

Željko BLAŽEKA
univ.dipl.inž.grad., Institut za ekološki inženiring d.o.o, Maribor

Martin PONIKVAR
Institut za ekološki inženiring d.o.o, Maribor

LIZIMETER TEZNO- MARIBOR

POVZETEK: Raziskovalna postaja "Lizimeter Tezno" je koncipirana za spremljanje vodne bilance v tleh, migracije polutantov, mineralizacijo organskih snovi v tleh, spremljanje hidrometeoroloških parametrov, nekaterih parametrov podnebnih sprememb in nivojev podzemne vode. Gradi se etapno, skladno s programom večletnih raziskav. Prva leta, 2004-2006, so bila namenjena spremljanju vodne bilance, dinamike vode v tleh in kvalitete precejene vode skozi pedološko plast. V ta namen sta bili vgrajeni dve zbirni posodi za precejno vodo 0,8 m pod površino njive in ena izven njivske površine ter meteorološka postaja. V letu 2006 so bili v njivska tla do globine 2,0 m vgrajeni instrumenti za spremljanje temperature, vlažnosti tal in matričnega potenciala. V letu 2008 je bila vgrajena v njivo do globine 2,0 m lizimetska posoda, ki meri vodno bilanco s tehtanjem cilindra zemlje premera 1,0 m. V ta cilinder so vgrajene merilne sonde, razporejene po višini cilindra na štirih globinah. Podzemno vodo lahko odvezemamo za kemijske analize po globini. Zbiranje podatkov je namenjeno analizi stanja in trendov, preveritvi različnih matematičnih modelov, ki opisujejo gibanje podzemne vode in vsebnosti hranil, predvsem nitratov v tleh in vpliv suše na mineralizacijo organske snovi v tleh. Suša, ki z izsušitvijo tal pod točko venenja onemogoči rastlinam črpanje vode, vendarle zagotavlja še toliko vode, da talna biocenoza presnavlja organsko snov do nitratov.

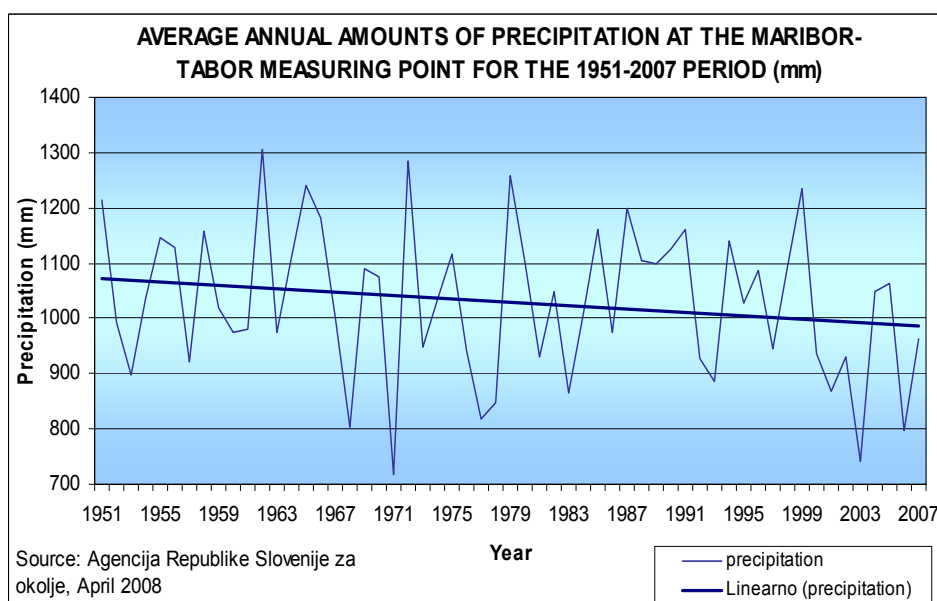
LYSIMETER TEZNO - MARIBOR

SUMMARY: Purpose of Research station 'Lysimeter Tezno' is measuring of water balance in soil, migration of pollutants and mineralization of organic matter. Long year lasting researches were taken into consideration during construction and execution of the project. Water balance, water dynamics and quality of seepage water were measured during first years. Two cups needed for measurements of seepage water were installed at the depth of 0,8 m below surface, one just below cultivated ground, one outside of cultivated ground. Weather station was also executed for purposes of measures. Instruments to measure thermal processes, soil moisture content and matrix potential were installed in 2006 below agricultural ground. Weighing of lysimeter cylinder with diameter of 1,0 m started in 2008 with installation of equipment that measures water balance. To measure values of parameters of groundwater samples for chemical analyzes instruments were installed at four different depths. Purpose of supplying information is verification of mathematical processes that define nitrates and drought effects on mineralization process in ground. Once water content decreases below wilting point due to drought, root uptake becomes impossible but water content is still high enough to assimilate organic matter to nitrates by digestion from biocenosis.

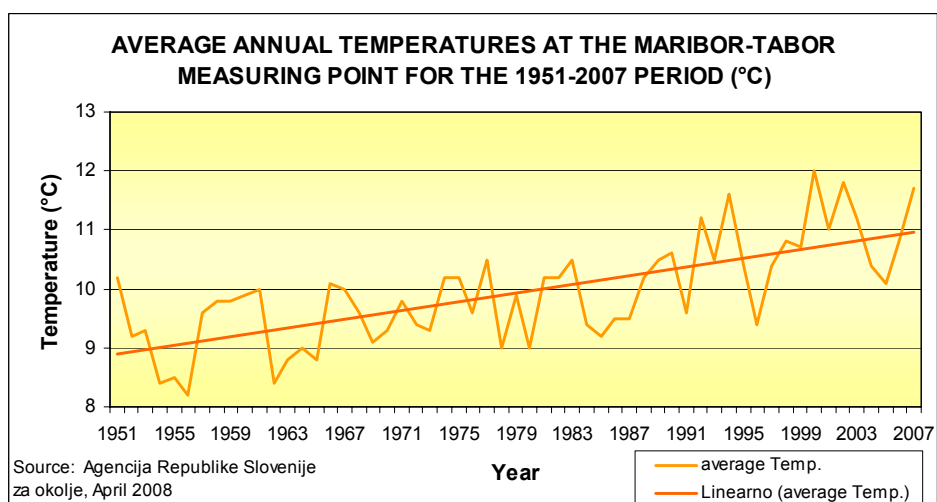
UVOD

Doseganje dobrega stanja teles podzemnih voda je naloga držav EU, ki jo morajo opraviti do 2015 leta. Trenutno stanje vodnih teles se ugotavlja z monitoringom. Telo podzemne vode Dravskega polja je po kakovosti v slabem kemijskem stanju (Vukadin, 2007), kar pripisujemo kmetijski rabi površine in neurejeni odvodnji komunalnih odpadkov. Raba prostora nad plitvim vodonosnikom Dravskega polja iz katerega se zajema podzemna voda za oskrbo s pitno vodo je pretežno namenjena poljedelstvu, urbanizaciji, industriji in cestni in železniški infrastrukturi. Evidentno je, da je prisoten konflikt interesov med rabo prostora in varstvom podzemne vode pred onesnaženjem. Dominantni problemi kvalitete pitne vode so povezani z uporabo sredstev za varstvo rastlin, nitrati, kloriranimi topili itd.

Meritve povprečnih letnih padavin (slika 1) kažejo trend zniževanja, meritve povprečnih letnih temperatur pa trend zviševanja (slika 2), kar dolgoročno poslabšuje razmere, povezane z razpoložljivostjo podzemne vode za oskrbo s pitno vodo.



Slika 1: Prikaz povprečnih letnih padavin od 1951-2007



Slika 2: Prikaz povprečnih letnih temperatur od 1951-2007

Cilji Okvirne vodne direktive EU, da bodo do leta 2015 telesa podzemne vode v dobrem stanju, so povezani s sistemom monitoringov, ki omogočajo spremljanje in dokazovanje kakovosti vode in njenega časovno pogojenega izboljševanja. Poleg državnega monitoringa izvaja Mestna občina Maribor podrobnejši program monitoringa podzemne vode in lizimetska postaja Tezno je ena od opazovalnih točk.

NAMEN LIZIMETRSCKE POSTAJE

Mehanizmi, ki vodijo do povišanih koncentracij sredstev za varstvo rastlin in nitratov ter drugih onesnaževal v podzemni vodi, so načeloma poznani. Ključni element teh procesov je režim vode v nezasičeni coni vodonosnika. Po eni strani je voda v nezasičeni sredini vodonosnika odgovorna za dobršen del transporta onesnaževal proti talni vodi, po drugi strani pa je bistveni pogoj za dejavnost biocenoze v talnem ekosistemu. Del biocenoze (talni razkrojevalci) presnavlja organske snovi v mineralno obliko – dušikove spojine do nitratov in del biocenoze v območju rastlinskih korenin vpliva na talni vodni režim. V tem smislu je poznavanje dinamike vode v tleh tudi del ključa do razumevanja migracije onesnaževal do podzemne vode. V svojem bistvu je na molekularno-biološki ravni mineralizacija organskih snovi, rastlinska poraba teh snovi (prehrana rastlin) in izpiranje teh snovi v talno vodo kompleksen, enovit medsebojno povezan proces v ekosistemu, ki vključuje atmosfero in tla.

Domnevamo, da bi z detajlnim poznavanjem mehanizmov nastanka in transporta ključnih onesnaževal, lahko uspešneje zagotavljali zeleno kakovost in učinkovitost kmetijske produkcije ter istočasno zagotavljali zeleno kakovost talne vode. Zaradi navedenega je lizimetska postaja Tezno zasnovana kot večnamenski objekt za proučevanje več različnih parametrov, ki vplivajo na kvaliteto in količino podzemne vode v odvisnosti od načinov rabe prostora ter hidrometeoroloških parametrov. Prostorski, finančni in znanstveni okvirji so narekovali tak koncept naprave, da jo je možno zgraditi etapno, upošteva etape raziskovalne cilje. Lastnik postaje je Mestna občina Maribor.

V grobem je postavitve naprave sledila naslednjim razvojnim fazam:

- Prva etapa: Izgradnja osnovne infrastrukture in zajemanje precejene vode za kemijske analize ter korelacije padavine – pretok precejjenih vod. Zgrajeno leta 2005.
- Druga etapa: Izgradnja dveh hidroloških merilnih profilov v tleh (hidropedološki parametri) in en temperaturni profil v tleh (modeliranje mineralizacije do nitratov). Zgrajeno leta 2007.
- Tretja etapa: Izgradnja tehtalnega lizimetra pod kmetijsko površino s senzorji za potrebe določanja vodne bilance tal in kvalitete vode pod kmetijsko površino. Zgrajeno leta 2008.
- Četrta etapa: Izgradnja dveh tehtalnih lizimetrov pod obdelovalnimi površinami in testiranje različnega tretiranja kultur (gnojenje, sredstva za varstvo rastlin) in vpliv namakanja; začetek opazovanja biokemijske dinamike v nazasičeni plasti, fluktuacije gladine talne vode in slojevitost talne vode; predvidoma 2009, raziskave 2013;

Končni namen raziskav na lizimetski postaji je poiskati odgovor na vprašanje, ali lahko s kontrolo vode v tleh ob izpolnitvi tudi drugih pogojev, kontroliramo tudi mineralizacijo organske snovi v tleh do nitratov in zagotavljamo dobro kemijsko stanje kar zadeva nitrate na Dravskem polju.

RAZISKAVE IN REZULTATI

Raziskovalno delo na Lizimetski postaji Tezno je v letih 2006 do 2008 potekalo v okviru avstrijsko-slovenskega projekta (Finalisation and activation of the lysimeter research station Tezno for defining the hydro-pedological parameters of the Dravsko polje), kjer so se rezultati lahko primerjali s starejšo lizimetsko postajo v Wagni, ki jo upravlja JOANNEUM RESEARCH, iz Gradca iz Avstrije. V letu 2007 pa je bila lizimetska postaja vključena v del mreže petletnega imisijskega monitoringa podzemne vode Dravskega polja. V nadaljevanju podajamo nekaj karaktreističnih izvlečkov iz poročil na to temo.

Etapa 2005-2006

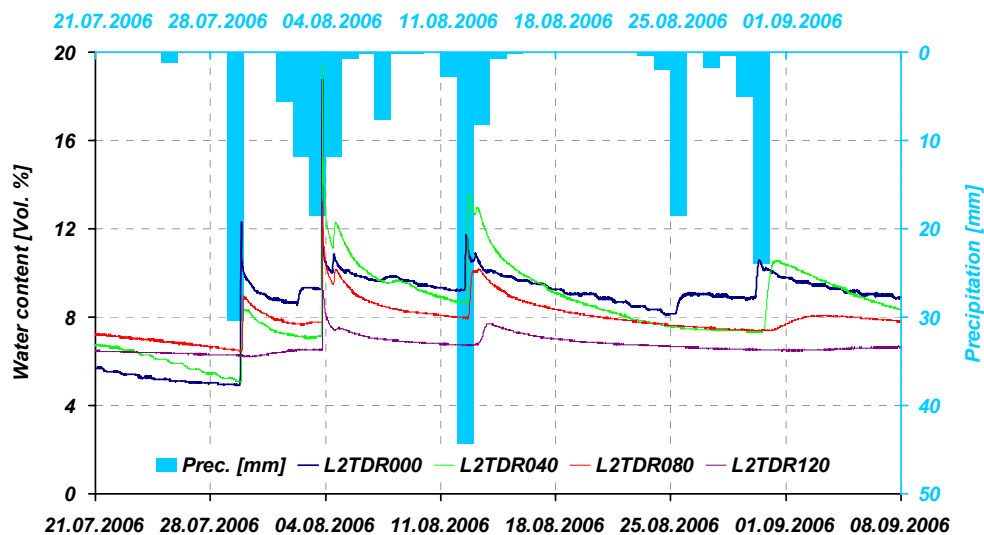
Osnovna infrastruktura lizimetske postaje je zgrajena v naslednji konfiguraciji:

- tri gravitacijske lizimetske posode premera 1,0 m, vgrajene 0,8 m pod površino terena, dno posod je na globini 2,0 m pod terenom. Dve posodi sta vgrajeni pod njivo, tretja na nevtralnem terenu,
- meteorološka postaja (temperatura, vlažnost, zračni tlak, dinamika in količina padavin, vetrovne razmere),
- centralni objekt postaje, ki omogoča gravitacijski dovod precejene vode iz lizimetskih posod, zajem vode, volumetrična meritev in odvzem vzorcev za kemijske analize.



Slika 3: Prikaz namestitve opreme leta 2006 ob lizimetski postaji (Fank, 2006)

Etapa 2006-2007



Slika 4: Prikaz meritev vsebnosti vlage v TDR sondah v globini 80, 120, 160 in 200 cm (Fank, 2006)

Ob lizimetski posodi št. 1 in ob lizimetski posodi št. 2 sta vzpostavljena dva hidrološka profila za ugotavljanje temperature tal, vsebnosti vlage in hidravličnega potenciala v različnih globinah. Vgrajeni so temperaturni senzori, tenziometri, TDR senzori, SIS- senzor (Smart Irrigation Senzor) na globini 0.8, 1.2, 1.6, in 2.0 m pod površino njive.

Etapna 2007-2008

Do leta 2007 vgrajena oprema ni omogočala pridobitev točnih podatkov za izdelavo talne vodne bilance in njene dinamike. Le-ta je potrebna, če želimo izmeriti prenos raztopin v nezasičeni coni. Najučinkovitejša metoda za pridobivanje zanesljivih podatkov o kvantiteti in kvaliteti pronicanja vode je veliki tehtalni lizimeter, vendar je njegova uporaba povezana z izredno velikimi investicijami in visokimi stroški vzdrževanja (Meissner, 2007).

V Evropi se je uporaba neposrednih lizimetskih metod za merjenje pretoka vode in raztopin v tleh precej povečala. Vendar pa meritve z lizimetri kažejo določene pomanjkljivosti, kot so efekt oaze (pojavi se zaradi nezmožnosti obdelovanja, ko se na področju lizimetra pojavi izguba vegetacije) in obstoj prednostnih poti ob oboku cilindra, predvsem zaradi nezadostnega tesnjenja med obema medijema (cilindrom in zemljino).

Da bi kar se da zmanjšali pomanjkljivosti lizimetrov, so določili zahteve, ki morajo biti izpolnjene na lokacijah, namenjenih izvajanju meritev z namenom vrednotenja in preverjanja talne vode ter modelov transporta raztopin v nezasičeni coni kmetijskih površin (Fank, 2004). Glavne zahteve, ki morajo biti izpolnjene, so:

- Precizni tehtalni lizimetri morajo biti vgrajeni neposredno v polje na način, ki omogoča strojno obdelovanje zemlje, saj bo le tako mogoče preprečiti učinek oaze, ki se pojavi zaradi vegetacijskih razlik. Ker morajo biti lizimetri vgrajeni tako, da dosežejo površino zemlje zaradi natančnih meritev morata biti zgornji del cilindra in cevi oblikovana kot krožni nastavek, ki ju lahko odstranimo in znova namestimo za namene obdelovanja zemlje.
- Zabijanje lizimetra v tla mora potekati vertikalno s stalnim vizualnim nadzorom, da se na robu cilindra prepreči porušitev vzorca, kar lahko povzroči formacijo prednostnih poti. Monolitna ekstrakcija tal se sme izvajati le vertikalno. To je bistvenega pomena predvsem tam, kjer so tla heterogena. V takšnem primeru se je treba odločiti ali bo večja frakcija (npr. kamen večjih dimenzij) del lizimetra ali pa se ga odstrani in nadomesti s finejšo frakcijo. Po namestitvi lizimetra si lahko pomagamo tudi s slednimi poskusi, da bi ugotovili pojav prednostnih poti.
- Globina lizimetra je odvisna od hidrometeoroloških in talnih pogojev. Spodnja meja lizimetra mora biti pod aktivno koreninsko cono, da bi v lizimetru preprečili gibanje vode in raztopin navzgor. V primeru globokih zemljin in suhega podnebja je treba oblikovati možnost recikliranja vode skozi dno lizimetra.

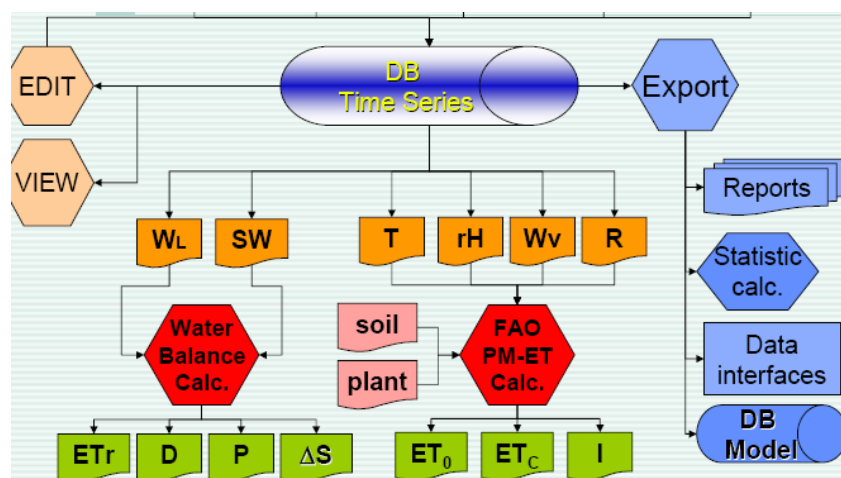
Investitor se je v letu 2007 odločil, da se v letu 2008 vgradi precizni tehtalni in monolitni poljski lizimeter. Konstrukcija tega lizimetra je bila določena glede na potrebne meritve vodnega režima in določitve oz. kalibracije računalniških simulacij transporta raztopin v nezasičeni coni pod poljedelsko rabo. Lizimeter lahko tehta z natančnostjo 0,05 kg (površina lizimetra je 1m²), kar pomeni da registrira vodni stolpec 0,05 mm. Količina precejene vode se določa z natančnostjo 0,01 mm. Z uporabo tega lizimetra torej lahko z eno napravo merimo padavine, evapotranspiracijo, količino precejene vode in spremembe zadržane vode v telesu lizimetra. Dodatno je lizimeter opremljen s TDR senzori, SIS senzori, tenziometri in temperaturnimi senzori v enakih globinah, kot v talnih hidroloških merilnih profilih, zgrajenih v letu 2006. To omogoča izmenjavo in primerjanje merjenih informacij v lizimetru in v okoliških tleh.



Slika 5: Telo lizimetra - gradnja

Vrednotenje lizimetrovskih meritev v kombinaciji z meteorološkimi podatki poteka avtomatično na osnovi razvitega softwera (Rock & Fank 2007), ki je vgrajen v lizimetrovsko postajo Tezno.

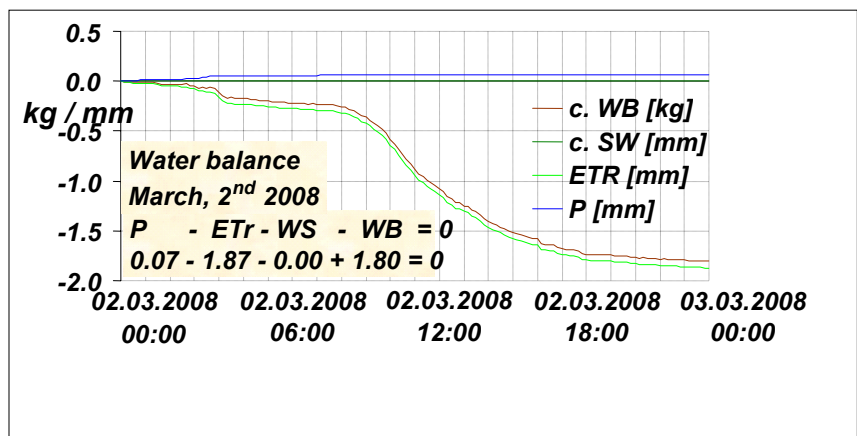
Potek obdelave podatkov je viden na sliki 6. Glavna modula softwera sta modul 'VIEW' za vizualizacijo, 'EDIT' za upravljanje s podatki, 'EXPORT' za izračun vodne bilance in 'FAO PM-ET Calculator' za izračun evapotranspiracije in potrebe po namakanju v odvisnosti od vremena, lastnosti zemljine in karakteristik poljščin.



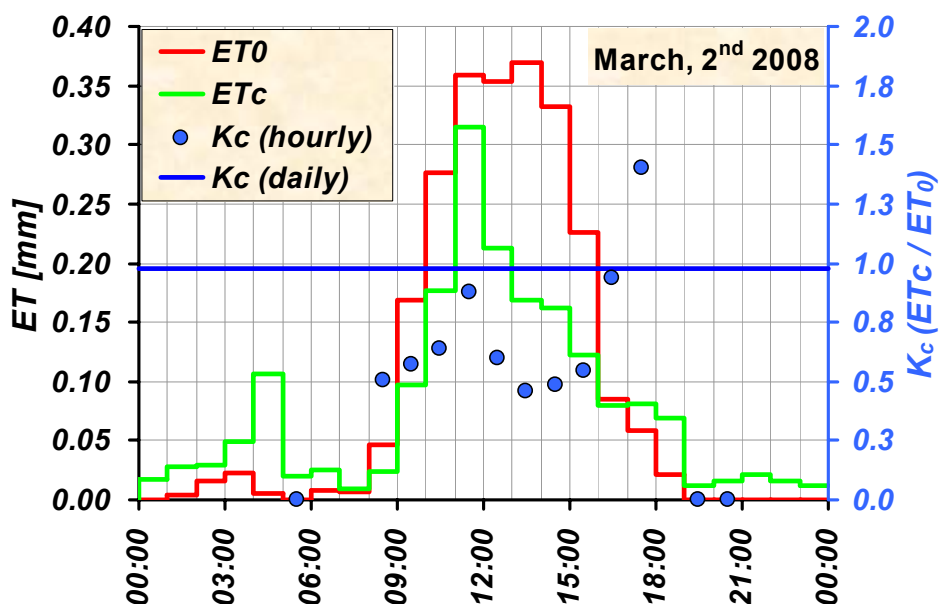
Slika 6: Preglednica procesiranja podatkov (Fank, Kopač, Lapajne, Smaka Kincl, 2008)

WL	teža lizimetra,	SW	količina precejane vode,
T	temperature,	rH	relativna vlažnost,
Wv	hitrost vetra,	R	radiacija,
ET _r	realna evpotranspiracija,	D	drenaža,
P	padavine,	ΔS	sprememba vsebnosti vode,
ET ₀	referenčna evapotranspiracija travne plasti,	ET _c	evapotranspiracija poljščin,
I	potencialno (optimalno) namakanje,		

Za ilustracijo prikazujemo obdelane podatke glede vodne bilance za lizimetrovsko postajo Tezno, per 2. marec 2008.



Slika 7: Prikaz meritev vodne bilance 2.3. in 3.3.2008 (Fank, Kopač, Lapajne, Smaka Kincl, 2008)



Slika 8: Prikaz evapotranspiracije za 3.3.2008, (Fank, Kopač, Lapajne, Smaka Kincl, 2008)

Etapa 2009-2013

Nadaljnja raziskava na lizimetrovski postaji Tezno bo usmerjena v preučevanje odnosov voda v tleh-talna organska snov-vegetacijski pokrov ter transport raztopin v podzemno vodo skozi nezasičeno sredino. Organska snov v tleh predstavlja nekaj procentov mase talnega profila in predstavlja bistveni element za prehrano biocenozo v talnem ekosistemu. Kar zadeva dušikove spojine, so raziskave v splošnem potrdile, da se v talnem ekosistemu izvršita transformacija kompleksnih organskih snovi do mineralnih oblik z zadostno natančnostjo po kinetiki prvega reda. Bistveni parametri, ki vplivajo na hitrost razgradnje, so razpoložljivost vode, razpoložljivost kisika, temperatura, pH, delež glin, ki imobilizirajo organsko snov, tip organske snovi, najpogosteje izražen v razmerju ogljik proti dušiku. Najpogostejši približki za ponazarjanje dogajanja v naravi (v enodimenzionalnem talnem stolpcu) so v poenostavitvi talnega profila tako, kot da je ta homogen in izotropen, porozen, v porah se pretaka voda ali zrak, organska snov pa je lahko bodisi raztopljen v vodi, bodisi pritrjena na trde delce idealiziranega matriksa po enačbi (1).

$$\frac{\partial}{\partial t} \cdot (\theta c + \rho S) = \frac{\partial}{\partial x} \cdot \left(\theta D \frac{\partial c}{\partial x} - qc \right) - \alpha \theta c - \rho \beta S + \gamma \theta \quad (1)$$

Kjer je:

C	koncentracija snovi v tekoči fazi	S	koncentracija snovi v trdi fazi
D	koeficient disperzije	θ	vsebnost vode
ρ	gostota tal	α	konstanta razpada 1.reda v tekoči fazi
β	konstanta razpada 1.reda v trdi fazi	γ	konstanta razpada 0.reda v tekoči fazi

Ker voda predstavlja bistven element biokemijskih procesov, je v prejšnjem poglavju prikazan princip določanja dinamike posameznih členov vodne bilance. Vpliv tipa kulture na njivi na vodno bilanco, mineralizacijo organske snovi, vpliv pomanjkanja vode pod točko venenja pa je predmet proučevanja v tehtalnem lizimetru z odvzemom vzorcev talne vlage za on line in laboratorijske in kemijske analize.

Iz stališča biokemijskih procesov sta za zakonitosti onesnaževanja oz. vnosa onesnaževal v vodo pomembni dve plasti. Prva je pedološka plast in druga je plast vodonosnika, v območju katerega niha podzemna voda. Raziskave te plasti, izvedene v Avstriji, kažejo na živahno dinamiko spreminjanja parametrov povezanih s transformacijo in transportom kontaminantov (pH, Rh).

ZAKLJUČEK

Zgrajena infrastruktura na lizimetrski postaji Tezno je dala kopico informacij o zakonitostih dinamike vode v tleh glede na lokalne pedološke razmere. Vgrajena merilna oprema deluje zadovoljivo. Žal pa so serije izmerjenih podatkov še prekratke, da bi umerili matematične modele, atmosfero, rastline, tla. Te naloge bodo opravljene v naslednji raziskovalni fazi.

LITERATURA

- (1) B. Bernard Vukadin (2007): Okolje na dlani, Korak naprej v ravnanju z okoljem, MOP ARSO.
- (2) Fank, J., Kopač, I., Lapajne, S., Smaka-Kincel, V. (2008). Finalisation and activation of the lysimeter research station Tezno, Symposium Graz 2008, Kompetenznetzwerk Wasserressourcen GmbH.
- (3) Fank, J. (2006). Finalisation and activation of the lysimeter research station Tezno for defining the hydropedological parameters of the Dravsko polje, KNET.2004.WP1.1.3, Zwischenbericht/ Intermediate report: 01.07.2005 – 30.06.2006.)
- (4) Fank, J., Smaka-Kincel, V. (2004). High-precision weighable field Lysimeters as monitoring instruments, Graz
- (5) Meissner, R., Seeger, J., Rupp, H., Seyfarth, M. and Borg, H. (2007). Measurement of dew, fog, and rime with a high-precision gravitation Lysimeter. J. Plant Nutr. Soil Sci. 2007, 170, 335–344.
- (6) Rock Messdatenerfassung und Auswertekonzepte.
- (7) Wriedt, G. (2004). Modelling of Nitrogen Transport and Turnover during Soil and Groundwater Passage in a Small Lowland Catchment of Northern Germany. Ph.D. thesis, University of Potsdam, Germany.