

Matevž VREMEC *

dr. Jure RAVNIK *

mag. Irena KOPAČ**

UPORABA ODPRTOKODNEGA GIS OKOLJA ZA MODELIRANJE TOKA PODZEMNE VODE NA PRIMERU VRBANSKEGA PLATOJA (EU PROJEKT FREEWAT, HORIZON 2020)

POVZETEK

FREEWAT je s strani EU financiran HORIZON 2020 projekt, čigar glavni namen je ustvariti odprto in javno dostopno GIS integrirano modelno okolje za simulacijo količine in kvalitete površinske in podzemne vode. Ta projekt je del strategije Evropske komisije, ki poskuša usmerjati finančna sredstva iz plačevanja dragih licenc in takšnih ali drugačnih monopolov v večjo inovativnost in več delovnih mest za mlade strokovnjake, ki so še kako potrebni tudi v vodnem gospodarstvu. Podjetje IEI je projektni partner tega projekta z vključenim testnim območjem vodonosnika Vrbanski plato, ki predstavlja enega od najpomembnejših vodnih virov severo-vzhodne Slovenije. V skladu z omenjeno strategijo se je v projekt vključila Fakulteta za strojništvo Univerze v Mariboru kot del izobraževalnega procesa. V okviru projekta so se v prvem koraku zbrali vsi relevantni hidrogeološki podatki za to območje, na podlagi katerih se je izdelal konceptualni model vodonosnika. Znotraj orodja FREEWAT se je nato izdelal stacionarni model toka podzemne vode z upoštevanjem sedanje prve stopnje umetnega bogatenja s črpalnimi vodnjaki na Mariborskem otoku in nalivevalnimi vodnjaki v dolini Vinarskega potoka. Na izdelanem modelu, ki je bil kalibriran in validiran na povprečne hidrološke razmere (leto 2015), smo opravili nekaj simulacij, namenjenih prikazu učinkovitosti sedanjega umetnega bogatenja podzemne vode in posledicam njegovega nedelovanja.

ABSTRACT

FREEWAT is a HORIZON 2020 project financed by the EU Commission. The main purpose of FREEWAT is to create an open source and public domain GIS integrated modeling environment for the simulation of water quantity and quality in surface water and groundwater. This project is a part of the strategy from European commission to redirect financial means from paying expensive licenses and all sorts of monopolies into innovations and creating more jobs for young professionals that are more than needed also in the field of water management. Company IEI is one of the project partners on FREEWAT with its test area at Vrbanski plato aquifer, which is one of the most important sources of drinking water in north-east Slovenia. According to before mentioned strategy also the Faculty of mechanical engineering from the Maribor University also joined the project as a part of an education process. The first step was to assemble all the available and relevant hydrogeological data for this area. With these data a conceptual model of the aquifer was made. Furthermore, the steady-state model of the groundwater flow was made inside the FREEWAT tools. By making this model there were considered present stages of the artificial recharge with pumping wells on the Maribor island (Mariborski otok) and recharge wells in the valley of Vinarski potok. On the model, which was calibrated and validated on the average hydrological conditions (year 2015), we made several simulations, which tend to display the effectiveness of present artificial groundwater recharge and the consequences, which would take up if the system would not be working.

UVOD

Modeliranje toka podzemne vode je postalo standardna praksa pri študijah sistemov in simulacij toka podzemne vode. Ustvarjeni modeli imajo tako vedno pomembnejšo vlogo pri upravljanju z vodnimi viri, ki se uvajajo v skladu z Okvirno direktivo o vodah, saj nam pokažejo pomembnost interakcije podzemnih

* Matevž VREMEC, univ.dipl.inž., izr. prof. dr. Jure RAVNIK, univ.dipl.fiz., UM Fakulteta za strojništvo, Smetanova ul. 17, 2000 Maribor ** mag. Irena KOPAČ, univ.dipl.inž.grad., IEI – Institut za ekološki inženiring Maribor, Ljubljanska ul. 9, 2000 Maribor

vodnih teles s površino okolja. Projektno delo se je izvajalo v okviru projekta FREEWAT, čigar cilj je spodbujanje upravljanja z vodami s poenostavitvijo direktive za vode kot drugih EU z vodo povezanih direktivah. Rezultat projekta bo v ta namen odprto in javno dostopno GIS integrirano modelno okolje za simulacijo količine in kvalitete površinske in podzemne vode [5].

FREEWAT je preko EU komisije financiran HORIZON 2020 projekt (Grant Agreement No. 64224), delujoč pod iniciativo WATER INNOVATION: BOOSTING ITS VALUE FOR EUROPE, ki se je pričel v aprilu 2015 in se bo zaključil v septembru 2017. V projekt so vključeni partnerji iz različnih področij iz 10 EU držav (Italija, Nemčija, Španija, Francija, Češka, Slovenija, Grčija, Romunija, Estonija, Malta) ter še Švice, Turčije in Ukrajine. Preko mednarodne organizacije UNESCO in sinergije z njihovo HOPE iniciativo pa je vključen tudi mejni vodonosnik med Namibijo, Južno Afriko in Botsvano. Modelni vtičnik FREEWAT deluje znotraj odprtokodnega geografskega informacijskega sistema QGIS z licenco GNU (General Public License). Uradno delovanje programa QGIS se je začelo maja 2002, pod ustanoviteljem Američanom Gary Sherman-om. QGIS je sedaj uradni projekt odprtokodne geografske organizacije (OSGeo) ter služi prikazu, obdelavi in analizi podatkov. Program deluje znotraj vseh operacijskih sistemih in podpira tako rastrske ter vektorske podatke, podatkovne baze ter nudi širok spekter drugih funkcionalnih orodij ter je kompatibilen z vsemi komercialnimi GIS orodji (Arcinfo, Mapinfo, AutocadMap). Znotraj orodja FREEWAT so trenutno implementirani orodje za obdelavo podatkov (AKVAGIS) [6], orodje za analizo podatkov (OAT), baza ozadja podatkov, orodje za transport delcev ter upravljanje z vodami ter dva hidrološka modela; MODFLOW–2005 in MODFLOW-OWHM [1], ki služita modeliranju toka podzemnih vod v nasičeni podlagi. Za potrebe simulacij obravnavanega območja je v ozadju deloval hidrološki model MODFLOW–2005, ki diskretizira sistem vodonosnika na mrežo celic, med katerimi nato rešuje enačbe toka podzemne vode. Samo orodje FREEWAT je še v razvoju in dopolnjevanju.

VODONOSNIK VRBANSKI PLATO

Vodonosnik Vrbski plato je del podzemnega vodnega telesa Dravske kotline in se nahaja na območju, ki se razprostira od Limbuške dobrove preko Mariborskega otoka, Kobarljevega zaliva, doline Rošpoškega in Vinarskega potoka, območja mestnega jedra Maribor na levem bregu Drave vse do Meljskega jezua. Tok podzemne vode na območju vodonosnika poteka po stari zasipani strugi reke Drave, ki poteka od območja infiltracije Dravske vode na zahodnem območju Selniške dobrove preko območja Selniške dobrove ter Mariborskega otoka do črpališča Vrbski plato, kjer se smer vodonosnika obrne proti jugo-vzhodu preko mestnega jedra do Meljskega jezua. Posebnost vodonosnika je neodvisnost od padavin, saj ga v večini napaja reka Drava, katere pretok ostaja skozi leto stabilen, kar pomeni nemoteno črpanje ter oskrbo prebivalstva s pitno vodo skozi vso leto.

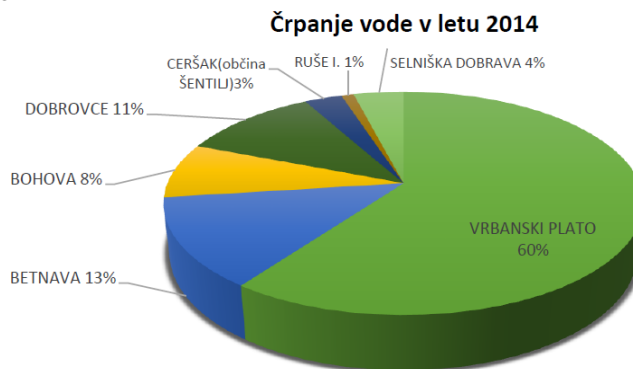


Slika 1: Ponazoritev toka podzemne vode na območju vodonosnika Vrbski plato

Zgornja slika prikazuje tok podzemne vode na območju Vrbskega platoja. Na zahodnem delu Limbuške dobrove reka Drava infiltrira v podzemno telo vodonosnika Vrbski plato, kjer se nato združi z zalednimi pohorskimi vodami, ki na območje pritekajo na južnem delu Selniške dobrove. Tok podzemne vode se nato nadaljuje v smeri Mariborskega otoka, kjer se prav tako nahajajo črpalni vodnjaki. Na območju Mariborskega otoka del podzemne vode nadaljuje pot proti črpališču Vrbski plato, del pa se infiltrira v desni rokav struge reke Drave. Na območju Mariborskega otoka se v podzemni sistem infiltrirata tako rečne voda z levega rokava kot tudi iz desnega rečnega rokava Drave. S strani mestnega središča tok podzemne vode priteka zaradi depresijskega lijaka, ki se ustvari zaradi črpanja

na črpališču. Tok iz smeri mestnega središča se napaja iz reke Drave na območju Lenta ter s podzemno vodo, ki priteka iz smeri desnega brega reke Drave. Na območju mestnega središča se zaradi črpanja na črpališču Vrbanski plato ustvari vododelnica, kjer del toka potuje v smeri proti črpališču, drugi del infiltrirane rečne vode pa se usmeri proti Meljskemu jezcu, kjer se podzemna voda nato drenira v staro strugo reke Dravo, ki se nahaja za Meljskim jezzom.

Vodonosnik Vrbanski plato predstavlja najpomembnejši vir javnega vodovodnega sistema v upravljanju Mariborskega vodovoda, kateri je s 1300 km, s 37 vodnjaki, s 73 vodnimi zbiralniki in z 79 prečrpalnimi postajami največji sistem za oskrbo z vodo v Sloveniji. Črpališče Vrbanski plato je po podatkih Mariborskega vodovoda s 760 L/s skupne kapacitete zmožno zadostiti kar 70 % potreb mariborskega vodovodnega sistema. V letu 2014 je črpališče Vrbanski plato na območju Mariborskega vodovoda obsegalo 60-odstotni delež v oskrbi s pitno vodo.



Slika 2: Deleži načrpanih količin vode mariborskega vodovodnega sistema v letu 2014

Vedno večje zavedanje pomembnosti črpališča ter kvalitetne pitne vode je pripomoglo k začetku gradnje I. faze aktivne zaščite v letih 1986-1990, ki deluje kot sistem umetnega bogatenja podzemne vode s skupno zmogljivostjo 150 L/s. Sistem zajema vodnjake na Mariborskem otoku, objekt priprave vode ter nalivalne vodnjake v dolini Vinarskega potoka. Umetno bogatenje deluje tako, da se načrpana voda na območju Mariborskega otoka pripravi v objektu priprave vode ter se nato uporablja v dveh nalivalnih vodnjakih na območju Vinarskega potoka.

STACIONARNI MODEL TOKA PODZEMNE VODE NA OBMOČJU VODONOSNIKA VRBANSKI PLATO [7]

Območje modela

Območje modeliranja se je na podlagi faktorjev, ki vplivajo na črpališče Vrbanski plato ter obstoječih rezultatov omejilo na področje od Limbuške dobrove do jezcu v Melju. Območje izdelanega modela se tako nahaja med naslednjima skrajnima točkama v moduliranem Gauss-Krügerjevem koordinatnem sistemu:

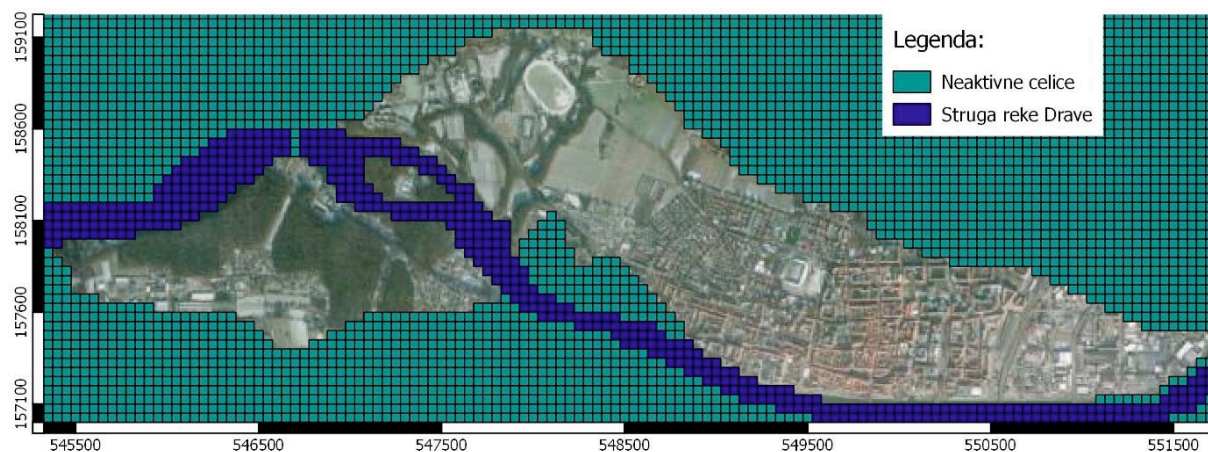
- Koordinate skrajne jugozahodne točke:
 - X: 545 325 m
 - Y: 157 000 m
- Koordinate skrajne severovzhodne točke:
 - X: 551 725 m
 - Y: 159 225 m

Območje modela smo za potrebe delovanja programa MODFLOW razdelili na mrežo celic velikosti 50 x 50 m, pri čemer smo velikost celic izbrali na podlagi predhodnih modelov na tem območju.



Slika 3: Prikaz območja modeliranja in meja aktivnega območja

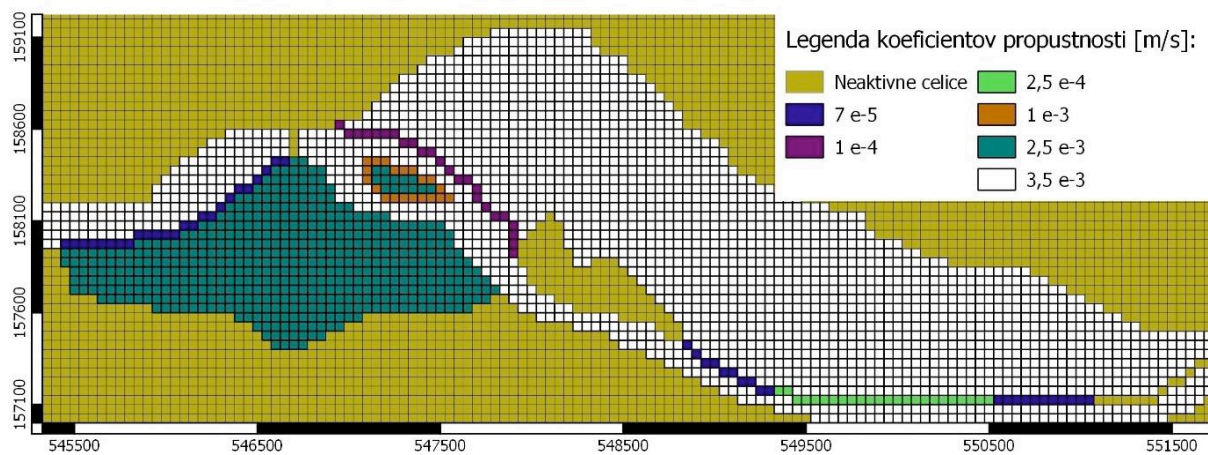
Spodnja slika prikazuje delitev mreže na aktivne celice (neobarvane), neaktivne celice (zelene celice) ter območje reke Drave (modre celice). V modelu neaktivne celice ponazarjajo območja, ki neposredno ne vplivajo na tok podzemne vode oziroma ponazarjajo območja, na katerih ne pride do prenosa snovi med celicami oziroma toka med celicami



Slika 4: Prikaz aktivnega (neobarvane celice) in neaktivnega (zelenomodre celice) območja z upoštevanjem območjem reke Drave (modre celice)

V modelu tako predstavljajo neaktivne celice območja, kjer dvignjena nepropustna plast ne omogoča stalne gladine podzemne vode, ampak se ta izteka v preostali del vodonosnika oziroma na modelu prikazano aktivno območje. Dvig nepropustne podlage se na mejah vodonosnika Vrbski plato pojavi na južnem delu Selniške dobrove ter sega do območja Koroškega mostu. Dvig nepropustne podlage se prav tako pojavi severno od črpalnice Vrbski plato, kjer je nepropustna plast dvignjena vse od doline Rošpoškega potoka do jez v Melju.

Geometrijske in hidrogeološke lastnosti vodonosnika smo določili na podlagi že izdelanih elaboratov in raziskav na tem območju [3,4]. Na podlagi podatkov, pridobljenih iz geomehanskih vrtin, raziskovalnih vrtin ter piezometrov na območju smo izdelali karto nepropustne podlage, ki v modelu predstavlja nepropustno dno vodonosnika. Opravljene raziskave v elaboratih so pokazale, da se koeficient propustnosti kamninske strukture vodonosnika po ocenah giblje med $1 \cdot 10^{-3}$ m/s do $8 \cdot 10^{-3}$ m/s ter je nižji ob brežini reke Drave. S kalibracijo vhodnih podatkov, povzetih iz že narejenega modela [3], se je določilo koeficiente propustnosti. Določene vrednosti koeficienta propustnosti prikazuje spodnja slika, kjer se je zaradi zablantenja rečne struge na območjih rečne struge izbral nižji koeficient propustnosti kot na preostalem delu vodonosnika. Orodje FREEWAT upošteva vrednosti koeficienta propustnosti K v x , y ter z smeri (K_x , K_y , K_z), kjer je predpostavljeno: $K=K_x=K_y=10 \cdot K_z$.

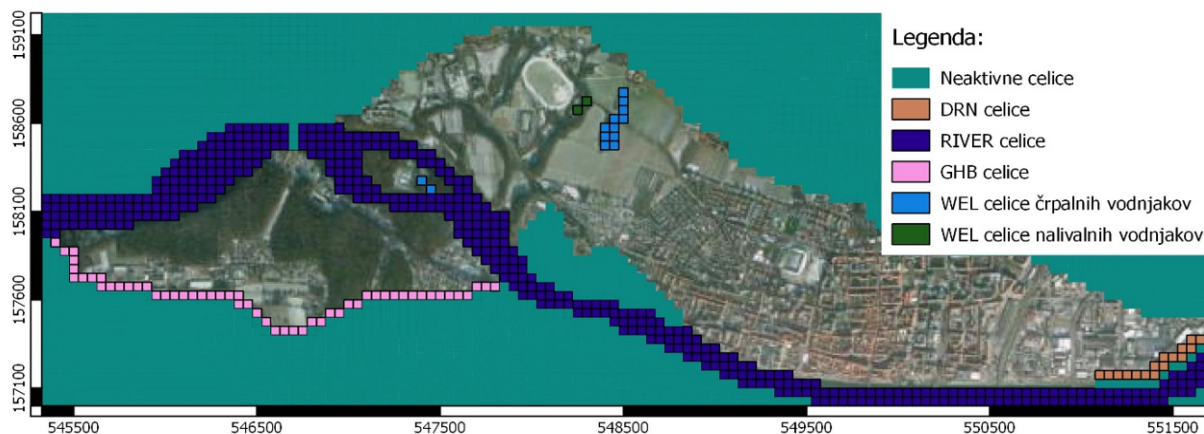


Slika 5: Prikaz območij različnih koeficientov propustnosti

Robni pogoji

V modelu so bili upoštevani naslednji robni pogoji:

- napajanje reke Drave na območjih:
 - Limbuške Dobrave,
 - Mariborskega otoka ter levega brega Drave na tem območju,
 - Levega brega Drave na območju Lenta;
- dotok pohorskih zalednih voda na južnem delu Limbuške Dobrave;
- črpanje iz 4 vodnjakov na Mariborskem otoku ter 14 vodnjakov na črpališču Vrbanski plato;
- umetno bogatenje z 2 nalivalnima vodnjakoma na območju Vinarskega potoka;
- površinsko napajanje s padavinami.

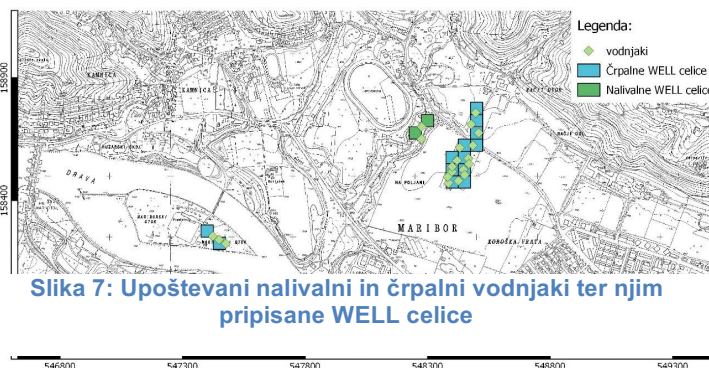


Slika 6: Prikaz robnih pogojev modela z napajanjem reke Drave (modre celice), drenažo na območju Melja (rjave celice) ter dotokom pohorskih voda (roza celice).

Robni pogoji aktivnega območja so v modelu ponazorjeni ali z različnimi paketi, ki jih nudi orodje FREEWAT, ali pa z neaktivnimi celicami, za katere ne veljajo zakoni prenosa snovi. Za ponazoritev vpliva reke Drave se je tako uporabil RIVER paket, ki ponazarja infiltracijo rečne vode na zahodnem območju Selniške dobrave, na območju Mariborskega otoka ter na območju Lenta, kjer je v infiltracijo rečne vode prav tako vključen tok podzemne vode iz desnega brega reke Drave. Reka Drava je na obravnavanem območju prvič zajezena na območju hidroelektrarne Mariborski otok, kjer se je upošteval koti normalne zaježitve cca 266,5 m, ter na območju Meljskega jezua, kjer se je upošteval koti normalne zaježitve cca 253 m. Vhodni podatki, ki smo jih potrebovali za ponazoritev reke, so bili podatki za geometrijo rečne struge ter koeficiente propustnosti rečnega dna. Geometrijo rečne struge se je določilo na podlagi meritev prečnih profilov akumulacijskega bazena od Meljskega jezua do hidroelektrarne Mariborski otok, ki nam jih je posredovalo podjetje Dravske elektrarne Maribor d.o.o.

Z DRN paketom se je na območju Melja ponazorilo dreniranje podzemne vode iz območja vodonosnika v rečno strugo reke Drave, kjer se je višina drenaže na osnovi obstoječih projektov ocenila na cca 247 m. Območje nepropustne pregrade med drenažo ter reko Dravo se je ponazorilo z neaktivnimi celicami.

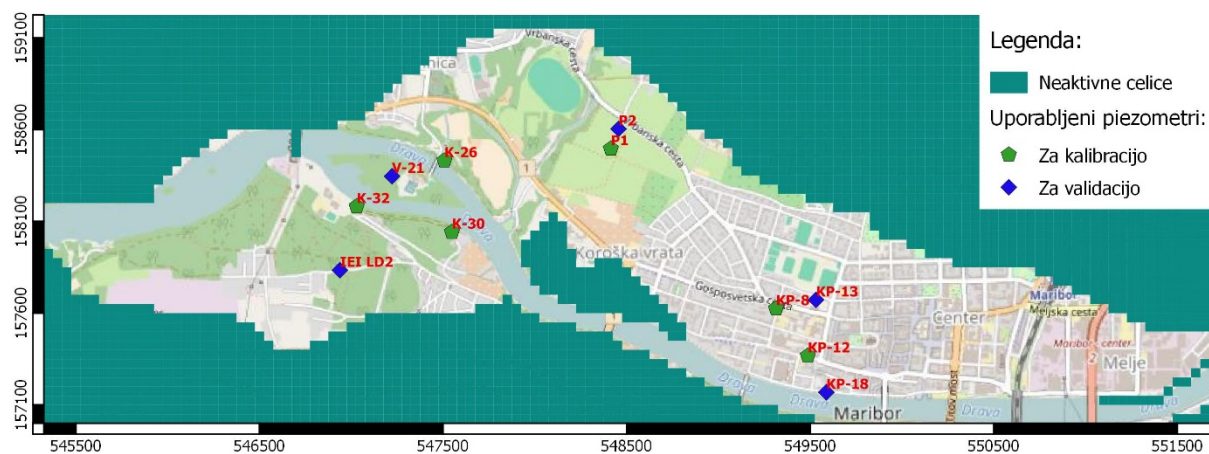
Dotok zalednih pohorskih voda se je na južnem delu Selniške dobrove ponazorilo z GHB paketom, ki predpostavlja dotok podzemne vode iz smeri Pohorja. Za potrebe delovanja paketa se je na mejnem območju določila višina podzemne vode, ki se je določila na osnovi predhodnih raziskav, ter koeficient propustnosti med vodonosnikoma, ki se je na tem območju predpostavil na $2,5 \cdot 10^{-3}$ m/s.



Slika 7: Upoštevani nalivalni in črpalni vodnjaki ter njim pripisane WELL celice

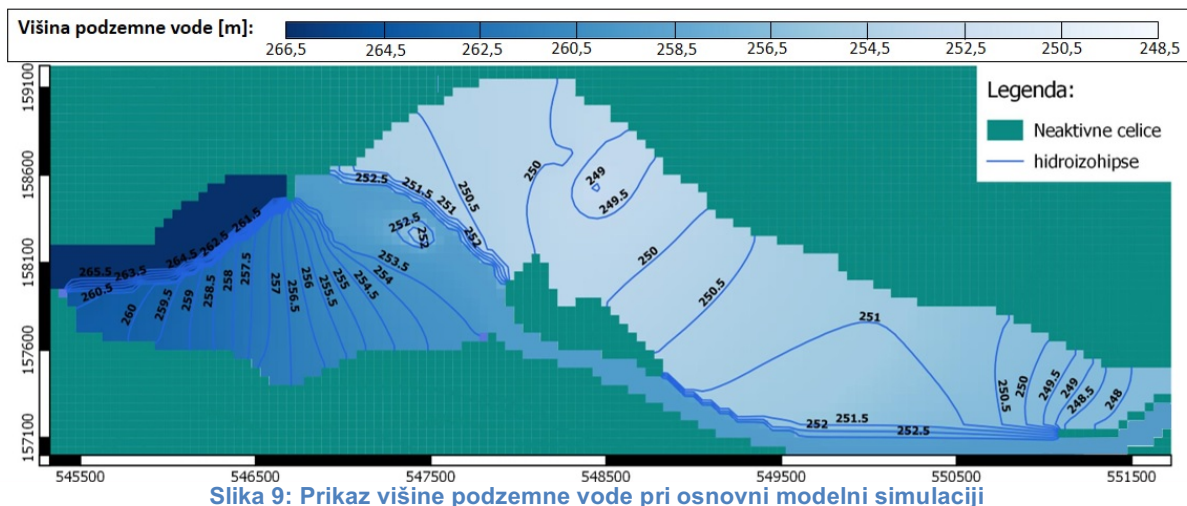
V modelu se je za ponazoritev 4 vodnjakov na Mariborskem otoku, 14 vodnjakov na črpališču Vrbanski plato ter 2 nalivalnih vodnjakov v dolini Vinarskega potoka uporabil WELL paket. Za potrebe stacionarnega modela so se za črpalne vrednosti uporabile povprečne letne ter maksimalne količine črpanja za leto 2015. V času neobratovanja nalivalnega sistema se ni upoštevalo nalivalnih vodnjakov v dolini Vinarskega potoka ter vodnjakov na Mariborskem otoku.

Za kalibracijo/umerjanje modela [2] so se uporabile meritve gladine 6 piezometrov na tem območju iz leta 2015. Najobčutljivejši parameter v modelu je koeficient propustnosti, ki smo ga morali v določeni meri uskladiti tako, da so se dobljene hidroizohipse ujemale z vrednostmi merjenih gladin iz piezometrov. Zaradi zablattenja struge z mivko in peskom, ki občutno znižata propustnost geoloških plasti, smo konceptualno predvideli slabšo propustnost brežin reke Drave na zahodnem delu Limbuške dobrove, levem rokavu Drave na Mariborskem otoku ter na levem bregu Drave na območju Lenta.



Slika 8: Prikaz položajev šestih uporabljenih piezometrov za kalibracijo (zeleni petkotniki) ter petih uporabljenih piezometrov za validacijo (modri štrikotniki)

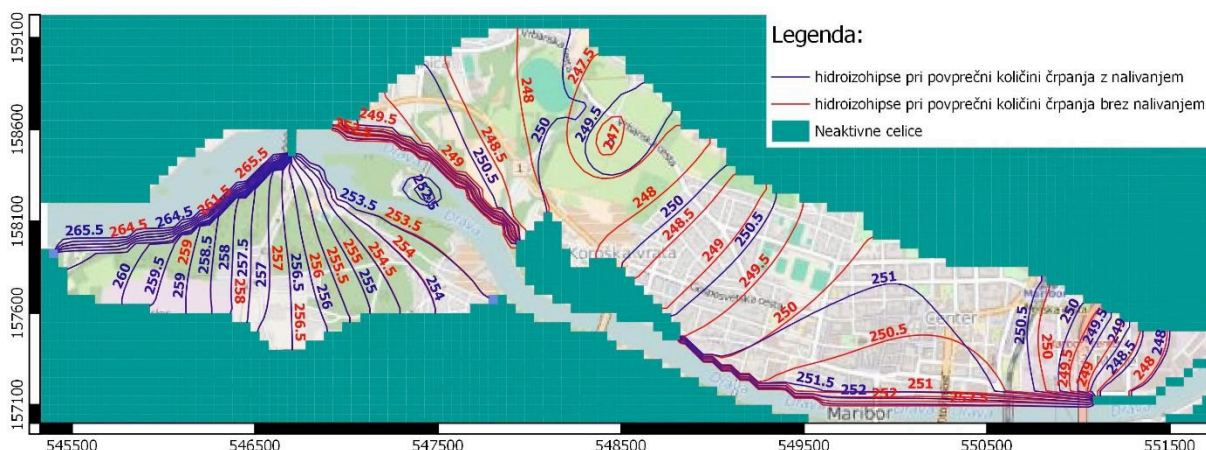
Maksimalni odstopok, ki se je upošteval pri umerjanju med merjeno višino podzemne vode in izračunano višino podzemne vode, je 15 cm. Validacijo modela smo po opravljenem umerjanju validirali z oceno zanesljivosti v drugih 5 piezometrih, ki jih nismo uporabili pri umerjanju. Izračunana višina podzemne vode na teh piezometrih odstopa od maksimalnega odstopka 15 cm le pri piezometru KP-18. Odstopek smo po pregledu hidroizohips pripisali hitremu padcu višine podzemne vode na tem območju, ki pa se zaradi nenatančnosti modela, dimenzije celic 50x50 m, prične predaleč od obrežja Drave.



Slika 9: Prikaz višine podzemne vode pri osnovni modelni simulaciji

Z izdelanim modelom, kalibriranim in validiranim na povprečne količine črpanja vodnjakov ter nalivanja v letu 2015 in meritve piezometrov v enakem obdobju, smo izvedli 3 dodatne scenarije različnega črpanja in nalivanja vodnjakov, kjer se je predpostavilo:

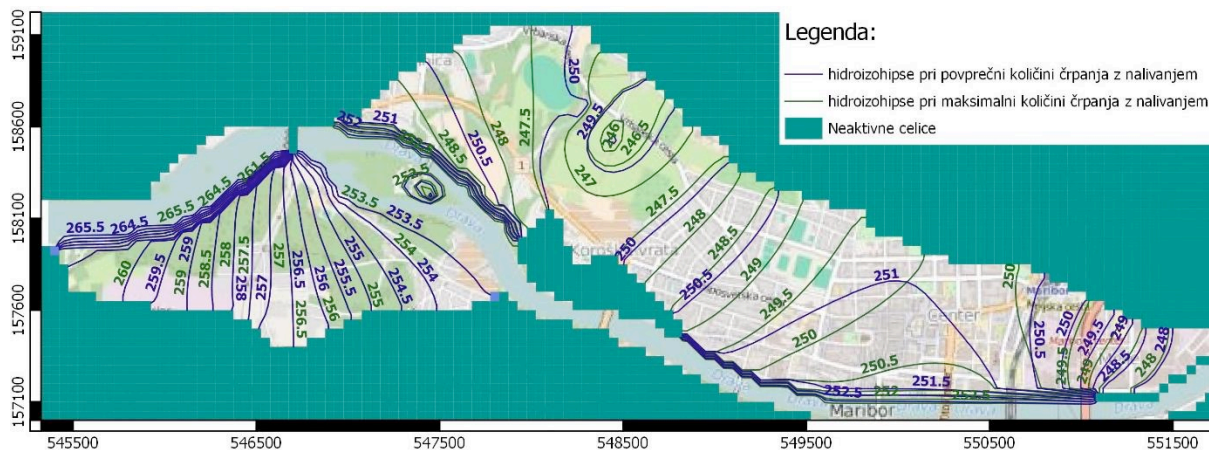
- **Scenarij 1.** Srednje črpalne količine vodnjakov brez nalivanja v dolini Vinarskega otoka.
- **Scenarij 2.** Maksimalne črpalne količine vodnjakov z nalivanjem v dolini Vinarskega otoka.
- **Scenarij 3.** Maksimalne črpalne količine vodnjakov brez nalivanja v dolini Vinarskega otoka.



Slika 10: Primerjava višine podzemne vode pri osnovni modelni simulaciji (modre izohipse) ter pri simulaciji s povprečno količino črpanja brez nalivanja (rdeče hidroizohipse)

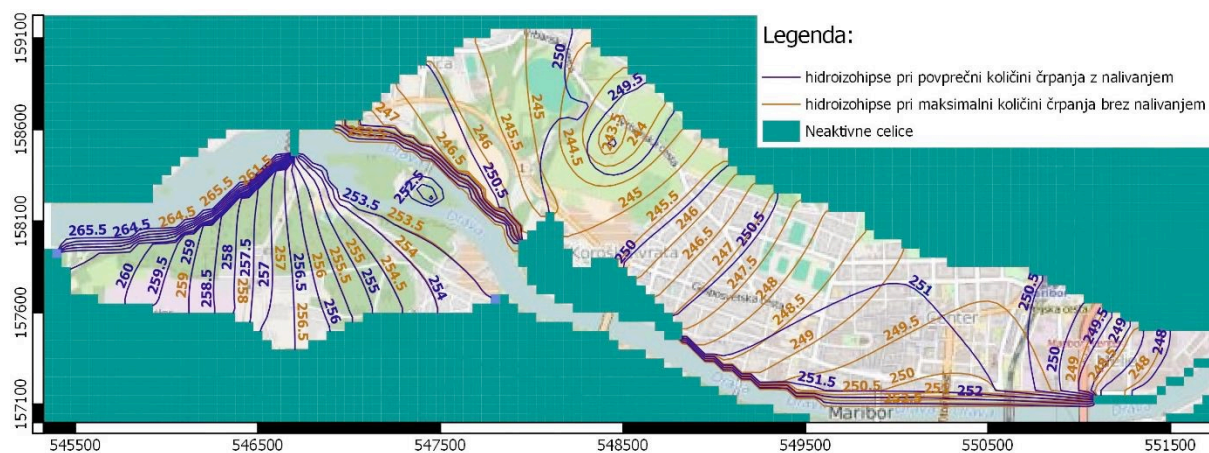
Scenarij 1 je tako predvidel nedelovanje nalivalnega sistema, kar pomeni, da črpalni vodnjaki na Mariborskem otoku ter nalivalna vodnjaka v dolini Vinarskega potoka niso delovali. Posledice nedelovanja se kažejo predvsem pri upadu višine podzemne vode na območju črpališča Vrbanski plato, kjer je simulacija pokazala upad gladine za cca 2 metra, ter na območju mestnega središča, kjer je prišlo do upada za cca 0.5 metra ter pomika vododelnice proti Melju.

Scenarij 2 je predvideval maksimalno črpanje črpalnih vodnjakov ter nalivalnih vodnjakov v dolini Vinarskega potoka. Kljub maksimalnem obratovanju nalivalnega sistema je zaradi skupnega povečanja črpanja iz vodonosnika prišlo do cca 3-metrskega upada višine podzemne vode na območju črpališča ter za cca 1 meter upad na območju mestnega središča, kjer je prav tako prišlo do premika vododelnice proti Melju.

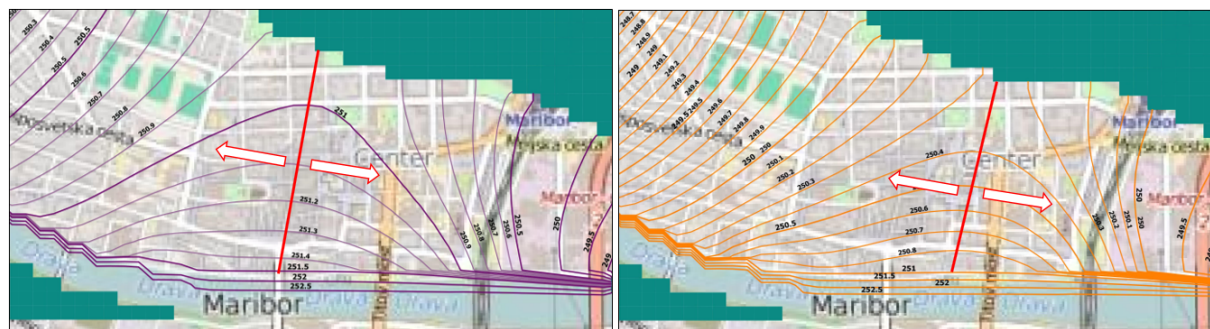


Slika 11: Primerjava višine podzemne vode pri osnovni modelni simulaciji (modre izohipse) ter pri simulaciji z maksimalno količino črpanja z nalivanjem (zelene hidroizohipse)

Scenarij 3 je predvideval najbolj ekstremne razmere, kjer bi prišlo do neobratovanja nalivalnega sistema pri maksimalnih črpalnih vrednostih vodnjakov. V tem primeru je prišlo do največjih odstopanj z modelno simulacijo, saj je prišlo na območju črpališča do upada višine podzemne vode za cca 5 metrov, na območju mestnega središča za cca 1,5 metra ter najvidnejši premik vododelnice proti Melju. Primerjava scenarijev z modelno simulacijo je v vseh primerih pokazala nespremenjeno višino podzemne vode na območju Limbuške dobrane, kar lahko pripišemo konstantnim robnim pogojem na obrobju območja. V primeru nedelovanja nalivalnega sistema seveda ni padca vode zaradi črpanja na območju Mariborskega otoka, višina podzemne vode na tem območju pa se skoraj izenači gladini reke Drave. Neobratovanje nalivalnega sistema prispeva tudi k enakomernejšemu padcu višine podzemne vode z območja Mariborskega otoka proti črpališču, saj ne pride do točkovnega izvora nalivalnega sistema. Vsi opravljeni scenariji so pokazali premik vododelnice na območju mestnega jedra v smeri proti Melju, kar bi lahko pomenilo potencialno onesnaženje črpane pitne vode na Vrbanškem platoju.

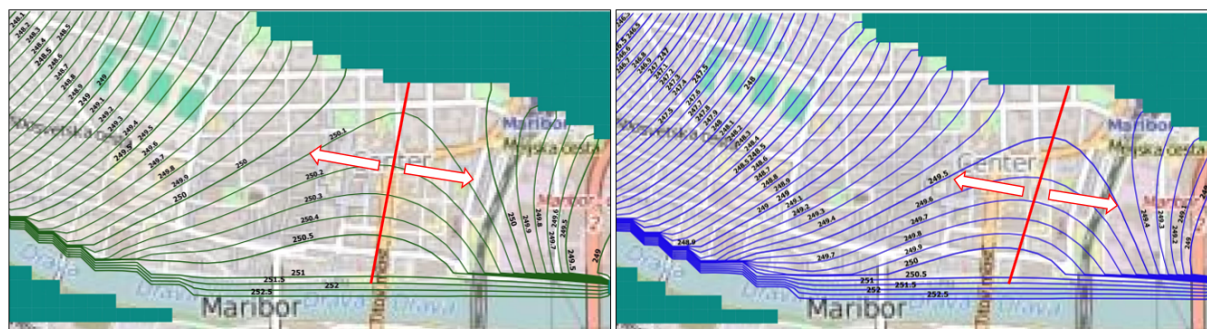


Slika 12: Primerjava višine podzemne vode pri osnovni modelni simulaciji (modre izohipse) ter pri simulaciji z maksimalno količino črpanja brez nalivanja (rjave hidroizohipse)



Slika 13: Premik vododelnice pri modelni simulaciji (leva slika) ter scenariju 1 (desna slika)

Območje vododelnice na območju mestnega jedra predstavlja razcep toka podzemne vode iz območja desnega brega reke Drave ter infiltrirane rečne vode na območju Lenta. Zaradi malih hitrosti toka podzemne vode na tem območju je podzemna voda dlje časa izpostavljena površinskemu izpiranju onesnaževal in je posledično veliko bolj onesnažena od preostale vode v vodonosniku. Premik vododelnice v smeri proti Melju bi pomenil, da bi se večji del podzemne vode s tega območja hitreje



Slika 14: Premik vododelnice pri scenariju 2 (leva slika) in scenariju 3 (desna slika)

stekal proti črpališču Vrbanski plato, kar bi lahko pomenilo potencialno onesnaženje pitne vode.

Območje vododelnice pa ne predstavlja problem samo zaradi onesnažene vode na tem območju, temveč tudi zaradi razlitja kurilnega olja na območju stavbe Mestne občine Maribor, ki se je zgodilo v marcu 2016. Območje te ekološke nesreče je znotraj ožjega vodovarstvenega območja (VVO II) črpališča Vrbanski plato, vendar s trenutnimi hidrološkimi pogoji zagotavljamo tok podzemne vode v smeri Melja ter tako omogočamo dovolj časa za sanacijo razmer.

ZAKLJUČEK

Izdelan stacionarni model toka podzemne vode s programom FREEWAT je z validacijo pokazal izjemno visoko natančnost in tudi primerljivost s predhodno izdelanimi modeli tega območja z drugimi orodji. Analiza opravljenih scenarijev je v vseh primerih pokazala pomik vododelnice v smeri proti Melju, kar pomeni potencialno ogroženost pitne vode na območju črpališča Vrbanski plato, ter nižjo višino podzemne vode na črpališču Vrbanski plato. Z opravljenimi scenariji smo prav tako lahko opazovali spreminjanje višine podzemne vode na območju črpališča Vrbanski plato ob povišanih količinah črpanja in nalivanja ter neobratovanja nalivalnega sistema.

Program FREEWAT je še v razvoju in dopolnjevanju, zato smo v tem koraku uporabili stacionarni model, s povprečnimi in maksimalnimi količinami črpanja ter umetnega bogatenja s podatki za leto 2015. Iz teh prvih rezultatov lahko povzamemo, da je uporabljena metoda modeliranja toka podzemne vode primerna in zanesljiva. V nadaljnjih korakih se je pristopilo k izdelavi nestacionarnega modela toka podzemne vode tega območja v daljšem časovnem obdobju. Z dobrim, kalibriranim in validiranim, nestacionarnim modelom toka vodonosnika Vrbanski plato želimo pridobiti zanesljivo orodje za spremljanje optimizacije obstoječega ter tudi predvidenega kontroliranega umetnega bogatenja podzemne vode.

Razmerje med količino črpanja in nalivanja v sistemu vodonosnika ima tako dva ključna pomena;

1. optimizacijo količin črpanja in nalivanja za preprečitev onesnaženja s strani mestnega središča in
2. optimizacijo količin črpanja in nalivanja za zmanjšanje energijskih potreb pri črpanju obrežnega filtrata za potrebe nalivalnega sistema in črpanja na črpališču Vrbanski plato.

Na območju Vrbanskega platoja je načrtovana obsežna 2. faza aktivne zaščite, ki bi lahko, v kolikor bi to bilo potrebno, povsem preprečila tok podzemne vode s strani mesta. Ker takšen sistem postaja vse bolj kompleksen in tehnološko zahteven, bi za vzpostavitev učinkovitega in stroškovno ugodnega sistema morali vzpostaviti hidrogeološki informacijski sistem na podlagi simulacij toka podzemne vode. V ta namen je orodje FREEWAT zelo primerno, saj omogoča relativno enostavno delitev in uporabo med ključnimi deležniki. Z dobro vzpostavljenim hidrogeološkim informacijskim sistemom bi lahko zagotovili trajnostno in varno oskrbo z vodo iz tega vodnega vira.

Uporabljeno orodje FREEWAT, ki je še v izdelavi in bo na trgu prosto dostopno v začetku leta 2018, se je izkazalo za zelo uporabno orodje. Deluje znotraj odprtokodnega geografskega informacijskega sistema z licenco GNU (General Public License), ki omogoča dodatne možnosti obdelave, prikazovanja in hranjenja podatkov. Ker ne potrebuje dragih licenc, se lahko sredstva prenesejo v izobraževanje in zaposlovanje mladih strokovnjakov. To je eden od elementov, ki bi lahko prispeval k novemu zagonu našega vodnega gospodarstva.

VIRI:

1. De Filippis, G., Ghetta, M., Rossetto, R. FREEWAT User Manual, Volume 1, Version 0.2 – Groundwater modeling using MODFLOW-OWHM (one water Hydrologic Flow Model). October 15th, 2016.
2. Foglia, L., Toegl, A., Mehl, S. FREEWAT User Manual, Volume 6, Version 0.2 – MODFLOW OBServation process. October 15th, 2016.
3. Kopač, I.: Črpališče Vrbanski plato, II.faza aktivne zaščite, Hidrogeološki model, IEI d.o.o., št. proj. 6V-7H2.1, junij 2009, Maribor.
4. Kopač, I., Krajnc, A.: Tržnica Maribor – Sanacija posledic črpanja podzemne vode Vrbanskega platoja zaradi varovanja gradbene jame, IEI d.o.o., št. proj. 6L-08284, junij 2009, Maribor.
5. Rossetto, R., Borsi, I., Foglia, L., 2015, FREEWAT: FREE and open source software tools for WATER resource management, Rendiconti Online Società Geologica Italiana, Vol. 35, 1 April 2015, pp- 252-255, doi: 10.3301/ROL.2015.113.
6. Serrano, A., Criollo, R., Velasco, V., Riera, C., Vázquez-Suñé, E. FREEWAT User Manual, Volume 3, Version 0.2 – AkvaGIS (Hydrochemical Analysis Tools and Hydrogeological Analysis Tools). October 15th, 2016.
7. Vremec, M.: Modeliranje toka podzemne vode na območju vodonosnika Vrbanski plato s programom FREEWAT. Fakulteta za strojništvo, Univerza v Mariboru, 2016.



OPOMBA:

FREEWAT projekt je financiran v okviru raziskovalnega in inovacijskega programa Evropske komisije HORIZON 2020 s pogodbo Grant Agreement No. 64224.

Članek odseva poglede avtorjev in Evropska komisija ni odgovorna za informacije, ki jih vsebuje.