

## ANALIZA TVEGANJA

za onesnaženje podzemne vode vodnega vira Betnava zaradi novogradnje trgovske stolpnice na parc. 297/23 in 297/24, k.o. Spodnje Radvanje v MO Maribor

– po reviziji z dne 02. 02. 2026 –

**NAROČNIK:** Novogradnje Maribor d.o.o.  
Glavni trg 18  
2000 Maribor

**IZVAJALEC:** G-WHISPER d.o.o.  
Plečnikova ulica 1  
2000 Maribor

**OBDELAL/A:** Boštjan Feguš, univ. dipl. inž. geol.

Vanja Bajde, univ. dipl. inž. geol.

**OBJEKT:** trgovska stolpnica

**KRAJ:** Maribor

**ŠT. PROJEKTA:** 2536-E1

**Datum:** 15. 01. 2026

**Direktor:** Boštjan Feguš, univ.dipl.inž.geol.

**G-WHISPER** d.o.o.  
Center inovacij okoljske geologije



**KAZALO VSEBINE**

<b>1</b>	<b>UVOD</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>ZAKONSKE OSNOVE</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>OPIS PROJEKTA</b>	<b>5</b>
3.1	Lokacija	5
3.2	Značilnosti posega	5
3.3	Odnos med objektom in vodovarstvenimi območji	7
<b>4</b>	<b>NARAVNE RAZMERE</b>	<b>8</b>
4.1	Geološke razmere	8
4.2	Hidrogeološke razmere	9
4.3	Hidrogeološki parametri vodonosnika	12
4.4	Transportne poti morebitnega onesnaženja	13
4.5	Obnavljanje vodonosnika na območju črpališča Betnava	13
<b>5</b>	<b>OPREDELITEV ONESNAŽEVAL</b>	<b>15</b>
5.1	Vrste onesnaževal	15
5.2	Mobilnost onesnaževal	15
5.3	Toksičnost onesnaževal	16
5.4	Količina onesnaževal	17
<b>6</b>	<b>VODNI VIR</b>	<b>17</b>
6.1	Opis vodnega vira Betnava	17
6.2	Ocena obstoječega stanja vodnega vira	17
<b>7</b>	<b>OPREDELITEV MOŽNIH SCENARIJEV RAZVOJA DOGODKOV</b>	<b>17</b>
7.1	Scenariji v času gradnje	18
7.2	Scenariji v času obratovanja	18
<b>8</b>	<b>IZRAČUN ŠIRJENJA ONESNAŽEVAL</b>	<b>19</b>
<b>9</b>	<b>IZRAČUN RELATIVNE OBČUTLJIVOSTI</b>	<b>20</b>
<b>10</b>	<b>VARNOSTNI IN ZAŠČITNI UKREPI</b>	<b>20</b>
10.1	Splošni varnostni ukrepi v času gradnje in obratovanja	20
10.2	Ukrepi v primeru razlitja nevarnih snovi tekom gradnje	21
<b>11</b>	<b>MONITORING PODZEMNIH VODA</b>	<b>21</b>
<b>12</b>	<b>SKLEP</b>	<b>22</b>
<b>13</b>	<b>VIRI IN LITERATURA</b>	<b>22</b>

**KAZALO SLIK**

Slika 1:	Lokacija načrtovanega posega _____	5
Slika 2:	Tloris pritličja predvidene novogradnje _____	6
Slika 3:	Prerez v smeri E – W _____	7
Slika 4:	Legra in razdalja obravnavanega območja od vodnjakov črpališča Betnava _____	8
Slika 5:	Izsek iz OGK 1:100.000, lista Maribor in Leibnitz (Žnidarčič & Mioč, 1988) _____	9
Slika 6:	Relief predkvartarne podlage _____	10
Slika 7:	Sprememba GPV na Betnavskem polju (PBe-3, OP-7) in Dravskem polju (IEI-2, PBe-1, PBe- (4-6)) kaže na prisotnost hidrogeološke polbariere na njuni meji (rob terase), ki zagotavlja stabilnost nizke (običajne) gladine na Betnavskem polju _____	11
Slika 8:	Gladina podzemne vode ob srednjem vodnem stanju ter debelina omočenosti, izražena kot hidrostatični tlak vode (kPa) na neprepustni podlagi; sive lise označujejo predele brez omočenosti ob takšnem vodnem stanju _____	12
Slika 9:	Smer in hitrost toka podzemne vode ob visokem (levo) in nizkem (desno) vodnem stanju. Hitrost toka je podana s časom potovanja delcev vode oziroma konservativnega onesnaženja _____	13
Slika 10:	Konceptualni model glavnih tokov v zaledju črpališča Betnava (Feguš in Bajde, 2012) _____	14
Slika 11:	Predpostavljen tok podzemne vode na širšem območju črpališča Betnava. Velike puščice – smer počasnega a izdatnega toka; majhne puščice – smer hitrega a manj izdatnega toka. (Meje izrisa hidroizohips: 248-272 mnm) _____	14

## 1 UVOD

Na podlagi naročila podjetja Novogradnje Maribor d.o.o. iz Maribora (naročilo po elektronski pošti z dne 11. 12. 2025) smo izdelali analizo tveganja za onesnaženje podzemne vode vodnega vira Betnava zaradi novogradnje trgovske stolpnice v MO Maribor.

Investitor, podjetje ZKG INVEST d.o.o. iz Maribora, namerava v Mariboru zgraditi novo trgovsko stolpnico s pripadajočo zunanjo, prometno, komunalno in energetska ureditvijo. Objekt se po CC-SI klasificira kot 12301 – Trgovske stavbe. Poseg je predviden na parcelah št. 297/23 in 297/24, k.o. 678 – Spodnje Radvanje.

Območje posega se po *Uredbi o vodovarstvenem območju za vodno telo vodonosnikov Ruš, Vrbanskega platoja, Limbuške dobrave in Dravskega polja* (Uradni list RS, št. 24/07, 32/11, 22/13, 79/15 in 182/20; v nadaljevanju: Uredba) nahaja v širšem vodovarstvenem območju (VVO III).

## 2 ZAKONSKE OSNOVE

Pri izdelavi analize tveganja smo upoštevali naslednjo zakonodajo:

Gradbeni zakon GZ-1 (Uradni list RS, št. 199/21, 105/22 – ZZNŠPP, 133/23, 85/24 – ZAID-A, 47/25 – odl. US in 75/25)

Zakon o vodah ZV-1 (Uradni list RS, št. 67/02, 2/04 – ZZdrl-A, 41/04 – ZVO-1, 57/08, 57/12, 100/13, 40/14, 56/15, 65/20, 35/23 – odl. US, 78/23 – ZUNPEOVE in 52/24 – odl. US)

Zakon o varstvu okolja ZVO-2 (Uradni list RS, št. 44/22, 18/23 – ZDU-10, 78/23 – ZUNPEOVE, 23/24, 21/25 – ZOPVOOV in 56/25 – PoZ)

Uredba o vodovarstvenem območju za vodno telo vodonosnikov Ruš, Vrbanskega platoja, Limbuške dobrave in Dravskega polja (Uradni list RS, št. 24/07, 32/11, 22/13, 79/15 in 182/20)

Uredba o stanju podzemnih voda (Uradni list RS, št. 25/09, 68/12 in 66/16 in 44/22 – ZVO-2)

Uredba o odvajanju in čiščenju komunalne odpadne vode (Uradni list RS, št. 98/15, 76/17, 81/19, 194/21, 44/22 – ZVO-2 in 21/25 – ZOPVOOV)

Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih voda v vode in javno kanalizacijo (Uradni list RS, št. 64/12, 64/14, 98/15, 44/22 – ZVO-2, 75/22 in 157/22)

Uredba o emisiji snovi pri odvajanju padavinske vode z javnih cest (Uradni list RS, št. 47/05 in 44/22 – ZVO-2)

Uredba o odpadkih (Uradni list RS, št. 77/22, 113/23 in 13/25)

Uredba o ravnanju z odpadki, ki nastanejo pri gradbenih delih (Uradni list RS, št. 34/08 in 44/22 – ZVO-2)

Uredba o pitni vodi (Uradni list RS, št. 61/23)

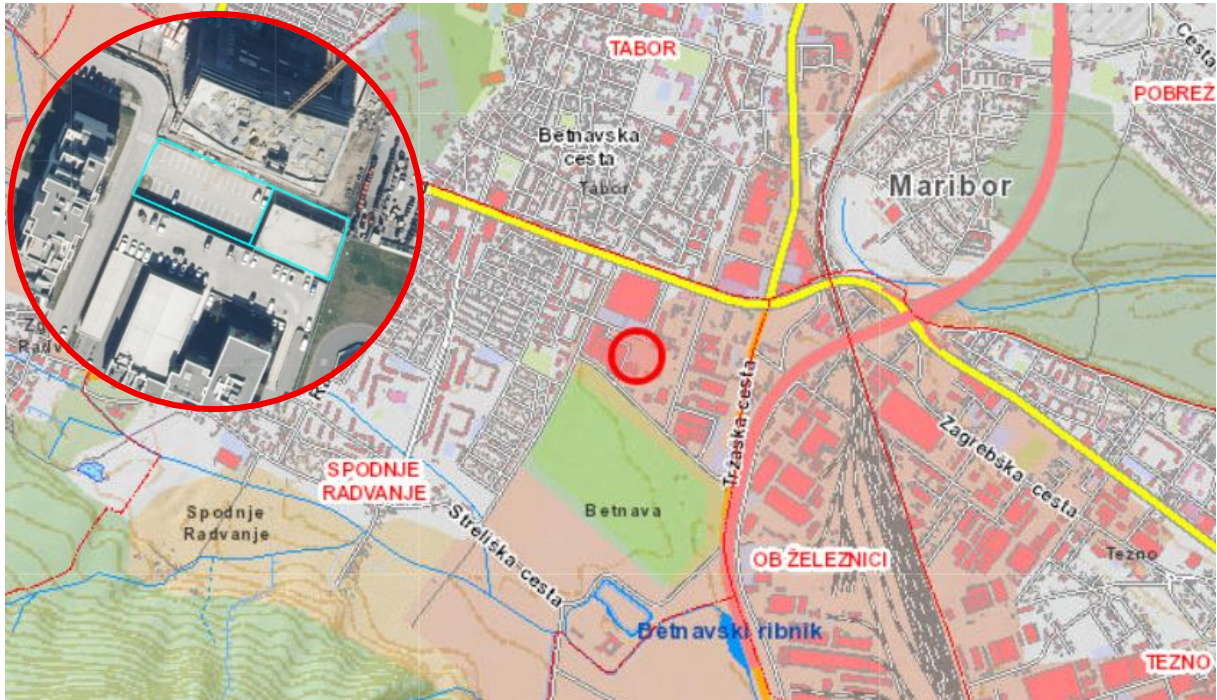
Pravilnik o kriterijih za določitev vodovarstvenega območja (Uradni list RS, št. 64/04, 5/06, 58/11 in 15/16)

Pravilnik o vsebini vlog za pridobitev projektnih pogojev in pogojev za druge posege v prostor ter o vsebini vloge za izdajo vodnega soglasja (Uradni list RS, št. 25/09)

### 3 OPIS PROJEKTA

#### 3.1 Lokacija

Območje obravnave se nahaja v južnem delu mesta Maribor, med Ulico Eve Lovše in Jadransko cesto. Poseg je predviden na parcelah št. 297/23 in 297/24, k.o. 678 – Spodnje Radvanje, skupne površine 1449,0 m<sup>2</sup>. Parceli se nahajata znotraj UON – Ureditvenega območje naselja in sta po namenski rabi opredeljeni kot površine za proizvodnjo in skladiščenje (100 %). Po dejanski rabi sta opredeljeni kot pozidana in sorodna zemljišča (100 %).



Slika 1: Lokacija načrtovanega posega

#### 3.2 Značilnosti posega

Značilnosti posega povzemamo po DGD projektni dokumentaciji izdelovalca ADG INŽENIRING d.o.o. iz Maribora, številka projekta 240624-RA.

Osnovna stavbna masa objekta je pravokotne oblike, dimenzij 15,20 m x 34,75 m + 22,50 m x 15,10 m + 15,20 m x 1,75 m. Stavbna masa temelji na podolgovati tlorisni zasnovi, ki se razteza v smeri SZ-JV. Etažnost objekta je 2K+P+20. Nadmorska višina nulte kote tlaka v pritličju znaša 276,30 mnm. Višina objekta je 69,90 m, merjeno od najnižje kote urejenega terena ob objektu. Najnižja višinska kota - kota tlaka najnižje etaže znaša 267,5 mnm.

Objekt pokriva ravna nepohodna streha, obzidana z atiko in pokrita s strešno PVC folijo, ter zaščitena s prodcem.

Dostop do parcele se predvidi iz severozahodne strani, kjer se predvidi dovoz, ki se naveže na krajevno cesto št. 242581. Teren na parceli je raven.

V kleti se predvidijo tehnični prostori, v pritličju avla z recepcijo, garderobe in sanitarije, ter depo za dovoz surovin. Iz avle se pride do vertikalnih komunikacij, ki peljejo v klet ali nadstropja. Stranski vhod namenjen delavcem trgovskega sektorja ter dovozu surovin in materiala za trgovine se nahaja na jugozahodni strani. Preko garažnih vrat se pride v depo, od koder se surovine razvrstijo. Vsa nadstropja so opredeljena za trgovsko dejavnost.

**Konstruktivna zasnova** objektov temelji na klasični armiranobetonski masivni gradnji z armiranobetonskimi jedri na armiranobetonski temeljni plošči. Nosilne stene so armiranobetonske,

predelne pa so suhomontažne. Streha je ravna armiranobetonska. Notranje stene objekta so vertikalno osno poravnane.

**Temeljenje** objekta se predvidi z AB temeljno ploščo debeline 100 ali več cm in pilotih, ter podbetonu debeline 15-20 cm. Predvidi se XPS protizmrzovalna zaščita v horizontalni smeri na obodu temeljne konstrukcije objekta, debeline 10 cm. Po potrebi se predvidijo temeljne kontra grede. Podložni beton se izdelava na utrjenem gramoznem nasutju, ki sega pod mejo zmrzovanja. Posebno pozornost je potrebno posvetiti drenaži okrog objekta in pravilnemu odvodu meteornih voda.

Za izvedbo AB pilotov za varovanje gradbene jame in temeljenje objektov je bila izbrana tehnologija vrtanja z dvojno rotacijo. Pri tej tehnologiji se hkrati vrta z notranjim svedrom (polžem) in z zunanjo vrtalno cevjo, pri čemer se notranji sveder vrti v nasprotni smeri od zunanje cevi. Ko se doseže predpisana globina, se odstrani notranji sveder, medtem ko cev ostane v vrtini. Vstavi se armaturni koš, telo pilota se zabetonira, nato se iz vrtine izvleče opažna cev.

Ta tehnologija je primerna za vse vrste tal in za primere, kjer je delovni prostor omejen, saj omogoča izdelavo pilotov zelo blizu obstoječih konstrukcij, kar je znano kot sistem »Front-of-wall«.

Za področje načrtovane gradnje je predviden monovalentni vir toplotne energije, daljinsko **ogrevanje**. Predvidi se izgradnja hišnega priključka daljinskega ogrevanja ustrezne dimenzije do priključitve na javni distribucijski razvod.

Sanitarne – **komunalne odpadne vode** od posameznega objekta se odvedejo v predvideni zbirni interni kanal, kot skupni priključek na obstoječo javno kanalizacijo. Priključek na javno kanalizacijo se predvidi na novi jašek javne kanalizacije na parceli št. 297/24, k.o. Spodnje Radvanje.

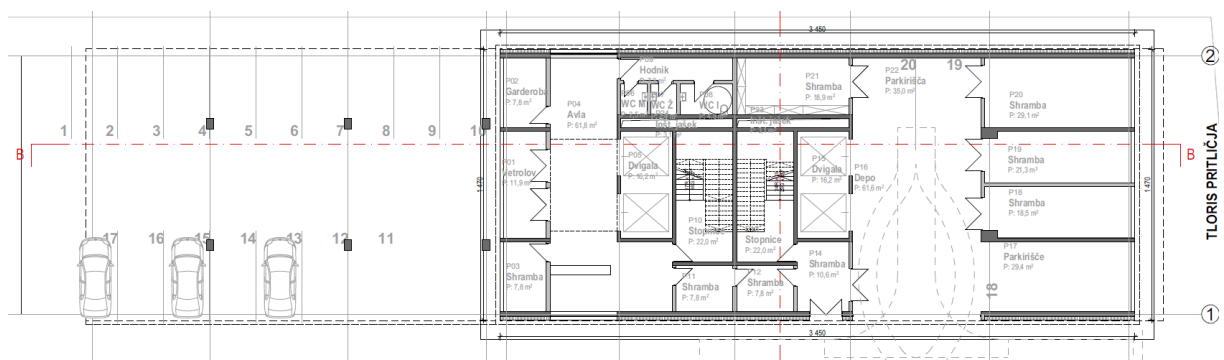
**Meteorne vode** se iz streh speljejo v peskolove, od koder gredo preko revizijskega jaška v 2 ponikovalnici velikosti fi 1500 in globine 4 m, kar je več kot 10 m nad najvišjo gladino podzemne vode (261,50 mnv). Odvod meteornih voda iz utrjenih površin je predviden preko lovilca olj (standard SIST EN 858-2) v revizijski jašek, nadalje pa v ponikovalnico. Ob morebitni izgradnji javnega meteornege kanalizacijskega omrežja se meteorne vode navežejo nanj. Linijski požiralnik prepreči odtok meteornih voda na javno pot. Tlakovane prometne površine so vodo nepropustne, pod povoznim materialom je predvidena vodonepropustna folija.

Gradbeni **odpadki** pri gradnji se ustrezno začasno deponirajo na gradbišču in se odvažajo na najbližjo ustrezno trajno deponijo v skladu z *Uredbo o ravnanju z odpadki, ki nastanejo pri gradbenih delih* (Uradni list RS, št. 34/08 in 44/22 – ZVO-2).

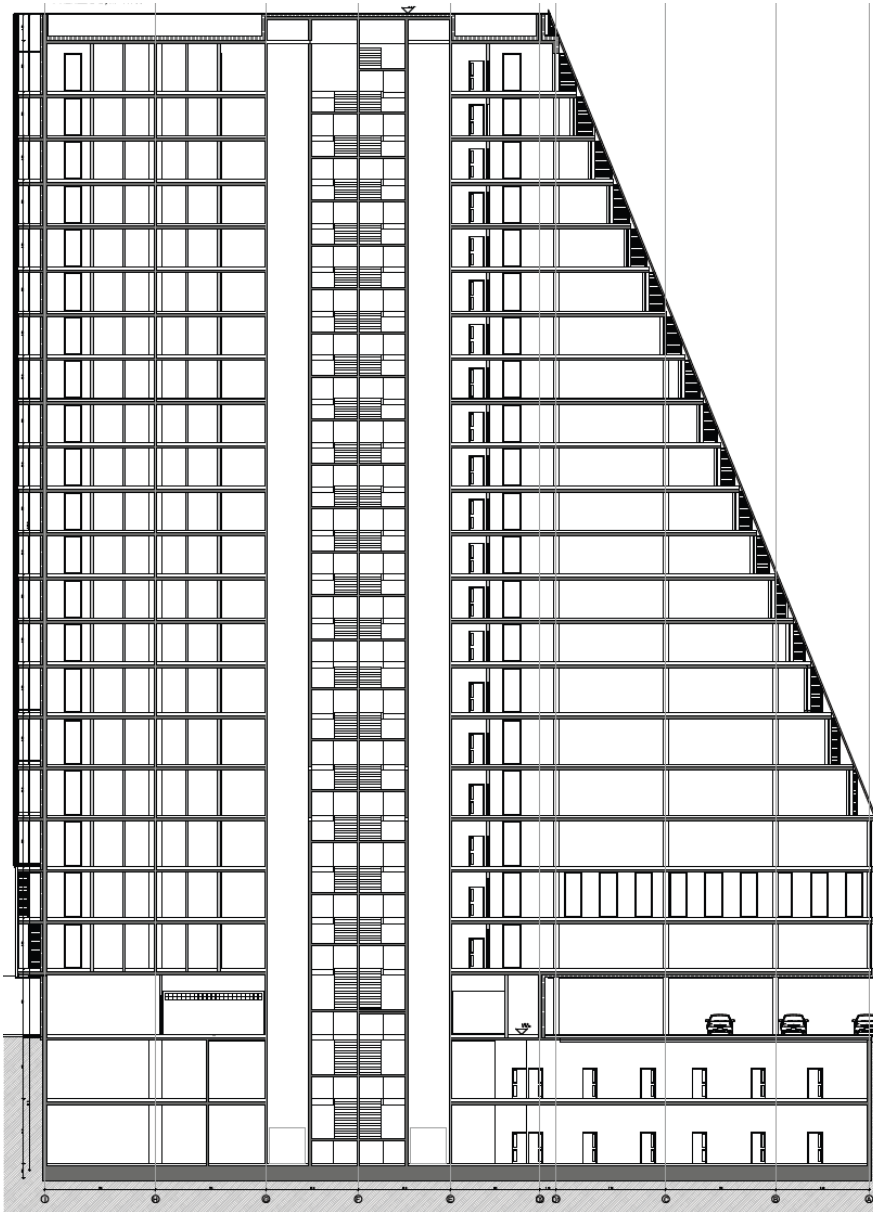
Izkopani material, ki nastane pri izkopu gradbene jame, se sočasno odvažava v kamionih in se deponira pri pooblaščenemu zbiralcu gradbenega odpada. Količina izkopa znaša 9300 m<sup>3</sup>.

Komunalni odpadki se bodo deponirali v tipskem zabojniku, katerega prazni pristojna komunalna služba.

Pred objektom se predvidi 20 **parkirnih mest (PM)** + 159 PM v neposredni bližini – podzemna garaža (159 lastniških PM v soseski Betnavski park) izven območja gradbene parcele (skupaj 179 PM).



Slika 2: Tloris pritličja predvidene novogradnje



Slika 3: Prerez v smeri E – W

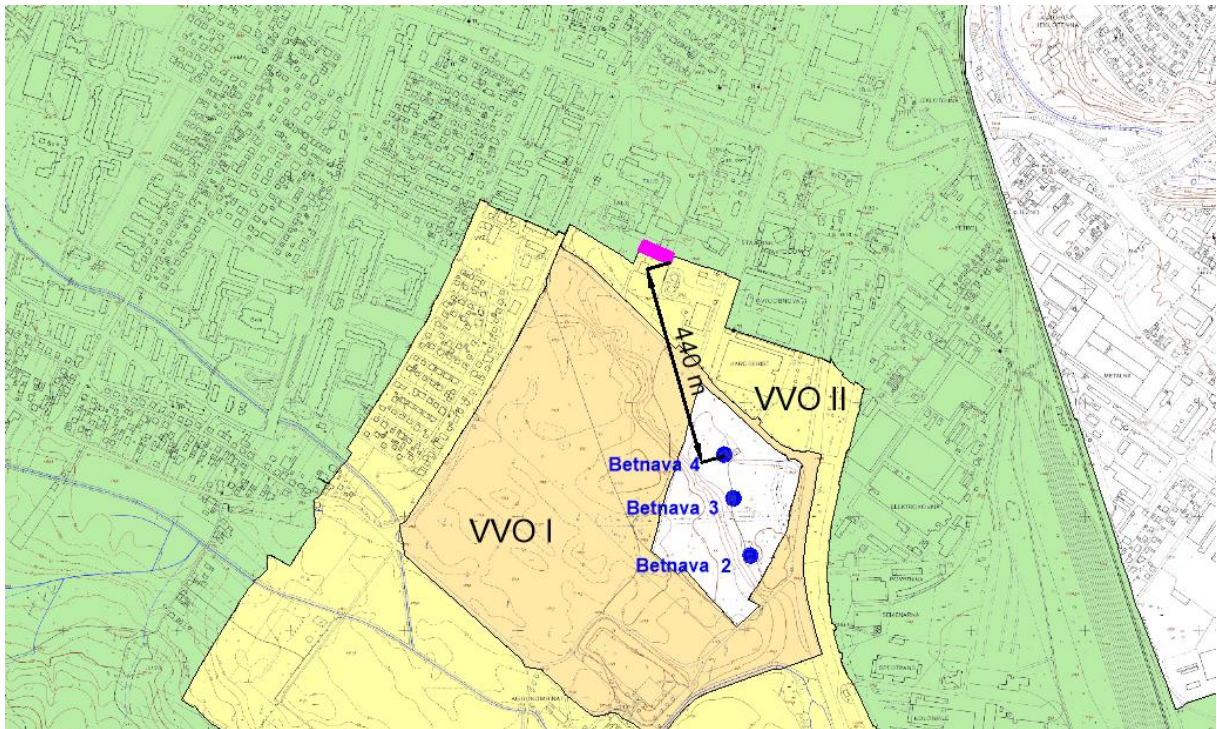
### 3.3 Odnos med objektom in vodovarstvenimi območji

Vodovarstveni pasovi obravnavanega območja so določeni v *Uredbi o vodovarstvenem območju za vodno telo vodonosnikov Ruš, Vrbanškega platoja, Limbuške dobrave in Dravskega polja* (Uradni list RS, št. 24/07, 32/11, 22/13, 79/15 in 182/20). Vodovarstveno območje tvorijo območja zajetij in notranja območja. Območja zajetij so določena okoli črpalnih vrtin in so označena z belo barvo in oznako »0«.

Notranja območja so označena na naslednji način:

- najožje območje (režim 1) z oranžno barvo in oznako »VVO I«,
- ožje območje (režim 2) z rumeno barvo in oznako »VVO II« in
- širše območje (režim 3) z zeleno barvo in oznako »VVO III«.

Obravnavano območje leži v širšem (VVO III) vodovarstvenem območju vodnega vira Betnava in je od njega oddaljeno 440 m v smeri NW (Slika 4). Sosednji južna in jugovzhodna parcela sta že uvrščeni v ožje vodovarstveno območje (VVO II). Na podlagi vodovarstvenih voda bi že lahko sklepali, da lokacija posega leži izven napajalnega območja vodnjakov črpališča Betnava.



Slika 4: Lega in razdalja obravnavanega območja od vodnjakov črpališča Betnava

## 4 NARAVNE RAZMERE

### 4.1 Geološke razmere

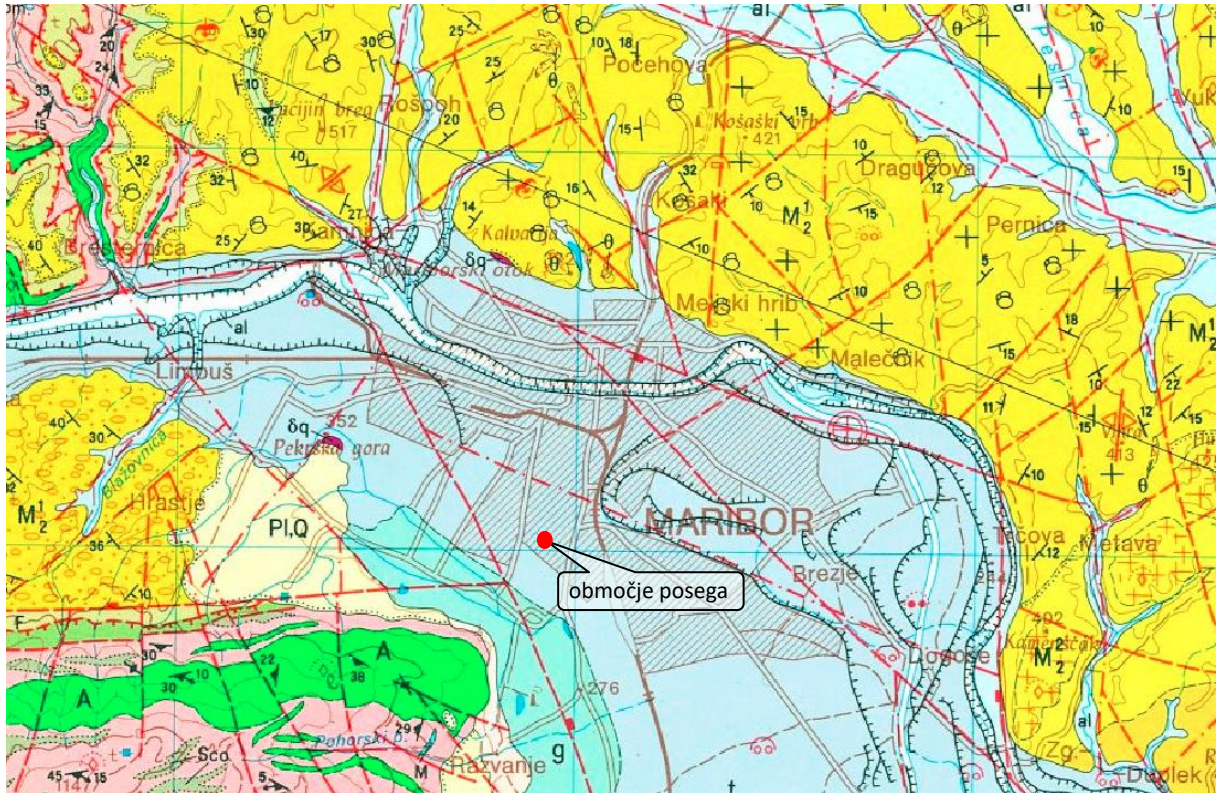
Širše območje Maribora pripada geotektonskima enotama Vzhodne Alpe in Panonski bazen. Vzhodnim Alpam prištevamo hriboviti svet Pohorja, Panonskemu bazenu pa pripadajo Slovenske gorice, Pohorsko predgorje in nižinski del ozemlja ob reki Dravi. Vzhodne Alpe so zgrajene iz metamorfnega kompleksa, skozi katerega predirajo mestoma magmatske kamnine. Prek teh kamnin so bili odloženi terciarni sedimenti Panonskega bazena, ki so na Dravskem polju prekriti s kvartarnimi aluvialnimi nanosi (Mioč & Žnidarčič, 1989).

Terciarni-helvetijski sedimenti ( $M_2^1$ ) širšega obravnavanega območja ležijo transgresivno na severovzhodnem območju metamorfnega masiva Kozjaka in severovzhodnega Pohorja ter segajo na vzhod v Slovenske gorice. Severno od Drave plasti sestavljajo **peščeni lapor, peščenjak, pesek in konglomerat**. Omenjeni litološki členi se med seboj menjavajo v neenakem razporedju. Konglomerat in pesek sta v podrejenem položaju. Prodniki konglomerata so iz metamorfnih, karbonatnih in magmatskih kamenin, predvsem prevladuje kremen. Južno od Drave sedimente sestavlja **slabo vezani konglomerat**, med katerim so **vložki peščenjaka in peščenega laporja**. Te plasti predstavljajo spodnji del helvetijske serije.

Miocenski peščeni laporovci in peščenjaki se na območju Maribora pojavijo tudi v podlagi pleistocenskega proda. Laporovec vsebuje precej sljude, ponekod je lističast, drugod peščen.

Na severovzhodnem obrobju Pohorja se pojavljajo še **pliokvartarni sedimenti (PI, Q)**. Plasti so v erozijsko-diskordantnem položaju z ostalimi kamninami. Sestavljajo jih **pesek, peščena glina, peščeno glinast lapor in glinast prod** ter posamezni prodniki. Barva je siva do sivo rjava. Zrna in prodniki so iz magmatskih, metamorfnih in sedimentnih kamnin. Starost ni dokazana ampak je določena na podlagi podobnih plasti na listih Slovenj Gradec in Rogatec. Debelina je različna in zavisi od paleoreliefa, doseže pa do 40 m. Ožje obravnavano ozemlje je del kvartarne prodne ravnice Dravskega polja, pleistocenskega nanosa reke Drave (Slika 5). Polje se je namreč izoblikovalo v pleistocenu, ko je Drava postopno erodirala terciarno površje in ga ob pogrezanju neotektonske udorine prekrila s prodnim

materialom (Žlebnik L., 1982a). Kasneje je v lastne naplavine vrezovala novo strugo in ustvarila številne terase (t). Površje teras je regionalno za 1,8 ‰ nagnjeno od Maribora proti Ptujju. Na Dravsko-Ptujskem polju je Drava urezala v že akumuliranem materialu 4 glavne in več vmesnih terasnih nivojev, katerih višine znašajo od nekaj metrov do 30 metrov (Mioč & Žnidarčič, 1989). **Terasni material (t)** sestavlja prevladujoči **prod, peščen prod, pesek, melj in peščena glina**. Prod je ponekod, predvsem na robovih teras, rahlo sprijet v konglomeratne leče debeline do 1 m (Breznik & Žlebnik, 1961). Na severnem delu Dravskega polja je prod veliko bolj grob, kot drugod.



Slika 5: Izsek iz OGK 1:100.000, lista Maribor in Leibnitz (Žnidarčič & Mioč, 1988)

## 4.2 Hidrogeološke razmere

Kvartarni aluvialni vodonosnik obravnavanega območja pripada vodonosnemu sistemu "32714 Dravsko polje", enemu izmed štirih vodonosnih sistemov Vodnega telesa podzemne vode 3012-Dravska kotlina. Gre za hidrodinamsko odprt, obširen, srednje do visoko izdaten aluvialni vodonosnik z medzrnsko poroznostjo, kvartarne starosti. Nahaja se v prodno-peščenen zasipu Drave.

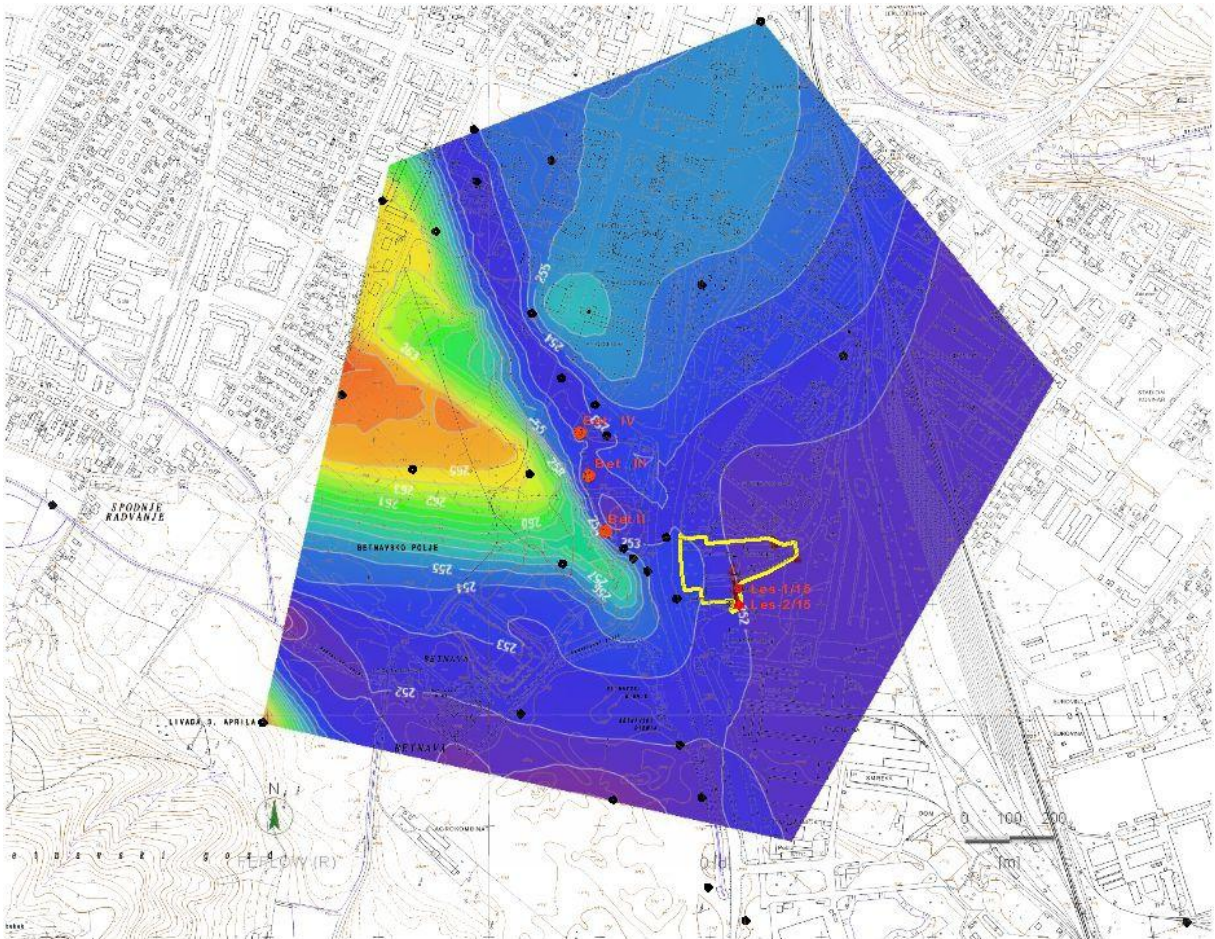
Debelina prodnih nanosov na območju mesta Maribor znatno variira zaradi razgibanega reliefa predkvartarne podlage, ki kot peščen laporovec izdanja na desnem bregu Drave med Koroškim mostom in Studenško brvjo, ta litološki člen pa je bil zasleden v podlagi prodnega nanosa tudi v številnih vrtinah na območju mesta. Kot posledica razgibane oblike podlage, se na območju Maribora pojavljajo tudi predeli z zelo nizko oziroma brez stalne omočenosti prodnega zasipa.

Na območju črpališča Betnava in okolici je bilo v zadnjih dveh desetletjih izvedenih veliko novih opazovalnih, v še starejšem obdobju pa tudi nekaj strukturnih vrtin. Na podlagi vseh teh vrtin, ki so vse dosegle dno vodonosnika, smo izdelali karto predkvartarne podlage. Upoštevali smo tudi dejstvo, da je bila v osrčju napajalnega zaledja vodnjakov črpališča v letu 2011 izvrtana vrtina PBe-2, kjer se je neprepustna podlaga ugotovila mnogo višje od pričakovanj, celo nad pričakovano gladino podzemne vode (suha vrtina).

Tako smo na podlagi arhivskih geoloških podatkov 34-ih vrtin in upoštevanjem izdanjanja podlage na obrobju prodne ravnice ter ob reki Dravi interpolirali relief predkvartarne podlage na širšem območju.

Pri tem smo upoštevali geomorfološke značilnosti površja (blage ježe teras), ki lahko kažejo na strme spremembe v reliefu podlage, ter sledili generalnemu strmcu podlage v smeri vzdolžne rečne erozije 1,5-2,0 ‰, značilnem za talno rečno erozijo na tem hidrografskem območju. Tak pristop je v obliki podlage pokazal prisotnost več izravnanih teras z vmesnimi strmimi prehodi, kljub komaj opaznim spremembam v reliefu površja. Sklepamo, da so blage ježe posledica posebkov novih prodno-peščenih naplavin, ki so sledile erozijskim fazam in prvotno dosegle višino starejšega zasipa, po upadu gladine pa se nekoliko posekle zaradi konsolidacije sedimenta.

Vendar na lokalne smeri in izdatnosti toka podzemne vode ne vpliva le vrezovanje rečnih teras v podlago terciarnih kamnin v zgornjem pleistocenu. Na podlagi geomehanskih raziskav za potrebe Mariborske zahodne obvoznice v letu 2009 in vrtanj na območju črpališča Betnava v letih 2011 in 2013 smo že leta 2015 (projekt Lesnina na Tržaški cesti) predpostavili prisotnost paleostruge na severovzhodnem obrobju Pohorja, verjetno nastale že pred samo dravsko sedimentacijo. V omenjenem projektu je nastala karta predkvartarne podlage (Slika 6), obstoj omenjene paleostruge, kjer je relativno debel sloj proda v neposrednem stiku z metamorfnimi kamninami, pa je bil kasneje tudi fizično potrjen s posameznimi vrtinami na Betnavskem polju.

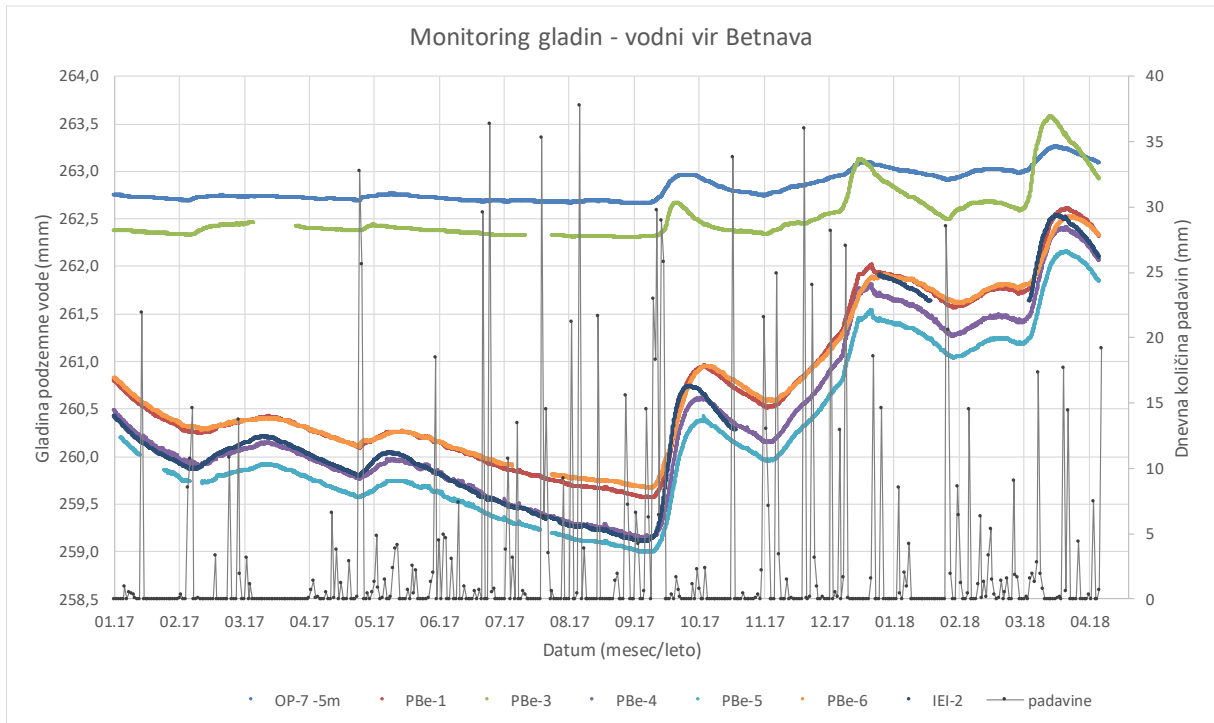


Slika 6: Relief predkvartarne podlage

Znatna izdatnost vodonosnika dolvodno od črpališča in elektroprevodnost vode, ki smo ju ugotovili z opravljenimi raziskavami, kažeta na znaten dotok podzemne vode z območja Betnavskega polja med vodnjakom Betnava II in obronki Pohorja. Ta dotok kaže hidrodinamsko neodvisnost vodonosnika Betnavskega polja od vodostaja pod ježo terase in režima črpanja v črpališču Betnava, kot je razvidno iz meritev gladin (Slika 7). Obstoj paleostruge je bil v kasnejšem času tudi potrjen z vrtanjem.

Neobčutljivost GPV nad ježo terase na aktivnost v vodnjaku Betnava II ter stalnost nizke (običajne) gladine lahko pojasnimo s prelivnim značajem toka podzemne vode ob nizkem vodnem stanju zaradi

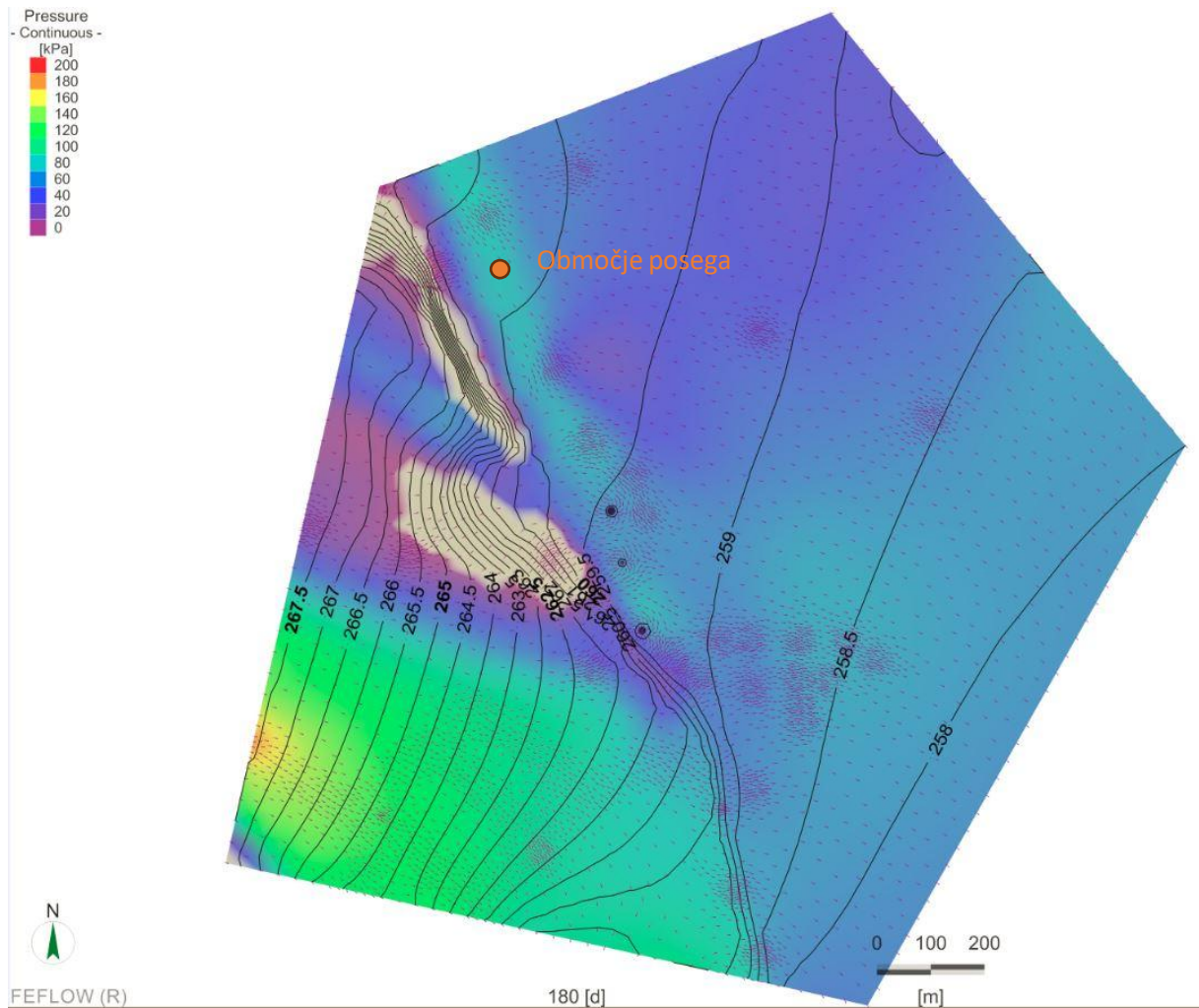
geometrijske ovire v reliefu neprepustne podlage med obema območjema ali znatno zmanjšano prepustnostjo aluvialnega zaslpa na tej meji, kot posledice sedimentacije na poplavni paleo-ravnici. Druga možna interpretacija pa vsebuje točkovno razporejena mesta toka z Betnavskega na Dravsko polje s konvergenco tokovnic v zaledju prelivnih mest. Z ozirom na podobnost učinkov omenjenih interpretacij ter nezmožnost identifikacije morebitnih točkovnih prelivnih mest smo za potrebe raziskav uporabili razlago z enakomerno porazdeljenim prelivnim značajem toka kot posledico geometrijske ovire in hkrati zmanjšane prepustnosti sedimentov na območju ježe.



Slika 7: Sprememba GPV na Betnavskem polju (PBe-3, OP-7) in Dravskem polju (IEI-2, PBe-1, PBe-(4-6)) kaže na prisotnost hidrogeološke polbariere na njuni meji (rob terase), ki zagotavlja stabilnost nizke (običajne) gladine na Betnavskem polju

Iz sprememb gladine na območju posega ugotovimo, da se lokacija nahaja pod mejo omenjene terase, torej na območju, kjer sta lega podlage ter omočenost vodonosnika podobni razmeram na območju vodnjakov v samem črpališču.

Zelo natančne podatke o geološki zgradbi in hidrogeoloških razmerah se je pridobilo v neposredni bližini na sosednji parceli Energetike Maribor, kjer sta bili v maju 2018 izdelani še dve opazovalni vrtini (Herič s sod., 2018). Vrtina PEM-1/17, ki se nahaja ob vzhodni parcelni meji območja obravnave, je neprepustno predkvartarno podlago (laporna glina) dosegla na koti 253,7 mnv, gladina podzemne vode v času izvedbe se je ustalila 15,5 m pod ustjem vrtine, to je na koti okrog 261,5 mnv. Vodonosnik predstavlja meljasto-peščen prod ter zlasti peščen prod v nižjem delu. Nad glino na dnu vodonosnika je 1,2 m debel prehodni člen melja s prodniki, ki pa v toku podzemne vode praktično ne sodeluje. Realna debelina zasičene cone vodonosnika ob izjemno visokem vodnem stanju (maj 2018) na območju posega tako znaša  $D_{max} = 6,6$  m. Na podlagi daljšega niza arhivskih podatkov vemo, da je razpon med najnižjo in najvišjo gladino podzemne vode v daljšem obdobju v okolici črpališča cca 3 metre. Tako lahko pričakujemo nihanje gladine na območju predvidenega posega med 258,5 in 261,5 mnv oziroma omočenost vodonosnika v času ekstremne hidrogeološke suše vsega  $D_{min} = 3,6$  m. Kot bomo videli v nadaljevanju, ima omočenost pomemben vpliv na smer toka.



Slika 8: Gladina podzemne vode ob srednjem vodnem stanju ter debelina omočenosti, izražena kot hidrostatični tlak vode (kPa) na neprepustni podlagi; sive lise označujejo predele brez omočenosti ob takšnem vodnem stanju

### 4.3 Hidrogeološki parametri vodonosnika

Prepustnost aluvialnega vodonosnika Dravskega polja se na splošno giblje okrog  $5 \times 10^{-3}$  m/s. Na podlagi črpalnih preizkusov je bila določena prepustnost prodno-peščene nanosa visoke terase  $1 \times 10^{-3}$  m/s v Miklavžu (Žlebnik L., 1982),  $8 \times 10^{-3}$  m/s v Kamnici pri Mariboru (Žlebnik L., 1964),  $2,4 \times 10^{-3}$  m/s na območju Limbuške Dobrave (Marin & Masič, 1992),  $3,0$ - $3,5 \times 10^{-3}$  m/s na območju TAM-a (Feguš, 2008), severno od črpalnišča Betnava med  $2,9 \times 10^{-3}$  in  $4,6 \times 10^{-3}$  m/s ter na južni strani  $3,7 \times 10^{-3}$  m/s (Bajde & Feguš, 2013).

Na območju Energetike Maribor so bile hidrodinamsko testirane tri vrtine, izračunani koeficienti prepustnosti pa se gibljejo med  $3,5 \times 10^{-4}$  m/s  $< k < 5,7 \times 10^{-3}$  m/s (Herič s sod., 2018) oziroma v povprečju  **$k = 3,21 \times 10^{-3}$  m/s**. To vrednost, ki je blizu prepustnostim piezometrov v samem črpalnišču, bomo uporabljali v nadaljnjih izračunih.

Debelina nezasičene cone vodonosnika je po podatkih vrtine PEM-1/17 dobrih 15 metrov, razen talnega horizonta je po celotni globini zastopan meljasto-peščen prod.

Učinkovita poroznost peščenih ali prodnatih sedimentov se po strokovni literaturi (Todd & Mays, 2005) giblje med 0,23 in 0,28. Na Dravskem polju se pogosto uporablja vrednost med 0,15 in 0,20. Učinkovito poroznost smo zato ocenili na vrednost  $n_{ef} = 0,20$ .

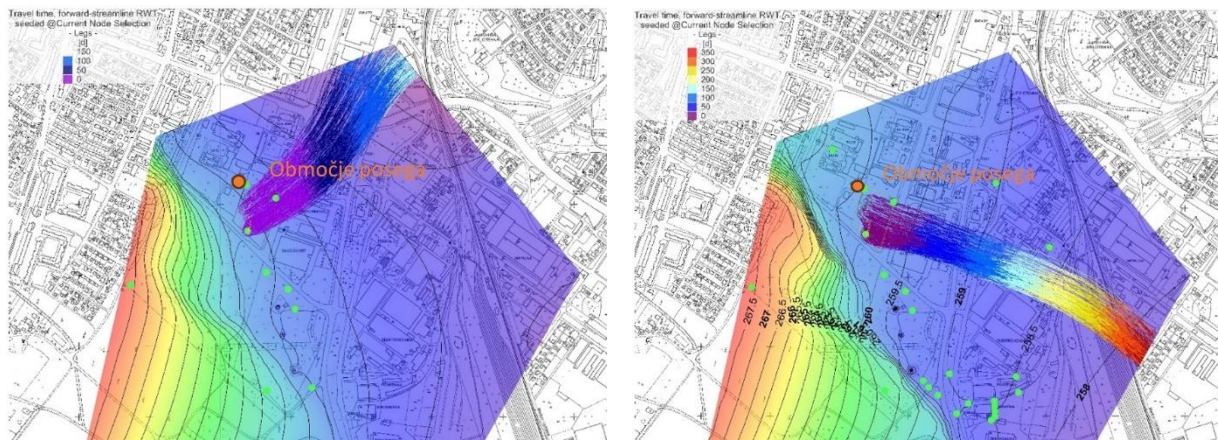
Generalna smer toka podzemne vode na širšem območju Maribora je od zahoda proti vzhodu, kjer gravitira k strugi reke Drave med pregrado Melje in Miklavžem. Lokalno pa so smeri toka zaradi razgibanega reliefa neprepustne podlage lahko precej drugačne.

Za območje črpališča je v letu 2015 bil izdelan in natančno umerjen hidrogeološki numerični model, v 2018 pa bil dopolnjen s podatki vrtin Energetike Maribor. Za morebitno onesnaženje na omenjenem območju je bila določena hidrogeološka cona ter transportne poti v primeru nizkega ter visokega vodnega stanja. Glede na neposredno sosesčino tokrat obravnavanega območja, lahko uporabimo takratne rezultate oziroma dognanja.

#### 4.4 Transportne poti morebitnega onesnaženja

Umerjen 3-D matematični model smo najprej uporabili za simulacije toka podzemne vode ob srednje nizkem vodnem stanju. Kljub jasno vidnim težavam pri takšnem režimu črpanja v črpališču ob nizkem vodnem stanju, smo vplive na črpališče preverjali ob simulaciji stalnega obratovanja črpališča s kapaciteto 39.6 l/s, od tega vodnjak II 14.5, vodnjak III 9.5 in vodnjak IV 15.6 l/s. Model nam je to omogočal, saj simulira hidravlično popolne vodnjake (globina do podlage, perforacija skozi celotno omočenost), v realnem stanju pa po naši oceni vodnjak II v takšnih razmerah ne premore stalne izdatnosti čez 8 l/s.

Nato smo model prilagodili še na robne pogoje visokega vodnega stanja. Rezultati modela so podali znatno razliko v smeri toka podzemne vode ob nizkem in visokem vodnem stanju, ki nastane zaradi linijske poglobitve (plitvega jarka) neprepustne podlage tik pod ježo terase, tako da se relief podlage od Betnavskega gozda proti mestu obravnave celo nekoliko dvigne. Velika razlika je tudi v hitrosti toka in posledično širjenja potencialnega onesnaženja. Rezultate simulacij toka ob obeh vodnih stanjih prikazuje Slika 9.

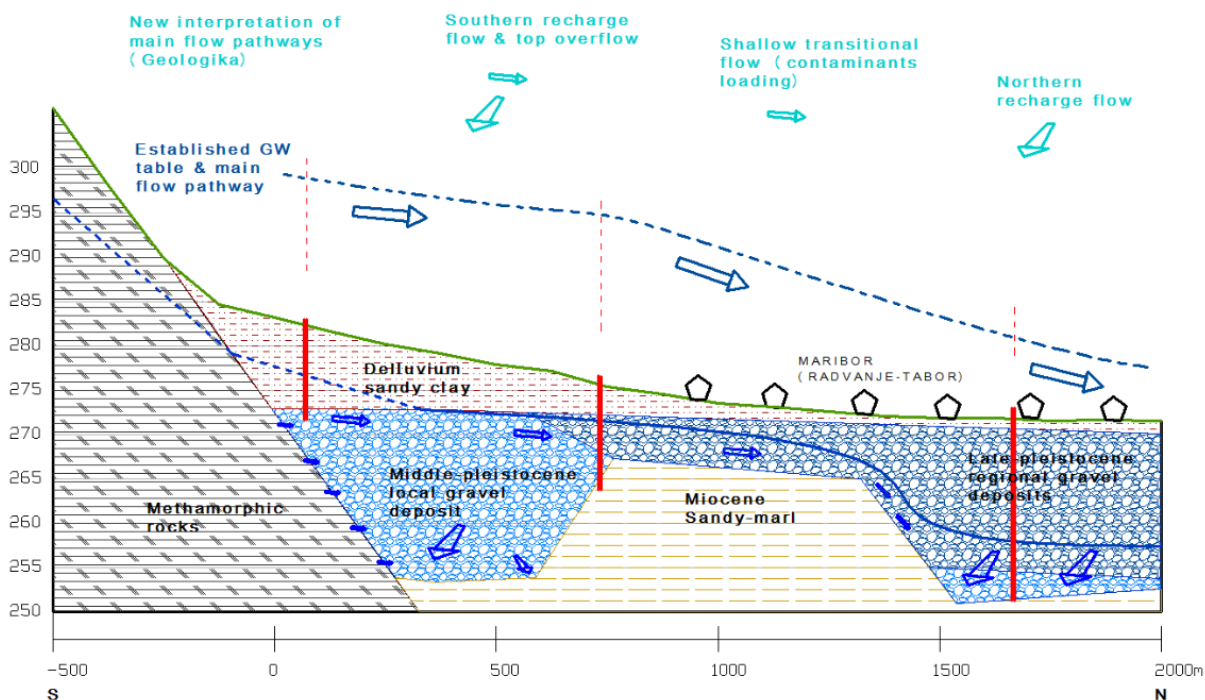


Slika 9: Smer in hitrost toka podzemne vode ob visokem (levo) in nizkem (desno) vodnem stanju. Hitrost toka je podana s časom potovanja delcev vode oziroma konservativnega onesnaženja

Iz modelnih simulacij izhaja, da podzemne vode z območja obravnave ne zaide v vodnjake črpališča ne glede na vodno stanje v vodonosniku.

#### 4.5 Obnavljanje vodonosnika na območju črpališča Betnava

Na območju vodnega vira Betnava imamo opravka z dvema tokovoma podzemne vode. Ločenost dveh tokov podzemne vode k črpališču je bila ugotovljena z vrtino PBe-2/11, v kateri je bila zaznana slabo prepustna podlaga nad okoliško gladino podzemne vode, na koti 264,2 mm. Tudi iz meritev gladin in osnovnih kakovostnih parametrov podzemne vode v opazovalnih vrtinah črpališča je bilo razvidno, da se črpališče napaja iz dveh, med seboj hidrodinamsko ločenih podzemnih tokov (Feguš in Bajde, 2012). Konceptualni model tokov podzemne vode na Betnavskem polju prikazuje Slika 10.



Slika 10: Konceptualni model glavnih tokov v zaledju črpališča Betnava (Feguš in Bajde, 2012)

Iz predstavljenega konceptualnega modela tokov podzemne vode in elektroprevodnosti voda v vodnjakih črpališča je razvidno, da se južni vodnjak (Betnava II) napaja pretežno z južnim zalednim tokom, čigar dotoki pa so omejeni zaradi geometrije neprepustne podlage. Večinski del podzemnih voda Betnavskega polja svojo pot nadaljuje na Dravsko polje južneje od depresije omenjenega vodnjaka. Del teh voda pa že više v zaledju na območju poseljenega predela preliva proti severovzhodu, kjer se vode zbirajo pod terasno mejo in od tam deloma preusmerijo v smer črpališča, deloma pa nadaljujejo v omenjeni smeri. V kolikšnem delu napajajo črpališče, zavisi od vodnega stanja. Se pa te vode od južnega toka že ločijo po večji mineralizaciji voda oziroma obremenjenosti z vplivi urbanizacije.



Severni vodnjak črpališča (Betnava IV) zajema vode severnega dotoka. V sredinski vodnjak (Betnava III) večino časa distribuira voda severnega toka, občasno pa mešanica obeh tokov. To zavisi zlasti od obratovanja južnega vodnjaka ter vodnega stanja. Spomniti je treba, da so spremembe vodnega stanja na območju južnega toka znatno manjše, kot v severnem delu zaledja oziroma pod ježo terase (glej zgoraj - Slika 7).

Slika 11: Predpostavljene tok podzemne vode na širšem območju črpališča Betnava. Velike puščice – smer počasnega a izdatnega toka; majhne puščice – smer hitrega a manj izdatnega toka. (Meje izrisa hidroizohips: 248-272 mnm)

Na podlagi zbranih podatkov smo izdelali karto gladin podzemne vode na širšem obravnavanem območju, pri čemer smo interpretirali le podatke za hidrodinamsko odprta del vodonosnika (gladine v krovlini ne kažejo dejanske smeri toka). Pri interpretaciji gladin smo upoštevali tudi nova dognanja o geometrijskih značilnostih vodonosnika na Betnavskem polju. Karto, ki odraža stanje gladin podzemne vode konec septembra 2015, prikazuje Slika 8.

## 5 OPREDELITEV ONESNAŽEVAL

### 5.1 Vrste onesnaževal

#### Onesnaževala v času gradnje in obratovanja

Med gradnjo trgovske stolpnice s podzemno garažo lahko potencialno onesnaževalo predstavljajo sledeče snovi:

- naftni derivati,
- motorno olje,
- hidravlično olje.

Običajno merjene okoljske parametre, ki bi lahko ogrožali kemijsko stanje podzemne vode, lahko tako opredelimo:

- mineralna olja,
- BTX – benzen, toluen, ksilen,
- PAH.

Glavno skupino potencialnih onesnaževal med gradnjo tako predstavljajo **mineralna olja**. To so organske nepolarne spojine ogljika in vodika ( $C_nH_{n+2}$ ). Njihova gostota je nižja od gostote vode. So sestavni del dizel goriva, biodizla, nafte, bencina, motornih, hidravličnih in kurilnih olj, olja za menjalnike in reduktorje. Mejnih vrednosti za parameter mineralna olja *Pravilnik o pitni vodi* ne predpisuje. Zato kot zgornjo mejo privzemamo standard kakovosti za podzemne vode za indikativni parameter mineralna olja, ki znaša 10  $\mu\text{g/l}$ . Standard kakovosti izraža koncentracijo indikatorja onesnaženja v podzemni vodi, ki ga zaradi varstva okolja in zdravja ljudi onesnaženost podzemne vode ne sme presegati (*Uredba o stanju podzemnih voda*). Organoleptične lastnosti vode (vonj, okus) so v primeru vsebnosti mineralnih olj izrazito poslabšane že pri koncentracijah močno pod vsebnostjo, ki predstavlja tveganje za zdravje ljudi (WHO, 2008).

**BTX** je kratica za monociklične aromatske spojine, ki so sestavni del naftnih derivatov. To so benzen, toluen in ksilen. V okolje se sproščajo z neposrednim vnosom naftnih derivatov v tla. Najbolj topen in mobilni predstavnik je benzen, zanj *Pravilnik o pitni vodi* določa mejno vrednost 1,0  $\mu\text{g/l}$ .

**Policiklični aromatski ogljikovodiki - PAH** so skupina več kot 100 različnih kemikalij, ki nastanejo med nepopolnim izgorevanjem premoga, nafte, plina, odpadkov in drugih organskih snovi, kot je tobak ali meso, pečeno na oglju. Nekateri PAH se proizvajajo, so prisotni v premogovem katranu, surovi nafti in njenih rafiniranih produktih, nekateri se pa uporabljajo v medicini, za proizvodnjo barv, plastike, pesticidov in v proizvodnji pnevmatik (Žgajnar Gotvajn, Kompare, & Zagorc Končan, 2009). V *Pravilniku o pitni vodi* je mejna vrednost določena za vsoto štirih predstavnikov in sicer 0,10  $\mu\text{g/l}$ .

### 5.2 Mobilnost onesnaževal

Onesnaževala v našem primeru lahko v splošnem potujejo skozi vertikalno območje nezasičene cone tal in nato horizontalno s tokom podzemne vode. Hitrost pronicanja tekočine z onesnaževalom skozi pore v nezasičeni coni tal je odvisna od hidrogeoloških parametrov (velikosti por in zrn, litološke lastnosti sedimenta, stopnje sortiranosti, vlažnosti tal, debeline nezasičene cone ipd.) ter seveda od vrste in lastnosti tekočine z onesnaževalom. Transport skozi vodonosnik pa je odvisen od hidrogeološke zgradbe vodonosnika. Medtem ko je koeficient prepustnosti v vodonosniku konstantna lastnost, pa se koeficient propustnosti v nezasičeni coni tal spreminja tudi glede na trenutno vlažnost tal. Zaradi tega je možnost onesnaženja največja v času intenzivnih padavin. Škodljiv vpliv onesnažil v tleh in mobilnost skozi talni profil do gladine podzemne vode je neločljivo povezan s sposobnostjo zemljine, da adsorbira in zadrži elemente in spojine onesnaženja v talnem profilu.

**Mineralno olje** je tipični predstavnik onesnaževal, ki se ne mešajo z vodo in v nezasičeni coni tvorijo trifazni tok, v podzemni vodi pa dvofazni tok v poroznem mediju. Njegovo širjenje v zasičenem delu vodonosnika je vezano praktično le na gladino podzemne vode in ne prodira v globlje predele vodnega

stolpca. Skozi pretežno peščeno-prodni material lahko pričakujemo advekcijo s tokom podzemne vode in disperzijo. Vpliv difuzije je v tem tipu vodonosnika manj pomemben, saj so hitrosti toka podzemne vode velike. Prehod skozi nezasičeno cono je lahko lokalno precej spremenljiv, saj se vsebnost meljno-glinene frakcije in s tem poroznost ter prepustnost sedimenta lahko precej spreminjata. V nezasičeni coni prihaja do bolj ali manj intenzivne razgradnje mineralnih olj.

**BTX** so v primerjavi z drugimi ogljikovodiki dobro topni v vodi, vendar v splošnem slabo topni. Še najbolj topen je benzen (1,5-2 g/l), toluen do 0,5 g/l, medtem ko je xylen topen do okrog 0,15 g/l. Biodegradacija BTX lahko poteka v aerobnih ali anaerobnih pogojih (Kim & Jeon, 2009). Pri tem lahko sodeluje vrsta različnih bakterij, ki različno intenzivno in selektivno razgrajujejo posamezne komponente BTX. V splošnem je njihova razgradnja hitrejša ob povečanju raztopljenega kisika in dušika. Retardacijski faktor benzena v peščenih sedimentih, ki je predvsem posledica absorpcije na drobnozrnate trdne delce in organsko snov, znaša okrog  $R_f=3$  (Battle-Aguilar, in drugi, 2009). Retardacijski faktorja za toluen in orto-xylen v takšnem vodonosniku sta 20 in 15 (EPA, Retardation Factor Calculator).

**PAH** se ne topijo zlahka v vodi in se usedejo na dno, kjer jih v roku nekaj tednov do nekaj mesecev razgradijo mikroorganizmi. V zemljinii se vežejo na delce in se lahko premikajo skozi podlago do podtalnice. Prav tako se lahko nabirajo v živalih in rastlinah in se tako širijo skozi okolje.

### 5.3 Toksičnost onesnaževal

#### Dizelsko gorivo

Največja nevarnost pri vdihavanju hlapov dizelskega goriva je kemični pneumonitis oz. vnetje pljuč. Akutna izpostavljenost hlapom povzroča vrtoglavico, glavobol, draženje oči, kože in dihalnih poti. Zaužitje lahko povzroča slabost, bruhanje in drisko.

Kronična izpostavljenost povzroča dermatitis. Karcenogenost pri človeku ni nedvoumno dokazana, je pa dokazana pri živalih, ki so bile dalj časa izpostavljene uživanju dizelskega goriva.

#### Hidravlično olje

Izpostavljenost hlapom hidravličnega olja povzroča draženje oči in dihalnih poti, ob stiku pa tudi kože. Ob zaužitju lahko pride do slabosti, vrtoglavice, pri velikih količinah pa tudi do pljučnice, črevesnih krvavitev in smrti.

#### BTX – benzen, toluen, ksilen

Vdihavanje velikih količin **benzena** lahko povzroči zaspanost, omotičnost, pospešeno bitje srca, glavobol, tresenje, zmedenost in nezavest, zelo velikih količin pa celo smrt. Zaužitje hrane in vode z veliko vsebnostjo benzena lahko povzroči bruhanje, draženje želodca, omotico, zaspanost, krče, hitro bitje srca in smrt. Dolgotrajna izpostavljenost najbolj vpliva na kri. Benzen škodljivo vpliva na kostni mozeg in lahko povzroči zmanjšanje števila eritrocitov ter slabokrvnost in levkemijo. Lahko povzroča tudi prekomerno krvavitev in vpliva na imunski sistem, kar povečuje možnosti za okužbe.

**Toluen** lahko vpliva na živčni sistem. Nizke do zmerne koncentracije lahko povzročijo utrujenost, zmedenost, šibkost, pijanosti podobna obnašanja, izgubo spomina, slabost, izgubo apetita ter izgubo sluha in barvnega vida. Ti znaki ob prenehanju izpostavljenosti izginejo. Vdihavanje velikih količin toluena v kratkem času lahko povzročijo vrtoglavico ali zaspanost, lahko pa tudi nezavest in celo smrt. Velike količine lahko prizadenejo ledvice.

Kratka ali dolgotrajna izpostavljenost visokim količinam **ksilena** lahko povzroča glavobole, zmanjšano koordinacijo mišic, omotičnost, zmedenost in spremembe občutka za ravnotežje. Kratkotrajna izpostavljenost visokim količinam lahko povzroča tudi draženje kože, oči, nosu in grla, oteženo dihanje, težave s pljuči, počasnejši reakcijski čas, težave s spominom, nelagodje v želodcu in možnosti sprememb v jetrih in ledvicah. Lahko povzroči nezavest, pri zelo visokih količinah pa celo smrt.

**PAH** navadno vstopijo v telo z dihanjem zraka, ki jih vsebuje (cigaretni dim, dim od lesa, premoga, industrijskih obratov), ali pa z vodo in hrano, vendar je absorpcija v tem primeru počasna. V telesu se odlagajo v ledvicah, jetrih in v maščobi, iz telesa pa izstopijo v roku nekaj dni. PAH so lahko škodljivi za

zdravje. Študije so pokazale na kancerogenost nekaterih PAH ob daljši izpostavljenosti (stik s kožo, vdihavanje) na živalih, pa tudi na ljudeh, predvsem benzoantracen in benzopiren.

#### 5.4 Količina onesnaževal

**V času gradnje bo količina onesnaževal** odvisna od števila delovnih strojev in vozil, ki se bodo v danem trenutku nahajali na gradbišču.

**V času obratovanja bo količina onesnaževal** odvisna od količine parkiranih avtomobilov na zunanem parkirišču v pritlični etaži ter zapoljenosti rezervoarjev. Predvidenih je 20 PM. Opomniti je potrebno, da bo parkirišče pokrito z višjim nadstropjem ter da je tam prisotno že v obstoječi rabi prostora.

## 6 VODNI VIR

### 6.1 Opis vodnega vira Betnava

Črpališče podzemne vode za javno vodooskrbo v Betnavi se nahaja v vzhodnem predelu Betnavskega gozda na širšem ograjenem območju. Obsega tri vodnjake velikega premera ter skupne kapacitete 115 l/s, ki so bili zgrajeni med letoma 1935 in 1943 (MB vodovod, Letna poročila). Podzemna voda črpališča Betnava se pretežno napaja s podzemnim dotokom na Pohorju infiltriranih padavin ter delno z infiltracijo Pekrskega ter Radvanjskega potoka.

### 6.2 Ocena obstoječega stanja vodnega vira

#### Količinsko stanje

Po podatkih Letnih poročil upravljavca, se je na črpališču v obdobju 2020-2024 letno načrpalo med 1,40 in 1,59 mio. m<sup>3</sup> vode, to je v povprečju 47,1 l/s. Črpališče sicer poseduje veljavno Vodno dovoljenje (št. 35504-311/2004), ki mu dovoljuje letno načrpati do 2,67 mio. m<sup>3</sup> vode (v povprečju 84,7 l/s). Dejanska razpoložljivost vode (izdatnost vodonosnika), vsaj v obdobju nizkih vodostajev zelo verjetno ne dosega tolikšnih količin.

#### Kakovostno stanje

Državni (ARSO) monitoring stanja podzemnih voda ne spremlja količinskega ali kakovostnega stanja na območju črpališča in njegovega napajalnega zaledja. Se pa na območju izvaja monitoring, tega vodi Skupna občinska uprava Maribor, ki pa obsega le parametre nitratov, pesticidov in nivoja podzemne vode. Notranji monitoring količinskega in kakovostnega stanja v samem črpališču izvaja upravljalec črpališča. Do zaključka analize tveganja podatkov kemijskih analiz še nismo prejeli, obstoječe kakovostno stanje pa glede na ugotovitve v poglavju 8 niti ni relevantno.

## 7 OPREDELITEV MOŽNIH SCENARIJEV RAZVOJA DOGODKOV

V analizi tveganja je v skladu s 50. členom Pravilnika potrebno opredeliti tri scenarije dogodkov, za katere se ugotavljajo posledice oziroma vplivi na vodne vire, in sicer normalni, alternativni in črni scenarij. Scenarije dogodkov je potrebno predvideti ločeno za čas gradnje in čas obratovanja.

Pri izbiri dogodkov po scenarijih je treba opredeliti verjetnosti posameznih dogodkov, ki pada od normalnega do črnega scenarija. Normalni scenarij se bo v vsakem primeru zgodil, zato je njegova verjetnost enaka 1. Alternativni scenarij je ob pravilnem ravnanju pri gradnji ali obratovanju bistveno manj verjeten. Najnižjo verjetnost pojavitve ima črni scenarij, saj je sestavljen iz dveh redkih oziroma

malo verjetnih dogodkov – razlitja večjega volumna onesnažila ter odpoved preventivnih zaščitnih in omilitvenih ukrepov na območju.

Predvidena verjetnost dogodka pri izbiri črnega scenarija je odvisna od pomembnosti vodnega vira, ki ga poseg ogroža, in je opredeljena v 49. členu Pravilnika. Upravljalec Mariborski vodovod d.d. z vsemi vodnimi viri oskrbuje 166.000 prebivalcev. Delež načrpane vode iz vodnega vira Betnava v celotni prodani količini znaša 11,5 % (vir: *Letna poročila, MB Vodovod*). Ekvivalent števila prebivalcev, ki ustreza načrpani količini vode iz tega črpališča, je tako dobrih 19.000 oseb. Za črni scenarij bi v skladu z 49. členom Pravilnika tako bilo potrebno preveriti dogodek s statistično verjetnostjo enega pojava na 10.000 let. Ob nemogoči statistični analizi tako redkih dogodkov, si lahko kot takšen dogodek v okviru predvidene gradnje zamislimo zgolj zunanji faktor, kot npr. močan potres ipd., ali velik požar. Ne glede na dejanski dogodek, v tem scenariju moramo predvideti razlitje velike količine tekočih nevarnih snovi, v kolikor so na območju prisotne, in predvideti tudi kurativne ukrepe, torej celovito sanacijo.

Za sprejemljivost dogodkov po normalnem in alternativnem scenariju, morajo zadoščati že preventivni organizacijski in tehnični ukrepi.

## 7.1 Scenariji v času gradnje

### SCENARIJ NORMALNEGA RAZVOJA DOGODKOV

Normalni scenarij v času gradnje in rušitvenih del ne predvideva posebnih dogodkov, ki bi povečali obremenitev okolja. Obremenitve z naslova gradnje so minimalne in so posledica delovanja delovnih strojev ter transporta gradbenih materialov, kot posledica izpuhov ali neočiščene mehanizacije in neprimerne skrbi za gradbene odpadke. V primeru tako minornih obremenitev smatramo, da v tleh pride do popolne adsorpcije in lokalne biorazgradnje morebitnih onesnaženj.

Za zagotavljanje izvajanja del v okviru normalnega razvoja dogodkov je potrebno pregledati stanje gradbene mehanizacije in organizirati manipulativne površine gradbenih strojev in transportnih vozil ter stalno nadzorovati delo na gradbišču tako, da ni nevarnosti gradbenih nesreč ali malomarnega ravnanja s prisotnimi nevarnimi snovmi.

### SCENARIJ ALTERNATIVNEGA RAZVOJA DOGODKOV

Scenarij alternativnega razvoja dogodkov v času gradnje in rušitvenih del predstavljajo vsa odstopanja od normalnega scenarija, ki niso posledica nesreče na gradbišču, temveč bolj malomarnega ravnanja z nevarnimi snovmi. Kot dogodek po tem scenariju smo predpostavili razlitje 10 kg dizelskega goriva, do katerega pride zaradi neprimerne ravnanja delavca pri dotakanju goriva v gradbeni stroj. Ob možnem takojšnjem ukrepanju se odstrani večji del onesnažene zemljine, kljub temu v podzemlje infiltrira **10 % (1kg)** dizelskega goriva.

### SCENARIJ NAJSLABŠE MOŽNOSTI

Za črn scenarij lahko privzemamo delovno nesrečo s prevrnitvijo in poškodovanjem gradbenega stroja, ki botruje razlitju 100 kg pogonskega goriva (dizel) v gradbeni jami. Zaradi reševanja poškodovanih se s takojšnjo sanacijo onesnaženja zamuja, odstranitev onesnažene zemljine je pomanjkljiva, do nezasičene cone vodonosnika ponikne polovico razlite količine (**50 kg**) goriva.

## 7.2 Scenariji v času obratovanja

Na območju posega niso predvidene dejavnosti, ki bi jih lahko povezali z omembe vredno rabo ali skladiščenjem nevarnih snovi. Le-te se v omejenih količinah nahajajo na parkirišču v sklopu objekta v samih avtomobilih. Na potek normalnega in alternativnega scenarija tako lahko vpliva zlasti promet na območju, vodotesnost parkirišča in meteornih vodov ter učinkovitost lovilca olj, saj se bo očiščene

meteorne vode ponikalo. Za potek črnega scenarija, kot že rečeno, moramo predpostaviti dogodek z zelo majhno verjetnostjo. Bržkone lahko kot tak dogodek izberemo večji požar na objektu.

Zato se pri obravnavi možnih scenarijev treba osredotočiti na odvajanje oziroma usodo potencialno obremenjenih meteornih voda s povoznih površin ter požarnih voda.

### **SCENARIJ NORMALNEGA RAZVOJA DOGODKOV**

V scenariju normalnega razvoja dogodkov so manjša onesnaženja (oljni madeži ipd.) z naslova prometa odstranjena na ustrezno dimenzioniranih in redno vzdrževanih lovilcih olj, očiščena odpadna voda se odvaja v ponikanje. Vodotesnost parkirnih površin je zagotovljena, odkritih parkirnih površin praktično ni. Objekt v času obratovanja nima zaznavnega vpliva na količinsko in kakovostno stanje podzemnih voda.

### **SCENARIJ ALTERNATIVNEGA RAZVOJA DOGODKOV**

Alternativni scenarij predvideva dotrajanost materialov na sistemu odvodnje odpadne vode s parkirišč, obremenjene z mineralnimi olji, preden le-te dosepejo do lovilca olj, ki je sicer redno vzdrževan. V scenariju smo predvideli curljanje odpadne vode s povprečnim vnosom onesnaževala v količini 10 mg mineralnih olj dnevno. Onesnaženje je trajno, ker se poškodba ne zazna, se pa dogaja plitvo pod površjem ter z zelo malo transportnega medija (npr. topljenje snega na avtomobilih, padavine v močnem vetru ali čiščenje spirajo tla na pokritih parkirnih površinah). Ker se mineralna olja v takšni količini močno adsorbirajo ter biorazgradijo v nezasičeni coni, tovrstnih obremenitev v vodonosniku pod samim objektom zagotovo ne bi bilo mogoče zaznati niti v več stoletjih. Omeniti je smiselno tudi, da je tovrstnih površin - in tudi odprtih - na tem območju mesta ogromno.

### **SCENARIJ NAJSLABŠE MOŽNOSTI**

V scenariju najslabše možnosti smo predvideli večji požar na objektu, ob katerem pride do intenzivnega gašenja in velike količine onesnaženih požarnih voda. Zaradi nujnega reševanja ljudi se ukrepi za zaščito širjenja onesnaženja v ponikovalnico ne izvedejo. Onesnažena požarna voda tako preko nekoliko zmanjšane debeline nezasičene cone (še vedno preko 10 m) doseže vodonosnik. Vnos onesnaževala v telo podzemne vode v takšnem scenariju lahko okarakteriziramo kot enkratni vnos. Parametri onesnaženja so odvisni od gorečih materialov, lahko gre za širok nabor snovi in spojin. Običajni so zlasti PAHs, dioksini in furani, BTX, cianidi, HCl, težke kovine, PFAS (v primeru uporabe gasilske pene). Za preprečitev onesnaženja podzemne vode je najpomembnejši ukrep arhitektonska zasnova objekta in sistema odvodnjavanja, ki zagotavlja zadržanje vode na površju ali v objektu oziroma prepreči odtok požarne vode skozi tla ali celo v ponikovalnico.

## **8 IZRAČUN ŠIRJENJA ONESNAŽEVAL**

Onesnaževala se po prehodu skozi nezasičeno cono pomikajo s tokom podzemne vode, pri čemer lahko različno zaostajajo glede na retardacijske lastnosti snovi v prodno-peščnem vodonosniku. Transportne poti smo za ekstremni vodni stanji že prikazali v poglavju 4.4, možne so torej vse poti med obema stanjema, nobena od njih pa ne vodi v črpališče Betnava, ampak severneje zapustijo širše vodovarstveno območje vodnih virov Dravskega polja.

Sledi, da razlitje dizelskega goriva, hidravličnega olja ali druge nevarne snovi na mestu posega v času gradnje in obratovanja ne bi imelo vpliva na vodni vir ne glede na izbrani dogodek/scenarij. Transportna pot morebitnega onesnaženja izključuje ogrožanje tudi kateregakoli drugega vodnega vira na Dravskem polju. Zato nadaljnji advekcijsko-disperzijski izračuni retardacije, razredčenja ter vpliva na stanje vodnega vira niso smiselni.

## 9 IZRAČUN RELATIVNE OBČUTLJIVOSTI

*Pravilnik o kriterijih za določitev vodovarstvenega območja* (Uradni list RS, št. 64/04, 5/06, 58/11 in 15/16) v 48. členu določa, da gradnja objektov in izvajanje dejavnosti predstavlja sprejemljivo tveganje, če sprememba kateregakoli parametra, ki je predmet analize tveganja za onesnaženje, ne presega relativne občutljivosti za ta parameter iz tabele 2 priloge 2, ki je sestavni del Pravilnika. Za parametre, pri katerih vrednost relativne občutljivosti v tabeli ni določena, se šteje, da je vrednost relativne občutljivosti +2. Relativna občutljivost (S) je razmerje med opazovano novo vrednostjo stanja vode zaradi ogroženosti in referenčnim stanjem in se izračuna na naslednji način:

$$S = (R + \Delta R) / R$$

kjer so: S – relativna občutljivost

R – referenčno stanje, ki je enako povprečni vrednosti parametra pred gradnjo objekta, izračunani kot aritmetična sredina rezultatov analiz monitoringa na zajetju v zadnjih petih letih

$\Delta R$  – sprememba referenčnega stanja zaradi ogroženosti

Iz analize transporta onesnaževala sledi, da morebitno onesnaženje podzemne vode na mestu posega ne ogroža vodnega vira Betnava ali kateregakoli drugega vodnega vira, ne glede na izbiro scenarija onesnaženja ali nabora parametrov kakovosti, saj tok podzemne vode z območja posega ni usmerjen proti črpališču. Tako zaradi posega ne gre pričakovati sprememb kakovostnega stanja na varovanih zajetjih in izračunana relativna občutljivost  $S = 1$  velja za vse vodne vire in vse parametre kakovosti.

## 10 VARNOSTNI IN ZAŠČITNI UKREPI

### 10.1 Splošni varnostni ukrepi v času gradnje in obratovanja

Za preprečitev pomembnega vpliva posega na podzemne vode nasploh v nadaljevanju podajamo nabor osnovnih varnostnih oziroma zaščitnih ukrepov, ki jih je potrebno dosledno upoštevati.

1. Gradbišče mora biti urejeno in zavarovano v skladu s *Pravilnikom o gradbiščih* (UL RS št. 55/08, 54/09 – popr., 61/17 – GZ in 199/21 – GZ-1). Dela na gradbišču morajo potekati v skladu z veljavnimi predpisi s področja varstva pri delu in varstva okolja ter *Uredbo o zagotavljanju varnosti in zdravja pri delu na začasnih in premičnih gradbiščih* (UL RS št. 83/05 in 43/11 - ZVZD-1).
2. Posegi v območje nihanja podzemne vode v vodonosniku niso dovoljeni. Končni izkopi na ožjih vodovarstvenih območjih so dovoljeni, če so izvedeni več kakor 2 m nad najvišjo gladino podzemne vode na širšem VVO pa še nekoliko nižje, to je nad srednjo gladino podzemne vode. Najvišja gladina GPV na mestu posega bo 6,0 m pod koto tlaka najnižje etaže.
3. Vsa gradbena vozila in stroji, ki se uporabljajo na gradbišču, morajo biti tehnično brezhibni, očiščeni ter redno pregledovani in vzdrževani, da ne bi prišlo do puščanja goriva, motornega, zavornega ali hidravličnega olja. Oskrba strojev z gorivom se na gradbišču naj izvaja zgolj na utrjenih, neprepustnih površinah brez iztoka, urejenih tako, da je v primeru razlitja zagotovljeno zadržanje celotnega volumna le-tega na površini.
4. Na gradbišču morajo biti na razpolago zaščitna folija, lovilna korita in absorbna sredstva za primer, da bi prišlo do iztoka goriva oziroma olja. Folija in korita morajo biti nemudoma nameščeni povsod, kjer pride do točkovnega kapljanja goriva ali olja.
5. Zaščitno folijo, absorpcijska sredstva in lovilna korita, ki so bila uporabljena v primeru iztekanja olj ali goriva, je potrebno po končanih delih odstraniti. Z onesnaženim materialom je potrebno ravnati v skladu z *Uredbo o odpadkih* (Uradni list RS, št. 77/22, 113/23 in 13/25).
6. Za primer nezgodnih dogodkov (npr. izlitje naftnih derivatov v tla) mora biti pripravljen načrt ravnanja za takojšnje ukrepanje. V načrtu morajo biti določene pooblaščenice osebe, ki so odgovorne za organizacijo intervencije.
7. Odpadke, ki nastanejo pri gradbenih delih je potrebno hraniti ločeno po vrstah gradbenih odpadkov iz klasifikacijskega seznama odpadkov.

8. Nevarne odpadke je potrebno zbirati ločeno. Določeno mora biti ustrezno opremljeno mesto na območju gradbišča za kratkotrajno skladiščenje nevarnih odpadkov, skladiščne posode za nevarne odpadke pa morajo biti iz ustreznih materialov (odpornih na skladiščene snovi), zaprte in ustrezno označene (oznaka odpadka, oznaka nevarnosti). Zagotovljen mora biti reden odvoz z območja gradbišča, pri čemer je potrebno gradbene odpadke oddati zbiralcu gradbenih odpadkov, nevarne odpadke pa pooblaščen organizaciji za zbiranje nevarnih odpadkov, kar mora biti tudi ustrezno evidentirano.
9. Na delovišču morajo biti upoštevani vsi predpisi o zaščiti pred požari, eksplozijami in razlivanjem.
10. Sanitarije na gradbišču, razen kemičnih stranišč ali sanitarij z urejeno odvodnjo v kanalizacijo, niso dovoljene.
11. Dno kletne etaže naj bo izvedeno v neprepustni obliki. Morebitni varnostni iztok odpadnih voda z dna kletne etaže naj ima vgrajen zasun, da je v primeru požara mogoče zadržati morebitno požarno vodo v samem objektu. Ali pa drugo tehnično rešitev za doseg tega cilja.
12. Cevovodi vseh odpadnih voda morajo pred prvo uporabo biti testirani na vodotesnost.

## 10.2 Ukrepi v primeru razlitja nevarnih snovi tekom gradnje

1. Mesto nesreče ustrezno zavarovati in označiti.
2. Preprečiti nastanek požara.
3. Po možnosti takoj izkopati vso kontaminirano zemljinu na način, da se ne pospešuje širjenja onesnaženja v globino tal.
4. Površje tal na mestu razlitja posipati z absorbentom in prekriti s PVC folijo, da se prepreči infiltracija padavin.
5. Glede na karakteristike absorbne snovi (ko je zasičena spremeni barvo) absorbno snov odstranimo tako, da s tem ne onesnažimo okolja.
6. V primeru razlitja nevarne snovi na utrjenih površinah je potrebno absorbent posipati na debelo po robovih razlitja, da se prepreči širjenje madeža.
7. V primeru razlitja nevarne snovi na raščeni tleh ali v gradbenih jamah je potrebno absorbent posipati na debelo po celotni površini madeža, onesnaženju pa dopustiti, da zavzame čim večjo površino in s tem plitvejšo infiltracijo onesnaženja.
8. Kontaminirane zemljine odpeljemo na odlagališče nevarnih odpadkov.
9. O nesreči je potrebno takoj obvestiti regionalni center za obveščanje.
10. V primeru kontaminacije vodonosnika je potrebno sanacijo izvesti po navodilih strokovnjaka s področja hidrogeologije.
11. V primeru kontaminacije vodonosnika je potrebno vzpostaviti monitoring vplivov razlitja na podzemno vodo po načrtu, ki ga izdelata strokovnjaka s področja hidrogeologije.

## 11 MONITORING PODZEMNIH VODA

Med gradnjo in obratovanjem predvidenega objekta do onesnaženja vodnega vira Betnava ali drugih varovanih vodnih virov Dravskega polja ne more priti, zato je stalno spremljanje kakovosti podzemne vode zaradi posega ni potrebno.

## 12 SKLEP

Iz rezultatov analize tveganja izhaja, da je predvideni poseg novogradnje trgovske stolpnice sprejemljiv. Zastavljeni projekt je skladen z zahtevami in omejitvami Uredbe o vodovarstvenem območju za vodno telo vodonosnikov Ruš, Vrbanskega platoja, Limbuške dobrave in Dravskega polja.

## 13 VIRI IN LITERATURA

- Bajde, V., & Feguš, B. (2013). *Hidrogeološko poročilo o izvedbi črpalnih preizkusov na vrtinah PBe-1/11, PBe-3/11 in PBe-4/11 v zaledju črpališča Betnava*. Geologika, Vanja Bajde s.p., Maribor.
- Battle-Aguilar, J., Brouyere, S., Dassargues, A., Morasch, B., Hunkeler, D., Höhener, P., . . . Halen, H. (2009). *Benzene dispersion and natural attenuation in an alluvial aquifer with strong interactions with surface water*. *Journal of Hydrology*, 369, 305-317.
- Brenčič, M., & Krivic, J. (2005). *Analiza vpliva Pohorskih potokov na vodonosnik Dravskega polja*. GeoZS, Ljubljana.
- Breznik, M., & Žlebničnik, L. (1961). Geološke razmere na območju projektiranih hidroelektraren na Dravi med Mariborom in Ptujem. *Geologija*, 7, 151-176.
- Feguš, B., & Bajde, V. (2016). *Hidrogeološko poročilo za pridobitev vodnega dovoljenja – pridobivanje toplote, za trgovski objekt Lesnina Mömax Maribor*. Geologika, Vanja Bajde s.p., Maribor.
- Kim, J., & Jeon, C. (2009). Isolation and Characterization of a New Benzene, Toluene, and Ethylbenzene Degrading Bacterium, *Acinetobacter* sp. B113. *Current Microbiology*(58), 70-75.
- Kopač, I. (2019). *Spremljanje podzemne vode na območju zgradbe MOM (lokacija razlitja olja), junij – avgust 2019*. Končno poročilo. ANERI ECO INŽENIRING, Irena Kopač s.p., strokovno svetovanje in storitve.
- Mali, N., Herič, J., Gale, U., & Pontelli, N. (2003). *Izvedba dveh vodnjakov pri Mariborskem otoku – priprava in izvedba 60 dnevnega črpalnega poskusa*. Ljubljana, GeoZS.
- Mali, N., Herič, J., Gale, U., & Pontelli, N. (2003). *Izvedba dveh vodnjakov pri Mariborskem otoku – priprava in izvedba 60 dnevnega črpalnega poskusa*. Ljubljana, GeoZS.
- Marin, M., & Masič, M. (1992). *Geotehnično poročilo o izvedbi dveh piezometrov (vodnjakov), 10 dnevne črpanju vode in črpalnih poizkusih na Limbuški Dobravi pri Mariboru*. Maribor: G.O.P. d.o.o.
- Mioč, P., & Žnidarčič, M. (1989). *Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000, Tolmač za lista Maribor in Leibnitz L33-56 L33-44*. Zvezni geološki zavod, Beograd.
- Todd, D., & Mays, L. (2005). *Groundwater Hydrology (3rd edition)*. USA: John Wiley & Sons, INC. 636 pp.
- Vremec, M. (2016). *Modeliranje toka podzemne vode na območju vodonosnika Vrbanski plato s programom FREEWAT*. Diplomsko delo. Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo.
- VRPAP. (2015). *Vodonosnika Vrbanski plato in Apaško polje, orodja za trajnostno zagotavljanje vodnih virov*. Ravnik, J. et al. Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo.
- WHO. (2008). *Guidelines for Drinking-water Quality*. 3rd edition. Geneva. 515 pp.
- Žgajnar Gotvajn, A., Kompare, B., & Zagorc Končan, J. (2009). *Vpliv odpadnih vod avtocestnega sistema na okolje*. Portorož, 21. - 22. oktober 2009, Vodni dnevi 2009.
- Žlebničnik, L. (1964). *Hidrogeološke razmere v Kamnici pri Mariboru*. Ljubljana: Geološki zavod Ljubljana.

- Žlebnik, L. (1964a). *Hidrogeološke razmere v Kamnici pri Mariboru*. Geološki zavod Ljubljana.
- Žlebnik, L. (1964b). *Geološko poročilo h geotehničnemu katastru ožjega območja mesta Maribora*. Geološki zavod Ljubljana.
- Žlebnik, L. (1965). *Hidrogeološki problemi v zvezi z epigenetsko dolino Drave v Mariboru*. *Geologija*, 8, 320-328.
- Žlebnik, L. (1982). *Hidrogeološke razmere na Dravskem polju = Hydrogeology of the Drava field*. *Geologija*, 25(1), 151-164.
- Žlebnik, L. (1982a). *Hidrogeološke razmere na Dravskem polju = Hydrogeology of the Drava field*. *Geologija* 25(1), 151-164, Ljubljana.
- Žnidarčič, M., & Mioč, P. (1988). *Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000, L 33-56 in L 33-44, Maribor in Leibnitz*. Zvezni geološki zavod, Beograd.