISIK, TEMPERATURE

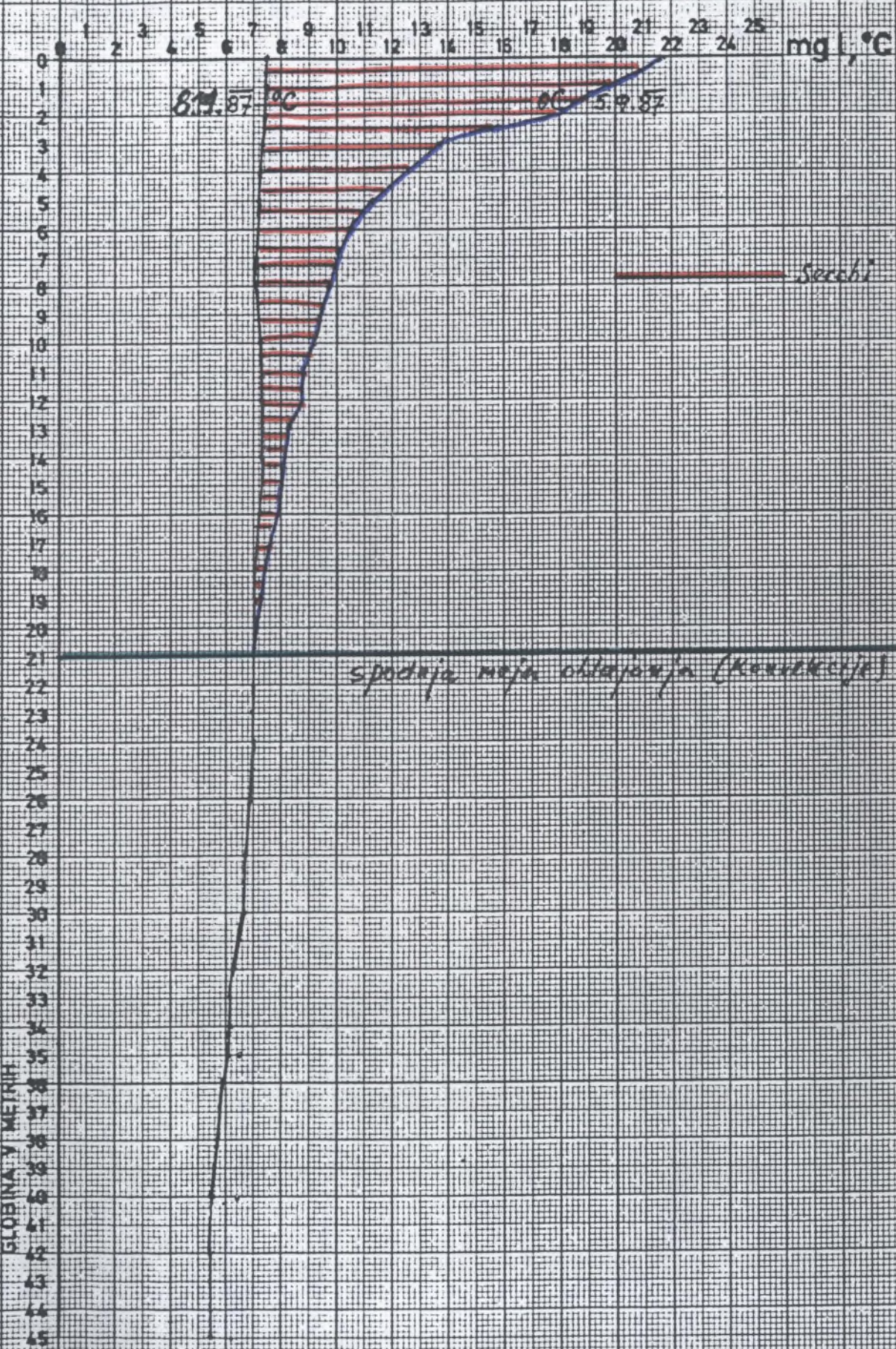
DATUM: 5.9.1987      KRAJ: 45m      ORDINATE:      ZAPOREDNA ŠTEV:      % O<sub>2</sub>





# BOHINJSKO-~~SKO~~ JEZERO KISIK TEMPERATURE

DATUM: 8. 11. 87 KRAJ: 45 m ORDINATE: ZAPOREDNA ŠTEV: 5. 9. 87



8. 11. 87 °C

°C

5. 9. 87

Srečni

spodnja meja obtajenja (konvekcije)

GLOBINA V METRIH

mg/l, °C

## BOHINJSKO-BLISKO JEZERO

## KISIK, TEMPERATURE

DATUM:

8.11.1987

KRAJ:

45m

ORDINATE:

ZAPOREDNA ŠTEV

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25  
 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25  
 mg l, °C

GLOBINA V METRIH

45

44

43

42

41

40

39

38

37

36

35

34

33

32

31

30

29

28

27

26

25

24

23

22

21

20

19

18

17

16

15

14

13

12

11

10

9

8

7

6

5

4

3

2

1

0

°C

O<sub>2</sub>mgO<sub>2</sub>%

°C

O<sub>2</sub>mgO<sub>2</sub>%%O<sub>2</sub>

mg l, °C

BOHINJSKO JEZERO

KISIK, TEMPERATURE

DATUM

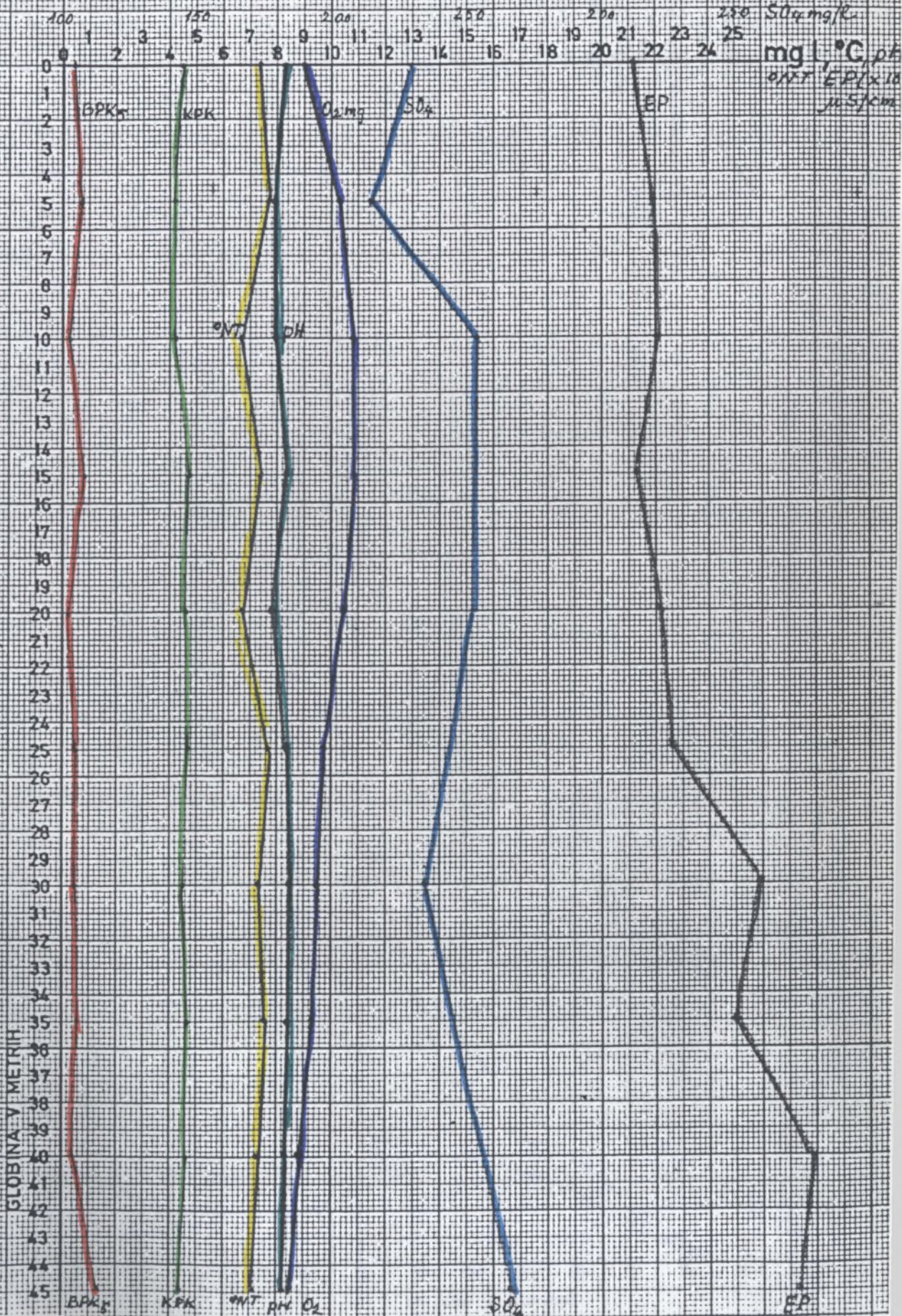
KRAJ

ORDINATE

ZAPOREDNA ŠTEV

8.11.1987

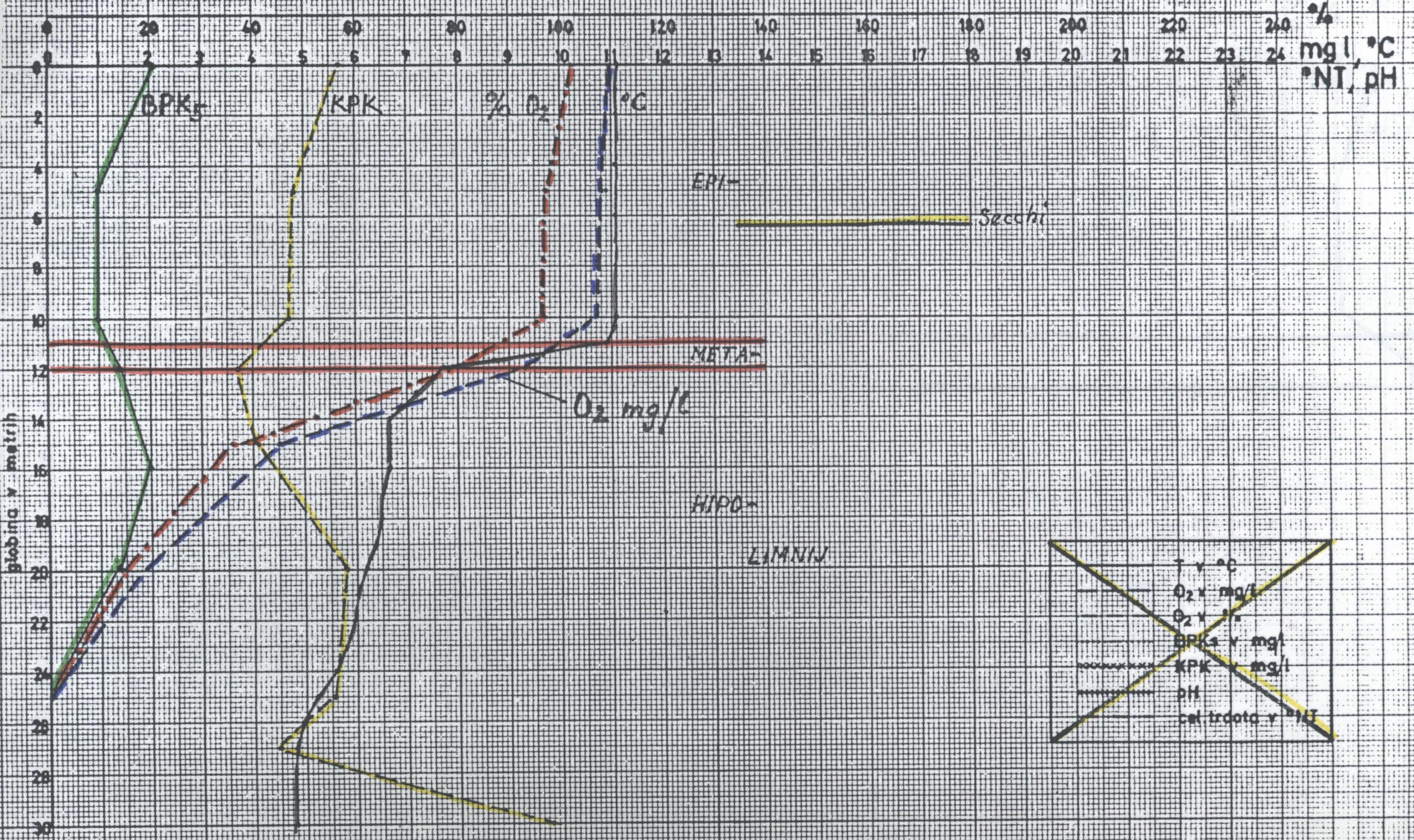
45m



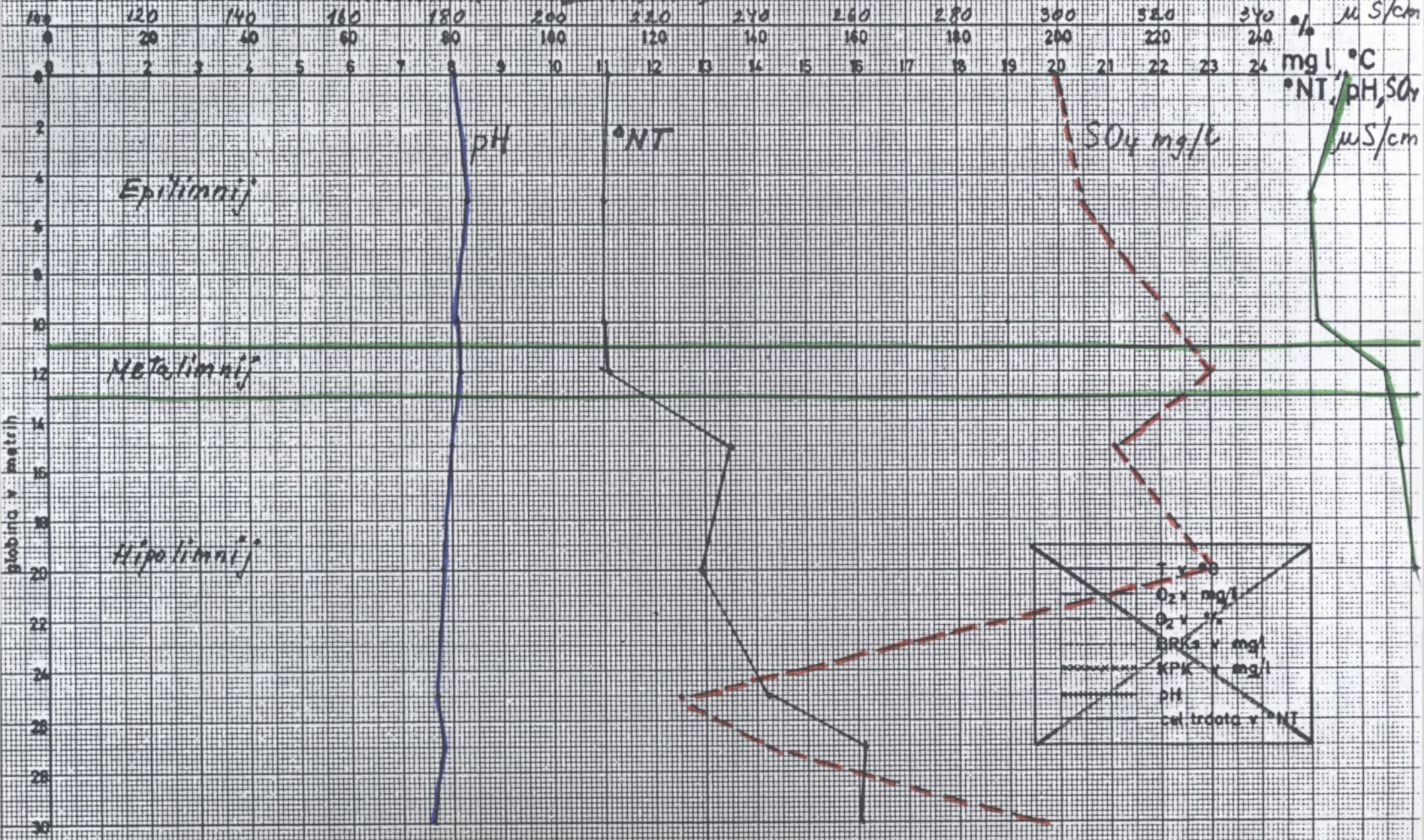
GLOBINA V METRIH

50 mg/l  
mg/l °C  
0.17 EP x 10  
μS/cm

BLEJSKO JEZERO 8.11.1987 Z.K. - 30m

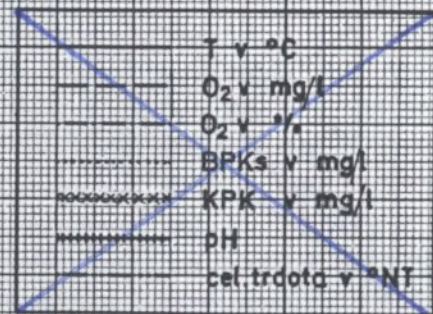
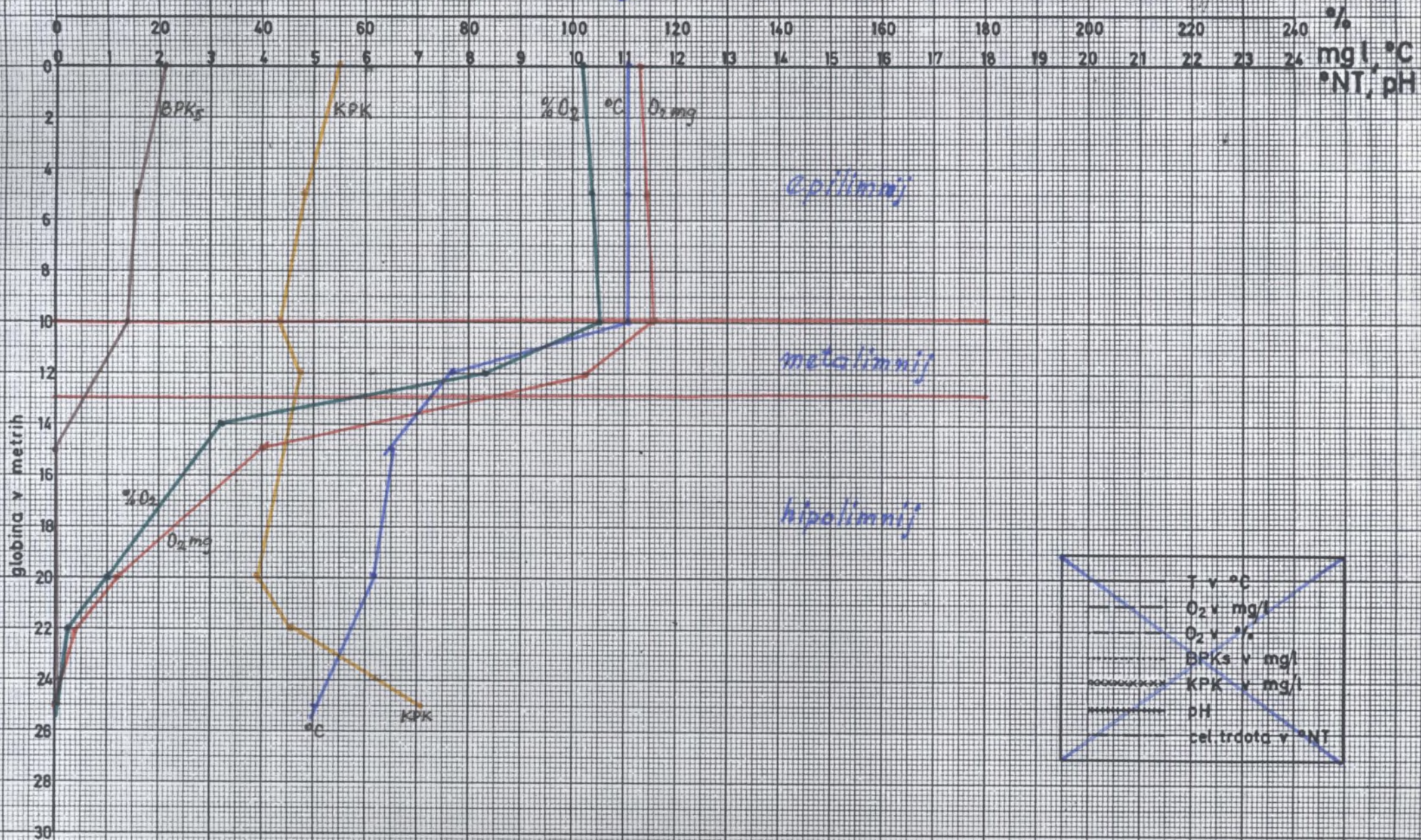


BLEJSKO JEZERO 8.11.1987 FK (30m)

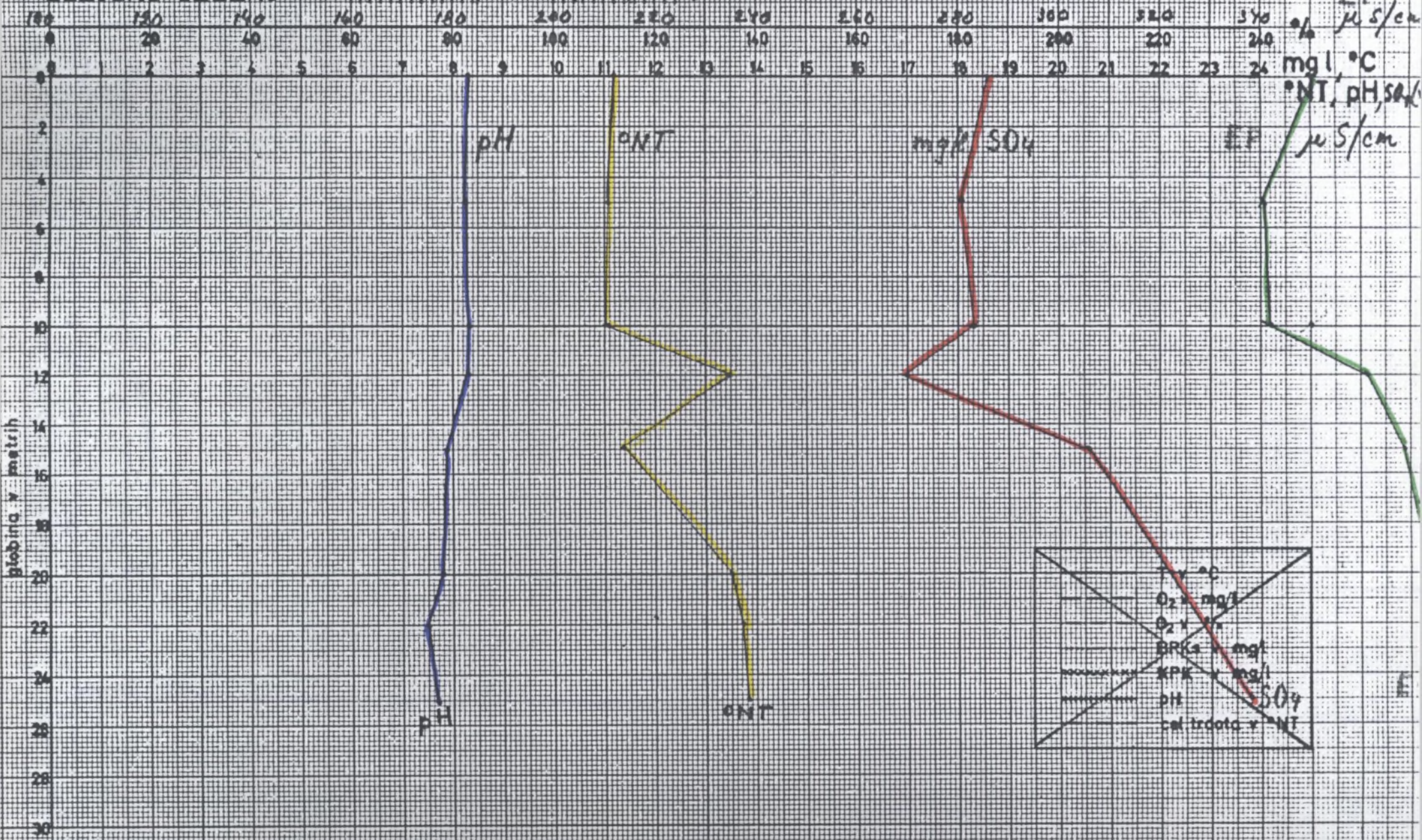


BLEJSKO JEZERO

vzhodna kotonja (25m) 8.11.1987

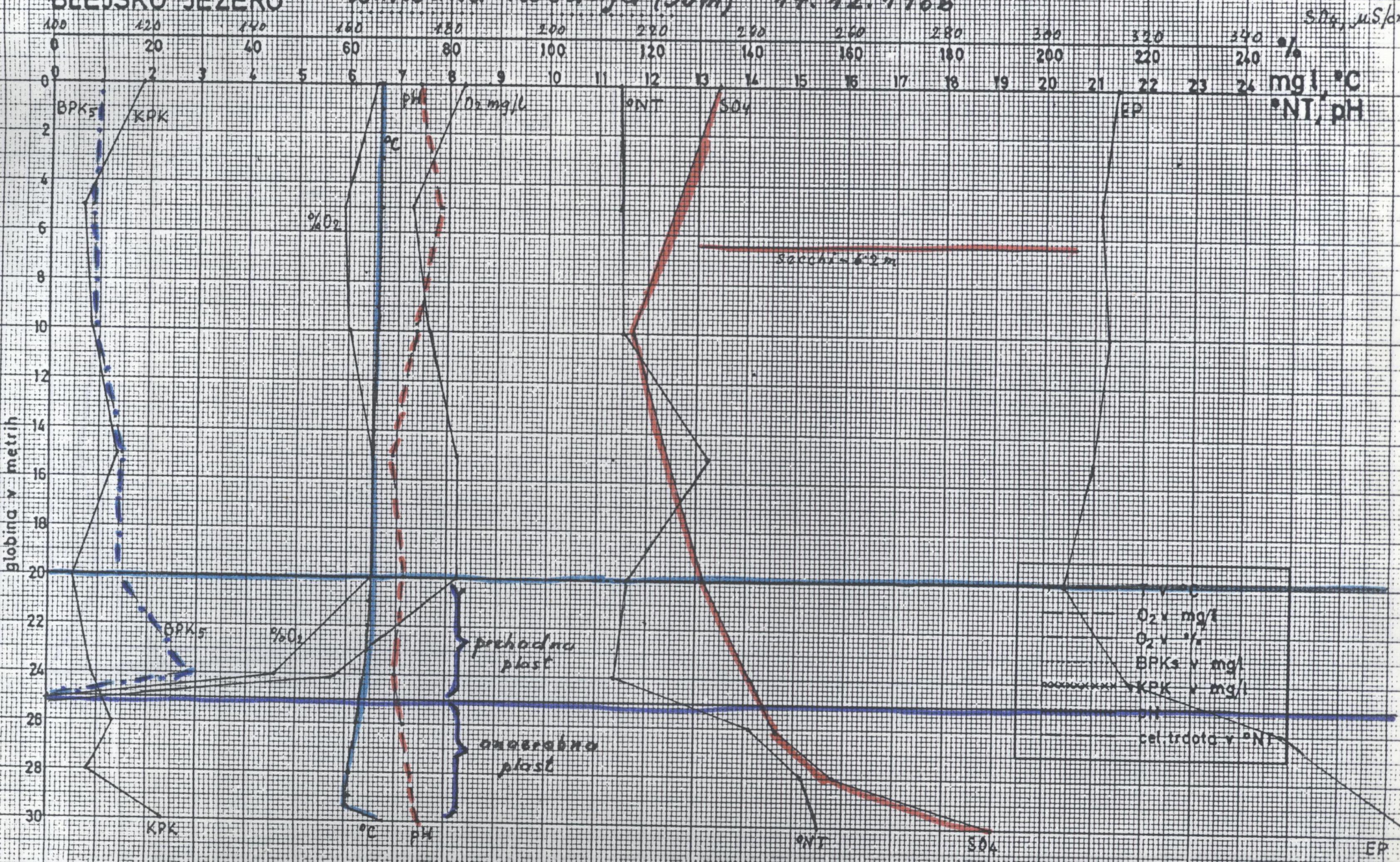


BLEJSKO JEZERO 8.11.1987 VK(25m)



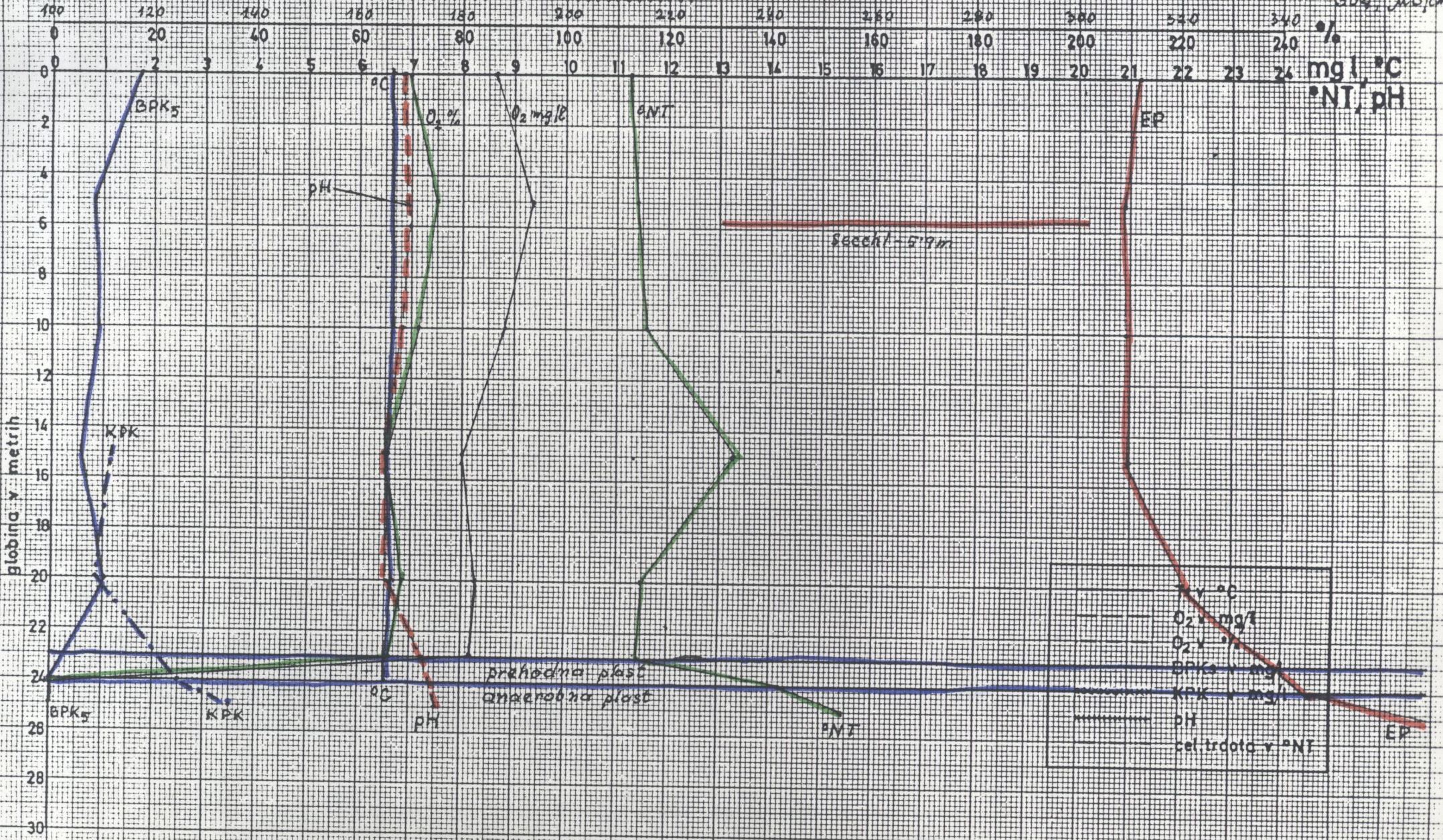
~~T<sub>v</sub> °C  
 O<sub>2</sub> mg/l  
 O<sub>2</sub> %  
 BRKs mg/l  
 KPK mg/l  
 pH  
 cel. trdnota °NT~~

BLEJSKO JEZERO  
 Zahodna Kotanja (30m) 14. 12. 1986





# BLEJSKO JEZERO vzhodna kolanja (25m) 14. 12. 1986



$SO_4$ ,  $mg/l$

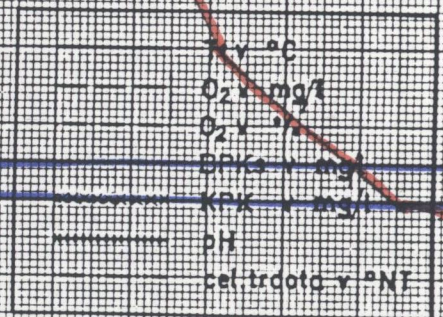
%

$mg/l$ , °C

°NT, pH

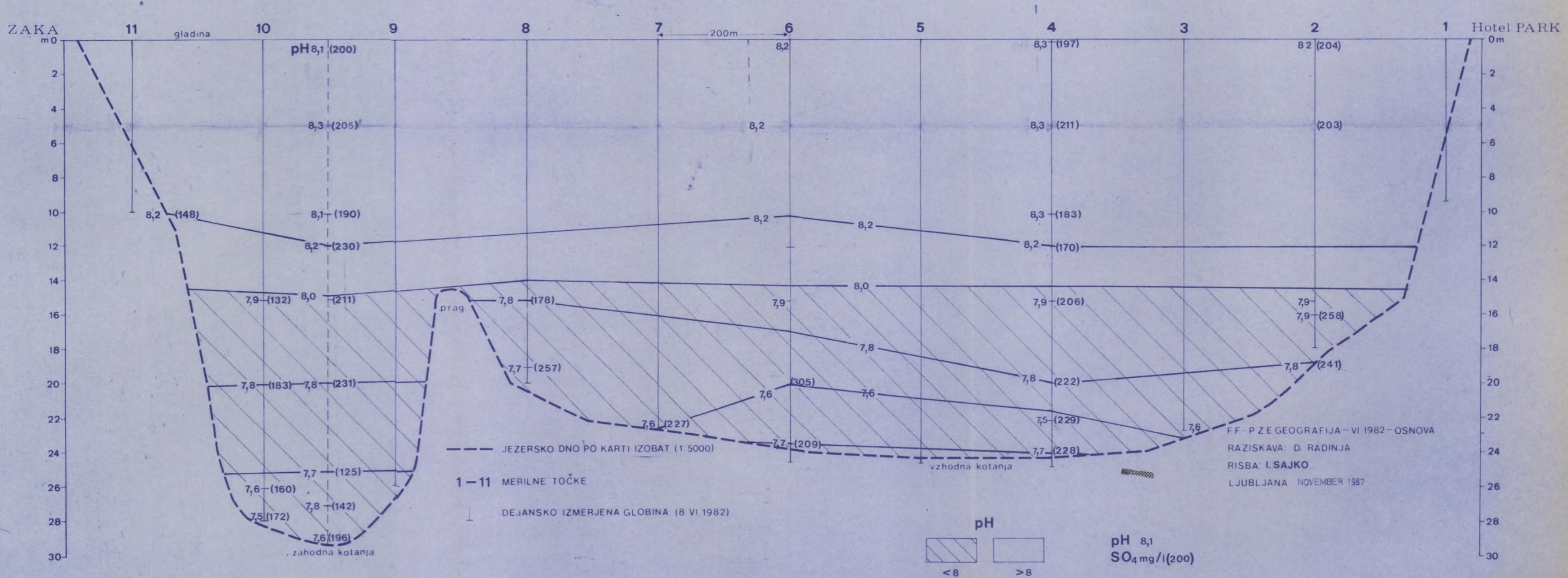
Secelj - 5.9 m

prehodna plast  
anaerobna plast



# Podolžni prerez Blejskega jezera – po veslaški progi ZJZ – VSV

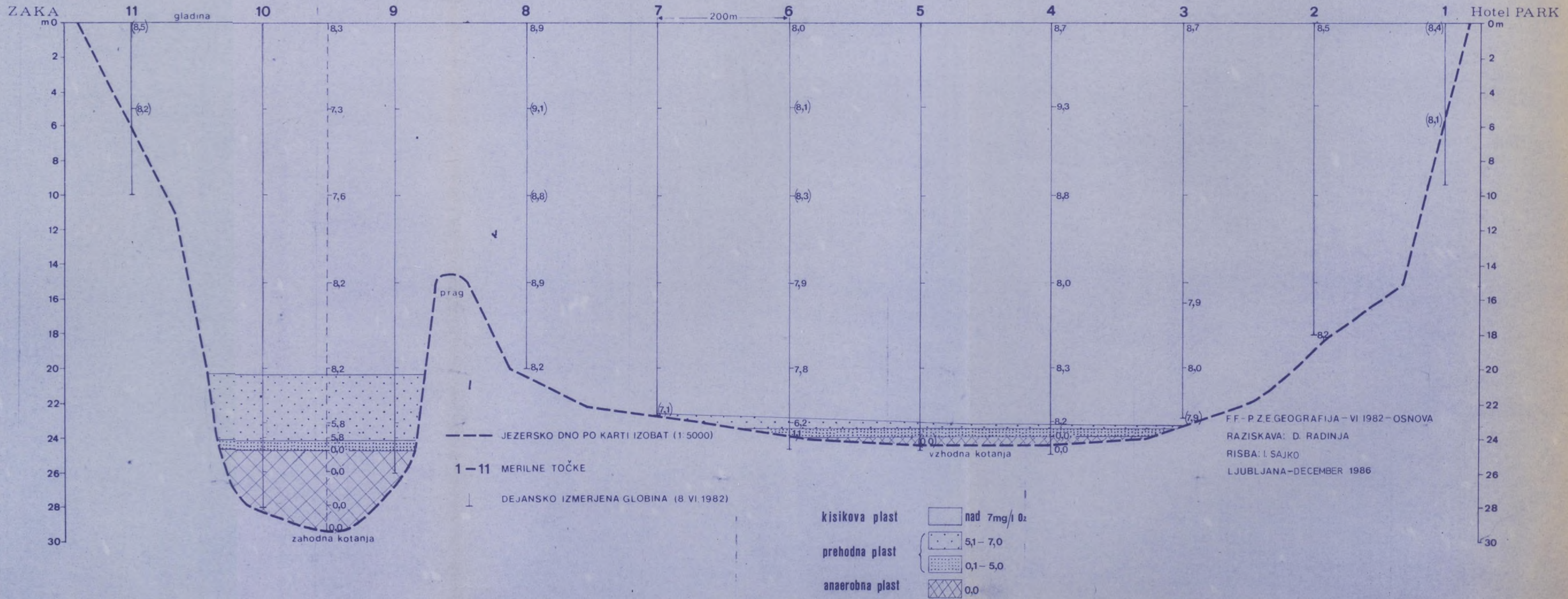
SO<sub>4</sub> IN pH 8.XI. 1987



FF - P.Z.E.GEOGRAFIJA - VI 1982 - OSNOVA  
 RAZISKAVA: D. RADINJA  
 RISBA: I. SAJKO  
 LJUBLJANA NOVEMBER 1987

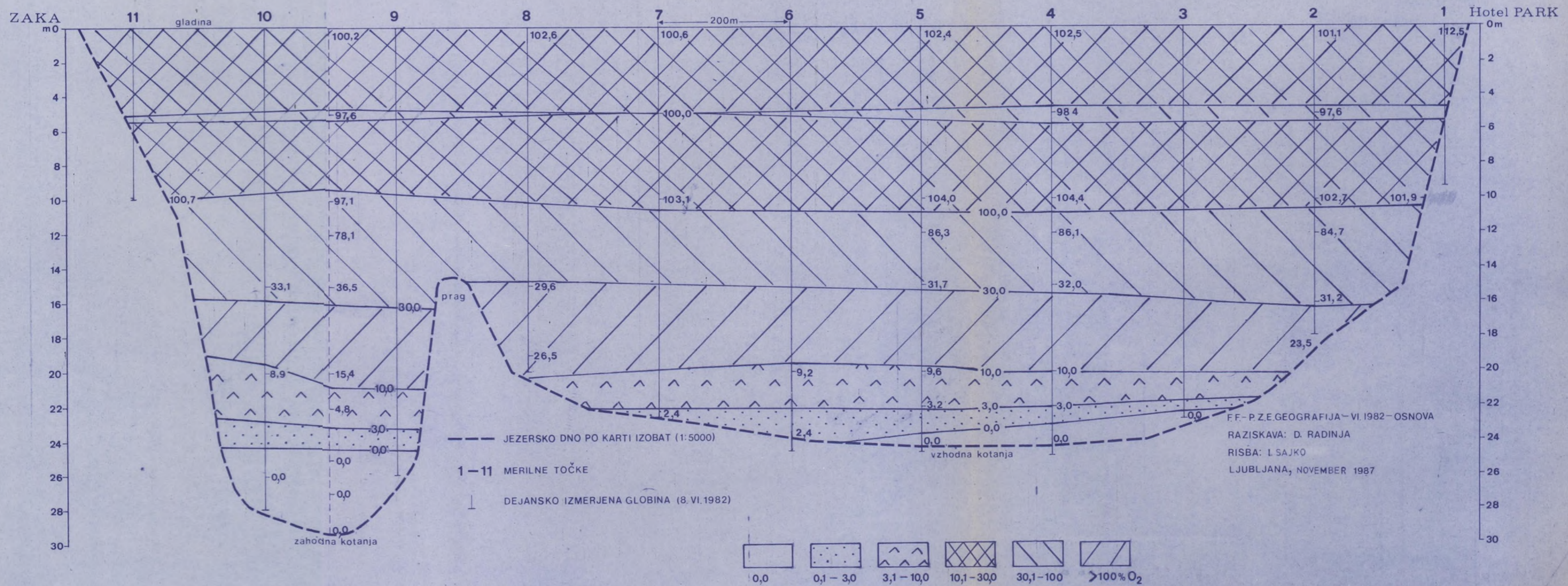
# Podolžni prerez Blejskega jezera – po veslaški progi ZJZ – VSV

VERTIKALNA RAZPOREDITEV V VODI RAZTOPLJENEGA KISIKA 14. XII. 1986



# Podolžni prerez Blejskega jezera – po veslaški progi ZJZ – VSV

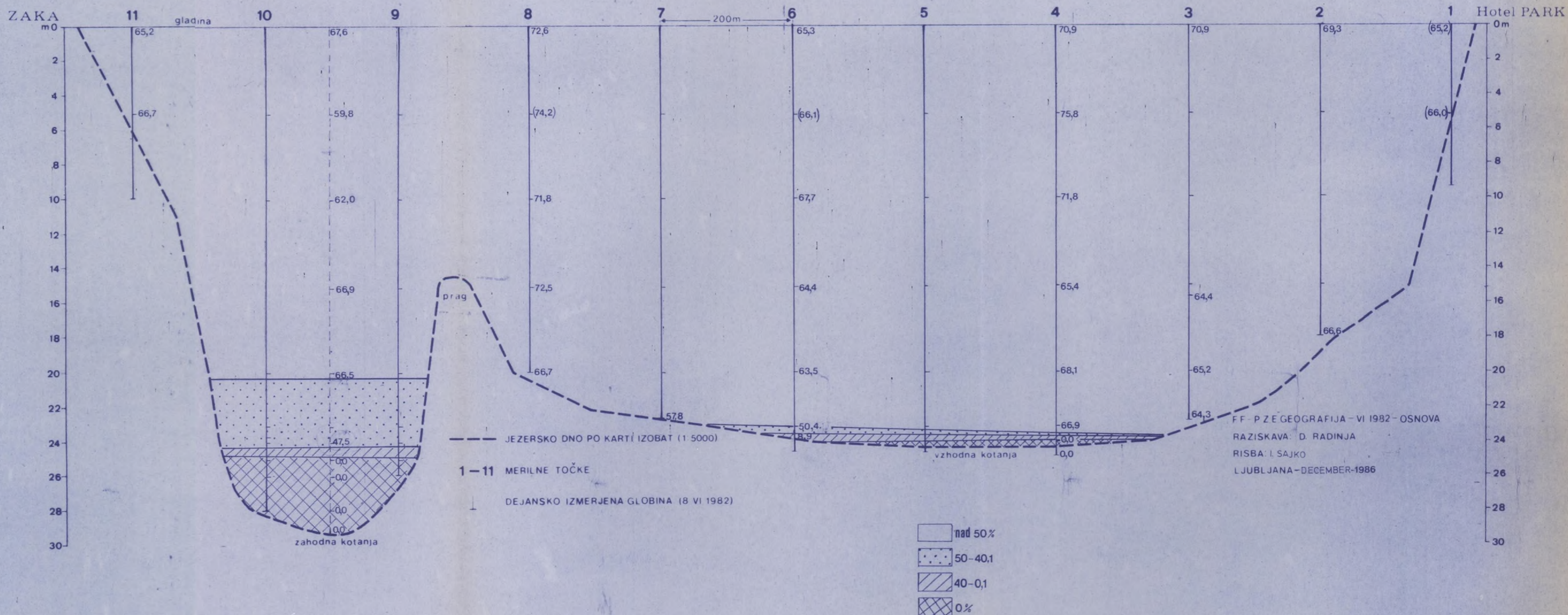
NASIČENOST VODE S KISIKOM 8. XI. 1987



FF-P.Z.E.GEOGRAFIJA-VI.1982-OSNOVA  
 RAZISKAVA: D. RADINJA  
 RISBA: I. SAJKO  
 LJUBLJANA, NOVEMBER 1987

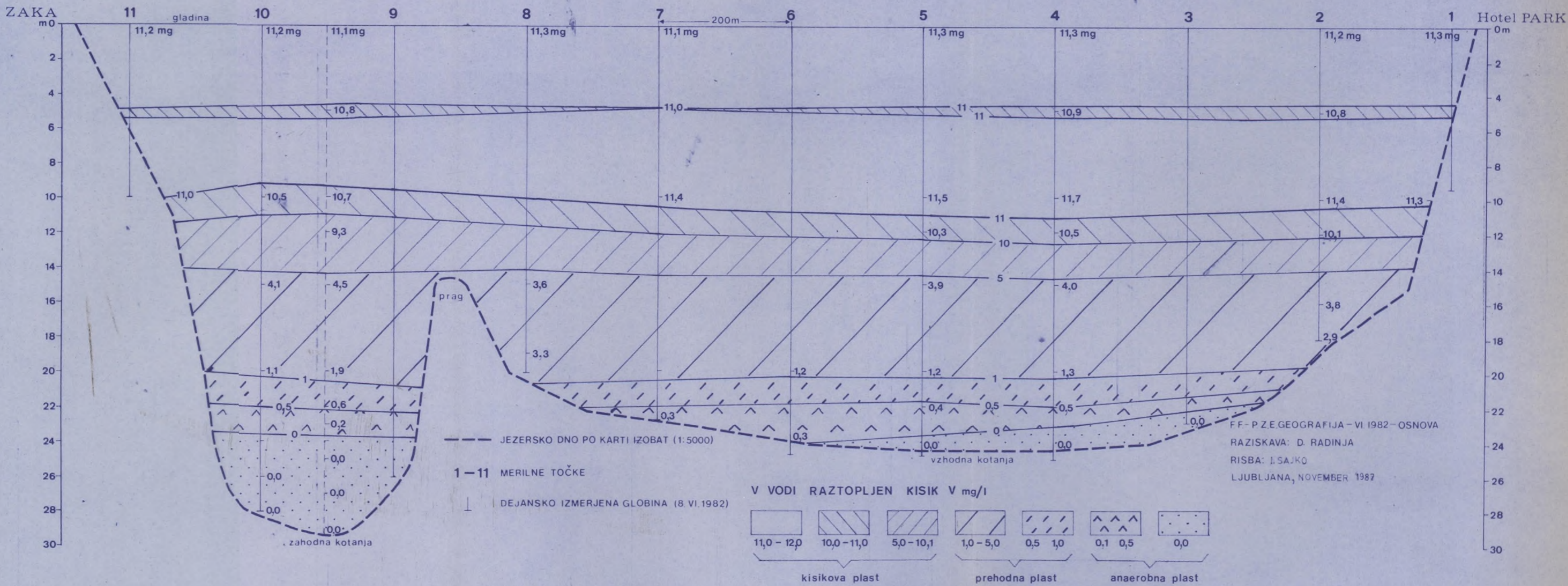
# Podolžni prerez Blejskega jezera – po veslaški progi ZJZ – VSV

NASIČENOST JEZERSKE VODE S KISIKOM 14. XII. 1986



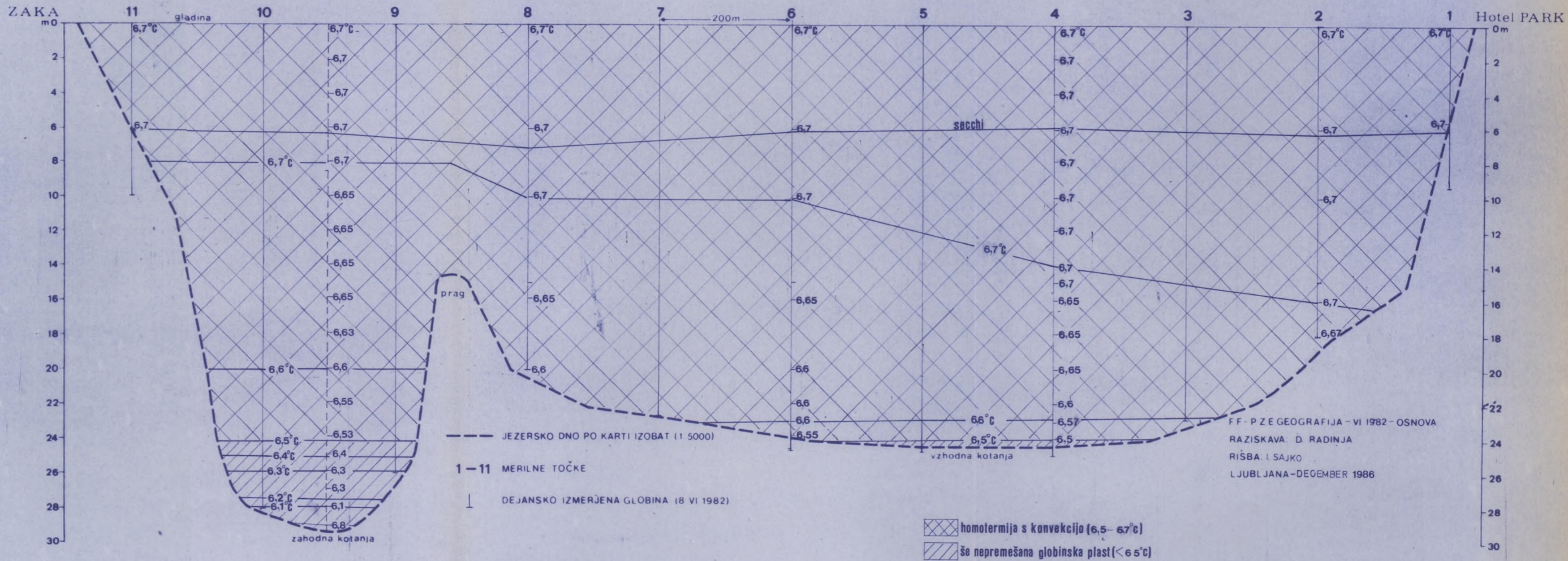
# Podolžni prerez Blejskega jezera – po veslaški progi ZJZ – VSV

RAZPOREDITEV KISIKA 8. XI. 1987



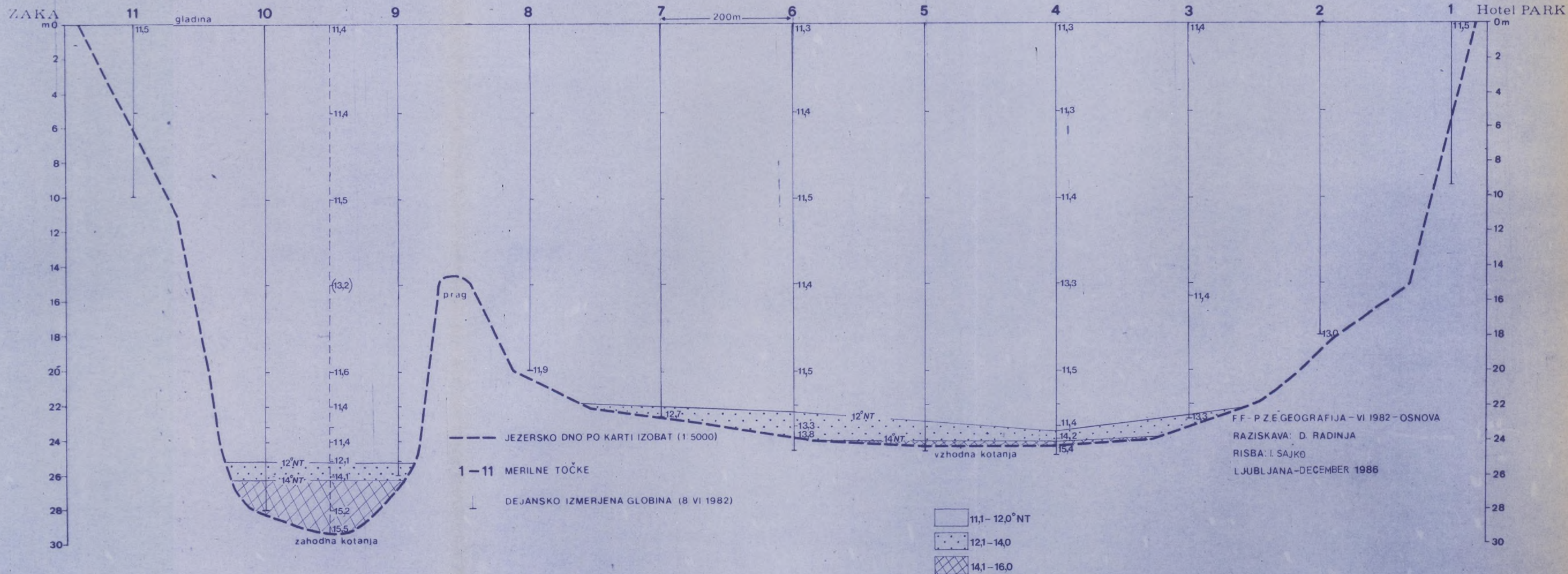
# Podolžni prerez Blejskega jezera – po veslaški progi ZJZ – VSV

TEMPERATURE 14.XII.1986 – STANJE TIK PRED JESENSKO HOMOTERMIJO



# Podolžni prerez Blejskega jezera – po veslaški progi ZJZ – VSV

CELOKUPNA TRDOTA VODE 14. XII. 1986



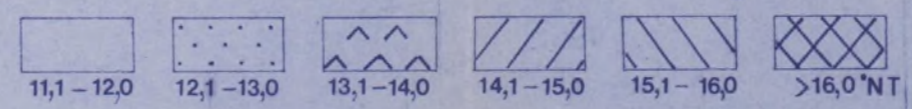
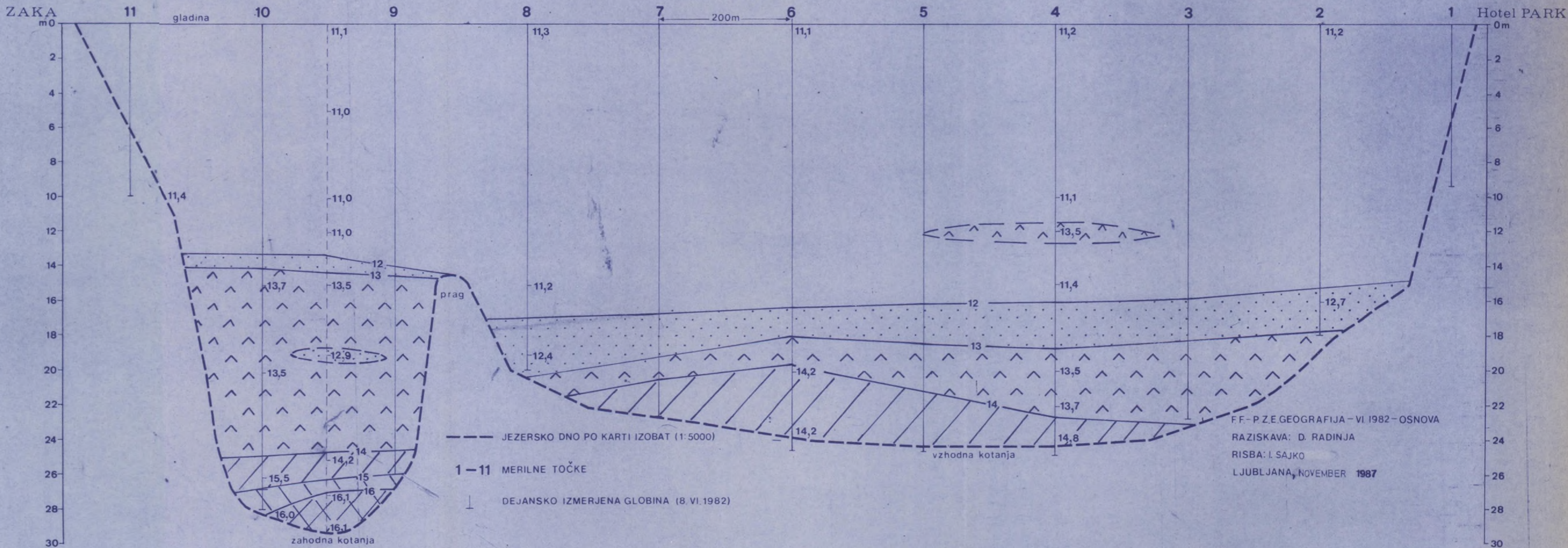
FF - P Z E GEOGRAFIJA - VI 1982 - OSNOVA  
 RAZISKAVA: D. RADINJA  
 RISBA: I. SAJKO  
 LJUBLJANA - DECEMBER 1986





# Podolžni prerez Blejskega jezera – po veslaški progi ZJZ – VSV

CELOKUPNA TRDOTA VODE 8. XI. 1987



# Podolžni prerez Blejskega jezera – po veslaški progi ZJZ – VSV

ELEKTROPREVODNOST VODE 8. XI. 1987

