

# Diagnostika režimu vody v pôde s využitím výpočtovej techniky

**Ing. Viliam Novák, DrSc.**

*Ústav hydrológie, Slovenská akadémia vied,*

*Dúbravská cesta 9, 84104 Bratislava*

**Abstrakt.** Optimalizácia režimu vody v pôde (RVP) je základným predpokladom vysokej úrovne produkcie biomasy. Rozsiahle hydromelioračné stavby na Východoslovenskej nížine (VSN), (závlahy a odvodnenie), ktoré boli vybudované v rokoch päťdesiatych pre zlepšenie režimu vody v pôde nespĺnili očakávania, povrch pôdy v terénnych depresiách bol v jarnom období zaplavený, nebol možný prístup na pozemky a pre nedodržanie agrotechnických termínov (neskorá sejba a následné sucho) neboli dosiahnuté očakávané úrody. Preto bol vládou iniciovaný CPZV č.4 „Ekologická optimalizácia využívania VSN“, ktorého cieľom bolo identifikovať príčiny nefunkčného odvodnenia systematickou rúrkovou drenážou. Na diagnostiku RVP bol použitý unikátny postup retrospektívneho matematického modelovania, ktoré umožňuje spätný výpočet charakteristík RVP (vlhkosti pôdy, maticný potenciál pôdy) počas niekoľkých desaťročí. Bol vyvinutý a v jazyku BASIC naprogramovaný (1982) matematický model (MOVOREP) a zakúpená na toto obdobie výkonná výpočtová technika. Na retrospektívnu simuláciu charakteristík RVP v rokoch 1952 -1981 bol použitý mikropočítač ADT 4300 (ZPA Čakovice). Výsledkom bola charakteristika RVP všetkých pôdných druhov VSN s rôznymi porastmi a pochopenie príčin nefunkčnosti realizovaných hydromelioračných stavieb. Tento postup umožňujúci diagnostiku RVP bol zrejme použitý prvýkrát na svete v Ústave hydrológie SAV. Bez vhodnej výpočtovej techniky, by to nebolo možné.

## Ústav hydrológie SAV a jeho premeny v čase

Päťdesiate roky dvadsiateho storočia na Slovensku boli charakterizované výstavbou vodných diel na Slovensku, (Oravská priehrada, Domaša, vodohospodárska sústava Vážska kaskáda, zložená z 22 vodných diel a mnohé iné vodohospodárske stavby). Vodohospodárska prax vyžadovala komplexné posúdenie vplyvu vodných diel na okolitú krajinu, povrchové a podpovrchové vody. Preto bolo v roku v roku 1953 založené Vodohospodárske laboratórium SAV, predchodca dnešného Ústavu hydrológie Slovenskej akadémie vied.

V rokoch päťdesiatych už existovala projekčná organizácia Hydroprojekt v Bratislave, ako pobočka pražského ústavu (neskôr sa osamostatnila pod názvom Hydroconsult). Modelové merania projektovaných vodných sa skúšali na fyzikálnych modeloch vo Výskumnom ústave vodného hospodárstva (VÚZH). Projektované stavby boli v širších súvislostiach analyzované na Fakulte inžinierskeho staviteľstva vtedajšej Slovenskej vysokej školy technickej (SVŠT) v Bratislave, dnešnej Slovenskej technickej univerzite (STU). Bola tu evidentná potreba pochopiť a kvantifikovať pohyb vody komplexne, nielen v inžinierskych dielach, ale aj prírodných podmienkach Slovenska, teda pohyb povrchových a tiež podpovrchových (podzemných a pôdných) vôd. To bol impulz pre založenie ústavu v rámci SAV. Spomenuté Vodohospodárske laboratórium SAV zmenilo názov na Ústav hydrológie a hydrotechniky SAV (1959), v roku 1969 na Ústav hydrológie a hydrauliky SAV a neskôr (1991) na Ústav hydrológie SAV, čo lepšie charakterizovalo súbor činností tohoto ústavu. Hydrotechnický výskum, vodných diel sa realizoval na VÚVH v Bratislave. Hydraulika (čo je transport vody v umelých štruktúrach, ako sú potrubia, kanály) bola pokrytá výskumom v Oddelení hydrotechniky ÚH SAV, ktoré sa predtým primárne zaoberalo analýzou prúdenia vo vodných dielach. Veľké zúrodňovacie aktivity realizované na prelome päťdesiatych a šesťdesiatych rokov na celom Slovensku, ale hlavne v Podunajskej nížine a na

Východoslovenskej nížine (VSN) si vyžadovali komplexný prístup k takýmto riešeniam, berúc do úvahy vplyv vodných diel na okolitú krajinu. Preto boli v ÚH SAV konštituované tri vedecké oddelenia: Oddelenie hydrológie, Oddelenie hydrotechniky a Oddelenie hydrodynamiky pórovitého prostredia, to ostatné bolo neskôr premenované na Oddelenie hydrológie podpovrchových vôd (OHPPV). Práve v rámci tohoto oddelenia sa realizoval výskum, ktorý je obsahom tohoto príspevku.

## Čo je to hydrológia ?

Hydrológia (z gr. *hydros* - voda, *logos* - náuka, veda) je vedná disciplína, zaoberajúca sa vodou na Zemi vo všetkých jej skupenstvách. Skúma zákonitosti časového a priestorového rozdelenia a obehu vody na Zemi (tzv. vodný cyklus) a jej fyzikálne, chemické a biologické vlastnosti. Dôraz sa kladie na pohyb vody v prírode a na kvantitatívne vyjadrenie vplyvu vlastností prostredia, vrátane antropogénnej činnosti na kvalitatívne a kvantitatívne vlastnosti hydrosféry. V ďalšej časti sa budeme zaoberať predovšetkým dynamikou podpovrchových vôd, t.j. podzemných a pôdných vôd.

### *Hydrológia podpovrchových vôd*

Je významná z hľadiska zásobovania obyvateľstva vodou. Na území Slovenska, je viac ako 80 percent pitnej vody dodávanej z podzemných zdrojov. Je tiež zdrojom vody pre rast rastlín. Podpovrchová (pôdna a podzemná) voda je dopĺňovaná infiltráciou z tokov (a kanálov) a z dažďových zrážok infiltráciou do pôdy a do podzemných vôd a teda je pomerne dobre chránená pred znečistením.

## Diagnostika vodného režimu pôd

Modifikácia (úprava, zmena, náprava, zlepšenie) procesov pohybu vody v hydrosfére si vyžaduje určenie príčin existujúceho stavu, teda stanovenie diagnózy. Všetci to poznáme z oblasti medicíny, kde prvým krokom k liečeniu je stanovenie diagnózy pacienta a na základe tejto diagnózy je navrhnutý postup liečenia. Často je diagnostikovanie príčiny problémov najdôležitejšou časťou ozdravovacieho procesu.

Ak sa prenesieme do oblasti hydrológie, tak zlepšenie stavu vybranej časti hydrosféry (čo je oblasť, kde je prítomná voda v ľubovoľnom skupenstve) je potrebné určiť príčinu existujúceho stavu a identifikovať procesy, ktoré ho spôsobujú. Až na základe výsledkov diagnostiky (teda stanovenia diagnózy) je možné navrhnúť postup zlepšenia (meliorácie) (od latinského *meliore*, *zlepšovať*) stavu vybranej časti hydrosféry.

## Riešená téma

Od polovice päťdesiatych rokov 20. storočia sa začala na Slovensku masívna výstavba, priemyslu, ale aj zúrodňovacích opatrení na poľnohospodárskych pôdach, s cieľom zvýšiť produkciu potravín. Bolo vybudované množstvo zavlažovacích a odvodňovacích kanálov predovšetkým na Žitnom ostrove a na Východoslovenskej nížine, kde bola lokalizovaná najväčšia časť vysokoprodukčnej ornej pôdy Slovenska. Po vybudovaní (odvodňovacích/závlahových kanálov nasledovalo budovanie lokálnych systémov odvodnenia a závlah, aby bolo možné optimalizovať úrody plodín. Ťažisko týchto melioračných stavieb bolo na Východoslovenskej nížine (VSN), kde boli úrody plodín v porovnaní s Podunajskou nížinou výrazne nižšie. Značná časť VSN je pokrytá ťažkými a veľmi ťažkými pôdami, s nízkou hydraulickou vodivosťou, nízkou prevzdušnosťou a slabo vyvinutou štruktúrou pôd, čo spôsobuje ich nepriaznivý RVP a sťažuje ich obrábanie. Veľmi ťažké pôdy sú lokalizované

v depresiách v inundačných (zaplavovaných) území sústavy riek Bodrog, Laborec, Latorica, Uh, Ondava. Z celkovej plochy ornej pôdy na Slovensku 14700 km<sup>2</sup> (skoro tretina plochy Slovenska), je plocha ornej pôdy na VSN 2010 km<sup>2</sup> (201 000 ha, približne jedna sedmina ornej pôdy SR), z toho je 46 000 hektárov ťažkých pôd (22.1% rozlohy ornej pôdy VSN) a 43 121 hektárov veľmi ťažkých pôd (20,6% rozlohy ornej pôdy VSN). Teda, viac ako 42% pôd na VSN sú pôdy so zníženým produkčným potenciálom. Navrhnuté a vybudované odvodňovacie systémy, ktorých kostru tvoria odvodňovacie kanály; tieto zbierajú drenážne vody z rúrkovej systematickej drenáže. (vybudovanej na ploche 450 tisíc hektárov ornej pôdy v SR). Na VSN bolo 25659 hektárov pokrytých systematickou rúrkovou drenážou, hlavne na ťažkých a veľmi ťažkých pôdach, na ktorých najmä v jarňých mesiacoch tvorili veľké vodné plochy ako relikty z topenia sa snehu a jarňých zrážok.

Po vybudovaní hydromelioračných stavieb (predovšetkým odvodnenia systematickou rúrkovou drenážou) sa očakávalo výrazné zlepšenie vodného režimu pôd a odstránenie povrchového zamokrenia. Uplynuli takmer dve desaťročia a situácia sa takmer nezmenila. Naďalej na jar po topení snehu zostávali ťažké a veľmi ťažké pôdy zaplavené a neumožňovali poľnohospodárske práce. Otázka znela: Prečo sa napriek realizovaným hydromelioračným stavbám (systematická rúrková drenáž) nepodarilo zlikvidovať povrchové zamokrenie (vodné plochy) a zlepšiť režim vody v pôde ?

Riadiace orgány štátu preto (v roku 1980) vymenovali zmocnenca pre VSN (Ing. Leukanič), ktorý mal spolu so svojim štábom navrhnúť riešenie, ktoré by mohlo zmeniť vodný režim VSN tak, ako bolo plánované.

### **Cieľový projekt základného výskumu č. 614 „Ekologická optimalizácia využitia VSN“**

Cieľový projekt základného výskumu CPZV 4. 614 bol formulovaný tak, aby posúdil ekosystém VSN komplexne, t.j. hydrologický systém VSN, stav biotopov a na základe výsledkov analýzy navrhol opatrenia (tentokrát na základe výsledkov výskumu) na optimalizáciu využitia VSN. Predchádzajúce hydromelioračné zásahy boli totiž navrhnuté a realizované bez predbežného výskumu, navrhnuté metódami štandardnými v období rokov päťdesiatych. Štandardná metóda určenia spôsobu odvodnenia spočívala na tzv. kvalifikovanom odhade. Drenážne systémy boli navrhnuté na základe zrnitostného zloženia pôd, bez znalosti hydraulických vlastností pôd a dokonca bez informácií o polohe a zmenách hladín podzemných vôd, ktoré má drenážny systém znižovať. Často sa stalo, že drenážne systémy boli uložené nad hladinou podzemných vôd, ktorú mali znižovať a tak odvodniť danú plochu. Tak sa stalo, že hlavný problém pôd VSN, ktorý spočíval v čiastočnej záplave depresií v blízkosti vodných tokov, nebol vyriešený a inundácia depresií sa takmer nezmenila. Preto bol navrhnutý a realizovaný horeuvedený projekt.

Už názov CPZV hovorí o komplexnom prístupe. Teda hlavným koordinátorom projektu bol Ústav experimentálnej biológie a ekológie SAV v Bratislave a riešiteľskými organizáciami bola Komplexná poľnohospodárska výskumná stanica pre VSN v Michalovciach (KPVŠ) a Ústav hydrológie SAV (vtedy Ústav hydrológie a hydrauliky SAV v Bratislave).

Ústav hydrológie SAV bol poverený riešením čiastkového projektu č.4 „Regulácia vodného režimu VSN“ (zodp. Prof. Ing. Ján Benetin, DrSc) a v jeho rámci bol čiastkový projekt č. 4.2 „Regulácia vodného režimu pôd VSN“ (zodp. Ing. Viliam Novák, CSc.). Cieľom čiastkového projektu č. 4.2 bolo diagnostikovať režim vody v pôde a navrhnúť metódy jeho regulácie.

### **Ako diagnostikovať režim vody v pôde?**

Najskôr je potrebné povedať, čo to je režim vody v pôde (RVP), niekedy nazývaný (nesprávne) aj ako vodný režim pôdy. Je to typická, charakteristika ročného priebehu tzv. režimových charakteristík pôdy (matričný potenciál vody v pôde, vlhkosť pôdy) v danej lokalite, založená na zovšeobecnení ich dlhodobého (minimálne 20 ročného) priebehu, ktorý je charakteristický pre danú lokalitu. Analogicky s klímou, ktorá je charakterizovaná typickým „charakteristickým“ priebehom meteorologických charakteristík počas roka, získaným zo zovšeobecnenia mnohoročných meraní (teplota vzduchu, atmosférické zrážky, evapotranspirácia, vlhkosť vzduchu, rýchlosť vetra, a pod.), aj režim vody v pôde je charakterizovaný dlhodobým charakteristickým priebehom charakteristík režimu vody v pôde, na základe čoho je možné stanoviť typ režimu vody v pôde (RVP) a navrhnúť melioračné opatrenia. Mnohoročné typické charakteristiky RVP je potrebné použiť preto, aby sme vylúčili bežné fluktuácie počasia a s tým súvisiace fluktuácie charakteristík RVP počas jednotlivých rokov.

Existujú dve možnosti ako diagnostikovať RVP.

1. Meranie charakteristík RVP v teréne, (napr. vlhkosti pôdy, výšky a plochy hladiny vody na povrchu pôdy) približne v týždňovom intervale počas najmenej 20 rokov a zovšeobecnenie ich priebehu.
2. Retrospektívne matematické modelovanie charakteristík RVP vo vybraných lokalitách. Tento postup vyžaduje znalosť hydrofyzikálnych charakteristík pôdy, o ktorých sa predpokladá, že sa počas uplynulých desaťročí nezmenili. Tento predpoklad je akceptovateľný. Je potrebné tiež poznať vlastnosti porastov a meteorologické charakteristiky lokality za uplynulých  $n$ , (minimálne 20 rokov), ktoré existujú v archívoch Slovenského hydrometeorologického ústavu (SHMÚ), odkiaľ boli získané (zakúpením) priemerné denné hodnoty úhrnu zrážok, teploty a vlhkosti vzduchu, rýchlosti vetra a trvania slnečného svitu). Predpokladá sa, že meteorologické charakteristiky spôsobujú zmeny charakteristík RVP. No a to najdôležitejšie: je potrebné mať matematický model transportu vody a energie v systéme Pôda – Rastlina – Atmosféra (PRAT) a samozrejme vhodnú výkonnú výpočtovú techniku, bez ktorej to nejde.

Je logické, že jedinou reálnou možnosťou diagnostiky RVP je retrospektívne matematické modelovanie RVP. Okrem simulačného modelu, je potrebné mať k dispozícii výkonnú výpočtovú techniku, čo bol v 60tych až 70tych rokoch problém. Preto, táto metóda nebola používaná a RVP sa hodnotil „kvalifikovaným“ odhadom.

### **Výpočtové metódy a ich vývoj od rokov šesťdesiatych v Ústave hydrológie SAV.**

V priebehu rokov šesťdesiatych pri výpočtoch dominovali rachotiace mechanické kalkulačky, neskôr k nim pribudli vzácne kalkulačky elektronické (bulharské ELKY), ktoré už nehučne zobrazovali výsledky pomocou digitrónov, a vykurovali okolie. Veľkým pokrokom bola kúpa programovateľného kalkulátora HP-16, umožňujúceho naprogramovať jednoduché vzorce a aj ich sústavu. V Ústave hydrológie a hydrauliky SAV bol navrhnutý a vyrobený analógový počítač (lepšie povedané RC sieť, alebo elektro-hydrodynamický analógon), ktorý umožňoval simuláciu dvojrozmerného prúdového poľa podzemných vôd. V jednotlivých uzloch, (bolo ich 120), bolo možné meniť vodivosť (prostredníctvom odporu  $R$ ) pórového prostredia a jeho kapacitu ( $C$ -retenčnú kapacitu). V ÚH SAV boli neskôr k dispozícii analógové počítače MEDA 41 TC na ktorých sa simuloval pohyb podzemných vôd jednoduchšie, ako na RC sieti.

Celoakademická výpočtová technika bola reprezentovaná elektrónkovým počítačom z NDR ZRA-1 (1965), ktorý v zime príjemne vykuroval výpočtovú halu. Neskôr (v roku 1967) bol zakúpený dánsky (už polovodičový) počítač GIER, na ktorom sa učil programovať v jazyku ALGOL aj autor tejto state. Na riešenie systému parciálnych diferenciálnych rovníc (PDR) nebol vhodný, používal sa predovšetkým na spracovanie veľkého množstva údajov.

Významný pokrok v aplikácii výpočtovej techniky nastal, keď sa podarilo (RNDr. J. Majerčák) získať počítač ADT 4300 (výrobok ZPA Čakovice). Rozumel jazyku BASIC, slúžil v rokoch 1979 -1989 a práve na ňom boli vykonané výpočty, ktorých výsledok znamenal možnosť diagnostikovania RVP na VSN. Tento počítač obsadil najväčšiu miestnosť ústavu, pretože pozostával z dvoch skriňových pamäťových jednotiek, z procesora, riadiacej jednotky, snímača a dierovača diernych pásov, ako aj veľkej klimatizačnej jednotky. Napriek tomu, že to bol sálový počítač s množstvom „skriň“, oficiálne bol označovaný ako „mikropočítač“. Do tejto sály každý vstupoval (nie každý mohol tam vstúpiť) s posvätnou báznou, bola to proste novinka. (Poznávam, že tento sálový počítač bol krátkodobo v rokoch 1989 -1993 nahradený novším typom ADT 4700, to však už pomaly začalo obdobie výkonných stolných počítačov (PC), takže dlho používaný nebol).

### **Matematický model vodného režimu pôd -MOVOREP**

Model MOVOREP (skratka *MOdel VODného REžimu Pôd*) bol navrhnutý a použitý na výpočet charakteristík režimu vody v pôde v interakcii s podzemnou vodou a atmosférou (Benetin, et al, 1985). Je to model, ktorý počíta bilanciu vody v definovaných diskretných, vertikálne členených, horizontálnych vrstvách pôdy; vertikálny transport vody medzi jednotlivými vrstvami je počítaný pomocou Darcy – Buckinghamovej rovnice, individuálne toky sa algebraicky spočítajú a získa sa obsah vody v jednotlivých vrstvách pôdy. Tento postup bol zvolený vzhľadom na nedostatočné výkony výpočtovej techniky na prelome 70-tich a 80-tich rokov. V súčasnosti sa počítajú charakteristiky režimu vody v pôde riešením parciálnych diferenciálnych rovníc, čo bolo umožnené rýchlym vývojom výpočtovej techniky. Simulačný model MOVOREP bol naprogramovaný pre počítač ADT 4300 v jazyku BASIC. Vstupy aj výstupy z modelu boli prostredníctvom diernych pásov.

### **Vstupné údaje do simulačného modelu MOVOREP**

Ako už bolo uvedené, vstupmi do modelov boli denné úhrny meteorologických charakteristík prostredia z rokov 1950 -1980 (opísané vyššie), získané zo Slovenského hydrometeorologického ústavu (SHMÚ), ktoré charakterizovali vlastnosti atmosféry. Vlastnosti porastov (fenologické charakteristiky) sa menia v priebehu vegetačného obdobia a predpokladá sa, že sú každý rok rovnaké (výška porastu, hĺbka systému koreňov, index listovej pokrývnosti). Tieto boli získané meraním v teréne. Hydrofyzikálne charakteristiky pôd (t.j. tie, ktoré charakterizujú vzťah voda – pôda) ako sú hydraulické vodivosti pôdy, retenčné čiary pôdy, a fyzikálne vlastnosti pôdy, boli získané meraním v teréne a v laboratóriu v spolupráci s Komplexnou výskumnou pôdohospodárskou stanicou v Michalovciach. Táto časť práce bola najnamáhavejšou časťou riešenia projektu. Predpokladá sa, že charakteristiky pôdy sa s v uvažovanom 20 ročnom časovom intervale nemenia.

### **Výsledok modelovania režimu vody v pôde**

Vzhľadom na pomerne nízku rýchlosť výpočtov, výpočty trvali dlho a počítač „bežal“ aj v noci a cez víkendy, takže výpočty trvali niekoľko mesiacov. Podobné výpočty sa v súčasnosti realizujú v priebehu desiatok sekúnd.

Výsledkom modelovania boli ročné priebehy charakteristík vodného režimu pôd VSN pre 21 ročné obdobie a 4 základné plodiny (jarný jačmeň, ozimná pšenica, kukurica, cukrová repa). Príklad výsledkov modelovania je obr.1., obsahujúci pravdepodobnosť výskytu deficitu (DFC) vody v pôde a počet dní s deficitom vody v aktívnej vrstve ( $n$ ) veľmi ťažkej pôdy pre štyri typické plodiny pre vegetačné obdobia rokov 1952 až 1981. Tieto informácie sú podkladom pre návrh režimu závlah jednotlivých plodín.

Iným výsledkom je zistenie, že počas modelovaného obdobia povrchové zamokrenie, ktoré neumožňuje obrábanie pôdy, bolo pozorované najmä v ťažkých a veľmi ťažkých pôdach (teda na pôdach s extrémne nízkou hydraulickou vodivosťou) a v pôdach s extrémne malou retenčnou kapacitou, čo sú extrémne ťažké a veľmi ťažké pôdy. Najvýznamnejší výsledok bol ten, že *extrémne málo vodivé pôdy* (veľmi ťažké, ťažké a stredne ťažké, so súčiniteľom hydraulickej vodivosti menším ako 1 cm/deň) *nie je možné klasickou rúrkovou drenážou odvodniť*, ale je potrebné siahnuť na agromelioračné metódy orientované na zmenu vlastností pôdy; (pestovanie špeciálnych plodín), čo je program na desaťročia; nie je teda možné okamžité riešenie. A tiež musí byť dodržaný jednoduchý (a samozrejмый) princíp: rúrkové drenážne systémy môžu fungovať len vtedy, ak sú uložené pod hladinou podzemnej vody, čo sa v mnohých prípadoch nestalo, lebo sa predpokladalo, že ak je na povrchu pôdy súvislá hladina vody, táto musí byť prepojená s podzemnou vodou.

### **Význam výpočtovej techniky pre diagnostiku režimu vody v pôde.**

Použitie výpočtovej techniky malo zásadný význam pre riešenie tejto úlohy. Bez matematického modelu RVP a príslušnej výpočtovej techniky - v tomto prípade relatívne málovýkonný počítač ADT 4300 - by diagnostika RVP nebola možná. Pravdou je, že vzhľadom na výkony vtedajšej VT trvalo modelovanie niekoľko mesiacov, Dnes je to otázka minút. Diagnostika RVP je aj v súčasnosti hojne používanou metódou identifikácie RVP, aj keď sa používajú dynamické simulačné matematické modely založené na riešení parciálnych diferenciálnych rovníc a súčasná výkonná výpočtová technika.

### **Prečo je táto metóda diagnostiky VRP priekopnícky čin Ústavu hydrológie SAV ?**

Podľa mojich vedomostí, použitie matematického modelovania a výpočtovej techniky na diagnostiku RVP bolo prvý krát na svete použité v Ústave hydrauliky SAV v rokoch 1983 – 1985. Podobné modely a technické možnosti mali viaceré inštitúcie v Európe a vo svete a je pravdepodobné, že si uvedomovali možnosť ich využitia na diagnostiku RVP. Naše pravdepodobné prvenstvo bolo iniciované aj tlakom štátnych orgánov na potrebu zistenia príčin nefunkčnosti realizovaných drahých hydromelioračných stavieb (predovšetkým odvodnenia veľmi ťažkých pôd) na VSN. Bol iniciovaný komplexný projekt CPZV č.614 “Ekologická optimalizácia vodného režimu pôd VSN”. V súčasnosti je podobný postup vo svete bežný, ale pred 40 rokmi to bol priekopnícky čin.

Jednoducho povedané, aby sme vyriešili problémy nastolené CPZV č.614, boli sme nútení aplikovať všetky dostupné prostriedky na identifikáciu problémov, pre ktoré neboli dosiahnuté plánované ciele poľnohospodárskej výroby na VSN.

Použitie výpočtových metód na diagnostiku RVP samo o sebe nie je novým vedeckým poznatkom, avšak ich aplikácia na retrospektívnu identifikáciu charakteristík RVP umožňuje získať unikátne informácie potrebné pre diagnostiku RVP. Preto metóda ako taka nie je publikovateľná, publikovateľné sú výsledky jej aplikácie. Je pravdepodobné, že inšpirovala podobné postupy aj v zahraničí. Pomerne slušný počet publikácií je v domácich časopisoch a hlavne výsledky boli prednesené na konferenciách, pretože okrem prednesenia výsledkov

výskumu, sme chceli motivovať vedecko – výskumnú obec na využitie podobných postupov na riešenie praktických problémov.

#### **Riešiteľský kolektív (s titulmi v čase riešenia úlohy)**

Prof. Ing. Ján Benetin, DrSc, (zodp. riešiteľ projektu 4.0)

Ing. Viliam Novák, CSc, (zodp. riešiteľ podprojektu 4.2)

Ing. A. Šoltész

RNDr. V. Štekauerová (naprogramovanie modelu MOVOREP)

RNDr. J.Šútor, DrSc

Ing. I. Radčenko, CSc. (podzemné vody)

V tomto prípade je potrebné vyzdvihnúť úlohu, ktorú pri rozvoji výpočtovej techniky zohral RNDr. J. Majerčák, ktorému sa podarilo pre Ústav hydrológie a hydrauliky (pre mňa dodnes záhadným spôsobom) bezplatne získať ADT 4300 od inej akademickej inštitúcie, ktorá ho odmietla prevziať. Bol poverený prevádzkou výpočtovej techniky; túto úlohu úspešne plnil viac ako desaťročie, popri svojich vedeckých povinnostiach. Takto sme celé desaťročie mali možnosť riešiť a vyriešiť viacero úloh, čo by bez tohto počítača nebolo možné.

#### **Najdôležitejšie publikácie**

Benetin, J., Šoltész, A., Štekauerová, V. (1985). Bilančný matematický model pre podrobnú analýzu časovej variability zložiek vodného režimu pôd. Vodohosp. Časopis, 33, 565-609.

Šútor, J. (1985). Hydrologické aspekty nenasýtenej zóny v podmienkach Východoslovenskej nížiny. Vodohosp. Čas., 33, 458-467.

Benetin, J., Novák, V. (1985). Regulácia vodného režimu VSN. In: Zborník z konferencie

#### **Výsledky poľnohospodárskeho výskumu a ich realizácie na Východoslovenskej nížine.**

##### **KPVS Michalovce.**

Benetin, J., Novák, V., Šoltész, A., Štekauerová, V., Šútor, J., Radčenko, I. (1986). Regulácia vodného režimu pôd Východoslovenskej nížiny; charakteristika vodného režimu vybraných pôdných typov VSN a zásady jeho úpravy. In: Vedecké sympóziu "Ekologická optimalizácia využitia VSN". Ústav exp. biológie a ekológie SAV, SLOVOSIVO, KPVS Michalovce. Bratislava, s.71.

#### **Ilustratívny príklad výsledkov retrospektívneho modelovania modelom MOVOREP**

Vhodnou ilustráciou výsledku retrospektívneho matematického modelovania je obrázok s čiarami prekročenia veličiny *deficit vody v pôde (DFC)* v mm vrstvy vody v aktívnej vrstve pôdy (1 meter), počas 21 vegetačných období vybraných plodín. Pojmom deficit vody v pôde (DFC) sa označuje rozdiel medzi obsahom vody v tzv. „aktívnej vrstve pôdy - AVP“, (je to vrstva pôdy, v ktorej sa nachádza koreňový systém, v tomto prípade je to 1 m) a tzv. „vlhkosti zníženej dostupnosti vody pre rastliny - BZD“; DFC aj BZD sú vlhkosti pôdy, vyjadrené v milimetroch vrstvy vody v 1,0 m vrstve pôdy. Vlhkosť pôdy nižšia ako je BZD limituje (znižuje) transpiráciu plodín a tým aj produkciu biomasy. DFC je rozdiel medzi BZD a aktuálnou vlhkosťou aktívnej vrstvy pôdy  $W$ . ( $DFC = BZD - W$ ) a teda deficit vody v pôde nastáva vtedy ak je DFC kladná hodnota, teda  $BZD > W$ . Vtedy je potrebné aplikovať závlahu, aby bola produkcia biomasy (úroda) optimálna. Na horizontálnej osi je pravdepodobnosť prekročenia výskytu DFC v percentách ( $p$ ). Napríklad, pravdepodobnosť

dosiahnutia deficitu vody porastu kukurice (v aktívnej vrstve pôdy počas vegetačného obdobia) 24 mm je  $p = 25$  percent.

Druhý obrázok znázorňuje počet dní ( $n$ ) s deficitom vody v aktívnej vrstve extrémne ťažkej pôdy počas vegetačného obdobia plodín na VSN za obdobie 1951 -1982. Obe veličiny (teda  $DFC$  a  $n$ ) sú vypočítané pre štyri charakteristické plodiny (jarný jačmeň – JJ; ozimná pšenica – OP; kukurica – K; cukrová repa – CR). Ako už bolo poznamenané, deficit vody v pôde nastane vtedy, keď je pre nízku hydraulickú vodivosť pôdy (nízka vlhkosť pôdy) znížená transpirácia plodiny pod úroveň, umožňujúcu maximálnu produkciu biomasy. Ako vidieť, počet dní s deficitom vody v pôde ( $n$ ) je každý rok iný a líši sa aj pre individuálne plodiny. Je to dané hlavne polohou a dĺžkou vegetačného obdobia jednotlivých rastlín. Najviac postihnuté  $DFC$  sú plodiny s dlhým vegetačným obdobím, posunutým do letných mesiacov (K, CR), keď je zrážok najmenej, a najmenej sú citlivé plodiny s vegetačným obdobím posunutým na jar (JJ, OP). Ak je známa pravdepodobnosť výskytu  $DFC$  a  $n$  pre jednotlivé plodiny, je možné efektívne plánovať oševné postupy ako aj hydromelioračné opatrenia.

Tieto informácie umožňujú vybrať pre konkrétne pôdy vhodné plodiny a odhadnúť možné úrody, rozsah očakávaného deficitu vody a navrhnúť aj adaptačné opatrenia (odvodnenie, jeho typ, prípadne potrebu závlahy a množstva vody.





