

Datum: **01.07.2022**

Datum revizije:

Datum po reviziji:

Številka: **09/22-VO**

Št. izvoda: **1 2 3 4 5**

DN: 1048/22

## **ANALIZA TVEGANJA ZA ONESNAŽENJE VODNEGA TELESA PODZEMNE VODE**

NAROČNIK:

**IBE D.D  
HAJDRIHOVA ULICA 4  
1000 LJUBLJANA**

INVESTITOR:

**DC NALOŽBE D.O.O.  
POD SKALO 4  
4260 BLED**

OBJEKT:

**DCB BOLNIŠNICA LJUBLJANA**

LOKACIJA:

**PARC. ŠTEV: 1333/2, 1333/6, 2240/86 k.o. 2636  
Bežigrad**

IZDELOVALEC:

**INŠITUT ZA VARNOST LOZEJ D.O.O.  
AJDOVŠČINA  
GORIŠKA CESTA 62  
5270 AJDOVŠČINA**

Analiza tveganja za onesnaženje vodnega telesa je izdelana na podlagi Zakona o vodah (Uradni list RS, št. 67/02, 2/04 – ZZdrl-A, 41/04 – ZVO-1, 57/08, 57/12, 100/13, 40/14, 56/15 in 65/20) in Pravilnika o kriterijih za določitev vodovarstvenega območja (Uradni list RS, št. 64/04, 5/06, 58/11 in 15/16).

Izdelal:

Aleš KRAŠNA, univ. dipl. biol.



**LOZEJ d.o.o.  
AJDOVŠČINA**

Direktor:

Stanko OŽBOT, dipl. var. inž.





## VSEBINA

<b>1. UVOD .....</b>	<b>6</b>
1.1 NAMEN IN PREDMET .....	6
1.2 ZAKONSKA PODLAGA ANALIZI TVEGANJA .....	9
1.3 VSEBINA IN OBSEG .....	9
1.4 VODOVARSTVENO OBMOČJE ZA VODNO TELO VODONOSNIKA LJUBLJANSKEGA POLJA .....	10
<b>2. OPIS OGROŽENOSTI VODNEGA VIRA .....</b>	<b>12</b>
2.1 OPIS OBMOČJA POSEGA .....	12
2.1.1 Geografske značilnosti posega .....	12
2.1.2 Značilnosti dejanske in namenske rabe prostora .....	13
2.2 OPIS STANJA PRED POSEGOM.....	14
2.3 OPIS POSEGA.....	14
2.3.1 Obseg in zmogljivost posega v času gradnje .....	14
2.3.2 Obseg in zmogljivost posega v času obratovanja .....	14
2.4 DOLOČITEV ŠTEVILA IN VRSTE OSNAŽEVAL ZARADI POSEGA .....	19
2.4.1 V času gradnje .....	19
2.4.2 V času obratovanja .....	19
2.5 OPREDELITEV MEHANIZMA RAZLITJA IN/ALI SPROSTITVE ONESNAŽEVAL .....	21
2.5.1 V času gradbenih del .....	21
2.5.2 V času obratovanja .....	22
2.6 OPREDELITEV SCENARIJEV NORMALNEGA IN ALTERNATIVNEGA RAZVOJA DOGODKOV TER SCENARIJA NAJSLABŠE MOŽNOSTI.....	22
2.6.1 Opredelitev scenarijev .....	22
2.6.2 Scenarij normalnega razvoja dogodkov .....	23
2.6.3 Scenarij alternativnega razvoja dogodkov .....	26
2.6.4 Scenarij najslabše možnosti .....	26
<b>3. OPREDELITEV ONESNAŽEVAL .....</b>	<b>29</b>
3.1 INTERAKCIJA ONESNAŽEVAL IN OKOLJA .....	29
3.2 TOKSIČNOST ONESNAŽEVAL .....	29
3.2.1 Onesnaževalo OPV1 .....	29
3.2.2 Onesnaževalo OPV2 .....	29
3.2.3 Onesnaževalo OPV3 .....	30
3.2.4 Onesnaževalo OPV4 .....	30
3.2.5 Onesnaževalo OPV5 .....	31
3.3 KEMIJSKE LASTNOSTI IN KOLIČINE ONESNAŽEVAL .....	31
3.3.1 Kemijске lastnosti onesnaževal .....	31
3.3.2 Količine onesnaževal .....	34
<b>4. LASTNOSTI ZAJETJA .....</b>	<b>35</b>
4.1 OPIS NAČINA ZAJEMA .....	35
4.1.1 Seznam vodnih virov .....	35
4.1.2 Opis vodarne Hrastje .....	36
4.2 OCENA KOLIČINE ZAJETE VODE IN DINAMIKE IZKORIŠČANJA VODNEGA VIRA .....	36
<b>5. OPREDELITEV VODNEGA VIRA .....</b>	<b>38</b>

<b>5.1 OCENA NARAVNEGA OZADJA .....</b>	<b>38</b>
5.1.1 <i>Količinsko stanje podtalnice .....</i>	38
5.1.2 <i>Kemijske značilnosti .....</i>	39
<b>5.2 OBREMENJENOST VODNEGA VIRA.....</b>	<b>39</b>
5.2.1 <i>Splošno .....</i>	39
5.2.2 <i>Kakovost podzemne vode za zajetje Hrastje .....</i>	40
5.2.3 <i>Vsebnost mineralnih olj v podtalnici .....</i>	41
<b>5.3 NARAVNE DANOSTI VODNEGA VIRA .....</b>	<b>41</b>
5.3.1 <i>Geološke značilnosti.....</i>	41
5.3.2 <i>Hidrogeološke značilnosti.....</i>	43
<b>6. OPREDELITEV TRANSPORTNIH POTI ONESNAŽEVAL OD VIRA OGROŽANJA DO ZAJETJA .....</b>	<b>48</b>
<b>6.1 TRANSPORT ONENAŽEVAL .....</b>	<b>48</b>
6.1.1 <i>Vrste transporta .....</i>	48
6.1.2 <i>Pot v vadozni coni.....</i>	48
6.1.3 <i>Pot v freatični coni .....</i>	49
<b>6.2 HIDRODINAMSKA DISPERZIJA ONESNAŽEVAL.....</b>	<b>52</b>
<b>6.3 IZRAČUNI DOLŽINE IN ŠIRINE OBLAKA ONESNAŽEVALA .....</b>	<b>53</b>
<b>6.4 IZRAČUNI DOLŽINE IN ŠIRINE OBLAKA ONSNAŽEVALA NA RAZLIČNIH RAZDALJAH IN ČASIH .....</b>	<b>54</b>
<b>6.5 IZRAČUNI KONCENTRACIJE ONESNAŽEVALA NA LOKACIJI ZAJETJA.....</b>	<b>55</b>
<b>6.6 IZRAČUNI KONCENTRACIJE ONESNAŽEVALA NA LOKACIJI ZAJETJA – GRAFIČNI PRIKAZ .....</b>	<b>57</b>
6.6.1 <i>Scenarij normalnega razvoja dogodkov .....</i>	57
6.6.2 <i>Scenarij alternativnega razvoja dogodkov .....</i>	58
6.6.3 <i>Scenarij najslabše možnosti .....</i>	60
<b>6.7 PREVERLJIVOST IN ZANESLJIVOST RAČUNSKE METODE .....</b>	<b>65</b>
<b>6.8 OPIS OGROŽENOSTI VODNEGA TELESA PODZEMNE VODE ZARADI GLOBINE IZKOPOV ALI OBJEKTOV.....</b>	<b>66</b>
<b>7. OPREDELITEV TVEGANJA ZA ONESNAŽENJE VODNIH VIROV.....</b>	<b>67</b>
<b>7.1 IZRAČUN RELATIVNE OBČUTLJIVOSTI PO PRAVILNIKU .....</b>	<b>67</b>
<b>7.2 UGOTOVITVE .....</b>	<b>68</b>
<b>7.3 UGOTOVITVE KUMULATIVNI VPLIVI.....</b>	<b>69</b>
<b>8. VARSTVENI IN INTERVENTNI UKREPI .....</b>	<b>70</b>
<b>8.1 VARSTVENI UKREPI GLEDE NA VELJAVNO ZAKONODOJO .....</b>	<b>70</b>
8.1.1 <i>Zakon o vodah .....</i>	70
8.1.2 <i>Uredba o emisiji snovi in topote pri odvajjanju odpadnih voda v vode in javno kanalizacijo .....</i>	70
8.1.3 <i>Uredba o vodovarstvenem območju za vodno telo vodonosnika Ljubljanskega polja .....</i>	70
<b>8.2 VARSTVENI UKREPI, KI SO ŽE PREDVIDENI S PROJEKTNO DOKUMENTACIJO .....</b>	<b>74</b>
8.1.1 <i>Varstveni ukrepi v času gradnje .....</i>	74
8.2.1 <i>Varstveni ukrepi v času obratovanja .....</i>	74
<b>8.3 VARSTVENI IN INTERVENTNI UKREPI, DOLOČENI PRI ANALIZI TVEGANJA .....</b>	<b>74</b>
8.3.1 <i>Varstveni ukrepi v času gradnje .....</i>	74
8.1.2 <i>Varstveni ukrepi v času obratovanja .....</i>	75

8.1.3 <i>Interventni ukrepi v času gradbenih del.....</i>	76
8.3.2 <i>Interventni ukrepi v času obratovanja.....</i>	77
<b>8.4 OBRATOVALNI MONITORING.....</b>	<b>77</b>
<b>9. KONČNA OCENA.....</b>	<b>78</b>
<b>10. VIRI IN LITERATURA.....</b>	<b>79</b>

## 1. UVOD

### 1.1 NAMEN IN PREDMET

Z analizo tveganja opredelimo reakcijo vodnega vira na obremenitve, ki so posledica dejavnosti, ki potekajo ali ki bodo potekale v njegovem napajalnem območju (Brenčič, 2004). Obremenitve se odražajo kot dejanski odziv oziroma občutljivost vodnega vira na spremembo spremenljivk ali parametrov v sistemu vodnega vira (Brenčič, 2004). Razmislek o analizi vpliva onesnaževala na vodni vir temelji na preprostem konceptualnem modelu vodnega vira, ki je opredeljen kot sistem, kjer na vhodu vanj obstaja neka časovno odvisna obremenitev in na izhodu iz sistema prav tako časovno odvisna občutljivost, ki podaja odziv vodnega vira na obremenitev (Brenčič, 2004).

Analiza tveganja za onesnaženje vodnega telesa pozemne vode se izdela za tiste posege v prostor, ki se načrtujejo na vodovarstvenih območjih vodnih teles vodonosnikov in ki bi lahko trajno ali začasno vplivali na vodni režim ali stanje voda. Obveznost izdelave analize tveganja za onesnaženje podzemne vode sledi iz Pravilnika o kriterijih za določitev vodovarstvenega območja (Uradni list RS, št. 64/04, 5/06, 58/11 in 15/16) in iz uredb ter odlokov o posameznih vodovarstvenih območjih. Omenjeni predpisi določajo vrste posegov, za katere je izdelava analize tveganja vedno obvezna.

**Predmet analize tveganja za onesnaženje vodnega telesa pozemne vode je gradnja bolnišnice.** Na tem območju se nahaja vodno telo vodonosnikov Ljubljanskega polja, ki je varovano z Uredbo o vodovarstvenem območju za vodno telo vodonosnika Ljubljanskega polja (Uradni list RS, št. 43/15, 181/21 in 60/22), ki v prilogi 3 določa ukrepe, prepovedi in podrobnejše pogoje za gradnjo. V primeru posega investitorja to v času obratovanja pomeni ukrepe, ki so navedeni v spodnji tabeli – s krepkim je označen vodovarstveni pas, na katerem se bo izvajal poseg investitorja.

Tabela 1: Ukrepi, prepovedi in podrobnejši pogoji za gradnjo v zvezi s stavbami za zdravstvo po prilogi 3 Uredbe o vodovarstvenem območju za vodno telo vodonosnika Ljubljanskega polja (Uradni list RS, št. 43/15, 181/21 in 60/22)

CC.Si	II	Nestanovanjske stavbe <sup>1,3</sup>	VVO I	VVO IIA	<b>VVO IIB</b>	VVO IIIA	VVO IIIB
1246	14	Stavbe za zdravstvo	-	-	<b>pp</b>	pd	pd

<sup>1</sup>Z gradnjo stavb na podobmočju ožjega VVO z manj strogim vodovarstvenim režimom se ne sme posegati v območje nihanja podzemne vode v vodonosniku. Prav tako se z gradnjo ne sme zmanjšati krovna plast, če je ta upoštevana pri določanju zmanjšanega obsega ali ukrepov ožjega VVO z manj strogim vodovarstvenim režimom. Območje nihanja podzemne vode v vodonosniku je območje med najvišjo in najnižjo izmerjeno gladino oziroma nivojem podzemne vode v nizu meritev gladine podzemne vode. Kot niz meritev gladine podzemne vode se upoštevajo podatki monitoringa podzemne vode na VVO, ki ga zagotavlja Agencija Republike Slovenije za okolje, ali podatki meritev gladine podzemne vode, ki jih izvaja upravljavec vodnega vira na podlagi zahtev, predpisanih v vodnem dovoljenju za izvajanje monitoringa podzemne vode, ali podatki meritev z avtomatskimi merilniki nivojev podzemne vode ali vsaj dvakrat mesečnih ročnih meritev gladine podzemne vode na VVO, v obdobju vsaj dveh hidroloških ciklusov (dve leti opazovanj), ki jih na območju predvidenega posega izvaja investitor.

<sup>3</sup>Objekte ali naprave na podobmočju širšega VVO z milejšim vodovarstvenim režimom in podobmočju širšega VVO z milim vodovarstvenim režimom je treba graditi nad srednjo gladino podzemne vode. Če se transmisivnost vodonosnika na mestu gradnje ne zmanjša za več kot 10 %, je gradnja izjemoma dovoljena tudi globlje. Če je treba med gradnjo ali obratovanjem drenirati ali črpati podzemno vodo, je za to treba pridobiti vodno soglasje. Srednja gladina oziroma nivo podzemne vode je srednja vrednost v nizu meritev med najvišjo in najnižjo izmerjeno gladino oziroma nivojem podzemne vode. Kot niz meritev gladine podzemne vode se upoštevajo podatki monitoringa podzemne vode na VVO, ki ga zagotavlja Agencija Republike Slovenije za okolje ali podatki meritev gladine podzemne vode, ki jih izvaja upravljavec vodnega vira na podlagi zahtev, predpisanih v vodnem dovoljenju za izvajanje monitoringa podzemne vode, ali podatki meritev z avtomatskimi merilniki nivojev podzemne vode ali vsaj dvakrat mesečnih ročnih meritev gladine podzemne vode na VVO v obdobju vsaj dveh hidroloških ciklusov (dve leti opazovanj), ki jih na območju predvidenega posega izvaja investitor.

**Nastajala bosta komunalna (iztok v javno kanalizacijo) in padavinska odpadna voda z zunanjih površin (tabela 3). Slednja se bo odvajala preko lovilnika olij (naprava za**

ločevanja olja in vode) v ponikanje,. Padavinska odpadna voda s streh se bo odvajala preko vsedalnika tudi v ponikanje, kar je ustrezno glede na zahteve 17. člena Uredbe emisiji snovi in toplotne pri odvajjanju odpadnih voda v vode in javno kanalizacijo (Uradni list RS, št. 64/12, 64/14, 98/15, 44/22 – ZVO-2 in 75/22).

Padavinsko odpadno vodo, ki odteka z utrjenih, tlakovanih ali drugim materialom prekritih površin objektov in vsebuje usedljive snovi, mora namreč upravljač teh objektov zajeti in mehansko obdelati v:

- usedalniku, če padavinsko odpadno vodo odvaja v javno kanalizacijo,
- usedalniku in lovilniku olj ali čistilni napravi padavinske odpadne vode, če padavinsko odpadno vodo odvaja neposredno ali posredno v vode ter gre za površine na območju naprave, vključno s funkcionalnimi prometnimi površinami, ki so namenjene prometu ali parkiranju ali skladiščenju motornih vozil.

Ukrepi, prepovedi in podrobnejši pogoji v zvezi s komunalno infrastrukturo so v spodnji tabeli.

*Tabela 2: Ukrepi, prepovedi in podrobnejši pogoji za gradnjo v zvezi s cevovodi, komunikacijskimi omrežji in energetskimi vodi po prilogi 3 Uredbe o vodovarstvenem območju za vodno telo vodonosnika Ljubljanskega polja (Uradni list RS, št. 43/15, 181/21 in 60/22)*

CC.Si	IV	Cevovodi, komunikacijska omrežja in energetski vodi <sup>1,3</sup>	VVO I	VVO II A	<b>VVO II B</b>	VVO III A	VVO III B
22231	10c	Iztok ali iztočni objekt za odvajanje padavinske odpadne vode, če gre za posredno odvajanje v podzemne vode v skladu s predpisom, ki ureja emisijo snovi in toplotne pri odvajjanju odpadnih voda v vode in javno kanalizacijo, in je pred iztokom zagotovljena obdelava padavinske odpadne vode v lovilniku olj	-23,24	-23,24	<b>pq<sup>24</sup></b>	pd <sup>24</sup>	pd <sup>24</sup>
22231	10e	Iztok ali iztočni objekt za odvajanje padavinske odpadne vode s streh objektov, če gre za posredno odvajanje v podzemne oziroma neposredno v površinske vode v skladu s predpisom, ki ureja emisijo snovi in toplotne pri odvajjanju odpadnih	pd <sup>24</sup>	pd <sup>24</sup>	<b>+<sup>24</sup></b>	<b>+<sup>24</sup></b>	pd <sup>24</sup>

CC.Si	IV	Cevovodi, komunikacijska omrežja in energetski vodi <sup>1,3</sup>	VVO I	VVO IIA	<b>VVO IIB</b>	VVO IIIA	VVO IIIB
		voda v vode in javno kanalizacijo	-	pd <sup>24</sup>	<b>pd<sup>24</sup></b>	+ <sup>24</sup>	+ <sup>24</sup>

<sup>1</sup>Z gradnjo stavb na podobmočju ožjega VVO z manj strogim vodovarstvenim režimom se ne sme posegati v območje nihanja podzemne vode v vodonosniku. Prav tako se z gradnjo ne sme zmanjšati krovna plast, če je ta upoštevana pri določanju zmanjšanega obsega ali ukrepov ožjega VVO z manj strogim vodovarstvenim režimom. Območje nihanja podzemne vode v vodonosniku je območje med najvišjo in najnižjo izmerjeno gladino oziroma nivojem podzemne vode v nizu meritev gladine podzemne vode. Kot niz meritev gladine podzemne vode se upoštevajo podatki monitoringa podzemne vode na VVO, ki ga zagotavlja Agencija Republike Slovenije za okolje, ali podatki meritev gladine podzemne vode, ki jih izvaja upravljač vodnega vira na podlagi zahtev, predpisanih v vodnem dovoljenju za izvajanje monitoringa podzemne vode, ali podatki meritev z avtomatskimi merilniki nivojev podzemne vode ali vsaj dvakrat mesečnih ročnih meritev gladine podzemne vode na VVO, v obdobju vsaj dveh hidroloških ciklusov (dve leti opazovanj), ki jih na območju predvidenega posega izvaja investitor.

<sup>3</sup>Objekte ali naprave na podobmočju širšega VVO z milejšim vodovarstvenim režimom in podobmočju širšega VVO z milim vodovarstvenim režimom je treba graditi nad srednjo gladino podzemne vode. Če se transmisivnost vodonosnika na mestu gradnje ne zmanjša za več kot 10 %, je gradnja izjemoma dovoljena tudi globlje. Če je treba med gradnjo ali obravnavanjem drenirati ali črpati podzemno vodo, je za to treba pridobiti vodno soglasje. Srednja gladina oziroma nivo podzemne vode je srednja vrednost v nizu meritev med najvišjo in najnižjo izmerjeno gladino oziroma nivojem podzemne vode. Kot niz meritev gladine podzemne vode se upoštevajo podatki monitoringa podzemne vode na VVO, ki ga zagotavlja Agencija Republike Slovenije za okolje ali podatki meritev gladine podzemne vode, ki jih izvaja upravljač vodnega vira na podlagi zahtev, predpisanih v vodnem dovoljenju za izvajanje monitoringa podzemne vode, ali podatki meritev z avtomatskimi merilniki nivojev podzemne vode ali vsaj dvakrat mesečnih ročnih meritev gladine podzemne vode na VVO v obdobju vsaj dveh hidroloških ciklusov (dve leti opazovanj), ki jih na območju predvidenega posega izvaja investitor.

<sup>23</sup>Razen če gre za začasno rešitev v prehodnem obdobju do zgraditve javnega kanalizacijskega omrežja za padavinsko odpadno vodo ali do zagotovitve potrebnih zmogljivosti na javnem kanalizacijskem omrežju mešanega sistema in je treba pridobiti vodno soglasje

<sup>24</sup>Dno ponikovalnice mora biti najmanj 1 m nad najvišjo gladino podzemne vode, če gre za posredno odvajanje v podzemne vode v skladu s predpisom, ki ureja emisijo snovi in toplotne pri odvajjanju odpadnih voda v vode in javno kanalizacijo

V primeru gradbenih del to za poseg investitorja pomeni naslednje (upoštevane so samo tisti ukrepi, ki upoštevajo značilnosti gradnje v konkretnem primeru posega investitorja; ostalo, ki ni predmet gradbenih del, ni navedeno) (tabela 3).

**Tabela 3: Ukrepi, prepovedi in podrobnejši pogoji za gradnjo v zvezi z izvajanjem gradbenih del po prilogi 3 Uredbe o vodovarstvenem območju za vodno telo vodonosnika Ljubljanskega polja**  
*(Uradni list RS, št. 43/15, 181/21 in 60/22)*

		Izvajanje gradbenih del	VVO I	VVO IIA	<b>VVO IIB</b>	VVO IIIA	VVO IIIB
	2	Parkirišče na gradbišču za delovne stroje in naprave (brez vzdrževanja vozil in strojev )	-	-	<b>pp</b>	+	+
	3	Prostor za vzdrževanje vozil in strojev ali začasna skladišča za goriva in maziva ali gradbena kemična sredstva	-	-	<b>pp</b>	+	+
	4	Sanitarije na gradbišču	- <sup>11</sup>	- <sup>11</sup>	- <sup>11</sup>	- <sup>11</sup>	- <sup>11</sup>
	6	Oskrba strojev in naprav z gorivom na gradbišču (pretakanje goriva)	-	- <sup>35</sup>	<b>pp</b>	+	+
	7	Izkopi na gradbišču	pd <sup>5</sup>	pd <sup>5</sup>	<b>pd<sup>5</sup></b>	pd <sup>5</sup>	+

<sup>5</sup>Izkopi na najožjih VVO in podobmočjih ožjega VVO s strogim vodovarstvenim režimom ter podobmočjih ožjega VVO z manj strogim vodovarstvenim režimom niso dovoljeni, če niso izdelani več kakor 2 m nad najvišjo gladino podzemne vode.

<sup>11</sup>Razen če se uporablajo kemična stranišča ali je urejeno odvajanje iz stranišč v javno kanalizacijo.

<sup>35</sup>Razen če se oskrba strojev in naprav z gorivom na območju gradbišča izvaja izključno na posebej urejenih utrjenih površinah, ki morajo biti vodotesne in iz materialov, odpornih proti delovanju goriv. Preprečeno mora biti vsakršno izpiranje ali izcejanje v podzemno vodo. Med pretakanjem je treba pod stroje in naprave namestiti posode z absorpcijskim sredstvom za primer morebitnega nezgodnega razlitja.

**Na gradbišču ne bo parkirišča za delovne stroje in naprave, prostora za vzdrževanje vozil in strojev ali začasna skladišča za goriva in maziva ali gradbena kemična sredstva in pa oskrbe strojev in naprav z gorivom na gradbišču (pretakanje goriva). Sanitarije na gradbišču bodo urejene s kemičnimi stranišči na izpraznjenje (javna komunalna služba).**

## 1.2 ZAKONSKA PODLAGA ANALIZI TVEGANJA

Analiza tveganja za onesnaženje vodnega telesa pozemne vode je izdelana na podlagi naslednjih predpisov:

- splošno:
  - Zakon o vodah (Uradni list RS, št. 67/02, 2/04 – ZZdrl-A, 41/04 – ZVO-1, 57/08, 57/12, 100/13, 40/14, 56/15 in 65/20);
- vode:
  - Pravilnik o kriterijih za določitev vodovarstvenega območja (Uradni list RS, št. 64/04, 5/06, 58/11 in 15/16);
  - Uredba o vodovarstvenem območju za vodno telo vodonosnika Ljubljanskega polja (Uradni list RS, št. 43/15, 181/21 in 60/22);
  - 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);
  - Uredba o emisiji snovi in toplice pri odvajjanju odpadnih vod v vode in javno kanalizacijo (Uradni list RS, št. 64/12, 64/14, 98/15, 44/22 – ZVO-2 in 75/22);
  - Uredba o odvajjanju in čiščenju komunalne odpadne vode (Uradni list RS, št. 98/15, 76/17, 81/19, 194/21 in 44/22 – ZVO-2);
  - Pravilnik o pitni vodi (Uradni list RS, št. 19/04, 35/04, 26/06, 92/06, 25/09, 74/15 in 51/17).
- lokalni predpisi:
  - Odloko o občinskem prostorskem načrtu Mestne občine Ljubljana – izvedbeni del (Uradni list RS, št. 78/10, 10/11 - DPN, 22/11 - popr., 43/11-ZKZ-C, 53/12 - obv. razl., 9/13, 23/13 - popr., 72/13 - DPN, 71/14 - popr., 92/14 - DPN, 17/15 - DPN, 50/15 - DPN, 88/15 - DPN, 95/15, 38/16 in 63/16).

## 1.3 VSEBINA IN OBSEG

Analiza tveganja za onesnaženje vodnega telesa podzemne vode poteka v korakih, s katerimi zajamemo interakcijo vodnega vira, zajetja in vpliva onesnaževal (Brenčič, 2004). Tako analiza tveganja za onesnaženje vodnega telesa podzemne vode glede na Pravilnika o kriterijih za določitev vodovarstvenega območja (Uradni list RS, št. 64/04, 5/06, 58/11 in 15/16) za onesnaženje zaradi gradnje objekta na vodovarstvenem območju obsega naslednje podatke:

- opis ogroženosti vodnega vira in opredelitev scenarijev vpliva na vodni vir z:
  - določitvijo števila in vrste onesnaževal,
  - opredelitvijo mehanizma razlitja in/ali sprostitev onesnaževal,
  - opredelitvijo scenarijev normalnega in alternativnega razvoja dogodkov ter scenarija najslabše možnosti,
- opredelitev onesnaževal z oceno:
  - interakcije onesnaževala in okolja,
  - toksičnosti onesnaževala,
  - mobilnosti onesnaževala,
  - kemijskih lastnosti in količine onesnaževal,
- lastnosti zajetja z:
  - opisom načina zajema,
  - oceno količine zajete vode,
  - opisom režima in dinamike izkoriščanja vodnega vira,
- opredelitev vodnega vira z:
  - oceno obstoječega stanja, ki se jo izdela kot zbirni pregled naravnega ozadja

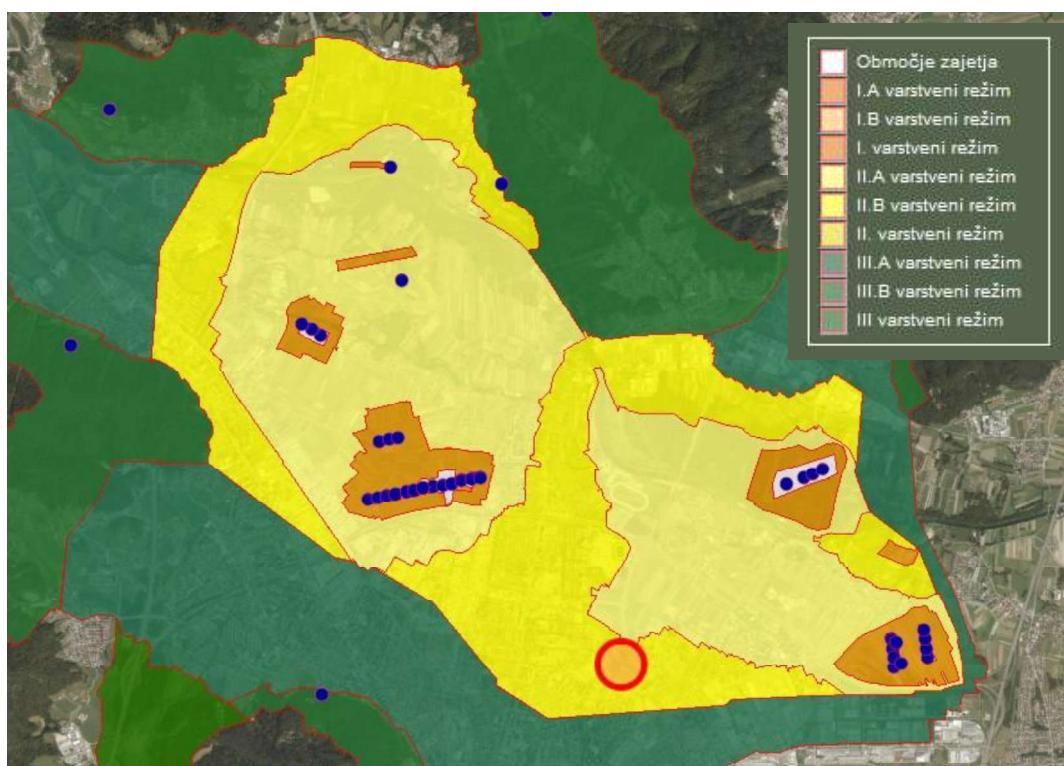
- in obremenjenosti vodnega vira,
- oceno naravnega ozadja,
- obremenjenostjo vodnega vira,
- opisom naravnih danosti vodnega vira,
- opredelitev transportnih poti onesnaževal od vira ogrožanja do zajetja,
- izračun transporta onesnaževal glede na različne scenarije,
- opredelitev tveganja za onesnaženje.

#### 1.4 VODOVARSTVENO OBMOČJE ZA VODNO TELO VODONOSNIKA LJUBLJANSKEGA POLJA

V elaboratu obravnavamo poseg na vodovarstvenem območju za vodno telo vodonosnika Ljubljanskega polja (slika 1).

Uredba o vodovarstvenem območju za vodno telo vodonosnika Ljubljanskega polja (Uradni list RS, št. 43/15, 181/21 in 60/22) določa območja zajetij in tri notranja območja:

- šest najožjih območij z oznako »VVO I«;
- ozje območje z oznako »VVO II«;
  - dve podobmočji s strogim varstvenim režimom »VVO IIA«;
  - eno podobmočje z manj strogim varstvenim režimom »VVO IIB«;
- širša VVO z oznako »VVOIII«, ki so razdeljena na:
  - dve podobmočji z milejšim vodovarstvenim režimom VVOIIIA in
  - pet podobmočij z milim vodovarstvenim režimom VVOIIIB



Slika 1: Vodovarstveno območje za vodno telo vodonosnika Ljubljansko polje – krogec označuje lokacijo posega investitorja (vira. ARSO in iObčina)

V nadaljevanju je podan opis posameznih vodovarstvenih območij vodonosnika Ljubljanskega polja (Smrekar, 2006):

**VVO I:** Najožja vodovarstvena območja (0, I) z območji zajema so štiri, kolikor je tudi

vodarn (Šentvid, Kleče, Jarški prod in Hrastje), ki obsegajo res le neposredno zaledje vodarn.

**VVO II:** Ožje vodovarstveno območje je razdeljeno na dve podobmočji s strogim vodovarstvenim režimom (II A) in z manj strogim vodovarstvenim režimom (II B). Podobmočja s strogim vodovarstvenim režimom so tri: sklenjeno območje na eni strani zaledja vodarn Šentvid in Kleče, na drugi vodarn Hrastje in Jarški prod ter manjše območje vzhodno od vodarne Jarški prod. Podobmočje z manj strogim vodovarstvenim režimom je sklenjeno in obdaja bolj varovan teritorij. Na severu pokriva večino strnjeno pozidanih površin na Ljubljanskem polju, na jugu pa sega do sredine Šiške, Bežigrada in Most. **Poseg investitorja je v VVO IIB.**

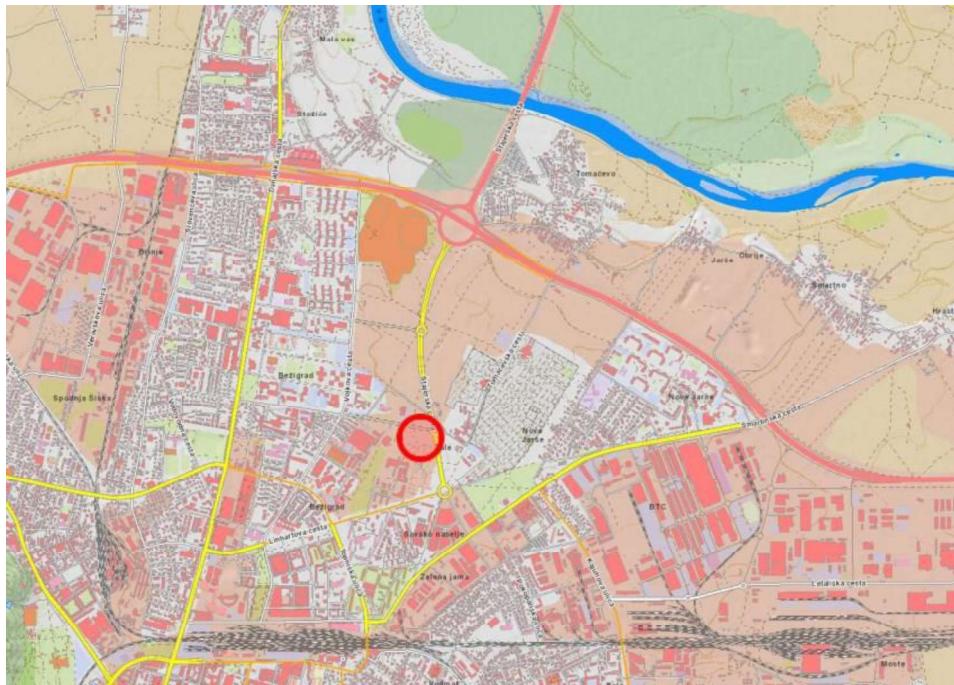
**VVO III:** Širše vodovarstveno območje, ki zajema celotno napajalno območje zajetja, je prav tako enotno in je namenjeno dolgoročnemu zagotavljanju zdravstvene ustreznosti pitne vode ter predstavlja zunanje meje vodovarstvenega območja Ljubljansko polje.

## 2. OPIS OGROŽENOSTI VODNEGA VIRA

### 2.1 OPIS OBMOČJA POSEGA

#### 2.1.1 Geografske značilnosti posega

Poseg investitorja je gradnja bolnišnice. Poseg bo v Bežigradu, kar pomeni na severovzhodni strani Ljubljane (slika 2).



Slika 2: Lokacija posega investitorja, kot jo prikazuje rdeči krogec (vir: PISO)

Poseg je načrtovan na zatravljenem zemljišču. Objekt se nahaja na parc. št. 1333/2, 1333/6, 2240/86, vse k.o. 2636 Bežigrad (slika 3).



Slika 3: Območje posega investitorja na parc. št. 1333/2, 1333/6, 2240/86, vse k.o. 2636 Bežigrad (vir: ARSO)

Obravnavano območje danes predstavlja zeleno območje, kot nadaljevanje parkovnih odprtih zelenih površin ter sprehajališč v okolini Žal. S severne strani je omejeno s Kranjčevim cestom, z vzhodne strani s Štajersko cesto, z južne strani z zemljiščem sosednjega objekta URI Soča, ter na zahodni strani s sosednjimi nepozidanimi zemljišči.

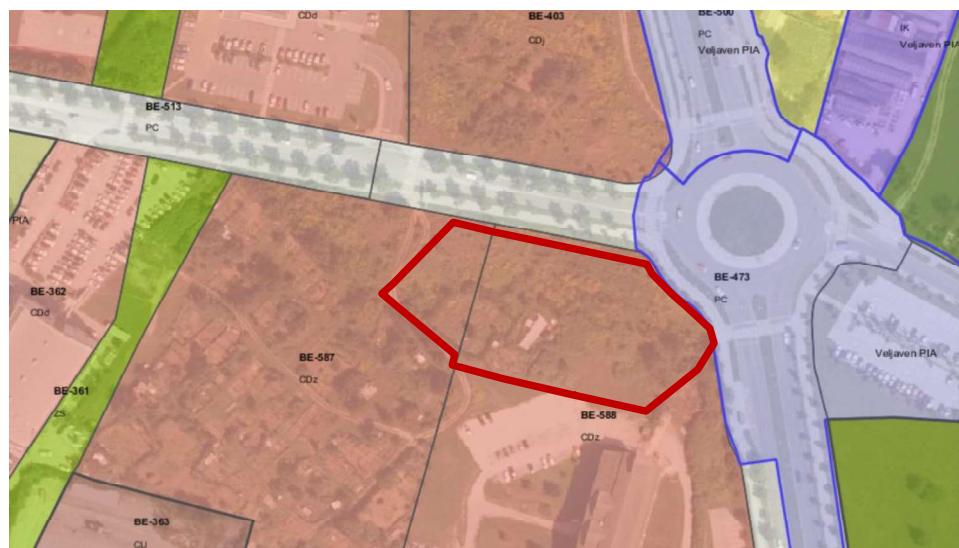
Pogled na gradbeno parcelo je na sliki 4.



Slika 4: Pogled na gradbeno parcelo investitorja.

### 2.1.2 Značilnosti dejanske in namenske rabe prostora

Območje posega se ureja z Odlokom o občinskem prostorskem načrtu Mestne občine Ljubljana – izvedbeni del (Uradni list RS, št. 78/10, 10/11 - DPN, 22/11 - popr., 43/11-ZKZ-C, 53/12 - obv. razl., 9/13, 23/13 - popr., 72/13 - DPN, 71/14 - popr., 92/14 - DPN, 17/15 - DPN, 50/15 - DPN, 88/15 - DPN, 95/15, 38/16 in 63/16). Območje posega je tako po OPN glede na osnovno namensko rabo prostora opredeljeno kot CDz – centralne dejavnosti za zdravstvo (EUP: BE – 587 in BE - 588 (slika 5).



Slika 5: Namenska raba prostora z označenim posegom investitorja (vir: MOP)

Po dejanski namenski rabi pa so zemljišča na območju posega opredeljena kot (slika 6):

- 1100 – njiva,
- 1410 – kmetijsko zemljišče v zaraščanju,
- 3000 – pozidano in sorodno zemljišče,



*Slika 6: Dejanska raba prostora (vir: MKGP)*

## 2.2 OPIS STANJA PRED POSEGOM

Na območju posega se nahajajo zelene površine.

### 2.3 OPIS POSEGA

#### 2.3.1 Obseg in zmogljivost posega v času gradnje

Območje gradbišča obsega celotno površino parcel in sicer v velikosti 6.283 m<sup>2</sup>. Gradnja bo potekala s težko gradbeno mehanizacijo: bagri, buldožerji, tovorna vozila ipd. Celotna gradnja se izvede v eni fazi.

Gradbišče bo ograjeno z gradbiščno ograjo. Ob vhodu na gradbišče bo postavljena gradbiščna tabla s podatki o projektu. Na območju gradbišča je predvideno mesto za ročno čiščenje delovnih strojev, tako da ne bo prihajalo do onesnaženja cest izven gradbiščne ograde (pranje koles in podvozja). Za čiščenje morebitno onesnažene ceste bo poskrbel izvajalec. Predvidena je tudi umestitev zabojušnikov za ločeno zbiranje odpadkov.

#### 2.3.2 Obseg in zmogljivost posega v času obratovanja

**Stavba.** Objekt bo etažnosti 2K+P+3, nosilna konstrukcija objekta bo armiranobetonska mešana stenasto-skeletna konstrukcija, na armiranobetonskih temeljih. Fasada bo kombinacija tankoslojnega ometa in obešene pločevinaste fasade ter steklenih površin. Streha objekta bo ravna z minimalnim naklonom in bo deloma namenjena zeleni strehi ter deloma površinam za postavitev strojnih naprav.

Nadzemni del objekta sestavlja dva volumna (vzhodni in zahodni), ki sta med seboj povezana s povezovalnim delom - vhodno avlo. Pod obema volumnoma sta predvideni dve kletni etaži namenjeni servisnim prostorom bolnišnice in parkiriščem za osebna vozila. Uvozna rampa v kletno etažo je predvidena na zahodni strani objekta.

Pod delom pritličja zahodnega volumna je predvideno kratkotrajno parkiranje ter dovoz do glavnega vhoda in nadalje preko uvozne rampe v kletno etažo.

Maksimalni tlorisni gabarit nadzemnega dela objekta so cca. 81 m x 49 m ter podzemnega cca. 107 x 50 m.

Objekt se programsko loči na več med seboj povezanih programskih enot. Specialistične ambulante se nahajajo v pritličju in prvem nadstropju vzhodnega trakta. Operacijski (OP) oddelek se nahaja v prvem nadstropju zahodnega trakta, Hospitalni oddelek se nahaja v drugem in tretjem nadstropju vzhodnega trakta. Administracija in restavracija za zaposlene se nahajata v drugem nadstropju zahodnega trakta.

V objektu so predvidena štiri jedra, v vsakem se nahajajo dvigala in požarne stopnice. Servisne dejavnosti so skoncentrirane v kleti, kjer je zagotovljena dostava materiala in odvoz odpadkov.

V kletni etaži so poleg spremljajočih dejavnosti bolnišnice (sterilizacija, čiščenje vozičkov in postelj, prostori za čisto/nečisto prerilo, shrambe, garderobe, tehnični prostori ipd..) predvidena parkirna mesta za zaposlene ter obiskovalce (bolnišnični pacienti) ter servisni dovozi, kot so odvozi medicinskih odpadkov, dostava hrane ter tehnični servisi. Prav tako je v kleti prostor za pokojnika, kjer ga prevzame pogrebna služba.

Objekt ima na nivoju pritličja več različnih vhodov. Glavni vhod za obiskovalce je urejen s strani Kranjčeve ulice. Vhod za osebje je urejen s parkirišča v podzemni garaži, skozi garderobo v 1. oz. 2. kleti, kjer se preoblečejo in vstopijo skozi interni hodnik v dvigalo za osebje. Vhod za reševalce je urejen s pokritega parkirišča v pritličju. Vsi vhodni deli so nadkriti nadstrešnico in zaščiteni pred vremenskimi vplivi.

V 2. in 3. nadstropju vzhodnega dela sta predvidena dva oddelka hospitala s cca. 70 enoposteljnimi oz. dvoposteljnimi sobami. V središču vsakega oddelka so prostori za osebje z sestrsko bazo, kuhinjo, kopalcico, shrambo, ipd. 2. nadstropje zahodnega dela je namenjeno zaposlenim, v njej se nahajajo prostori za administracijo, zdravnike, ter predavalnica in razdelilna kuhinja z jedilnico za zaposlene. Druženju zaposlenih v 2. nadstropju ter pacientov v 3. nadstropju sta namenjeni tudi terasa in zelena streha.

**Zunanja in komunalna ureditev.** Opis je v nadaljevanju.

**Zunanja ureditev.** V sklopu zunanje ureditev objekta je predvidena ureditev dostopnih poti, parkirnih mest za osebna vozila in kolesa, intervencijskih površin, zelenih površin in komunalne infrastrukture.

Dovoz do obravnavanih zemljišč je predviden s SZ strani, preko novo predvidenega cestnega priključka s Kranjčeve ulice ter nadalje preko zemljišča parcelne št. 1332/2, k.o. 2636 Bežigrad. Cestni priključek in dovozna pot preko zemljišča parcelne št. 1332/2, k.o. 2636 Bežigrad sta skupna tako za predmetni objekt kot tudi za objekt oskrbovanih stanovanj JZ od obravnavanega območja, za katerega je bilo pridobljeno ločeno gradbeno dovoljenje in je v izgradnji. Na JZ delu predmetne parcele bo nadalje urejen uvoz na obravnavana zemljišča predmetne bolnišnice.

**Komunalna odpadna voda.** Obravnavani objekt bo priključen na javno kanalizacijsko omrežje komunalne odpadne vode s skupnim hišnim priključkom s sosednjim objektom. Javna kanalizacija komunalne odpadne vode je predvidoma betonska cev DN1400 v vozišču Kranjčeve ulice.

Predviden je gravitacijski odvod komunalne odpadne vode oz. interno črpališče in tlačni vod za odvod odpadne vode iz kleti objekta. Zbirni gravitacijski vod do skupnega priključnega jaška na skupnem hišnem priključku je predviden na severni strani objekta. Skupni priključni jašek na skupnem hišnem priključku je predviden na severno zahodni

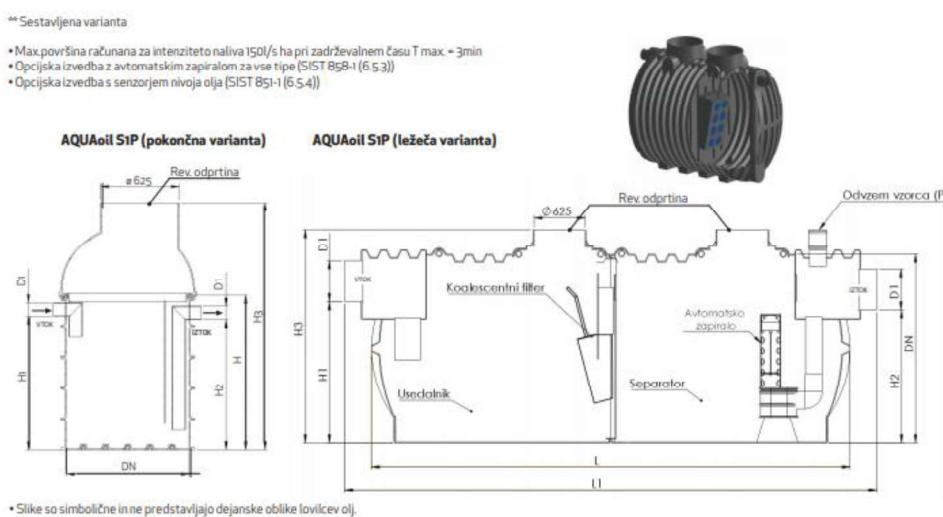
strani objekta (skladno z grafiko zbirnika komunalnih vodov).

V objektu bo predvidoma zaposlenih do 130 oseb (podatek investitorja o največji dopoldanski izmeni), objekt bo imel do 80 bolniških postelj (dnevna bolnišnica), do 400 obiskovalcev dnevno. V objektu je predvidena lekarna, za katero bo predviden ločen odvod komunalne (tehnološke) odpadne vode preko nevtralizacijskega bazena. V objektu gostinski obrat – kuhinja ni predvidena (predvidena je dostava pripravljenih obrokov), zato lovilec mineralnih olj ni potreben. Vsa kanalizacija je predvidena iz umetnih mas in mora biti izvedena vodotesno.

Padavinska odpadna voda. Padavinske vode s strešin novega objekta bodo preko podtlachenega sistema speljane pod stropom 1. kleti objekta do revizijskih jaškov in peskolovov ob objektu. Zunaj kleti objekta je predviden gravitacijski odvod padavinske vode do ponikovalnih polj oz. zadrževalnikov oz. ponikovalnih vrtin v sklopu zunanje ureditve.

Odvajanje padavinske odpadne vode z asfaltiran povoznih, manipulativnih in parkirnih površin na nivoju pritličja ter klančine v kletno garažo bo omogočeno z ustreznimi vzdolžnimi in prečnimi padci ob robnikih do požiralnikov oz. točkovnih vtočnikov in linjskih kanalet ter preko lovilca olj do ponikovalnih polj oz. zadrževalnikov oz. ponikovalnih vrtin v sklopu zunanje ureditve.

Predviden je koalescentni lovilnik olj z by-passom in s pretokom 1,5 l/s skozi lovilnik olj in 13,5 l/s skozi by-pass. Skupni pretok skozi lovilnik z by-passom je 15 l/s. Lovilnik olj je skladen biti v skladu s standardom SIST EN 858-2 in razreda I. Lovilnik olj je lociran na JZ delu obravnnavanih zemljisci in je izven voznih površin (dostopen preko intervencijske poti) in bo izbran v fazi izvedbe (oddaje del). Vgradil se bo lovilnik olj naslednjimi značilnostmi, npr. AQUAoil S1P BP (tabela 4, slika 7).

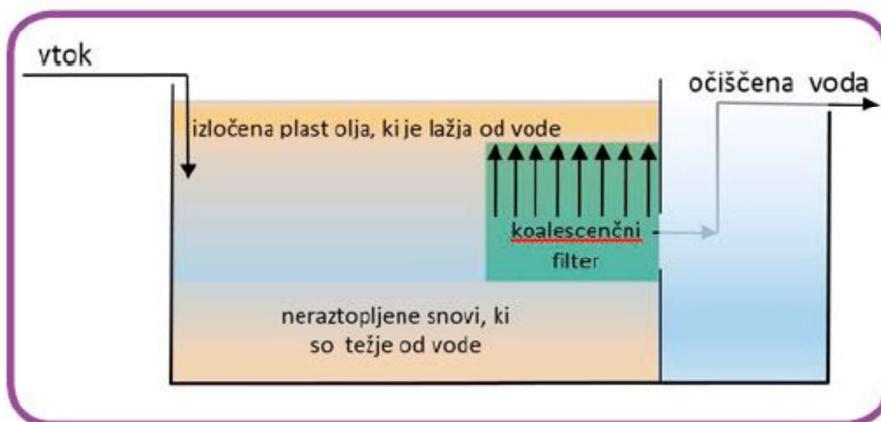


Slika 7: Lovilnik olj (vir: Aquaoil)

Tabela 4: Značilnosti lovilnika olj (vir: Aquaoil)

TIP AQUAoil S1P-BP	Pretočni podatki		Vrsta obvodnice	Cevni priključek $\Phi(\text{mm})/\text{D1}$	Dolžina $L/\text{L1(max)}$ (mm)	Vtok/iztok $H1 (\text{mm})$ $/H2(\text{mm})$	Premer DN (mm)
15/1,5	Pretok	1,5l/s	Notranja	200	1000/1400	970	940
	Usedalnik	300 l					
	Skupni vol	800 l					

Osnovni princip delovanja lovilnikov olj (slika 8) temelji na metodi ločevanja s pomočjo gravitacije, s tem da se v vodi netopne primesi medsebojno ločijo in tiste, ki so lažje od vode pod vplivom sile težnosti splavajo na površje, medtem ko tiste, ki so teže od vode potonejo na dno. Na hitrost ločevanja oljnih kapljic iz odpadne vode ima bistveni vpliv predvsem njihova velikost, pri čemer velja kvadratna odvisnost, pri desetkratnem povečanju premera oljne kapljice se hitrost izplavljanja poveča za stokrat. Učinek delovanja naprave je zato mogoče bistveno izboljšati, če v fazi ločevanja pride do medsebojnega združevanja oljnih kapljic. To je mogoče zagotoviti s pomočjo koalescenčnega filtra.



Slika 8: Shematski prikaz delovanja lovilnika oli s koalescenčnim filtrom (vir: ALPRO)

Koalescencija je fizikalni pojav združevanja (zlivanja) manjših delcev v večje. Do tega pojava pride, ko se oljne kapljice začasno ulovijo na hidrofobno površino, to je površina, ki odbija vodo, privlači pa v vodi netopne organske tekočine. Te se ob dotiku razlijejo po površini in pri tem medsebojno združujejo. Novonastala tvorba v določenem trenutku preseže kritično velikost in se zaradi sile vzgona odtrga od podlage ter splava na površje. Da je postopek učinkovit, je potrebno zagotoviti čimvečjo kontaktno površino, ki mora hkrati biti prepustna. Ker se pri prehodu tudi filtrira, je temu ustrezno dobila ime koalescenčni filter.

Za ostale tlakovane površine za pešce in intervencijsko pot okrog objekta izven območja kleti objekta je predvideno razpršeno ponikanje na lokaciji preko drenažno ponikovalnih cevi v sestavi zgornjega ustroja utrjenih površin.

Previden je gravitacijski odvod čiste in odpadne padavinske vode. Vsa kanalizacija je predvidena iz umetnih mas in mora biti izvedena vodotesno.

Ponikovalni sistemi. Zaradi ugotovljene nekoliko boljše ponikovalne sposobnosti tal so ponikovalni sistemi umeščeni na južno in jugo vzhodno stran objekta. Ponikovalni sistemi so zaradi trenutno poznanih podatkov predvideni kot ponikovalna polja (s predvidenim dnom polja na globini do 5,0 m), ki zaradi slabšega ponikanja delujejo tudi kot zadrževalnika padavinske vode.

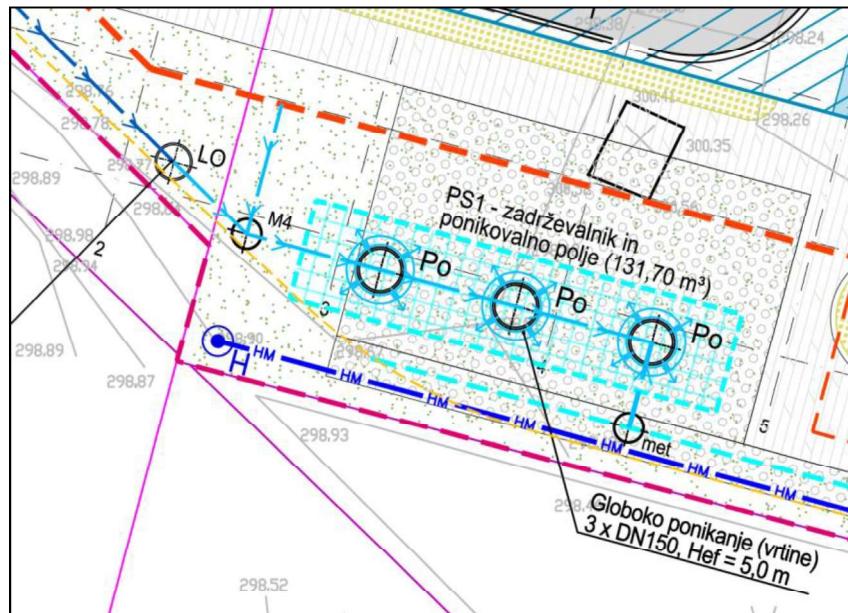
Predvidena sta dva ponikovalna sistema.

- PS1, v katerega je voden zahodni del strešin objekta in zunanje ureditve (slika 9),
- PS2, v katerega je vodenvzhodni del strešin objekta in zunanje ureditve (slika 10).

Ponikovalni sistem - polje 1 (PS1) je predvideno dimenzij 3,6 m x 15,7 m in višine 2,45 m, kar znaša 138,5 m<sup>3</sup> oz. 131,7 m<sup>3</sup> neto. Površina ponikanja znaša 120,5 m<sup>2</sup>.

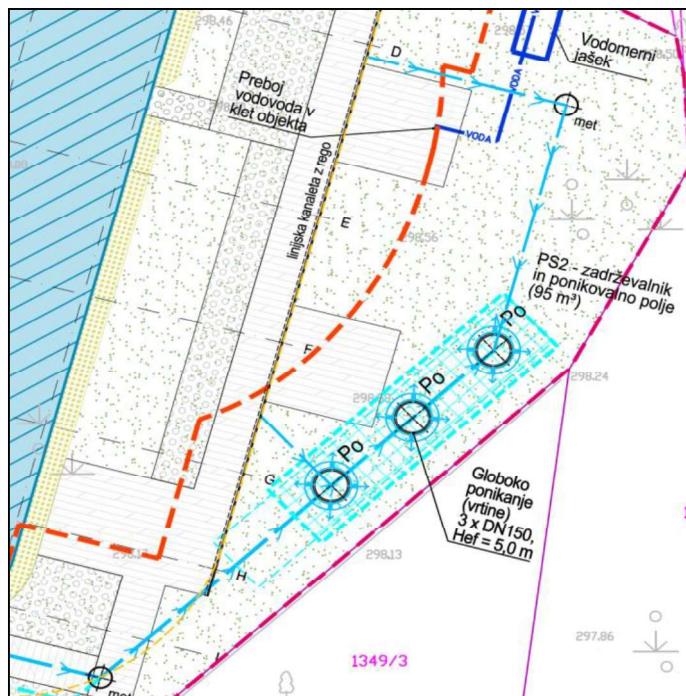
Značilnosti ponikovalnega sistema 1 (PS1) so naslednje:

- skupna odtočna količina (PS1):  $Q_1 = 48,70 \text{ l/s} = 0,0487 \text{ m}^3/\text{s}$
- potrebna površina ponikanja:  $\text{Apotr} = Q_1:k_1 = 0,0487 \text{ m}^3/\text{s} : 0,00003 \text{ m/s} = 1.623,3 \text{ m}^2$
- $\text{Apotr} = 1.623,3 \text{ m}^2 > \text{Adej} = 120,5 \text{ m}^2$
- potrebni volumen zadrževanja:  $\text{Qpotr} = 48,70 \text{ l/s} \times 15 \text{ min} \times 60 \text{ s} = 43,83 \text{ m}^3$
- $\text{Qpotr} = 43,83 \text{ m}^3 < \text{Qdej} = 131,7 \text{ m}^3$



Slika 9: Ponikovalni sistem PS1

Ponikovalni sistem - polje 2 (PS2) je predvideno dimenzij  $3,0 \text{ m} \times 18,1 \text{ m}$  in višine  $1,85 \text{ m}$ , kar znaša  $100,5 \text{ m}^3$  oz.  $95 \text{ m}^3$  neto. Površina ponikanja znaša  $111,5 \text{ m}^2$ .



Slika 10: Ponikovalni sistem PS2

## 2.4 DOLOČITEV ŠTEVILA IN VRSTE OSNAŽEVAL ZARADI POSEGА

### 2.4.1 V času gradnje

V času gradnje največje tveganje za sprostitev onesnaževal predstavljajo težka gradbena mehanizacija in pa tovorna vozila. V času gradbenih del bi lahko prišlo do sprostitev onesnaževal OPV1 (mineralno olje) in OPV2 (diesel gorivo) na območju gradbišča.

### 2.4.2 V času obratovanja

**Padavinska odpadna voda.** Po koncu gradbenih del bo tukaj nov objekt, zato bosta potekala občasna manipulacija in parkiranje z osebnimi in tovornimi vozili.. Vir onesnaženja podtalnice bo poleg onesnaževal OPV1 in OPV2 tudi bencin (onesnaževalo podtalne vode OPV3).

**Komunalna odpadna voda.** Komunalna odpadna voda izhaja v konkretnem primeru iz sanitarij v objektu (onesnaževalo podzemne vode OVP4) in pa iz nevtralizacijskega bazena. Onesnaževalo OVP4 je dejansko iz več različnih vrst onesnaževal. Sestava neobdelane komunalne odpadne vode je prikazana v tabeli 5 (Biton, 2005, 1991; Liu in sod., 1999).

*Tabela 5: Koncentracije onesnaževal v neobdelani komunalni odpadni vodi (vir: Biton 2005; Liu in sod., 1999)*

Parameter	Koncentracija			
	Enota	Nizka	Srednja	Visoka
Celotne trdne snovi	mg/l	350	720	1200
Celotne raztopljene snovi	mg/l	250	500	850
- Vezane	mg/l	145	300	525
- Hlapne	mg/l	105	200	325
Raztopljene snovi	mg/l	100	220	350
- Vezane	mg/l	20	55	75
- Hlapne	mg/l	80	165	275
Usedljive snovi	mg/l	5	10	20
BPK5 (BOD)	mg/l	110	220	400
Celotni organski ogljik (TOC)	mg/l	80	160	290
KPK (COD)	mg/l	250	500	1000
Celotni dušik	mg/l	20	40	85
- Organski	mg/l	8	15	35
- Amonijev dušik	mg/l	12	25	50
- Nitriti	mg/l	0	0	0
- Nitrati	mg/l	0	0	0
Celotni fosfor	mg/l	4	8	15
Organski	mg/l	1	3	5
Anorganski	mg/l	3	5	10
Kloridi	mg/l	30	50	100
Sulfati	mg/l	20	30	50
karbonati (kot CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	50	100	200
maščoba	mg/l	50	100	150
Koliformne bakterije	no/100 ml	106-107	107-108	107-109
Hlapne organske spojine	µg/l	<100	100-400	>400

Izmed onesnaževal v odpadni komunalni odpadni vodi so pomembni zlasti KPK, BPK5 in amonijev dušik. KPK je merilo za kemijsko potrebo po kisiku. KPK je količina kisika v mg/l, ki je potrebna za popolno oksidacijo organskih snovi v odpadni vodi (Kolar, 1983). Pri tem nastanejo ogljikov dioksid, voda in amonijak. Količina kisika, ki je potrebna za oksidacijo, je merilo za količino organskih snovi v odpadni vodi.

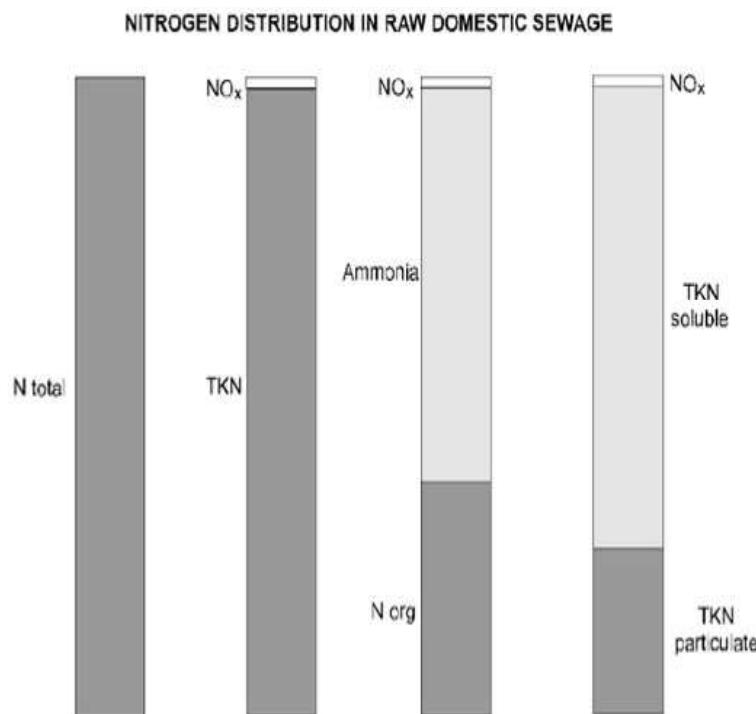
Biokemijska poraba kisika (BPK5) pa je po drugi strani merilo za količino biokemijsko razgradljivih organskih snovi v odpadni vodi, upoštevajoč petdnevno potrebo po kisiku. BPK je količina elementarnega kisika, ki ga porabijo mikroorganizmi v procesu razkroja (Kolar, 1983). Podobno kot pri KPK gre torej za količino kisika, ki je potrebna za popolno oksidacijo organskih snovi v odpadni vodi, pri čemer zopet nastanejo ogljikov dioksid, voda in amonjak.

Nadalje so problematične in za zdravje ljudi pomembne dušikove spojine, v kolikor se znajdejo v pitni vodi. Po Pravilniku o pitni vodi (Uradni list RS, št. 19/04, 35/04, 26/06, 92/06, 25/09, 74/15 in 51/17) znaša mejna vrednost za nitrat v pitni vodi 50 mg/l, za nitrit pa 0,50 mg/l. Dušikove spojine določamo v naslednjih oblikah v mg/l (Kolar, 1983):

- organski dušik;
- amonijak;
- nitrit;
- nitrat.

V neprečiščeni komunalni odpadni vodi se dušik predvsem nahaja v organski obliki in kot amonij, koncentracije nitratov in nitritov pa so nepomembne, pomemben pa je amonij. Tipična neprečiščena komunalna odpadna voda vsebuje 60% dušika v obliki amonija in 40 % v obliki organskega dušika (Sperling 2003). Razmerje je prikazano na sliki 21.

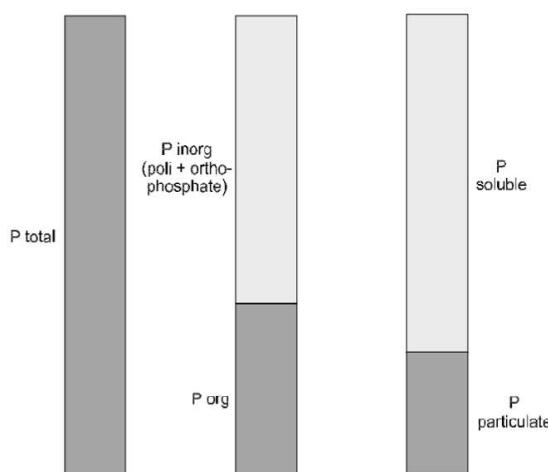
Iz slike 21 je razvidno, da je količina dušikovih oksidov (nitrati in nitriti) v neprečiščeni odpadni komunalni vodi le ~ 3 %. Z nitrifikacijo se dušik v komunalni odpadni vodi pretvori v nitrite z nitrifikacijo, z denitrifikacijo pa se nitrit pretvori v nitrat. Zato v prečiščeni odpadni komunalni vodi dobimo nitrile in nitrite v večjih koncentracijah kot v neprečiščeni komunalni odpadni vodi in koncentracije nitratov večje od koncentracij nitritov.



*Slika 11: Deleži oblik dušika v neočiščeni komunalni odpadni vodo (vir: Sperling 2003)*

Naslednje onesnaževalo v neočiščeni komunalni odpadni vodi so fosfati. Fosfor nastopa v anorganski obliki kot ortofosfati in organski obliki, ki je vezana v organske spojine. Deleži oblik fosforja so prikazani na sliki 12. Učinki fosfatov na zdravje ljudi niso znani, o tem nismo zasledili podatkov.

## DISTRIBUTION OF PHOSPHORUS IN RAW SEWAGE



*Slika 12: Deleži oblik fosforja v neočiščeni komunalni odpadni vodo (vir: Sperling 2003)*

Na zdravje pa škodljivo vplivajo tudi sulfati. Tako lahko sulfati v pitni vodi povzročajo prebavne težave v koncentracijah, ki so večje od 1000 mg/l (Bashir 2012). Po Pravilniku pitni vodi (Uradni list RS, št. 19/04, 35/04, 26/06, 92/06, 25/09, 74/15 in 51/17) znaša mejna vrednost za sulfate v pitni vodi 250 mg/l.

Če pride do poškodbe kanalizacije za odpadno komunalno vodo, pride v podtalno vodo onesnaževalo OPV4 v koncentracijah, ki so značilne za neočiščene odpadne vode.

**Kemikalije.** Kemikalije se bodo uporabljale za čiščenje in vzdrževanje prostorov in opreme, vendar bodo količine majhne, zato tega ne razčlenjujemo več. Zato se tukaj omejimo le na kemikaliji, ki se bosta uporabljali za nevtralizacijo ( $\text{NaOH}$  in  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) in bosta prisotni v večji količini. Opredelimo ju kot onesnaževalo podzemne vode OPV5.

## 2.5 OPREDELITEV MEHANIZMA RAZLITJA IN/ALI SPROSTITVE ONESNAŽEVAL

### 2.5.1 V času gradbenih del

V času gradnje največje tveganje za sprostitev onesnaževal predstavljajo težka gradbena mehanizacija in pa tovorna vozila. V času gradbenih del bi lahko prišlo do sprostitev onesnaževal OPV1 in OPV2 na območju gradbišča. Vendar pa lahko onesnaževalo OPV2 sprosti le, če zgodi nesreča in hkrati pride tudi do poškodbe rezervoarja za gorivo (npr. trk dveh vozil, trk vozila z gradbeno strukturo), drugače pa ne, saj so rezervoarji za gorivo neprepustni. Poleg tega se gorivo v delovne stroje ne bo pretakalo na gradbišču ih se na gradbišču ne bo skladiščilo. Tam se TGM tudi ne bo servisirala in vzdrževala.

Največja verjetnost, da bi prišlo do sprostitev onesnaževala OPV1 je v primeru tehnično neustrezne in slabo vzdrževane gradbene mehanizacije. Predvsem slabo vzdrževanje vodi v slabo tesnjenje delov stroja, tako da pride do počasnega uhajanja onesnaževala OPV1. Pri tem uhajajo majhne količine v obliki kapljjanja. V primeru onesnaževala OPV2 pa je verjetnost za razlitje izredno majhna (izredni dogodek), saj so za poškodbo rezervoarja, pri kateri pride do sprostitev onesnaževala OPV2, potrebne večje hitrosti, ki povzročijo večje fizične poškodbe. Ker pa je hitrost vozil na gradbiščih majhna (30 km/h), do tega težko pride. Pri tem tveganje toliko ne predstavljajo delovni stroji, ampak tovorna vozila, saj se ta gibljejo po gradbišču z višjimi hitrostmi, kar tudi upoštevamo v analizi tveganja.

Ker pride v času izrednega dogodka (nesreča) do večjih strukturnih poškodb, lahko onesnaževala zelo hitro iztečejo na tla v obdobju 1-2 minute, kar še posebej velja za rezervoarje goriva. Vendar, ker so na gradbišču vozniki vozil in pa drugi delavci, ti zelo hitro vidijo razlitje in ukrepajo, tako da odstranijo onesnaženje (glej tudi poglavje o ukrepih).

### **2.5.2 V času obratovanja**

V času obratovanja tveganje za sprostitev onesnaževal občasno predstavljajo osebna in tovorna vozila. V času obratovanja bi lahko prišlo do sprostitve onesnaževal OPV1, OPV2 in OPV3 na zunanjih površinah. Vendar se onesnaževali OPV2 in OPV3 sprostita le, če zgodi nesreča in hkrati pride tudi do poškodbe rezervoarja za gorivo (npr. trk dveh vozil, trk vozila s konstrukcijami), drugače pa ne, saj so rezervoarji za gorivo neprepustni. Onesnaževalo OPV1 pomeni kapljanje iz raznih sklopov vozil, zaradi izrednega dogodka (npr. nesreča) gre lahko tudi za razlitje tega onesnaževala v večjih količinah.

V primeru poškodbe interne kanalizacije pred čiščenjem padavinske odpadne vode iz zunanjih površin (dvorišče, parkirišče) v lovilniku, pa pride v podtalje neočiščena odpadna voda, ki vsebuje mineralna olja (onesnaževalo odpadne vode OPV1). V primeru, da se poškodujejo cevi interne kanalizacije, v katero ima iztok lovilnik olj (ponikalni sistem), pa v podtalnico pride očiščena padavinska voda z nižjo koncentracijo odpadnih olj (onesnaževalo podzemne vode OPV1). Tudi v primeru, ko pride do poškodbe ali pa nepravilnega delovanja lovilnika olj, pridejo v podtalno vodo onesnaževalo OPV 1 v koncentracijah, ki so značilne za neočiščene odpadne vode (onesnaževalo odpadne vode OPV4). Analogno velja tudi ob poškodbi interne kanalizacije komunalne odpadne vode, upoštevajoč tudi bazen za nevtralizacijo.

Do sprostitve onesnaževala OPV1 v podzemno vodo bi lahko prišlo zaradi:

- razpok na zunanjih manipulacijskih površinah (dovozi in odvozi) tovornih vozil in na parkirnih površinah za stranke;
- poškodb internega kanalizacijskega sistema (razpoke, luknjice, polomljeni deli ipd.);
- v daljšem časovnem obdobju neopažene razpoke na kanalizacijskem sistemu.
- odpovedi (fizične poškodbe, okvare) lovilnika olj.

Površina je asfaltirana, kar preprečuje pronicanje onesnaževal v podtalnico s površine. Največja verjetnost, da se pojavi razpoke je poškodba površine zaradi manipulacije z osebnimi in tovornimi vozili po daljšem časovnem obdobju (dotrajanost asfalta in betona), medtem ko najmanjšo verjetnost predstavljajo razpoke na internem kanalizacijskem sistemu v zvezi z lovilnikom olj ali pa sama poškodba lovilnika olj. Najmanjšo verjetnost onesnaženja z onesnaževalom OPV1 predstavlja odpoved lovilnika olj, kar lahko povzročijo razni dejavniki, kot so npr. gradbena dela in potresi, medtem ko verjetnosti, da bi manipulacija z osebnimi in tovornimi povzročila poškodbe lovilnika olj, ni (povozni pokrovi, asfaltirana tla). Po drugi strani pa je večja verjetnost, da pride do odpovedi lovilnika olj zaradi nepravilnega delovanja (slabo vzdrževanje in zanemarjenost, odsotnost pregleda v daljšem časovnem obdobju, pa tudi opustitev meritev v okviru obratovalnega monitoringa), kar bi lahko pomenilo, da se iz lovilnika olj lahko sprosti naenkrat večja količina onesnaževala OPV1. Vendar pa je zaradi varnostnih mehanizmov to malo verjetno. Lovilnik olj, ki čisti odpadno padavinsko vodo, je tudi sam vir onesnaževanja z OPV1.

Kemikalije se bodo skladiščile v stavbi v prostorih, katerih tla so odporna za kemikalije in vodo in delujejo kot zadrževalni sistem oz. se bodo skladiščile na lovilnih koritih, zato se ne morejo sprostiti v okolje (glej poglavje o ukrepih), razen če pride do poškodb (onesnaževalo podzemne vode OPV5)

Ker se v času požara hladi zunanje stene stavbe, požarna voda pride na površino dvorišča, kjer spere oljne madeže s površine, tako da lahko to vodo označimo kot OPV1. Odpadna požarna voda, ki nastane v notranjosti stavbe je onesnažena z gasilno peno. Vendar se onesnaževalo ne more sprostiti v okolje zaradi ukrepov (glej poglavje o ukrepih).

## **2.6 OPREDELITEV SCENARIJEV NORMALNEGA IN ALTERNATIVNEGA RAZVOJA DOGODKOV TER SCENARIJA NAJSLABŠE MOŽNOSTI**

### **2.6.1 Opredelitev scenarijev**

Scenarij je zaporedje dogodkov, stanj in procesov, ki lahko privedejo do spremembe kemijskega in/ali količinskega stanja podzemne vode v vodnem viru, ki je predmet presoje.

Z ozirom na obseg izvedbe gradbenih del in obratovanja, smo definirali:

- scenarij normalnega razvoja dogodkov,
- scenarij alternativnega razvoja dogodkov,
- scenarij najslabše možnosti oziroma scenarij izjemnega dogodka.

**Scenarij normalnega razvoja dogodkov.** Pri scenariju normalnega razvoja dogodkov se opredeli takšen razvoj dogodkov različna ali sprostitev onesnaževal v okolje, ki je najbolj verjeten. Gre torej za normalen razvoj dogodkov, dejanj in postopkov, ki so sicer predvideni s projektom, vendar ne vključujejo izjemnih situacij. Scenarij podaja normalno gradnjo in obratovanje objektov v njihovi življenjski dobi. Scenarij normalnega razvoja dogodkov je najbolj verjeten.

**Scenarij alternativnega razvoja dogodkov.** Pri alternativnem scenariju razvoja dogodkov se opredeli drugačen razvoj dogodkov, ki je prav tako verjeten, vendar je bolj posledica zunanjih dejavnikov, kot pa dejavnikov, ki jih je možno kontrolirati s tehničkimi parametri. Scenarij podaja manjša odstopanja od s projektom predvidenih dogodkov in dejanj, ki se lahko dogodijo v objektih ali na gradbišču zaradi gradnje ali obratovanja samih objektov ali zaradi zunanjih dogodkov. Scenarij alternativnega razvoja dogodkov je že manj verjeten.

**Scenarij najslabše možnosti.** Pri scenariju najslabše možnosti opredelimo niz dogodkov, ki predstavljajo najslabšo možnost sprostitev onesnaževal v okolje. Scenarij podaja izjemen dogodek, pri katerem pride do velikih odstopanj od predvidene gradnje oz. predvidenega delovanja/obratovanja objektov. Scenarij predvideva maksimalen možen vpliv na podzemno vodo. Takšen scenarij je le malo verjeten in se lahko dogodi le v primeru odpovedi celotnega niza ukrepov za preprečevanje onesnaženja podtalnice. Scenarij najslabše možnosti je najmanj verjeten scenarij in dejansko posega na teoretično področje.

### 2.6.2 Scenarij normalnega razvoja dogodkov

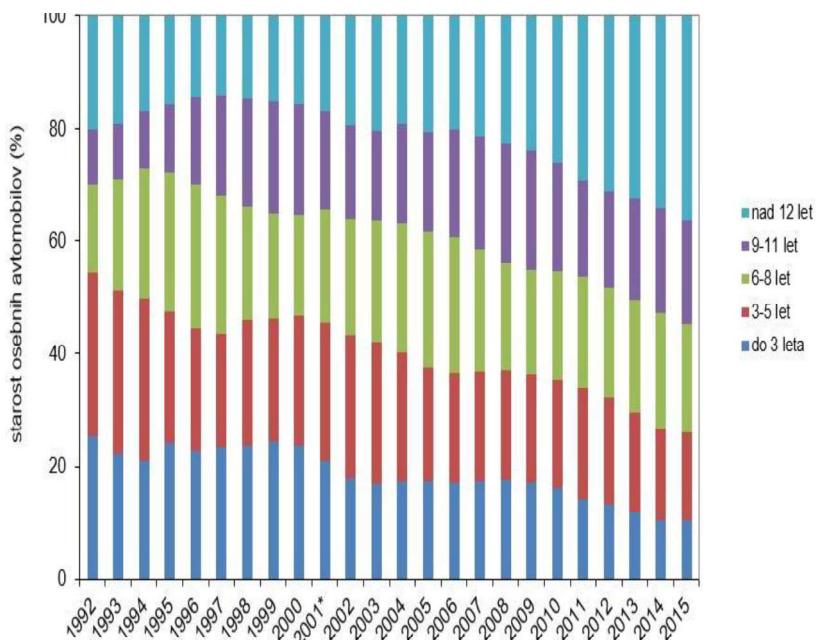
**V času gradnje.** Scenarij normalnega razvoja je najbolj verjeten, saj poteka v realnem času. Vendar v primeru gradnje poteka le v času gradbenih del, ki so časovno omejena; se pravi, da ne gre za stalni vir onesnaževanja podtalnice. V času gradnje gre za gola tla, kar pomeni, da onesnaževalo podzemne vode OPV1 lažje pronica v tla in do podtalnice. To pa je še posebej posebej izrazito v času dežja. Za izračun količine onesnaževala OPV1, ki ga spere prvi dež s površine, uporabimo dokument »Characterization of Used Oil in Stormwater Runoff in California, California Environmental Protection Agency, September 2016« (glej tudi spodnji razdelek za vhodne podatke izračuna količine onesnaževala). Površina gradbišča je 6.283 m<sup>2</sup>, kar pomeni, da nastane 640,9 m<sup>3</sup> padavinske odpadne vode pri količini padavin 120 mm (glej spodnji razdelek za izračun količine padavinske vode). Z upoštevanjem 10 mg/l iz omenjenega dokumenta in količino padavinske vode 640,9 m<sup>3</sup>, to pomeni, da je količina onesnaževala OPV1, ki pride v podtalnico do 10 mg/l × 640,9 m<sup>3</sup> = do 6,41 kg, kar potem uporabimo za izračun koncentracije onesnaževala na zajetju.

Ker so rezervoarji goriva neprepustni, v primeru scenarija normalnega razvoja dogodkov ne more priti do uhajanja onesnaževala OPV2.

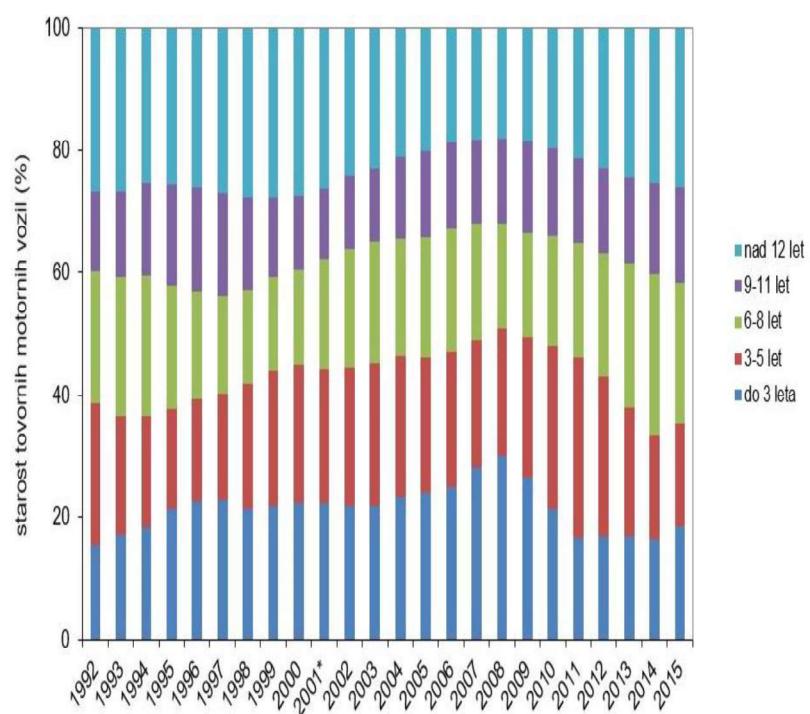
**V času obratovanja.** Scenarij normalnega razvoja je najbolj verjeten, saj poteka v realnem času (dogaja se vsak dan), pomeni pa pronicanje onesnaževala OPV1 skozi razpoke na zunanjih manipulativnih površinah (dovoz in odvoz). V kolikor ne gre za posebne utrjene površine, ki ne prepuščajo vode in onesnaževal (posebni asfalti in betoni), so v materialu razpoke, ki se povečujejo z obrabljenostjo asfalta, teže vozil in vremenskih razmer. Onesnaževalo OPV1 sicer najbolj onesnaži material v podtalju do globine 0,5 do 1 m, pri čemer se veže na material podtalja. Posledično je pronicanje onesnaževala počasno, ob dežju voda onesnažen material podtalja izpere v globlje plasti in nato v podtalnico.

Scenarij normalnega razvoja dogodkov pomeni le občasno in počasno uhajanje onesnaževala OPV1 iz vozil. Verjetnost uhajanja je odvisna od vzdrževanja vozil. Ker se

danes vozila redno vzdržujejo, večjih težav z uhajanjem ne bi smelo biti. Težava so le starejša vozila, ki se običajno ne vzdržujejo tako, kot je treba. Po podatkih ARSO (slika 13) se je povprečna starost osebnih avtomobilov v državi povečala iz 6,8 let (leta 1992) na 9,4 let v letu 2014. Spremenila se je tudi starostna sestava osebnih vozil, saj se je delež osebnih vozil, starejših od 12 let, leta 2015 v primerjavi z letom 2001 več kot podvojil; delež vozil, starih manj kot tri leta pa zmanjšal skoraj za polovico. Prav tako v zadnjem obdobju (posebno od leta 2009 dalje) narašča delež tovornih vozil in starejših od 12 let, medtem ko je rast tovrstnih vozil mlajših od treh let upočasnjena ali celo negativna (slika 14).



Slika 13: Delež osebnih avtomobilov glede na starost v Sloveniji v obdobju 1992-2015 (vir: ARSO)



Slika 14: Delež tovornih vozil glede na starost, 1992-2015 (vir: ARSO)

Glede na dokument »Characterization of Used Oil in Stormwater Runoff in California, California Environmental Protection Agency, September 2016« bi lahko znašala srednja koncentracije onesnaževala OPV1 v prvi padavinski vodi za poslovna območja (kamor spada tudi poseg) največ (zgornja vrednost) 13 mg/l najmanj pa 9 mg/l. Za naš primer upoštevamo neko srednjo vrednost, da je v prvi padavinski vodi do največ 10 mg/l onesnaževala OPV1.

V primeru, da pada dež, se s padavinsko odpadno vodo zgodi dvoje:

- del jo odteče skozi razpoke v tleh;
- del jo odteče skozi odtoke na površini v lovilnik olj.

Na začetku, ko je asfalt še nov, površinska voda odteče v lovilnik olj, z obrabo asfalta pa nastanejo v asfaltu razpoke. Zaradi poenostavitev, pa vzamemo, da vsa voda odteče v tla skozi razpoke kot najslabše možno stanje.

Za izračun količine padavinske odpadne vode, smo upoštevali količino padavin, ki pade v enem dnevu glede na podatke ARSO (maksimalne količine padavin v letu 2016) 90,1 mm za padavinsko postajo Ljubljana-Bežigrad (tabela 6).

*Tabela 6: Podatki o količini padavin nad 0,1 mm na vremenski postaji Ljubljana-Bežigrad (vir: ARSO)*

LJUBLJANA - BEŽIGRAD (lon=14.5124 ,lat=46.0655)	Maks. padavine (mm)			
	2021	2020	2019	2018
Jan	33	8.9	25.6	25.9
Feb	30	19.4	44.7	56
Mar	31.4	34.4	17	31.7
Apr	34.4	11.8	17.3	26.4
Maj	37.8	30.7	75.6	37.5
Jun	10.3	31.8	32.7	22.7
Jul	48	60.3	40.5	37.2
Avg	26.9	25.9	63.4	90.1
Sep	120	45.4	35.1	63.4
Okt	33.8	61	25.1	33.1
Nov	34.3	42.9	23	25.1
Dec	47.2	33.2	27.2	6.3

Količina odpadne vode ob upoštevanju utrjene površine 1250 m<sup>2</sup> in količino padavin 120 mm tako znaša 127,5 m<sup>3</sup>. Z upoštevanjem 10 mg/l in količino padavinske vode 127,5 m<sup>3</sup>, to pomeni, da je količina onesnaževala OPV1, ki pride v podtalnico do 10 mg/l × 127,5 m<sup>3</sup> = do 1,28 kg, kar potem uporabimo za izračun koncentracije onesnaževala na zajetju.

V primeru lovilnika olj, pa se v podtalnico sprosti zaradi učinka čiščenja precej manj onesnaževala OPV1. Učinkovitost čiščenja takih naprav se giblje okoli 90 %. Vgrajena bo en lovilnik olj. Z upoštevanjem 10 mg/l, količine padavinske odpadne vode 127,5 m<sup>3</sup> (utrjena površino 1250 m<sup>2</sup>) in učinkovitostjo čiščenja 90% pride v podtalnico do 10 mg/l × 127,5 m<sup>3</sup> × 90% = 0,012 kg, kar potem uporabimo za izračun koncentracije onesnaževala na zajetju.

Ker so rezervoarji goriva neprepustni, v primeru scenarija normalnega razvoja dogodkov ne more priti do uhajanja onesnaževala OPV2 in OPV3.

Ker bodo stene nevtralizacijskega bazena neprepustne za vodo in kemikalije (glej poglavje

o ukrepih), se vsebina ne more sprostiti v okolje. Odpadne vode iz nevtralizacijskega bazena se vodijo v v javno kanalizacijo za odpadne komunalne vode.

Kemikalije se bodo skladiščile v stavbi v prostorih, katerih tla so odporna za kemikalije in vodo in delujejo kot zadrževalni sistem oz. se bodo skladiščile na lovilnih koritih, zato se ne morejo sprostiti v okolje (glej poglavje o ukrepih).

#### **2.6.3 Scenarij alternativnega razvoja dogodkov**

**V času gradnje.** V tem primeru predpostavimo, da iz tovornih vozil izteče večja količina onesnaževala OPV1 zaradi okvare vozila, ko je to v pogonu ali pa parkiranju. **Tako lahko izteče do 5 kg (v tovorno vozilo gre ca. 30 l olja) onesnaževala OPV1 v času gradnje, kar potem uporabimo za izračun koncentracije onesnaževal na zajetju.**

Ker so rezervoarji goriva neprepustni, v primeru scenarija alternativnega razvoja dogodkov ne more priti do uhajanja onesnaževala OPV2.

**V času obratovanja.** V tem primeru predpostavimo, da iz vozil izteče večja količina onesnaževala OPV1 zaradi okvare vozila, ko je to v pogonu ali pa parkiranju. **Tako lahko izteče do 2 kg iz osebnega vozila (v osebni avto gre ca. 4 l olja), onesnaževala OPV1 v času obratovanja, kar upoštevamo pri izračunu onesnaženosti podzemne vode.**

V primeru nevzdrževanja in zanemarjanja lovilnika olj pa ta ne deluje več pravilno. Zato predpostavimo, da se iz lovilnika olj v podtalnico sprosti onesnaževalo OPV1 v koncentraciji 10 mg/l, kolikor ga je v prvi padavinski vodi (glej poglavje 2.6.2). **Z upoštevanjem 10 mg/l in količine padavinske odpadne vode 127,5 m<sup>3</sup> (utrjena površino 1250 m<sup>2</sup>) pride v podtalnico do 10 mg/l × 127,5 m<sup>3</sup> = 1,28 kg, kar potem uporabimo za izračun koncentracije onesnaževala na zajetju.**

Ker so rezervoarji goriva neprepustni, v primeru scenarija alternativnega razvoja dogodkov ne more priti do uhajanja onesnaževal OPV2 in OPV3.

Ker bodo stene nevtralizacijskega bazena neprepustne za vodo in kemikalije (glej poglavje o ukrepih), se vsebina ne more sprostiti v okolje. Odpadne vode iz nevtralizacijskega bazena se vodijo v javno kanalizacijo za odpadne komunalne vode.

Kemikalije se bodo skladiščile v stavbi v prostorih, katerih tla so odporna za kemikalije in vodo in delujejo kot zadrževalni sistem oz. se bodo skladiščile na lovilnih koritih, zato se ne morejo sprostiti v okolje (glej poglavje o ukrepih).

#### **2.6.4 Scenarij najslabše možnosti**

**V času gradnje.** Najmanj verjeten je scenarij najslabše možnosti, ki v primeru gradnje poteka le v času gradbenih del, ki so časovno omejena, kar pomeni, da se verjetnost za onesnaženje podtalnice še dodatno zmanjša. Ob nesreči (npr. trk dveh vozil, trk vozila s konstrukcijo) se sprostijo velike količine onesnaževala v polni količini. **Količina olja (onesnaževalo OPV1) v tovornjakih in težki gradbeni mehanizaciji je 30 kg, količina goriva (onesnaževalo OPV2) v tovornjakih pa je do 400 kg; oboje potem uporabimo za izračun koncentracije onesnaževal na zajetju.**

Verjetnost za pojav prometne nesreče je zelo nizka. Verjetnost za pojav nesreče podaja dokument »Estimation of Work Site and Transportation Accident Risks«. Na gradbišču tovornjaki vozijo pod 40 km/h, verjetnost za nesrečo je pri 40 km/h  $3,5 \times 10^{-7}$  na kilometr. Vendar je treba upoštevati, da vsak prometna nesreča s telesnim izidom ne pomeni tudi uničenja vozila, posledica pa bi bila izlitje onesnaževal. Po podatkih iz literature je 2% takih nesreč, kar potisne verjetnost na  $7 \times 10^{-9}$  na kilometr. Največ tovornih vozil na gradbišču bo v času zemeljskih del in pa temeljenja. Taka dela bodo potekala vsaj 1 mesec efektivno in 10 ur efektivno na dan, upoštevamo pa tudi, da se na gradbišču nahaja en tovornjak vsakih 15

minut (razkladanje gradbenega materiala in nakladanje gradbenih odpadkov in drugega materiala) kar pomeni prevoženih kilometrov po gradbišču pri dolžini gradbišča ca. 100 m ca.  $0,1 \times 10 \text{ ur} \times 4 \text{ tov/h} \times 30 \text{ dni} = 120 \text{ km}$ . S tem, da na manjšem gradbišču hkrati operirata vsaj dva tovornjaka, to pomeni, da je verjetnost onesnaženja podtalnice  $2 \times 120 \times 7 \times 10^{-9} = 240 \times 10^{-9} = 1,6 \times 10^{-6}$  oziroma reda velikosti  $<10^{-7}$ , kar je zanemarljivo.

**V času obratovanja.** Najmanj verjeten je scenarij najslabše možnosti. Takrat pride do izrednega dogodka, ki pomeni prometno nesrečo ali pa požar v času obratovanja, ali pa pomeni poškodbo lovilnika olj in pa interne kanalizacije za padavinsko in komunalno odpadno vodo ali pa poškodbo nevtralizacijskega bazena. Takrat bi se lahko sprostile velike količine onesnaževal OPV1, OPV2, OPV3, OPV4 in OPV5 v polni količini.

**Če pride do predrtja rezervoarjev vozil, se lahko sprostijo naslednje količine onesnaževal, kar potem uporabimo za izračun koncentracije onesnaževal na zajetju:**

- iz osebnih vozil do 4 kg onesnaževala OPV1;
- iz osebnih vozil do 40 kg onesnaževala OPV2.
- iz osebnih vozil do 40 kg onesnaževala OPV3.

Verjetnost za pojav prometne nesreče pa je že sama po sebi zelo nizka. Ocenujemo, da je verjetnost velikosti  $<10^{-7}$ , kar je zanemarljivo.

Do scenarija najslabše možnosti bi lahko prišlo tudi zaradi poškodbe lovilnika olj in bi celotna vsebina (OPV1) iztekla v podtalje (poškodbe ovoja, poškodbe cevi). **Za izračun koncentracije onesnaževala na zajetju uporabimo prostornino zadrževalnika olja, ki znaša 500 l, kar pomeni 400 kg olja (qostota olja 800 kg/m<sup>3</sup>), kar potem uporabimo za izračun koncentracije onesnaževal na zajetju.**

Do scenarija najslabše možnosti bi prišlo tudi, če bi prišlo do poškodbe nevtralizacijskega bazena, pri čemer bi se sprostilo onesnaževalo OPV4 v polni količini (odpadna voda iz nevtralizacijskega bazena še šteje kot komunalna odpadna voda), Glede na volumen nevtralizacijskega bazena bi se sprostilo 200 l onesnaževala OPV4. **Tako imamo v sklopu onesnaževala OPV5 naslednje količine posameznih onesnaževal, ki jih uporabimo za izračun koncentracije onesnaževal na zajetju:**

- KPK: 200 l × 500 mg/l (srednja vrednost iz tabele 7) = 0,1 kg;
- BPK5: 200 l × 220 mg/l (srednja vrednost iz tabele 7) = 0,044 kg;
- Nitriti: 200 l × 0 mg/l (srednja vrednost iz tabele 7) = 0 kg;
- Nitriti: 200 l × 0 mg/l (srednja vrednost iz tabele 7) = 0 kg;
- Amonij: 200 l × 25 mg/l (srednja vrednost iz tabele 7) = 0,005 kg;
- Fosfati: 200 l × 8 mg/l (srednja vrednost iz tabele 7) = 0,0016 kg;
- Sulfati: 200 l × 30 mg/l (srednja vrednost iz tabele 7) = 0,006 kg

Do scenarija najslabše možnosti bi prišlo tudi, če bi se zgodila poškodba interne kanalizacije za odpadno komunalno vodo (cevovodi). Poškodbe ne morejo nastati zaradi gibanja vozil, vzroka pa sta lahko le potres in pa dotrjanost cevi, zaradi katerih počijo cevi. Močni potresi se dogajajo poredko, pa še pri vseh ne pride do poškodb kanalizacije. Zato predpostavimo, da se iz kanalizacije sprosti onesnaževalo OPV4 v koncentracijah, ki veljajo za BPK5, KPK, amonij, nitrate, nitrite, fosfate in sulfate za neočiščeno komunalno odpadno vodo (tabela 7). V objektu bo predvidoma zaposlenih do 130 oseb (podatek investitorja o največji dopoldanski izmeni), objekt bo imel do 80 bolniških postelj (dnevna bolnišnica), do 400 obiskovalcev dnevno. Po projektu sledi naslednja poraba vode: do 150 l/osebo/dan zaposleni, 150 l/osebo/dan bolniške postelje in 30 l/osebo/dan obiskovalci. Preračunano na število oseb to znaša: 19.500 l/dan zaposleni, 12.000 l/dan bolniške postelje in 12.000 l/dan obiskovalci – skupaj 43.500 l/dan = 43,5 m<sup>3</sup>/dan. Predpostavimo, da poškodba kanalizacije ni opažena vsaj en mesec (31 dni), kar pomeni 1.348,5 m<sup>3</sup> onesnaževala OPV4 **Tako imamo v sklopu onesnaževala OPV4 naslednje količine posameznih onesnaževal, ki jih uporabimo za izračun koncentracije onesnaževal na zajetju:**

- KPK:  $1,348.500 \text{ l} \times 500 \text{ mg/l}$  (srednja vrednost iz tabele 7) = 674,25 kg;
- BPK5:  $1,348.500 \text{ l} \times 220 \text{ mg/l}$  (srednja vrednost iz tabele 7) = 296,67 kg;
- Nitriti:  $1,348.500 \text{ l} \times 0 \text{ mg/l}$  (srednja vrednost iz tabele 7) = 0 kg;
- Nitriti:  $1,348.500 \text{ l} \times 0 \text{ mg/l}$  (srednja vrednost iz tabele 7) = 0 kg;
- Amonij:  $1,348.500 \text{ l} \times 25 \text{ mg/l}$  (srednja vrednost iz tabele 7) = 33,71 kg;
- Fosfati:  $1,348.500 \text{ l} \times 8 \text{ mg/l}$  (srednja vrednost iz tabele 7) = 10,79 kg;
- Sulfati:  $1,348.500 \text{ l} \times 30 \text{ mg/l}$  (srednja vrednost iz tabele 7) = 40,46 kg

Kemikalije se bodo skladiščile v stavbi v prostorih, katerih tla so odporna za kemikalije in vodo in delujejo kot zadrževalni sistem oz. se bodo skladiščile na lovilnih koritih, zato se ne morejo sprostiti v okolje (glej poglavje o ukrepih). Njihove količine bodo majhne. Kot onesnaževalo OPV5 tako upoštevamo le sredstvi za nevtralizacijo (NaOH in H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) v količinah maks. 50 l vsake. Za izračun koncentracije onesnaževala na zajetju uporabimo količino do 100 l, kar pomeni do 100 kg onesnaževala za izračun koncentracije onesnaževal na zajetju.

K scenariju najslabše možnosti prištevamo tudi požar. V objektu se ne bodo skladiščile le nevarne snovi za potrebe servisiranja tovornih vozil (o tem glej tudi poglavje 2.4.2). Vendar lahko pričakujemo, da bodo ob požaru večinoma zgorele oz. izhlapele in se tako ne bodo sprostile v podtalnico.

Iz tehnične smernice TSG-1-001:2019 Požarna varnost v stavbah sledi, da se uporabi 800 l vode na minuto, da se pogasi en požar. Ker se povprečno rabi za gašenje do 2 uri sledi, da se porabi do 72 m<sup>3</sup> vode. Polovica te vode se uporabi za hlajenje zunanjega ovoja stavbe, polovica pa za gašenje v stavbi. Nastane torej 36 m<sup>3</sup> odpadne gasilne vode, vendar dejansko manj, saj jo velik del izhlapi. Zato vzamemo, da nastane do 18 m<sup>3</sup> odpadne gasilne vode. Za zajem te vode so predvideni ukrepi, ki preprečijo njen iztok v podtalnico (glej poglavje o ukrepih).

V primeru hlajenja zunanjega ovoja stavbe bi prišlo do izpiranja zunanjih tlakovanih površin, na katerih se lahko nahajajo oljni madeži, ki bi jih gasilna voda skozi razpoke v asfaltu spirala v podtalnico oz. bi odtekla v lovilnika olj na dvorišču. Količino onesnaževala OPV1 je zelo težko ugotoviti, ocenjujemo pa glede na analogijo s padavinsko vodo, da je ta količina do 1,28 kg. V kolikor bi gašenje potekalo s peno, potem bi ta lahko odtekla skupaj z gasilno vodo v lovilnik olj, v kolikor se ne bi izvajali ukrepi (glej poglavje o ukrepih).

Do sproščanja onesnaževal OPV1, OPV2 in OPV3 bi lahko prišlo pri požaru, če bi ta zajel parkirana osebna in vozila. Vendar bi onesnaževala zaradi visoke temperature zgorela, tako da podtalnica ne bi bila ogrožena.

Odpadna gasilna voda, ki bi nastala zaradi gašenja notranjosti stavbe se bi zadržala v notranosti zaradi izvajanja ukrepov (glej poglavje o ukrepih).

### **3. OPREDELITEV ONESNAŽEVAL**

#### **3.1 INTERAKCIJA ONESNAŽEVAL IN OKOLJA**

Bistvo interakcije onsnaževal je voda, v primeru večkih izlitij količin onesnaževal pa ta lahko brez vode prodirajo proti vodonosnim plastem. V času gradnje in obratovanja morajo torej pasti padavine, ki izpirajo površine, na katerih se se vršijo gradbene operacije in kasneje dejavnost. Interakcija vode z okoljem je dvojna. Prvič, zaradi razpok, ki so na asfaltini površini (nobena tla namreč niso popolnoma neprepustna), voda pronica v podtalje; drugič, odpadna voda se odvaja skozi lovilnik olj. Do interakcije onesnaževal z okoljem v takem primeru prihaja zaradi padavin, ki spirajo utrjeno površino.

Ob nesreči, ko se sprostijo večje količine onesnaževal OPV1, OPV2, OPV3, OPV4 in OPV5 pa lahko prodrejo v tla, vendar se vežejo na suho kamenino, ki je spodaj, V primeru, če se sprostijo večje količine in če so padavine, pa lahko onesnažvala prodrejo do podtalnice.

#### **3.2 TOKSIČNOST ONESNAŽEVAL**

##### **3.2.1 Onesnaževalo OPV1**

**Toksikološke značilnosti:** Onesnaževalo OPV1 je mineralno olje iz pogonskih delov vozil in pa iz lovilnika olj. Glede na varnostne liste ima onesnaževalo naslednje toksične lastnosti:

- Vdihavanje: Vdihavanje hlapov ali oljnih megljic, ki nastanejo pri visokih temperaturah, lahko povzroči draženje dihalnih poti. Vdihovanje visoko koncentriranih hlapov, dima ali aerosola lahko povzroči razdraženost zgornjih dihalnih poti.
- Oči: daljša izpostavljenost lahko povzroči draženje oči.
- Zaužitje: primeru zaužitja majhne količine je poškodba malo verjetna; v primeru zaužite večje količine: bolečine v želodcu, driska, ....
- Stik s kožo: Daljši in ponoven kontakt s proizvodom ovira ponovno maščenje kože in povzroča izsušitev kože. Proizvod se potem lahko povzema skozi kožo. Dolgotrajen ali ponavljajoč se stik s kožo lahko brez ustreznega čiščenja zamaši kožne pore, kar povzroča motnje, kot je oljna akna/folikulitis. Pri daljši izpostavljenosti poškoduje kožo.
- Iztekli proizvod lahko povzroča tvorjenje filma na vodni površini, ki zniža izmenjanje kisika in s tem povzroča odmiranje organizmov.
- Rakotvornost: Pri miših so se ob ponavljajočem se ali dolgotrajnem nanašanju rabljenih motornih olj na kožo razvile rakaste tvorbe;
- Akutna toksičnost: LD50 (oralno podgana): > 2000 mg/kg

**Ekotoksikološke značilnosti** so:

- Vodni organizmi; Škodljivo za vodne organizme, lahko povzroči dolgotrajne škodljive učinke na vodno okolje.
- Biološka razgradljivost: Težko biorazgradljivo. Ni bioakumulacije.
- Strupenost za vodne organizme: LC50/ribe/96h : > 100 mg/l

##### **3.2.2 Onesnaževalo OPV2**

**Toksikološke značilnosti:** Onesnaževalo OPV2 je diesel gorivo za pogon vozil. Glede na varnostne liste ima onesnaževalo naslednje toksične lastnosti:

- Vdihavanje hlapov ali oljnih megljic, ki nastanejo pri visokih temperaturah, lahko povzroči draženje dihalnih poti. zdravju škodljivo pri vdihavanju.
- Stik s kožo; Jedkost za kožo/draženje kože: povzroča draženje kože.
- Rakotvornost: Sum povzročitve raka (zaužitje)
- Strupenost za organe: lahko škoduje organom (koža, pljuča) pri dolgotrajni ali

- ponavljajoči se izpostavljenosti (vdihavanje, zaužitje, stik s kožo).
- Akutna toksičnost: Oralno (podgana): LD 50 > 2000 mg/kg (ocenjeno glede na sestavo komponent). Dermalno (kunec): LD 50 > 2000 mg/kg (ocenjeno glede na sestavo komponent). Inhalacijsko (podgana): LC 50 > 5 mg/l/4 h (ocenjeno glede na sestavo komponent).

#### **Ekotoksikološke značilnosti** so:

- Biološka razgradljivost: V primeru emisije v okolje se najbolj hlapne komponente izdelka razpršijo v atmosferi, kjer v stiku s hidroksilnimi radikali hitro razpadajo. Ta proces pospeši nastanek ozona preko fotokemijske reakcije. Preostali del izdelka lahko uvrstimo kot razgradljiv, čeprav ne kot »dobro razgradljiv«, tako da delno ostaja izdelek prisoten v okolju še zlasti v primerih anaerobnih pogojev. Nekatere od lahko prisotnih komponent v izdelku imajo bioakumulacijski potencial (Log Kow > 3) in se lahko zadržujejo v organizmih.
- Strupenost za vodne organizme: Pričakovati je, da je stupenost za vodne organizme pri koncentracijah izdelka med 1 in 10 mg/l, zaradi česar je potrebno izdelek uvrščati med okolju nevarne.

#### **3.2.3 Onesnaževalo OPV3**

**Toksikološke značilnosti.** Onesnaževalo OPV3 je bencin za pogon vozil. Glede na varnostne liste ima onesnaževalo naslednje toksične lastnosti:

- Zaužitje: pri zaužitju lahko povzroči poškodbo pljuč. Pri zaužitju in vstopu v dihalne poti je lahko smrtno.
- Akutna toksičnost: LD<sub>50</sub> (oralna, podgana): >5000 mg/kg, LC<sub>50</sub> (inhalačija, podgana): >5 ppm/4h;
- Akutni učinki: Oralno (podgana): LD 50 > 2000 mg/kg (ocenjeno glede na sestavo komponent). Dermalno (kunec): LD 50 > 2000 mg/kg (ocenjeno glede na sestavo komponent). Inhalacijsko (podgana): LC 50 > 5 mg/l/4 h (ocenjeno glede na sestavo komponent).
- Drugo: Pripravek lahko povzroči draženje oči, kože in dihalnih poti.
- Kronični učinki: Pripravek vsebuje benzen, ki je znan kot povzročitelj rakovih obolenj. Ker ta izdelek vsebuje več kot 0,1 ut. % benzena, je po pravilih razvrščanja (EU zakonodaja) ta izdelek razvrščen kot rakotvoren, skup. 2B in opremljen z R stavkom R 45 Lahko povzroči raka.

#### **Ekotoksikološke značilnosti** so:

- Biološka razgradljivost: V primeru emisije v okolje se najbolj hlapne komponente izdelka razpršijo v atmosferi, kjer v stiku s hidroksilnimi radikali hitro razpadajo. Ta proces pospeši nastanek ozona preko fotokemijske reakcije. Preostali del izdelka lahko uvrstimo kot razgradljiv, čeprav ne kot dobro razgradljiv, tako da delno ostaja izdelek prisoten v okolju še zlasti v primerih anaerobnih pogojev. Nekatere od lahko prisotnih komponent v izdelku imajo bioakumulacijski potencial (Log Kow > 3) in se lahko zadržujejo v tudi v živih organizmih.
- Strupenost za vodne organizme: Pričakovati je, da je stupenost za vodne organizme pri koncentracijah izdelka med 1 in 10 mg/l, zaradi česar je potrebno izdelek uvrščati med okolju nevarne.

#### **3.2.4 Onesnaževalo OPV4**

**Toksikološke značilnosti.** V tem primeru gre za toksičnost oz. škodljivost sestavin v neprečiščeni odpadni komunalni vodi.

**Ekotoksikološke značilnosti.** V sladki vodi ali v sistemu rečnih ustij lahko sestavine dosežejo visoko raven, ki je možen vzrok za pogin rib. Predvsem tokšičen je pri tem amonijak, kar lahko oslabi imunski sistem in povzroči stres nekaterim vrstam vodnih organizmov.

### 3.2.5 Onesnaževalo OPV5

**Toksikološke značilnosti.** V tem primeru gre za toksičnost kemikalij za nevtralizacijo.

**Ekotoksikološke značilnosti.** Se ne razvrsti kot nevarno za vodno okolje.

## 3.3 KEMIJSKE LASTNOSTI IN KOLIČINE ONESNAŽEVAL

### 3.3.1 Kemijske lastnosti onesnaževal

**Onesnaževalo OPV1 (tabela 7)** je mineralno olje iz pogonskih delov vozil, ki se uporablja za mazanje različnih motorjev z notranjim zgorevanjem (motorno olje). Glavna naloga olja je, da zmanjšuje obrabo gibljivih delov, prav tako tudi čisti, preprečuje korozijo, izboljšuje tesnjenje in hladi motor z odvajanjem topote. Prav tako odvaja tiste dele, ki bi lahko privedli do manjše učinkovitosti in degradacije motorja.

Motorna olja so pridobljena na osnovi nafte in iz nenaftnih sintetiziranih kemičnih spojin. Motorna olja danes v glavnem zmešajo z osnovnimi olji, ki jih sestavljajo ogljikovodik, polialfaolefme (PAO) in polyinternal olefin (PIO) in organskimi spojinami, ki so sestavljene samo iz ogljika in vodika. Osnovna olja v nekaterih visokozmogljivih motornih oljih pa vsebujejo do 20% masnih estrov. Večina motornih olj je narejena iz težjega, debelejšega naftnega ogljikovodika, pridobljenega iz nafte, z dodatki za izboljšanje določenih lastnosti. Večina tipičnega motornega olja je sestavljena iz ogljikovodikov z 18 in 34 atomov ogljika v molekuli. Ena od najpomembnejših lastnosti motornega olja, pri vzdrževanju mazivnosti med gibljivimi deli, je njegova viskoznost. Viskoznost tekočine si lahko predstavljate kot njegovo "debelino". Viskoznost mora biti dovolj visoka, za ohranitev mazalnega filma, vendar dovolj nizka, da olje lahko teče okoli delov motorja v vseh pogojih. Indeks viskoznosti je merilo, za koliko se viskoznosti spremeni pri temperturnih spremembah.

Olje je večinoma sestavljena iz ogljikovodikov, ki so vnetljivi. Še ena pomembna lastnost motornega olja je vnetišče, najnižja temperatura, pri kateri olje oddaja hlapne in se lahko vzge. To je zelo nevarno, saj se olje v motorju lahko vzge, zato je visoko plamenišče zaželeno. Na rafineriji nafte, z destilacijo ločijo frakcije motornega olja od ostalih frakcij surove nafte, tako odstranjujejo hlapne sestavine, in s tem povečuje plamenišče olja je (zmanjšanje nagnjenosti k vžigu).

*Tabela 7: Značilnosti motornega olja*

Parameter	Vrednost
Agregatno stanje:	tekoče
Barva:	jantarno rumena
Vonj:	značilen
Relativna gostota:	885 kg/m <sup>3</sup> temperatura (°C) 15
Plamenišče:	>= 200 °C (ISO 2592)
Temperatura samovžiga:	> >250°C (ASTM E 659) °C (ASTM E 659)
Pripombe o temperaturi samovžiga:	Vrednost se lahko pomembno zniža v posebnih pogojih
Pripombe o eksplozivnosti:	se ne uporablja
Topnost:	v vodi: se ne topi in ne meša. - v organskih topilih: topno v številnih običajnih topilih
Porazdelitveni koeficient: n-oktan/voda	Log Pow Log Pow (mineralno olje) > 6 temperatura (°C) (20°C)
Viskoznost:	14.5 mm <sup>2</sup> /s (temperatura (°C) 100)

**Onesnaževalo OPV2 (tabela 8)** je dieselsko gorivo, ki je en glavnih proizvodov nafte,

frakcije med 170–360 °C. Dizel je podoben bencinu v tem, da je mešanica alifatskih ogljikovodikov, pridobljenih iz nafte.

Tabela 8: Značilnosti diesel goriva

Parameter	Vrednost
Videz:	Tekočina rumena
Mejne vrednosti vonja:	Ni podatka.
Tališče/ledišče:	Ni podatka.
Plamenišče:	>55 (57-84) °C
Vnetljivost (trdno/ plinasto):	Ni podatka.
Parni tlak:	< 1 hPa (20°C)
Relativna gostota:	0,815-0,86 g/cm <sup>3</sup> (pri 20°C) MSZ EN ISO 12185
Porazdelitveni koeficient n-oktanol/voda:	Ni podatka.
Temperatura razpadanja::	Ni podatka
Eksplozivne lastnosti:	Ni podatka.
Vonj:	Karakterističen
pH:	Ni primerno.
Začetno vrelišče in območje vrelišča:	163-370 °C
Hitrost izparevanja:	Ni podatka.
Zgornje/spodnje meje vnetljivosti ali eksplozivnosti:	Meje eksplozivnosti: 6-13,5 vol%
Parna gostota:	Ni podatka.
Topnost: V vodi:	< 20 mg/L pri 20°C
Temperatura samovziga:	Ni podatka.
Viskoznost:	2-5 mm <sup>2</sup> /s (pri 40°C)
Oksidativne lastnosti:	Ni podatka.

**Onesnaževalo OPV3 (tabela 9)** je mešanica lahkih ogljikovodikov, kar z drugimi besedami pomeni, da je sestavljen iz ogljikovih in vodikovih atomov združenih v verigah. Molekule bencina imajo od 7 do 11 ogljikov v eni verigi. Uporablja se kot gorivo za pogon motorjev z notranjim zgorevanjem. Bencin sam po sebi ni gorljiv. Gorljivi so hlapi, ki jih ustvari. Ti hlapi se vžejo in povzročijo izhlapevanje preostale tekočine. Bencin je zelo vnetljiv in zelo lahko zagori, zaradi česar je kakršno koli uhajanje bencina res izjemno nevarno.

Tabela 9: Značilnosti bencina

Parameter	Vrednost
Videz:	Tekočina brezbarvna
Mejne vrednosti vonja:	Ni podatka.
Tališče/ledišče:	Ni podatka.
Plamenišče:	-20°C
Vnetljivost (trdno/ plinasto):	Ni podatka.
Parni tlak:	<= 0,6 bar
Relativna gostota:	0,72-0,775 g/cm <sup>3</sup> MSZ EN 228
Porazdelitveni koeficient n-oktanol/voda:	Ni podatka.
Temperatura razpadanja:	>400°C
Eksplozivne lastnosti:	Ni podatka.
Vonj:	Karakterističen
pH:	Ni primerno.
Začetno vrelišče in območje vrelišča:	35-205 °C
Hitrost izparevanja:	Ni podatka.

Parameter	Vrednost
Zgornje/spodnje meje vnetljivosti ali eksplozivnosti:	1-6,5 vol%
Parna gostota:	Ni podatka.
Topnost:	V vodi: < 1 (<=1)g/L pri 20°C
Temperatura samovziga:	Ni podatka.
Viskoznost:	Ni podatka.
Oksidativne lastnosti:	Ni podatka.

**Onesnaževalo OPV4** je vodna raztopina v kateri se nahaja kemijsko pестra mešanica predvsem organskih snovi. Organska snov je v pretežni meri sestavljena iz ogljika, vodika, kisika in v nekaterih primerih tudi dušika. Vodilne skupine organskih substanc, ki so prisotne v odpadnih vodah, so beljakovine, ogljikovi hidrati ter masti in olja. Običajno so živalskega in rastlinskega izvora ali pa so produkti človekovih aktivnosti. Organske snovi v vodi so zelo podvržene gnitju in povečujejo potrebo po kisiku v vodi.

Nekatere beljakovine so topne v vodi, nekatere ne. Razgradijo se lahko na zelo različne načine. V vseh je prisoten element ogljik (skupna sestavina vseh organskih substanc) ter elementa vodik in kisik. Poleg teh glavnih elementov so beljakovine tudi vir precejšnje količine dušika (okrog 16%) in v nekaterih primerih tudi manjših količin žvepla, fosforja in železa. Razpadle beljakovine oz. njih žveplove komponente v odpadni vodi povzročajo smrad. Ogljikovi hidrati se razgrajujejo pod vplivom encimov, nekaterih bakterij in kvasovk, ki povzročijo fermentacijo, kot produkt pa nastaneta alkohol in ogljikov dioksid. Škrob ima za razliko od preprosto grajenih ogljikovih hidratov kompleksnejšo in teže razgradljivo molekulsko strukturo. Vseeno ga mikroorganizmi ali nekatere raztopine mineralnih kislin lahko razgradijo v preprostejše sladkorje. Najtežje razgradljiva oblika ogljikovih hidratov v odpadni vodi je celuloza. Maščobe sodijo med stabilnejše organske komponente odpadnih voda in se pod vplivom bakterijske aktivnosti zelo nerade razgradijo. V odpadni vodi povzročajo težave tako v kanalskem omrežju kot na čistilni napravi. Če se ne odstranijo pred izpustom v okolje, tvorijo neprivlačno plavajočo maščobno prevleko na površini ter postanejo resna motnja za življenje v površinskih vodah. Maščobe na površini vode (npr. plast olja), bistveno zmanjšajo ali celo prekinejo navzemanje kisika iz atmosfere. Poleg beljakovin, ogljikovih hidratov, maščob, olj in sečnine se v odpadni vodi vse pogosteje znajdejo tudi manjše količine različnih sintetičnih organskih molekul – od preprostih pa tudi do zelo kompleksnih. Tipični primeri takih kompleksnih snovi so površinsko aktivne snovi (mila, detergenti), velike organske molekule, slabo topne v vodi.

**Onesnaževalo OPV5 (tabela 10 in 11)** predstavljata sredstvi za nevtralizacijo: NaOH in pa  $H_2SO_4$ .

Tabela 10: Značilnosti natrijevega hidroksida

Parameter	Vrednost
Videz:	Tekočina brezbarvna
Mejne vrednosti vonja:	Ni podatka.
Tališče/ledišče:	323°C
Plamenišče:	Ni uporabljeno
Vnetljivost (trdno/ plinasto):	Ni gorljivo
Parni tlak:	Ni določeno
Relativna gostota:	2,13 g/cm <sup>3</sup> pri 20 °C
Porazdelitveni koeficient n-oktanol/voda:	ni pomembno (anorganska)
Temperatura razpadanja:	Ni pomembno
Eksplozivne lastnosti:	Nima eksplozivnih lastnosti
Vonj:	Karakterističen

Parameter	Vrednost
pH:	14.
Začetno vrelišče in območje vrelišča:	1.388°C pri 1.013 hPa
Hitrost izparevanja:	Ni določeno
Zgornje/spodnje meje vnetljivosti ali eksplozivnosti	Ni določeno
Parna gostota	Ni določeno
Topnost:	1.090 g/l pri 20°C
Temperatura samovžiga:	Ni določeno
Viskoznost:	ni pomembno
Oksidativne lastnosti:	ni/nobeden

Tabela 11: Značilnosti žveplene kisline

Parameter	Vrednost
Videz:	Tekočina brezbarvna
Mejne vrednosti vonja:	Ni podatka.
Tališče/ledišče:	-15°C
Plamenišče:	Ni določeno
Vnetljivost (trdno/ plinasto):	Ni gorljivo
Parni tlak:	<0,01 hPa pri 20 °C
Relativna gostota:	1,84 g/cm³ pri 20 °C
Porazdelitveni koeficient n-oktanol/voda:	ni pomembno (anorganska)
Temperatura razpadanja:	Ni pomembno
Eksplozivne lastnosti:	Nima eksplozivnih lastnosti
Vonj:	Brez vonja
pH:	<1 (20 °C)
Začetno vrelišče in območje vrelišča:	295 – 315 °C
Hitrost izparevanja:	Ni določeno
Zgornje/spodnje meje vnetljivosti ali eksplozivnosti	Ni določeno
Parna gostota	Podatek o določeni lastnosti ni na voljo
Topnost:	(razredčljiva)
Temperatura samovžiga:	ni določeno
Viskoznost:	14,62 mm²/s pri 20 °C
Oksidativne lastnosti:	ni/nobeden

### 3.3.2 Količine onesnaževal

Količine onesnaževal so podane v poglavju 2.

#### 4. LASTNOSTI ZAJETJA

##### 4.1 OPIS NAČINA ZAJEMA

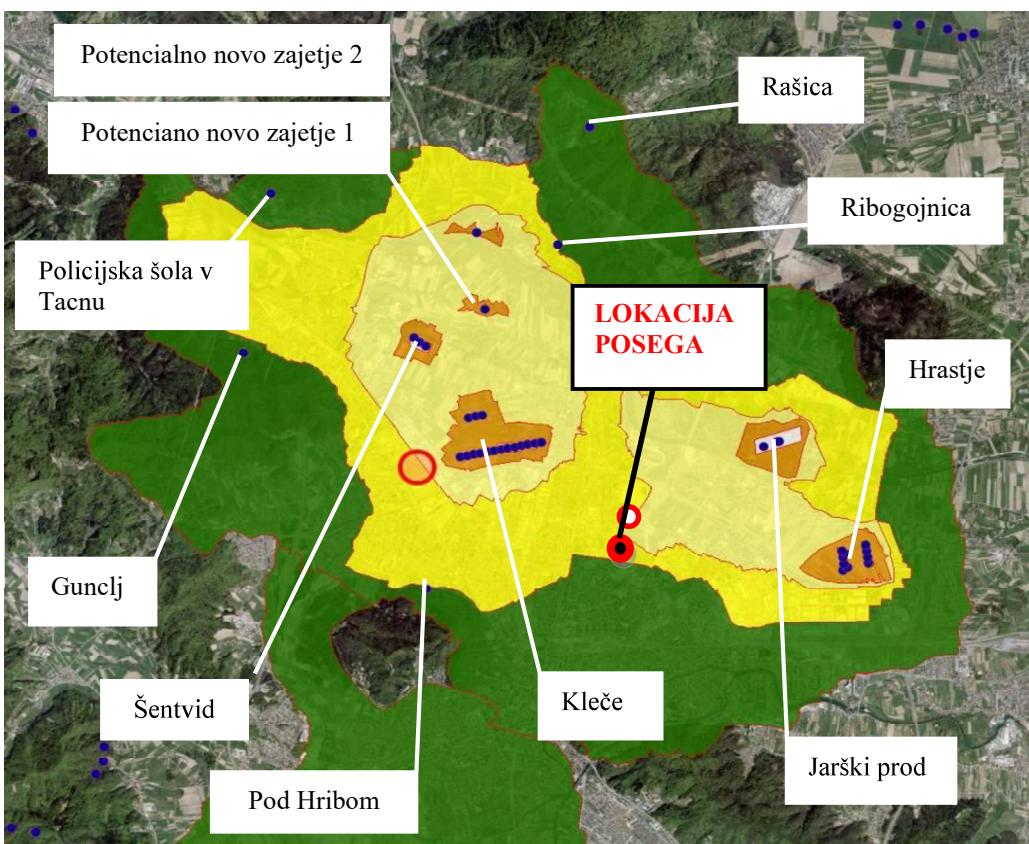
###### 4.1.1 Seznam vodnih virov

Z Uredbo o vodovarstvenem območju za vodno telo vodonosnika Ljubljanskega polja (Uradni list RS, št. 43/15, 181/21 in 60/22) se ščitijo viri pitne vode, ki so podani v prilogi 4 omenjene uredbe (tabela 12). Na sliki 25 je grafični prikaz vodnih virov (zajetij) znotraj vodovarstvenega območja Ljubljanskega polja.

Tabela 12: Območja zajetij po prilogi 4 Uredbe o vodovarstvenem območju za vodno telo vodonosnika Ljubljanskega polja (Uradni list RS, št. 43/15, 181/21 in 60/22)

Št.	Tip zajetja	Ime zajetja	VVO
	Črpalna vrtina	Hrastje 1	Mestna občina Ljubljana
	Črpalna vrtina	Hrastje 1a	Mestna občina Ljubljana
	Črpalna vrtina	Hrastje 2	Mestna občina Ljubljana
	Črpalna vrtina	Hrastje 2a	Mestna občina Ljubljana
	Črpalna vrtina	Hrastje 3	Mestna občina Ljubljana
	Črpalna vrtina	Hrastje 4	Mestna občina Ljubljana
	Črpalna vrtina	Hrastje 5	Mestna občina Ljubljana
	Črpalna vrtina	Hrastje 6	Mestna občina Ljubljana
	Črpalna vrtina	Hrastje 7	Mestna občina Ljubljana
	Črpalna vrtina	Hrastje 8	Mestna občina Ljubljana
	Črpalna vrtina	Jarški prod 1	Mestna občina Ljubljana
	Črpalna vrtina	Jarški prod 2	Mestna občina Ljubljana
	Črpalna vrtina	Jarški prod 3	Mestna občina Ljubljana
	Črpalna vrtina	Jarški prod 4	Mestna občina Ljubljana
	Črpalna vrtina	Kleče 1	Mestna občina Ljubljana
	Črpalna vrtina	Kleče 2	Mestna občina Ljubljana
	Črpalna vrtina	Kleče 3	Mestna občina Ljubljana
	Črpalna vrtina	Kleče 4	Mestna občina Ljubljana
	Črpalna vrtina	Kleče 5	Mestna občina Ljubljana
	Črpalna vrtina	Kleče 6	Mestna občina Ljubljana
	Črpalna vrtina	Kleče 7	Mestna občina Ljubljana
	Črpalna vrtina	Kleče 8a	Mestna občina Ljubljana
	Črpalna vrtina	Kleče 9	Mestna občina Ljubljana
	Črpalna vrtina	Kleče 10	Mestna občina Ljubljana
	Črpalna vrtina	Kleče 11	Mestna občina Ljubljana
	Črpalna vrtina	Kleče 12	Mestna občina Ljubljana
	Črpalna vrtina	Kleče 13	Mestna občina Ljubljana
	Črpalna vrtina	Kleče 14	Mestna občina Ljubljana
	Črpalna vrtina	Kleče 15	Mestna občina Ljubljana
	Črpalna vrtina	Kleče 16	Mestna občina Ljubljana
	Črpalna vrtina	Kleče 17	Mestna občina Ljubljana
	Črpalna vrtina	Šentvid 1a	Mestna občina Ljubljana
	Črpalna vrtina	Šentvid 2a	Mestna občina Ljubljana
	Črpalna vrtina	Šentvid 3	Mestna občina Ljubljana

Poleg zaščitenih zajetij se nahajajo na vodovarstvenem območju podtalnice Ljubljanskega polja še zajetja, ki niso ščitena z Uredbo o vodovarstvenem območju za vodno telo vodonosnika Ljubljanskega polja (Uradni list RS, št. 43/15, 181/21 in 60/22), vendar teh zato posebej ne prikazujemo. V nadaljevanju opisujemo vodarno Hrastje, ki se nahaja v bližini posega in v smeri pretakanja podtalnice Nekoliko dlje se nahaja tudi vodarna Hrastje, ki jo prav tako opisujemo.



Slika 15: Vodni viri znotraj vodovarstvenega območja podtalnice Ljubljanskega polja (vir: ARSO)

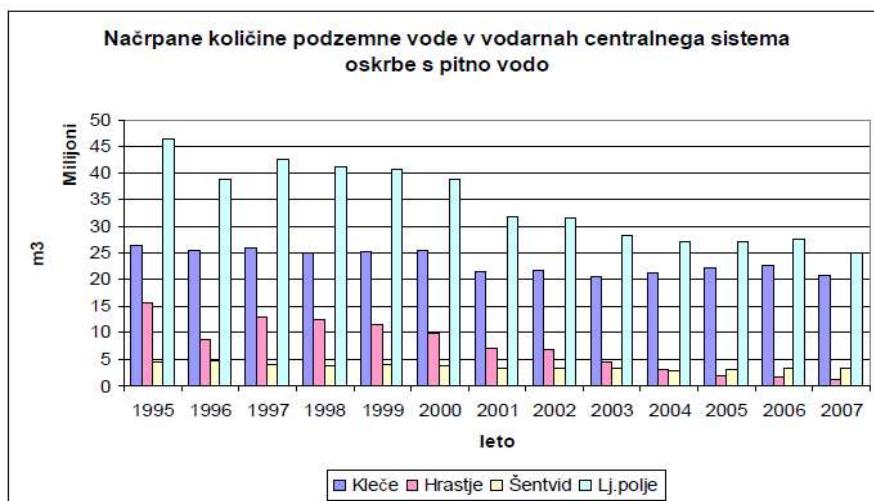
#### 4.1.2 Opis vodarne Hrastje

V vodarni Hrastje je 10 črpalnih vodnjakov s skupno kapaciteto črpanja 665 l/s (Rejec Brancelj, 2005). Vodarna oskrbuje del osrednjega dela mesta ter njegove vzhodne predele. Globina vodnjakov v Hrastjah je od 40,5 do 52,5 m. Kamninska podlaga je na območju vodarne v globini okoli 60 do 70 m, debelina omočenega dela vodonosnika pa je okoli 50 m. Koeficient prepustnosti je na območju vodarne Hrastje od  $2 \cdot 10^{-2}$  m/s do  $8,6 \cdot 10^{-3}$  m/s. Vodarna Hrastje je iz dveh delov, ki sta med seboj oddaljena okoli 350 m. Oba dela potekata v smeri sever-jug med Šmartinsko in severno obvozno cesto. Od lokacije posega je oddaljena okoli 4 km.

#### 4.2 OCENA KOLIČINE ZAJETE VODE IN DINAMIKE IZKORIŠČANJA VODNEGA VIRA

Ljubljana s približno 270.000 prebivalci, z industrijo in drugimi dejavnostmi letno porabi nad 27 milijonov m<sup>3</sup> vode, od tega v industriji okoli 7 milijonov m<sup>3</sup> (voda za hlajenje tu ni všteta) in v gospodinjstvih 16 milijonov m<sup>3</sup> (Brečko, 1996). Povprečna običajna poraba vode v Ljubljani znaša 1200 l/s, povprečna količina načrpane vode okoli 1800 l/s in največja do 2300 l/s (Brečko, 1996). Največ podtalnice načrpajo v Klečah (Kleče I in II) – okoli 1000 l/s, to je 28,6 milijona m<sup>3</sup> na leto, sledijo pa: Hrastje – 17,5 milijona, Brest – 5 milijonov, Šentvid – 4,6 milijona in Jarški Brod – 3 milijone (Brečko, 1996).

Največ vode so načrpali leta 1993 (približno 50 milijonov m<sup>3</sup> oziroma 1,6 m<sup>3</sup>/s), po tem pa so se načrpane količine vode počasi zmanjševale (Smrekar, 2006). Vodarna Kleče je osrednji del sistema, saj je leta 2003 prispevala kar 55 % vse načrpane količine, kar pomeni 20,6 milijona m<sup>3</sup> ali v povprečju 650 l/s (Savić, 2009). Sledijo vodarne Brest s 4,9 milijona m<sup>3</sup>, Hrastje s 4,5 milijona m<sup>3</sup>, Jarški prod s 4,3 milijona m<sup>3</sup> in Šentvid s 3,2 milijona m<sup>3</sup> skupno torej 37,5 milijona m<sup>3</sup> (Smrekar, 2006). Poraba po letih je na sliki 16 (Savić, 2009).



Slika 16: Načrpane količine vode na črpališčih v posameznih vodarnah (Vir: Savič, 2009).

Vodne vire podtalnice Ljubljanskega polja tvorijo štiri vodarne: Kleče, Hrastje, Šentvid in Jarški prod. V tabelah 13-5 so podane količine načrpane vode.

Tabela 13: Količine črpanja podzemne vode v litrih na sekundo po vodarnah, ki oskrbujejo Ljubljano s pitno vodo (Rejec in sod., 2005).

Leto	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Kleče	819	794	797	810	680	690	652
Hrastje	405	391	363	308	225	212	143
Šentvid	124	120	127	114	105	100	100
Jarški prod	70	65	58	60	104	55	136
skupaj	1417	1371	1345	1292	1113	1057	1031

Podatki iz leta 2007 pa kažejo naslednjo količino načrpane vode (tabela 14).

Tabela 14: Količina in delež načrpane vode na črpališčih za pitno vodo JP VO-KA v letu 2007 (Savič, 2009)

Lokacija črpališča	Kolicina načrpane vode (m³)	Količina vode (l/s)	Delež (%)
Kleče	18608784	590,08	53,59
Hrastje	1076163	34,12	3,09
Šentvid	3245661	102,91	9,34
Jarški prod	5051469	160,18	14,54

Količina načrpane vode v letih od 2013 do 2020 je prikazana v tabeli 15.

Tabela 15: Količine črpanja podzemne vode v litrih na sekundo, ki oskrbujejo Ljubljano s pitno vodo (Rejec in sod., 2005).

Leto	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Načrpana voda v 1000 m³	30.516.	29.633	29.207	29.276.	30.862.	30.825.	30.692.	30.011.

## 5. OPREDELITEV VODNEGA VIRA

### 5.1 OCENA NARAVNEGA OZADJA

Naravno ozadje vodnega telesa je kemijsko, količinsko in ekološko stanje vodnega telesa, ki ni posledica antropogenega vpliva. V nadaljevanju opisujemo značilnosti naravnega ozadja, na katerega vpliva tudi reka Sava. Res pa je, da je stanje podtalnice Ljubljanskega polja pod velikim antropogenim vplivom, tako da v celoti ne moremo podati naravnega ozadja.

#### 5.1.1 *Količinsko stanje podtalnice*

Dinamične zaloge podtalnice na Ljubljanskem polju so ocenjene na 3–4m<sup>3</sup>/s (Smrekar, 2006, Rejec, 2005). Glede na podatke Kranjc-Kušlan (1995) so dinamične zaloge podzemne vode Ljubljanskega polja, ki jih je mogoče gospodarsko izkoristiti, ocenjene na 97.106 m<sup>3</sup>/leto.

Najmanjši pretok je v obdobju skromnih padavin oziroma zadržka v snežni odeji in nizkega vodnega stanja Save v začetku pomladi ter skromnih padavin, večje evapotranspiracije in večjega črpanja konec poletja. V začetku poletja in konec jeseni je pretok podtalnice precej večji. Obnavljanje podtalnice poteka razmeroma hitro, kar je posledica dobre prepustnosti krovne plasti in prodnatega dela, ki vodonosnik povezuje s Savo (Brečko, 1996). Statične zaloge pa so tisti del podtalnice, ki se obnovi le v dolgem časovnem obdobju ob sočasnem prenehanju črpanja, drugače so neobnovljive (Smrekar, 2006). Njegove statične zaloge znašajo kar 1,801 x 1012 m<sup>3</sup> (Klemenčič, 2005).

Jugovzhodno Ljubljansko kotlino lahko hidrogeografsko razdelimo na območja s prevladujočim površinskim in prevladujočim podzemnim odtokom padavin (Brečko, 1998). Na Ljubljanskem polju je gostota rečne mreže majhna, površinsko tekoče vode pa so hidrološko povezane s podtalnicami ali imajo neprepustno strugo (Brečko, 1998). Za obnavljanje zalog podtalnic je najbolj pomembna Sava, ki prispeva približno polovico dinamičnih zalog podtalnic na Sorškem in Ljubljanskem polju (Brečko, 1998). Potrjeno je bilo, da da je glavni vir napajanja vodonosnika Ljubljanskega polja pronicanje Save v desno obrežje od Mednega navzdol, temu sledi padavinska voda in manjši del z dotoki iz Barja (Brancelj in sod., 2004). Hidrometrične meritve Hidrometeorološkega zavoda so bile za to raziskavo opravljene 20. oktobra 1967. Pri pretoku Save v Medvodah 62m<sup>3</sup>/s je bilo izračunano zatekanje 1,32m<sup>3</sup>/s oziroma 1,47m<sup>3</sup>/s) in pri pretoku 118m<sup>3</sup>/s je bilo zatekanje 1,74m<sup>3</sup>/s (Brancelj in sod., 2005). Delež napajanja iz vodonosnika tako znaša 51 % in iz padavin 33 %, delno pa tudi pozemno od drugih vodonosnikov (16 %).

Drugi vir napajanja vodonosnika predstavljajo padavine. Po podatkih meteorološke postaje v Ljubljani za Bežigradom je letno povprečje padavin med letoma 1961 in 1990 znašalo 1393 mm, v obdobju 1991-2000 pa je povprečno padlo na 1352 mm padavin. Srednja vrednost povprečne letne količine padavin je torej 1450 mm, ki smo jo privzeli za vse Ljubljansko polje. Velik vpliv družbenogeografskih dejavnikov na samo površje polja pa pomeni zmanjšanje infiltracije zaradi umetnih površin na tem območju (Brancelj in sod. 2005). Ob upoštevanju (odštetju) meteornega odtoka iz urbaniziranih površin, ki ne infiltrira v podtalnico, na vsem območju podzemna voda dobiva v povprečju 1,44m<sup>3</sup>/s ploskovnega dotoka iz padavin.

Količina padavinske vode, ki ploskovno pade neposredno na Ljubljanskem polju in infiltrira v vodonosnik, bi bila brez antropogenega vpliva 1,72m<sup>3</sup>/s. Posredno napajajo vodonosnik Ljubljanskega polja tudi padavine v zaledju, ki meri okoli 10 km<sup>2</sup>. Za to zaledje smo sprejeli povprečno letno količino padavin 1550 mm, doprinesejo pa povprečno 0,28m<sup>3</sup>/s vode v vodonosnik. Drugi viri skupaj z Jarškim prodom naj bi doprinesli še 0,43m<sup>3</sup>/s, skupni infiltraciji padavinske vode na vsem polju pa povprečno 2,1m<sup>3</sup>/s. Po izračunih je infiltracija padavinske vode v vodonosnik povprečno 1,7m<sup>3</sup>/s.

### 5.1.2 Kemijske značilnosti

V nadaljevanju podajamo opis kemijskih značilnosti po Brancelj in sod. (2005), Smrekar in sod (2006) in Jamnik in sod. (2014).

Bistven dejavnik, ki opredeljuje kemijske značilnosti podzemne vode vodonosnika Ljubljanskega polja, so naplavine reke Save, v katerih prevladujeta apnenčev pesek in prod. Zaradi tega je v podzemni vodi več kalcija kot magnezija. Drug dejavnik kemijske sestave podzemne vode vodonosnika Ljubljanskega polja je vpliv infiltracije Save. Njeno zaled je je v veliki meri gorato, zato vsebuje manj raztopljenih karbonatov in tudi onesnaževal iz kmetijstva in urbanih dejavnosti. Zaradi tega je v podzemni vodi z večjim deležem komponente napajanja iz Save manjša koncentracija raztopljenih karbonatov, posledično pa tudi manj onesnaževal.

Električna prevodnost podzemne vode je pri neonesnaženih podzemnih vodah običajno v korelaciji s koncentracijo raztopljenih karbonatov v vodi oziroma karbonatno trdoto vode. Reka Sava, ki s severozahodne strani napa ja vodonosnik Ljubljanskega polja, ima električno prevodnost okrog 300  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Nizke električne prevodnosti vode na opazovalnih mestih Roje ter v vodnjakih VD Kleče-4, VD Kleče-8, VD Kleče-14 in VD Jarški prod-1 so zato posledica pomembnega deleža napajanja iz Save. Na opazovalnih mestih vodonosnika Ljubljanskega polja se električna prevodnost podzemne vode giblje v razponu med 500 in 700  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Povišane vrednosti beležimo predvsem v podzemni vodi pod izrazito urbaniziranimi deli mesta.

V vodonosniku Ljubljanskega polja se koncentracije hidrogenkarbonata ( $\text{HCO}_3^-$ ) večinoma gibljejo v razponu med 200 in 400 mg/l. Porazdelitev koncentracij je zelo podobna porazdelitvam električne prevodnosti. Tako tudi na prikazu koncentracije hidrogenkarbonata lahko opazimo vpliv reke Save, ki ima koncentracijo  $\text{HCO}_3^-$  približno 200 mg/l.

Na podlagi vsebnosti kalcija ( $\text{Ca}^{2+}$ ) in magnezija ( $\text{Mg}^{2+}$ ) v opazovanih podzemnih vodah razlikujemo vode, v zaledju katerih prevladujejo apnenci, in vode z dolomitnim zaledjem, ki imajo v vsoti obeh kationov relativno večji delež magnezija. Med tipične apnenčeve vode uvrščamo vodo iz vodonosnika Ljubljanskega polja. Razmerje Ca/Mg v razponu med 1 in 1,5.

Podobno kot pri parametrih mineralizacije vod tudi pri nitratih opažamo nižje koncentracije na območjih, kjer je večji vpliv infiltracije Save v vodonosnik. Reka ima zaradi svojega večinoma hribovitega zaledja nizko koncentracijo nitratov, kar se pozitivno odraža tudi na kakovosti podzemne vode v vodonosniku.

## 5.2 OBREMENJENOST VODNEGA VIRA

### 5.2.1 Splošno

V nadaljevanju je opis po Brancelj in sod. (2005), Smrekar in sod. (2006) in Jamnik in sod (2014).

Antropogene dejavnosti modificirajo celotno območje vodonosnika in izrazito vplivajo tudi na vodno bilanco, reducirajo napajanje vodonosnika, vplivajo na značilnosti toka podzemne vode in spreminjačo časovno usklajevanje, razpoložljivost in obnovljivost vodnega vira. Velik vpliv povzročajo tudi črpanja podzemne vode za potrebe oskrbe s pitno in industrijsko vodo. Za potrebe oskrbovanja s pitno vodo so ljudje najprej uporabljali vodnjake, ki so pomenili minimalni vpliv na gladino podzemne vode, leta 1890 pa so pričeli s prvim načrtnim črpanjem podzemne vode za potrebe ljubljanskega vodovoda, ki je vrh doseglo na začetku 90 let, ko so načrpalci okrog 50 milijonov  $\text{m}^3$  na leto ( $1,6 \text{m}^3/\text{s}$ ). Po letu 1970 so črpalci v povprečju po 40 milijonov  $\text{m}^3$  vode na leto ( $1,27 \text{m}^3/\text{s}$ ), v letih po letu 1993 pa so se načrpane količine vode počasi zmanjševale.

Vodonosnik Ljubljanskega polja leži pod Ljubljano z visoko gostoto poselitve, prometne

infrastrukture (cestne in železniške povezave), kmetijsko dejavnostjo na obroblju mesta, razvito industrijsko in obrtno dejavnostjo. Podtalnico obremenjujejo razpršeni in točkovni viri onesnaženja. Med razpršene prištevamo kmetijstvo (nitrati, pesticidi), poselitev (nitrati, kalij, ortofosfati...) in deloma promet (mineralna olja, policiklični aromatski ogljikovodiki, metil-terc-butil-eter...), med točkovne pa industrijo in obrtne dejavnosti (halogenirane organske spojine, organofosforne spojine, težke kovine...), deponije odpadkov (širok spekter onesnaževal) ter prometne nesreče (razlitja naftnih derivatov in različnih kemikalij).

Največja nevarnost za podzemno vodo so številne antropogene dejavnosti (industrija, kmetijstvo, promet, komunalne dejavnosti, energetika), ki so navzoče tako na zemeljskem površju kot tudi podnjim (kanali za komunalno in industrijsko odpadno vodo, greznice, cisterne za kurihno olje, odlagališča odpadkov pod površjem).

Med glavnimi onesnaževalci podtalnice Ljubljanskega polja je intenzivno kmetijstvo. Izpiranje neizrabljenega dušika v podtalnico zaradi presežka gnojil ali časovno neustreznega gnojenja povzroča povečane koncentracije nitratov in nitritov, gnojenje z organskimi gnojili pa tudi bakteriološko onesnaženje. Raziskave oskrbljenosti obdelovalnega sloja tal (0–20 cm) z rastlinskimi hranili kažejo, da so tla v obdelovalnem sloju v povprečju izrazito pregnjena z rastlinskimi hranili. Povprečna vsebnost fosforja v tleh namreč znaša 64,6 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/100 g tal, kalija 33,1mg K<sub>2</sub>O/100 g tal ter magnezija 28,6 mg Mg/100 g tal. Za lažje razumevanje rezultatov naj omenimo, da je optimalna raven fosforja v tleh 13–25 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/100g tal, kalija 20–30mg K<sub>2</sub>O/100 g tal ter magnezija 10–20mg Mg/100 g tal.

Po podatkih Javnega podjetja Vodovod-Kanalizacija so največji problem pri varstvu podtalnice na Ljubljanskem polju atrazin in njegovi metaboliti. Atrazin in desetil-atrazin sta bila prisotna v Hrastju in Klečah. Vir atrazina je v kmetijski pridelavi (koruza), vendar pa je ob tem treba poudariti, da rezultati internega nadzora Javnega podjetja Vodovod-Kanalizacija kažejo jasno zaznavno zmanjševanje. Kljub temu pa bomo morali še nekaj časa ugotavljati vrednost atrazina in desetil-atrazina, katerega razgradnja bo še trajala.

Industrijska in obrtna dejavnost je pomemben dejavnik preobrazbe pa tudi degradacije okolja na Ljubljanskem polju. Je vir plinastih emisij, prahu, odpadkov in hrupa ter tako prispeva k onesnaženju zlasti zraka in vode. Je pomemben porabnik vode, energije in prostora nad podtalnico. Danes sta na tem območju dve večji industrijski coni, in sicer ena v Mostah in druga v Dravljah, med gojenjsko in kamniško progo ter za Bežigradom.

Gospodarstvo Ljubljane je pestro, tesno povezano z gospodarskim prostorom cele države. Močno je povezano z okolico in bližnjimi središči, s katerimi se vedno bolj funkcionalno prepleta in povezuje. Posledica tega je tudi intenzivna dnevna migracija delovne sile, saj se v Ljubljano na delo vsak dan vozi okrog 50.000 ljudi. Več kot polovica dnevnih migrantov je iz drugih naselij nekdanjih mestnih občin, druga polovica pa še od dlje.

### **5.2.2 Kakovost podzemne vode za zajetje Hrastje**

Kakovost podzemne vode za zajetje Hrastje je v spodnji tabeli.

**Tabela 16: Koncentracije kemijskih parametrov onesnaženosti podzemne vode na merilnih postajah v µg/m<sup>3</sup> (vir. ARSO)**

Merilno mesto	Šifra postaje	KPK	Amonij	Nitriti	Nitrati	Sulfati	Fosfor (skupno)	Orto fosfati
<b>2021</b>								
HRASTJE - ŠM1/2D	P54700	<0,5	<0,013	<0,007	15	14		<0,031
HRASTJE - ŠM1/2D	P54700		<0,013	<0,007	13	12		<0,031
HRASTJE (I a) 0344	P54720	<0,5	<0,013	<0,007	19	18		<0,031
HRASTJE (I a) 0344	P54720		<0,013	<0,007	16	16		<0,031
<b>2020</b>								
HRASTJE - ŠM1/2D	P54700	<0,5	<0,013	<0,007	10	11	0,095	<0,031

Merilno mesto	Šifra postaje	KPK	Amonij	Nitriti	Nitrati	Sulfati	Fosfor (skupno)	Orto fosfati
HRASTJE - ŠM1/2D	P54700		<0,013	<0,007	11	12	0,058	<0,031
HRASTJE (I a) 0344	P54720	<0,5	<0,013	<0,007	20	17	0,037	<0,031
HRASTJE (I a) 0344	P54720		<0,013	<0,007	18	17	<0,015	<0,031
<b>2019</b>								
HRASTJE - ŠM1/2D	P54700	<0,5	<0,013	<0,007	12	11		<0,031
HRASTJE - ŠM1/2D	P54700		<0,013	<0,007	11	12		<0,031
HRASTJE (I a) 0344	P54720	<0,5	<0,013	<0,007	24	16		<0,031
HRASTJE (I a) 0344	P54720		<0,013	<0,007	19	17		<0,031
<b>2018</b>								
HRASTJE - ŠM1/2D	P54700	<0,5	<0,013	<0,007	15	13		<0,031
HRASTJE - ŠM1/2D	P54700		<0,013	<0,007	12	11		<0,031
HRASTJE (I a) 0344	P54720	<0,5	0,013	<0,007	23	20		<0,031
HRASTJE (I a) 0344	P54720		<0,013	<0,007	19	17		<0,031
<b>2017</b>								
HRASTJE - ŠM1/2D	P54700	<0,5	<0,013	<0,007	12	12		<0,031
HRASTJE - ŠM1/2D	P54700		<0,013	<0,007	12	12		<0,031
HRASTJE (I a) 0344	P54720	<0,5	<0,013	<0,007	20	18		<0,031
HRASTJE (I a) 0344	P54720		<0,013	<0,007	22	18		<0,031

### 5.2.3 Vsebnost mineralnih olj v podtalnici

Podatki o koncentraciji mineralnih olj so precej borni (tabela 17).

*Tabela 17: Koncentracije mineralnih olj (vir. ARSO)*

Merilno mesto	Šifra postaje	Koncentracija mg/l	Koncentracija µg/l
<b>2001</b>			
HRASTJE (I a) 0344	P54720	0,002	2
<b>2002</b>			
HRASTJE (I a) 0344	P54720	0,0015	1,5
<b>2003</b>			
HRASTJE (I a) 0344	P54720	0,001	1
<b>2007</b>			
HRASTJE - ŠM1/2D	P54700	<0,004	<4
HRASTJE - ŠM1/2D	P54700	<0,004	<4
HRASTJE (I a) 0344	P54720	<0,004	<4
HRASTJE (I a) 0344	P54720	<0,004	<4

## 5.3 NARAVNE DANOSTI VODNEGA VIRA

### 5.3.1 Geološke značilnosti

**Osnovni opis** podajamo večinoma po Brancelj in sod. (2005), tam kjer temu ni tako, pa so navedeni drugi avtorji.

Ljubljansko polje je tektonska udonina podolgovate kotanjaste oblike, ki je nastala v pliokvartarnem obdobju zaradi tektonskega ugrezanja, ki se je dogajalo v več fazah. Naplavine Ljubljanskega polja prekrivajo pomembne prelome tega sistema, ljubljanski in savski prelom. Posamezni deli teh prelomov so se konec pleistocena ponovno aktivirali in v holocenu ponovno vplivali na zgradbo tega ozemlja.

Naplavine Ljubljanskega polja so odložene v tektonsko udonino, ki jo gradijo kamnine permokarbonske starosti, to so glinasti skrilavci s plastmi kremenovega peščenjaka. Udonina je zasuta v spodnjem delu s pleistocenskim prodom in peskom, ki sta delno cementirana, v zgornjem delu pa z recentnim prodom, debelim do 10 m (Breznik, 1969). Naplavine Ljubljanskega polja tvorijo pleistocensi in holocensi prodni nanosi, s katerimi je reka Sava zapolnila Ljubljansko kotlino (Žlebnik, 1971, Drobne et al., 1997; Jamnik in Urbanc, 2007). Zasipavanje s sedimenti je potekalo v pleistocenu, ko je Sava na Ljubljansko polje prinašala material izpod alpskih ledenikov (Žlebnik, 1971).

Ljubljansko udonino je v zadnjem milijonu let zapolnjevalo več rek in potokov, ki so pritekali z obrobja in sodelovali pri zasipavanju. V pleistocenu in holocenu so tako Ljubljansko udonino s svojimi nanosi zapolnjevale številne reke in potoki, od tega največji delež pripada prodnopeščenim naplavinam reke Save (Šram in sod., 2012). Največji del Ljubljanskega polja zapolnjujejo prodno peščene naplavine reke Save, ki je prodni material prinašala iz višje ležečih območij svoje doline. Med dobro prepustnimi peščeno prodnimi nanosi se občasno nahajajo manj prepustne leče konglomerata, glina in melj, kar je vzrok za precej{nje lokalne spremembe hidravlične prevodnosti (Jamnik in Urbanc, 2007).

**Litostratigrafski opis.** Obravnavana lokacija se nahaja na Ljubljanskem polju, kjer so odložene pleistocenske in holocenske naplavine, predvsem prod in pesek. Predkvarterni podlago gradijo karbonske in permske klastične kamnine (slika 27).

**Karbon in perm (C,P).** Karbonske in permske starosti so temno sivi skrilavi glinavec, sljudnati kremenov meljevec, kremenov peščenjak in drobnozrnat konglomerat (C,P), ki gradijo podlago kvartarnim zasipom Ljubljanskega polja.

**Tektonskie razmere v predkvarterni podlagi.** Permokarbonske plasti pripadajo Škofjeloško-trnovskemu pokrovu (Grad, Ferjančič, 1976). Plasti permokarbonskih skrilavih glinavcev, meljevcev in peščenjakov so intenzivno nagubane.

**Mlaši prodni zasip Ljubljanskega polja (t-w).** Dobro zaobljeni prodni karbonatnih kamenin so bili sedimentirani v wuermskem glacialu. Na Ljubljanskem polju je wuermski prodni zasip na površini. Na področju mesta Ljubljane so navrtali med prodrom plasti melja, glinastega proda, gline in konglomerata.

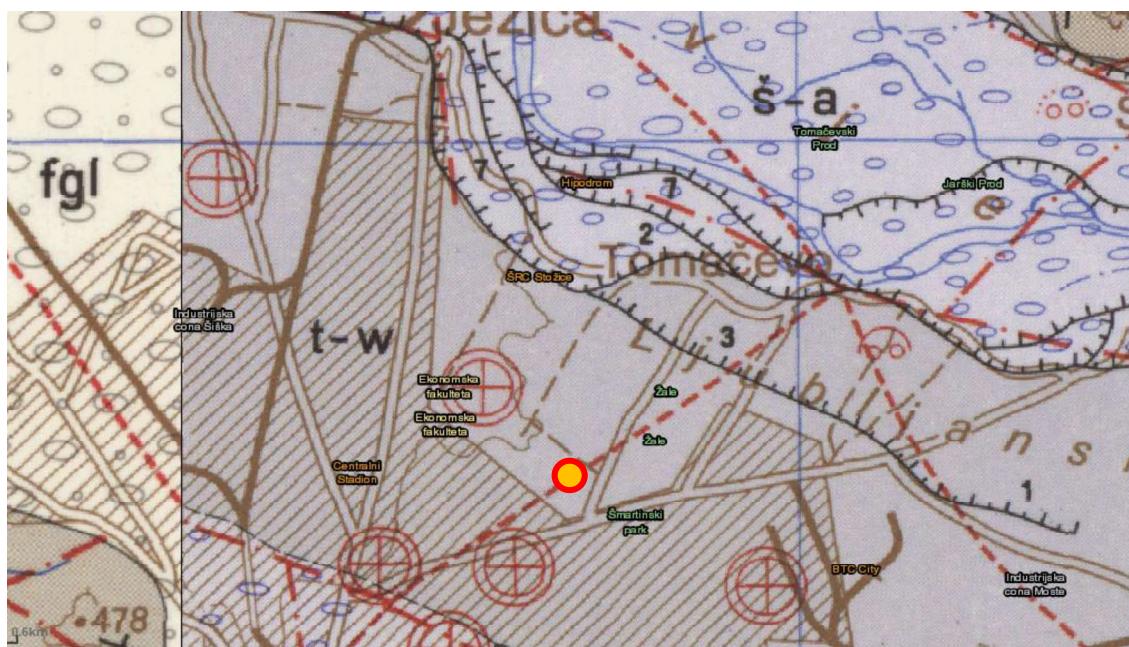
**Geološko sestavo kvartarnih sedimentov Ljubljanskega polja** je najbolj pregledno podal Žlebnik (1971). Po legi od zgoraj navzdol je ločil naslednje niz sedimentov:

- humus,
- mlajšepleistocenski prodni zasip,
- glina in glina s prodniki,
- mlajši konglomeratni zasip,
- srednji konglomeratni zasip,
- starejši konglomeratni zasip,
- predkvarterna kamninska podlaga (permokarbonski klastiti).

Morfološko sledimo na Ljubljanskem polju visoko pleistocensko teraso, ki je na vrhu pokrita s tanko (0,3 do 1,0 m) plastjo humusa ter holocenske rečne naplavine na poplavni ravnici ob Savi. Debelina mlajšega pleistocenskega zasipa niha od 2 do 16 m, v povprečju pa je ta plast debela od 6 do 8 m. Debelina prodne plasti je pri vodarni Kleče okrog 7 m.

Debelina mlajšega pleistocenskega zasipa niha od 2 do 16 m, v povprečju je ta plast debela od 6 do 8 m. Najdebelejša je peščeno prodna plast, od 10 do 16 m, v pasu vzdolž severnega roba visoke terase od Stanežič prek Vižmarij, Ježice, Stožic. Obrij do Zadobrove. Drugi pas z večjo debelino peščeno prodne plasti, do 10 m debeline, se razprostira vzdolž roba visoke terase od Hrušice do Dobrunj.

Skupna debelina holocenskih in pleistocenskih prodnih in konglomeratnih plasti je zelo različna, ker je tudi predkvarterna podlaga različno pogreznjena. Pleistocenski nanosi so ponekod globlji od 100 m (Jamnik in Urbanc, 2007). Debelina zasipa na najglobljih mestih preseže 100 m (Janža, 2009) Na zahodnem obrobju Ljubljanskega polja pri Mednem in Brodu so plasti peščenega proda in konglomerata debele le od 2 do 10 m. V osrednjem delu Ljubljanskega polja, od Spodnjih Gameljn prek Kleč do Dravelj, je predkvarterna podlaga močnejše pogreznjena, pri čemer so kvartarni sedimenti (pesek, prod in konglomerat) so tukaj debeli med 70 in 105 m. Druga poglobljena in široka kotanja je med Jarškim Brodom, Šentjakobom ter vodarno Hrastje in Žalami, kjer so prodne plasti debele od 70 do 80 m. Med Brinjem na levem bregu Save ter Zgornjo Zadobrovo in Studencem poteka v smeri sever - jug visoko dvignjena predkvarterna podlaga permokarbonskih



Slika 17: Geološka karta obravnavanega območja z označeno lokacijo posega (vir: GeoZS)

sedimentov. Tu je debelina kvartarnih sedimentov le od 8 do 20 m. Na območju med Spodnjo Zadobrovo in Zalogom pa leži permokarbonska podlaga ponovno nekoliko globlje. Debelina kvartarnih sedimentov je tu od 20 do 40 m (Rejec, 2005). Debelina pleistocenskih plasti doseže pri Klečah okrog 100 m (Žlebnik, 1971).

Na zahodnem obrobju Ljubljanskega polja pri Mednem in Brodu so plasti peščenega proda in konglomerata debele le od 2 do 10 m. V osrednjem delu Ljubljanskega polja, od Spodnjih Gameljn prek Kleč do Dravelj, je predkvartarna podlaga močneje pogreznjena. Skupna debelina kvartarnih sedimentov je tod od 70 do 105 m.

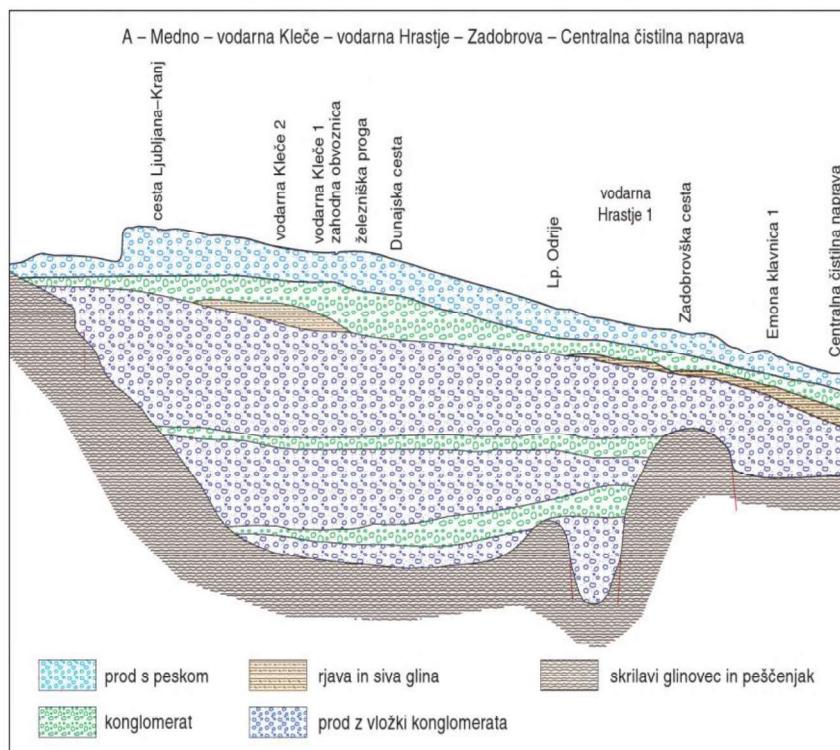
Med Brinjem na levem bregu Save ter Zgornjo Zadobrovo in Studencem poteka v smeri sever-jug visoko dvignjena predkvartarna podlaga neprepustnih permokarbonskih sedimentov, kjer so kvartarne naplavine debele le od 8 do 20 m. Na območju med Spodnjo Zadobrovo in Zalogom pa leži permokarbonska podlaga ponovno nekoliko globlje, tako da so tod prodno-konglomeratne plasti, debele več kot 20 m oziroma do 40 m. Pod vrhnjimi prodno peščenimi plastmi so starejše pleistocenske prodne in konglomeratne plasti, ki se pojavljajo na več nivojih v povezavi z lečami in vložki rjave gline.

Pod mlajše pleistocenskim prodnim zasipom leži plast rjave gline in gline s prodniki. Glinasta plast je debela do 10 metrov. Ponekod je glinasta plast zvezna, ponekod pa ne (slika 28). V Klečah je glinasta plast ugotovljena v vodnjakih I., VIII., XIII. in XIV., v ostalih pa ne. Tam leži prodni zasip neposredno na mlajšem konglomeratnem zasipu. Debelina gline je v vodnjakih v Klečah okrog 2 m. Debelina omočenega dela vodonosnika v oklico vodarne Jarški prod znaša ca. 65 m.

Mlajši konglomeratni zasip sestoji iz konglomerata in peščenega proda s tankimi vložki konglomerata (slika 28). Pod njim leži tanjša plast rjave gline s prodniki, ki naj bi predstavljala preperino srednjega konglomeratnega zasipa. Pod mlajšim konglomeratnim zasipom ležita še srednji in starejši konglomeratni zasip.

### 5.3.2 Hidrogeološke značilnosti

**Osnovni opis.** Vodonosnik Ljubljanskega polja je eden izmed največjih in najpomembnejših vodonosnikov v Sloveniji (Brečko, 1998). Podtalnica Ljubljanskega polja se nahaja v dobro



*Slika 18: Hidrogeološki prerez Ljubljanskega polja (vir: Brancelj in sod., 2005)*

prepustnih sedimentih pod prepustno vrhnjo plastjo (Brečko, 1998) (slika 18). V vodonosnih prodno-peščenih in konglomeratnih plasteh, ki zapolnjujejo udonino Ljubljanskega polja, so velike količine podzemne vode in pomenijo enega največjih rezervoarjev podzemne vode v Sloveniji (Brancelj in sod., 2005). V globalnem pogledu je vodonosnik Ljubljanskega polja vodonosnik z medzrnsko poroznostjo in prosto gladino podzemne vode. Zaradi lokalnih nanosov slabše prepustnih glinastih in zaglinjenih plasti pa je lahko na ožjih območjih polodprt, polzaprt ali zaprt vodonosnik (Brancelj in sod., 2005).

**Koeficient prepustnosti v terciarnih sedimentih.** Koeficient prepustnosti zasičenega dela vodonosnika na območju črpališča Jarški prod je ( $K = 1,4 \times 10^{-2} \text{ m/s}$ ).

**Smer pretakanja podzemne vode.** V vodonosniku Ljubljanskega polja se podzemna voda pretaka v generalni smeri od severozahoda proti jugovzhodu ozziroma vzhodu (Rejec, 2005). Na sliki 19 je prikazana smer gibanja podzemne vode od vodarne Kleče do vodarne Hrastje. Pretakanje vode poteka v obliki konvesne poti in ne v premočrni smeri. Pretakanje podzemne vode v primeru vodarne Hrastje je čez poseg investitorja proti vodarni Hrastje v SZ-JV smeri.

**Globina do podzemne vode in višina nivoja podzemne vode.** Podzemna voda se v vodonosniku Ljubljanskega polja nahaja na globini do 30 m (Rman, 2013). V nadaljevanju podajamo globino podzemne vode po Rejec (2005). Globina do podzemne vode je odvisna od njene gladine in višine terena ter se spreminja od Vižmarij do Zaloga in od obrobja polja proti reki Savi. Podzemna voda na visoki terasi pri Vižmarjih je v globini več kot 30 m. Na območju med Šentvidom in kamniško progo je 25 do 30 m globoko, med Bežigradom, glavno železniško postajo in Ježico pa je v globini med 20 in 25 m. V Mostah in Savskem naselju je podzemna voda 15 do 20 m globoko. Na širokem območju od Tomačevega prek vodarne Hrastje do Novega Polja ter Toplarne v Mostah do Polja najdemo podzemno vodo 10 do 15 m globoko. Na nizki terasi, ki poteka v 0,5 do 2 km širokem pasu vzdolž desnega brega Save od Broda prek Roj, Tomačevega in Šmartnega, je podzemna voda bliže površini. Približno na odseku Brod-Roje je podzemna voda v globini 12 do 20 m, med Ježico in Zadobrovo med 5 do 10 m.



Slika 19: Karta smeri toka in nivojev podzemne vode - visokovodno stanje (Geološki zavod Slovenije)

Breznik (1969) navaja, da gladina podtalnice v Brodu pri Tacnu na koti 292 m; od tu pada najprej strmo in potem položno do Kleč na koto 282 m. Od Kleč do vodnjakov v Hrastju z gladino 276 m je strmec enakomeren. Za Bežigradom je gladina podtalnice 15 m pod površjem. V Mostah je v globini okrog 10 m, nekaj metrov niže kakor Ljubljanica, ki iz svoje zablatene struge praktično ne pronica v podtalnico. Dalje proti vzhodu je gladina podtalnice vedno plitveje pod površjem.

Nadalje Brečko (1996) navaja naslednje: Globina do podtalnice je v primerjavi s podtalnicami v Sloveniji razmeroma velika, kar je pomembno za njeno zaščito pred vplivi površja. V zahodnem delu polja je globoka od 20 do 30 m, v vzhodnem od 10 do 15 m. manjša pa je ob Savi in na njenem levem bregu (Jarški Brod), kjer ne preseže 10 m. Zaradi poglabljavanja struge Save, različne intenzivnosti dotokov in na območjih črpališč tudi izkoriščanja se višina gladine za nekaj metrov tudi spreminja. V Klečali je bila tako najnižja izmerjena gladina 30,6 m pod površjem, najvišja pa 23,7 m; v Hrastju najnižja 15,7 m in najvišja 11,6 m; v Šentvidu pa najnižja 27,3 m in najvišja 23 m. Povprečna globina podtalnice na Ljubljanskem polju je 13 m (Čenčur in sod., 2005),

Gradient toka podzemne vode i izračunamo po naslednji enačbi glede na karto izohips (slika 29):

$$i = \frac{h_1 - h_2}{L} \quad (\text{en.1})$$

kjer je:

$h_1$  – nadmorska višina gladine podzemne vode na lokaciji posega; 276 m

$h_2$  – nadmorska višina gladine podzemne vode na lokaciji zajetja: 273,5 m;

$L$  – razdalja med lokacijo posega in zajetjem: 2.820 m.

Izračunana vrednost gradienta podzemne vode je  $i = 0,0009$ .

Hitrost pretakanja podzemne vode je ob nizkih vodostajih večinoma med 0,5 in 5 m/s ob nizkih vodah in 5 do 10 m/s ob visokih vodah (Rejec in sod., 2005).

Advekcijski tok podzemnen vode  $Q$  opredelimo z Darcyjevim zakonom:

$$Q = qA = \frac{KA\delta h}{\delta s} = KAi = \frac{k\rho g}{\mu} Ai \quad (\text{en.2})$$

kjer je:

- $q$  – Darcyjeva hitrost;
- $\mu$  – dinamična vizkoznost vode;
- $k$  – permeabilnost;
- $\rho$  – gostota vode;
- $g$  – težnostni pospešek;
- $A$  – površina preseka, skozi katero teče tok;
- $\delta h/\delta s$  – hidravlični gradient v smeri toka vode;
- $i$  – gradient toka podzemne vode
- $K$  – hidravlična prevodnost v smeri toka vode

Gornjo enačbo prepišemo v nekoliko drugačno obliko in dobimo:

$$Q = -KA \frac{dh}{dL} = -KAi \quad (\text{en.3})$$

kjer je:

- $dH/dL$  – hidravlični gradient v smeri toka vode.

Če levo in desno stran enačbe (en.2) pomnožimo z  $A$  potem Darcyjevo enačbo zapišemo na naslednji način, pri čemer dobimo Darcyjevo ali navidezno hitrost v Brenčič, 2021):

$$v = \frac{Q}{A} = -K \frac{dh}{dL} = \frac{k\rho g}{\mu} \frac{dh}{dL} \quad (\text{en.4})$$

kjer je:

- $dH/dL$  – hidravlični gradient v smeri toka vode.

Desni izraz v gornji enačbi opredelimo tudi kot specifični pretok  $q$  (Brenčič, 2021):

$$q = -K \frac{dh}{dL} = -Ki \quad (\text{en.5})$$

kjer je:

- $i$  – gradient toka podzemne vode

Navidezna hitrost ne prikaže prave hitrosti podzemne vode, ki se giblje skozi medzrnski vodonosnik, ker v celotnem prečnem preseku  $A$  odprtine por ne zavzemejo celotne površine, skozi katere teče tekočina. Taka poroznost torej ni realna, ker je dejanska površina por manjša od prečnega preseka  $A$ . To pomeni, da je hitrost odvisna od efektivne poroznosti  $n_e$ :

$$v_f = \frac{v}{n_e} = \frac{KI}{n_e} \quad (\text{en.6})$$

kjer je:

- $K$  – hidravlična prevodnost (prepustnost) v smeri toka vode:  $1,4 \times 10^{-2}$  m/s = 0,014 m/s;
- $n_e$  – efektivna poroznost: 25 %;
- $i$  – gradient toka podzemne vode: 0,0009.

Hitrost podzemne vode tako znaša  $4,4 \times 10^{-5}$  m/s = 0,00005 m/s = 4,35 m/dan. Onesnaževalo skupaj s podzemno vodo prispe do zajetja Hrastje v 648 dneh.

**Povzetek hidroloških parametrov.** V nadaljevanju povzemamo hidrološke parametre, ki veljajo za vodarno Jarški prod in so potrebni za izračun koncentracij onesnaževal podzemne vode n alokaciji vodarne Jarški prod (tabela 18).

Tabela 18: Povzetek hidroloških parametrov podzemne vode na lokaciji vodarne Hrastje

Hidrološki parametri	Enota	Vrednost
Globina podzemne vode	m	15
Hidraulična prevodnost (prepustnost) v smeri toka vode	m/s	0,014
Efektivna poroznost		25 %
Gradient toka podzemne vode i		0,0009
Hitrost toka podzemne vode v	m/s (m/dan)	0,00005 (4,35 m/dan)
Smer toka podzemne vode		Z-V

## 6. OPREDELITEV TRANSPORTNIH POTI ONESNAŽEVAL OD VIRA OGROŽANJA DO ZAJETJA

### 6.1 TRANSPORT ONENAŽEVAL

#### 6.1.1 Vrste transporta

Na transport onesnaževal v podzemni vodi vpliva ali se le-ta mašajo z vodo ali pa ne in pa specifična teža (onesnaževala lažja ali težja od vode). Onsnaževala, ki se ne mešajo z vodo, ločimo v dve skupini (Johnson in sod., 1989):

- LNAPL Light Non-Aqueous Phase Liquid (npr. olje, diesel, bencin, topila);
- DNAPL Dense Non-Aqueous Phase Liquid (npr. klorirana topila, pesticidi).

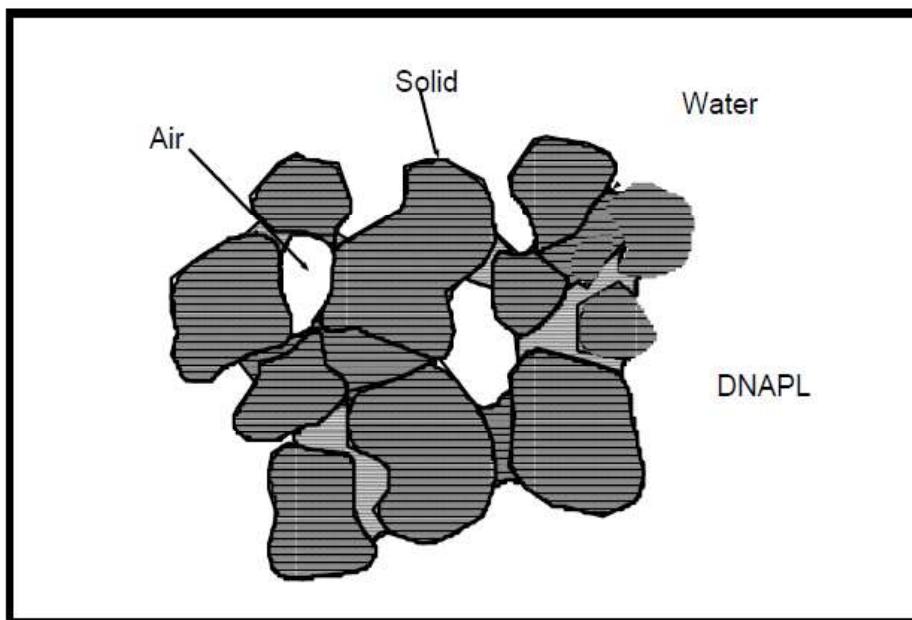
Ko pride do razlitja onsnaževala, sta transportni poti naslednji (slika 20):

- vertikalna, ki poteka s površine proti podzemni vodi, in pomeni pot v nezasičeni (vadozni) coni;
- horizontalna, ki pomeni transport onsnaževala s tokom podzemne vode (zasičena cona).

#### 6.1.2 Pot v vadozni coni

Od trenutka, ko pride do razlitja onesnaževala na površino, se le-to začne širiti v podtalje. Del se ga absorbira na plasti v podtalju v nezasičeni coni, del pa potuje naprej proti podzemni vodi. Onesnaževalo v tem primeru potuje vertikalno v nezasičeni (vadozni) coni vodonosnika. Onesnaževalo (velja za tako za LNAPL kot tudi za DNAPL) se v tej coni lahko nahaja v štirih fazah (Huling in Weaver, 1991) – štirifazni sistem (slika 20):

- plinska (parna faza – onesnaževalo je prisotno v obliki vodnih par;
- trdna faza – onsnaževalo se absorbira na talnji material;
- vodna faza – onesnaževal so raztopljeni v vodi;
- ločilna faza – onesnaževalo, ki ni pomešano z vodo.



Slika 20: Štirifazni sistem onesnaženja vadozne vone (vir: Huling in Weaver, 1991)

Onesnaževala tipa LNAPL se skozi nezasičeno cono gibljejo počasneje kot pa onsnaževala DNAPL zaradi večje topnosti, nizke gostote in velike vizkoznosti. Če se na

površini sprosti manjša količina onesnaževala, to sicer ne doseže podtalnice, vendar pa v primeru padavin pride do razapljanja onesnaževala, ki tako doseže podtalnico (slika 20).

Onesnaževala tipa DNAPL se skozi nezasičeno cono gibljejo hitreje kot onesnaževala DNAPL zaradi manjše topnosti, visoke gostote in manjhne viskoznosti. Zaradi majhne topnosti v vodi, se z njo rada ne mešajo. Posledica njihove relativno visoke gostote je transport globoko v vodonosnik. Kombinacija majhne vizkoznosti in visoke gostote izrine vodo (manjša gostota) iz por med talnim materialom, postane tok onesnaževala nestabilen, kar vodi v pojav prstom podobne oblike (slika 20). S padavinami pride do razapljanja onesnaževal, ki nato doseže našičeno cono, tudi če onesnaževalo zaradi manjše količine razlitja samo ne prodre v podtalnico. Sem spadajo tudi kemikalije, ki se mešajo z vodo.

**Onesnaževala, ki se mešajo z vodo, oz so topna v njej.** Primer so onesnaževala v komunalni odpadni vodi, kot so beljakovine, nitrati, kloridi in sulfati. Taka onesnaževala z odpadno vodo prosto raztopljeni v njej potujejo do podtalnice. Sem spadajo tudi kemikalije, ki se mešajo z vodo.

#### 6.1.3 Pot v freatični coni

Dvodimensijski model poti onesnaževala. Tok podzemne vode v nasičeni coni v vodoravnih smerih, ki s seboj nosi onesnaževalo, napišemo v 2-D kot:

$$\frac{\delta(\Theta C)}{\delta t} + \rho_b \frac{\delta \bar{C}}{\delta t} = \frac{\delta}{\delta x_i} \left( \Theta D_{ij} \frac{\delta C}{\delta x_j} \right) - \frac{\delta}{\delta X_i} (\Theta v C) + q_s C_s - q'_s C - \lambda_1 \Theta C - \lambda_2 \rho_p \bar{C} \quad (\text{en.11})$$

kjer je:

$C$  – koncentracija raztopljenih snovi;

$t$  – čas;

$D_{ij}$  – tenzorski koeficient hidrodinamske disperzije;

$v$  – linearna hitrost toka podzemne vode;

$\rho_b$  – gostota poroznega medija;

$\Theta$  – učinkovita poroznost nasičenega medija;

$q_s$  – pretok vode v pritokih/odtokih na volumsko enoto vodonosnika;

$q'_s$  – sprememba v količini shranjene vode v vodonosniku;

$C_s$  – koncentracija pritokov/odtokov za onesnaževala;

$\lambda_1$  – konstanta reakcije 1. reda ali razpada za razstopljeno fazo;

$\lambda_2$  – konstanta reakcije 1. reda ali razpada za trdno fazo fazo.

$\bar{C}$  – koncentracija razstopljene snovi, ki se sorbira na matriks.

V kolikor zaradi poenastavitev zanemarimo retardacijo, izvor/ponor in reakcije dobimo naslednjo enačbo 2-D toka onesnaževala:

$$D_L \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + D_T \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} - v_x \frac{\partial C}{\partial x} = \frac{\partial C}{\partial t} \quad (\text{en.12})$$

kjer je:

$C$  – koncentracija onesnaževala v podzemni vodi v odvisnosti od spremenljivk  $x$ ,  $y$  in  $t$ ;

$v_x$  – hitrost podzemne vode vzdolž osi  $x$ .

$D_L$  – koeficient hidrodinamske disperzije v smeri toka podzemne vode;

$D_T$  – koeficient hidrodinamske disperzije prečno na smer toka podzemne vode;

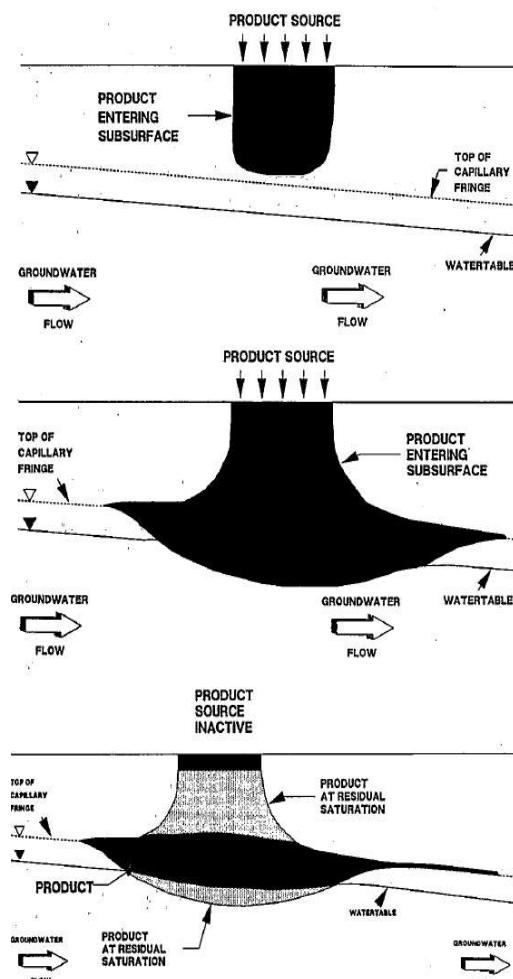
$t$  – čas potovanja onesnaževala od vira onesnaženja do zajema podzemne vode za pitno vodo.

Gornja enačba je advekcijsko-disperzna enačba. Transport onesnaževala v podzemni vodi namreč povzročata dva osnovna mehanizma: advekcija in hidrodinamska disperzija. Advekcija pomeni pasivni transport onesnaževal s pozemno vodo, disperzija pa je mešanje

onesnaževala s podzemno vodo. Do hidrodinamske disperzije v vzdolžni in prečni smeri pride zaradi majhnih razlik v hitrostih podzemne vode v porah in med porami. Razlike nastanejo zaradi majhnih razlik v velikosti por in prostorov med porami. Do hidrodinamske disperzije pride tudi zaradi razlik v hitrostih dveh tekočin: vode in pa onesnaževala v podtalju

**Onesnaževala, ki se mešajo z vodo, oz niso topna v njej.** V primeru, da se tekočine med seboj ne mešajo (mineralna olja, gorivo in voda) je v nadaljevanju pomembno ugotoviti ali je onesnaževalo gostejše in redkejše od vode. S tem določimo ali bo le-to v podzemni potovalo v zgornjem ali spodnjem sloju podzemne vode.

**Onesnaževala tipa LNAPL.** Za onesnaževala tipa LNAPL je značilno širjenje onesnaževala na način, kot je prikazan na sliki 21 (Johnson in sod., 1989). Taka onesnaževala plavajo na podzemni vodi in se z njo ne mešajo.



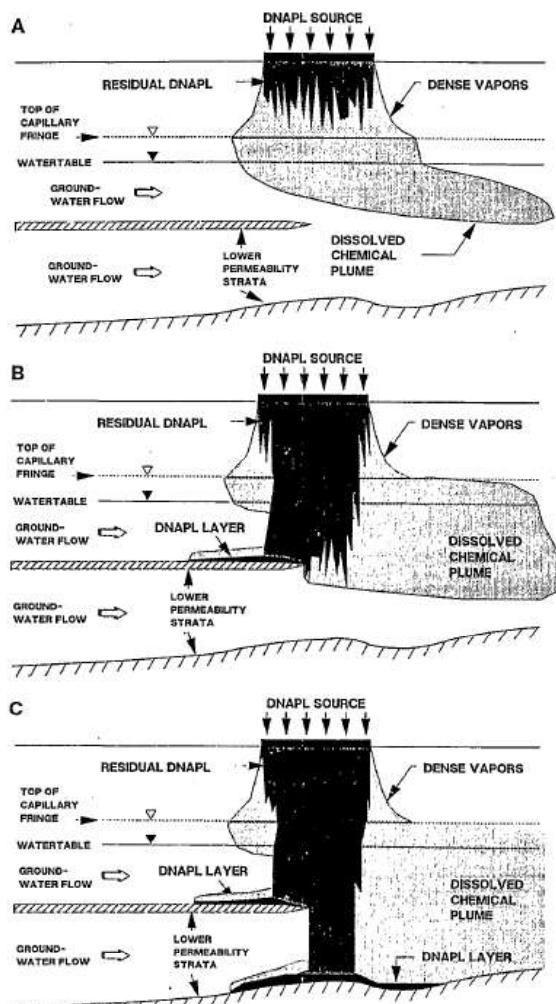
**Slika 21: Širjenje onesnaževala LNAPL v nezasičeni in zasičeni coni medzrnskega vodonosnika**  
*(vir: Johnson in sod., 1989)*

Pri razlitju snovi LNAPL pridejo najprej v nezasičen del vodonosnika skozi medzrnske prostore. Če je razlita kemikalija malo, se ta širi skozi vadozno cono, dokler ne nastane rezidualno nasičenje. Ko pride do zmanjšanja rezidualne nasičenosti snovi LNAPL zaradi infiltracije vode in s tem do povečanja vode v medzrnskih prostorih, relativna permeabilnost za transport snovi LNAPL pada na nič in snovi NAPL niso več mobilne. Tako nastane trifazni sistem voda-LNAPL-zrak. Vendar, zaradi infiltracije vode (padavine) pride do raztopljanja sestavin snovi LNAPL in do širjenja onesnaževala v podtalnico oz. nastanka oblaka onesnaženosti (slika 35 zgoraj). Raztopljlene sestavine se tako s pomočjo toka

podtalnice širijo od mesta vnosa kemikalije v nezasičeno cono.

V kolikor pride do razlitja večje količine snovi LNAPL (slika 35 v sredini), onesnaženje potuje skozi medzrnski prostor tako, da raztopljeni snovi prehitevajo samo kemikalijo do sloja kapilarnega dviga, ki je nad gladino podzemne vode, kar povzroči spremembe v omočenosti, ki jo raztopljeni snovi povzročijo. Zmanjša se torej količina vode v coni kapilarnega dviga, kar povzroči propad te cone in dejansko odpre pot snovem LNAPL v podtalnico.

Onesnaževala tipa DNAPL. Za te spojine je značilno širjenje onesnaževala na način, kot je prikazan na sliki 20 (Johnson in sod., 1989). Taka onesnaževala se potopija v podzemno vodo, saj so od nje težja. Onesnaževala potujejo vertikalno, dokler ne trčijo ob neprepustno plast. DNAPL potujejo z oblakom onesnaženja, kot snovi raztopljeni v vodi, kar pomeni, da lahko onesnažijo obsežnejše predele podtalnice. Prikaz gibanja snovi DNAPL v vodonosniku je prikazan na sliki 22.

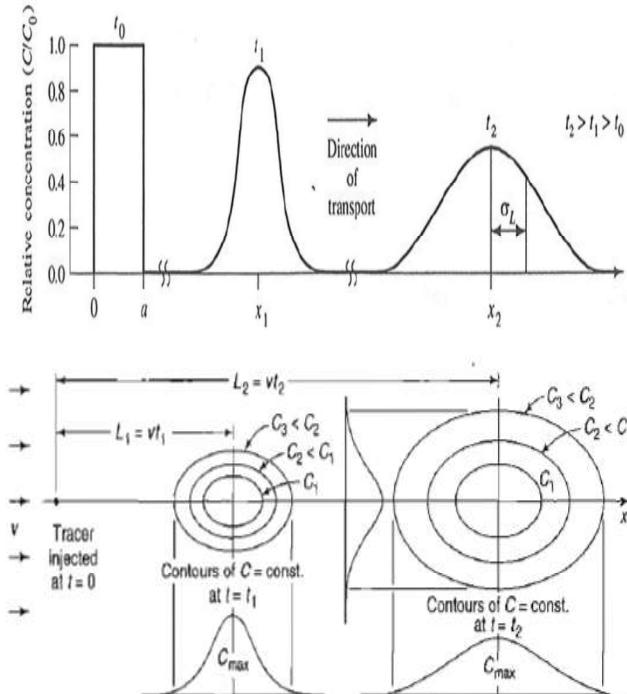


Slika 22: Širjenje onesnaževala DNAPL v nezasičeni in zasičeni coni medzrnskega vodonosnika  
(vir: Johnson in sod., 1989)

Onesnaževala, ki se mešajo z vodo, oz so topna v njej. Naprej povzemamo po Vesper in sod. (2003). V tem primeru se onesnaževala raztopijo v podzemni vodi. Primer so onesnaževala v komunalni odpadni vodi, kot so beljakovine, nitrati, kloridi in sulfati. Raztopljeni onesnaževali se s podzemno vodo gibljejo proti izviru. Njihova koncentracija je odvisna od količine podzemne vode in od padavin. Sem spadajo tudi kemikalije, ki se mešajo z vodo.

## 6.2 HIDRODINAMSKA DISPERZIJA ONESNAŽEVAL

V primeru toka dveh tekočin v medzrnskem vodonosniku prihaja do razlik pri njihovih hitrosti tako v vzdolžni (longitudinalna disperzija) kot tudi v prečni smeri (transverzalna disperzija) v zasičeni coni vodonosnika (slika 23). V nadaljevanju podajmo matematični model disperzije na osnovi advekcijskega in disperzijskega transporta onesnaževala v freatični coni.



Slika 36: Transport in disperzija onesnaževala v času (vir: Fetter, 1999; Todd in Mays, 2005)

Model hidrodinamske disperzije predvideva, da ima porazdelitev onesnaževala obliko Gaussove porazdelitve (Fetter, 1999; Fried 1975; Todd in Mays, 1995 ). Standarno deviacijo  $\sigma$  tako lahko izračunamo po naslednjih enačbah (Fetter, 1999; Fried, 1975):

$$\sigma_x = \sqrt{2D_L t} \quad (\text{en.13})$$

$$\sigma_y = \sqrt{2D_T t} \quad (\text{en.14})$$

kjer je:

$\sigma_x$  – standardna deviacija v smeri osi x (vzdolž toka podzemne vode) v m;

$\sigma_y$  – standardna deviacija v smeri osi y (prečno na smer toka podzemne vode),

$D_L$  – koeficient hidrodinamske disperzije v smeri toka podzemne vode v  $\text{m}^2/\text{dan}$ ;

$D_T$  – koeficient hidrodinamske disperzije prečno na smer toka podzemne vode v  $\text{m}^2/\text{s}$ ;

$t$  – čas potovanja onesnaževala od vira onesnaženja do zajema podzemne vode v dnevih.

Koeficiente hidrodinamske disperzije določimo po naslednjih enačbah (Fetter 1999; Fried 1975; Todd in Mays, 1995):

$$D_L = \alpha_L v_i + D^* \quad (\text{en.15})$$

$$D_T = \alpha_T v_i + D^* \quad (\text{en.16})$$

kjer je:

$v_i$  – hitrost toka podzemne vode v smeri x (m/s);

$D^*$  - efektivni difuzijski koeficient m<sup>2</sup>/dan (Fetter 1999);

$$D^* = \omega D_d \quad (\text{en.17})$$

$D_d$  – difuzijski koeficient v m<sup>2</sup>/dan;

$\omega$  – koeficient, povezan z obliko oz zavitostjo poti vode z onesnaževalom (ang. tortuosity);

$\alpha_L$  – vzdolžna hidrodinamska disperzija na razdalji x v smeri toka podzemne vode (Fetter, 1999; Todd in Mays, 1995);

$$\alpha_L = 0,83 \log x^{2,414} \quad (\text{en.18})$$

$\alpha_T$  – prečna hidrodinamska disperzija (Fetter 1999);

$$\alpha_T = 0,1\alpha_L \quad (\text{en.19})$$

Iz tabele 19 sledi, da je efektivni difuzijski koeficient  $D^*$  izredno majhen, zato ga v naših izračunih zanemarimo.

Tabela 19: Izračun efektivnih difuzijskih koeficientov za nekatere snovi  $D^*$

Snov	$D_d$ m <sup>2</sup> /s	$\omega$	$D^*$ m <sup>2</sup> /dan
Bencin	$7,35 \times 10^{-7}$	0,7 (Charles in sod., 1991)	$5,96 \times 10^{-12}$
Olje	$1,34 \times 10^{-12}$		$1,09 \times 10^{-17}$
Nitrat	$1,9 \times 10^{-5}$		$1,54 \times 10^{-10}$
Nitrit	$1,9 \times 10^{-5}$		$1,54 \times 10^{-10}$
Amonij	$2,5 \times 10^{-5}$		$2,03 \times 10^{-10}$
Dušik	$1,88 \times 10^{-5}$		$1,52 \times 10^{-10}$
Toluen	$9 \times 10^{-10}$		$7,29 \times 10^{-15}$
Ksilén	$8,4 \times 10^{-10}$		$6,81 \times 10^{-15}$
Kloroform	$9,1 \times 10^{-10}$		$7,37 \times 10^{-15}$
Heksan	$7,8 \times 10^{-10}$		$6,32 \times 10^{-15}$
Formaldehid	$7,8 \times 10^{-9}$		$6,32 \times 10^{-14}$
Metanol	$1,64 \times 10^{-9}$		$1,33 \times 10^{-14}$
Terahidrofuran	$9,9 \times 10^{-10}$		$2,89 \times 10^{-15}$
Mravljinčna kislina	$1,4 \times 10^{-10}$		$1,13 \times 10^{-15}$
Monoetilen glikol	$1,64 \times 10^{-9}$		$1,33 \times 10^{-14}$

### 6.3 IZRAČUNI DOLŽINE IN ŠIRINE OBLAKA ONESNAŽEVALA

Posledica vzdolžne in prečne disperzije je nastanek vala oz. oblaka onesnaževala. Na podlagi podatkov iz poglavja 5 podajmo v tabeli 20 izračunane vrednosti hidrodinamske disperzije, ki nam podaja dolžino in širino vala onesnaženja. Po definiciji bo 99,7% celotne mase onesnaževala znotraj trikratne razdalje standardne deviacije  $3\sigma_x$  in pa  $3\sigma_y$  (Fetter, 1999).

Tabela 20: Dolžina in širina oblaka onesnaženja na lokaciji vodarne Hrastje na razdalji 2.820 m od posega investitorja

Parameter	Enota	Izračunana vrednost@272 dni $\alpha_L/\alpha_T = 10$
Vzdolžna hidrodinamska disperzija $\alpha_L$	m	6,913
Prečna hidrodinamska disperzija $\alpha_T$	m	0,691
Koeficient hidrodinamske disperzije v smeri toka podzemne vode $D_L$	m <sup>2</sup> /dan	30,103
Koeficient hidrodinamske disperzije prečno na smer toka podzemne vode $D_T$	m <sup>2</sup> /dan	3,0103

Parameter	Enota	Izračunana vrednost@272 dni $\alpha_L/\alpha_T = 10$
Polmer oblaka onesnaženja v smeri toka podzemne vode na razdalji 2700 m $3\sigma_x$	m	592,4
Polmer oblaka onesnaženja prečno na smer toka podzemne vode na razdalji 2700 m $3\sigma_y$	m	187,3
Premer oblaka onesnaženja v smeri toka podzemne vode na razdalji 2700 m $d_L$	m	1184,7
Premer oblaka onesnaženja prečno na smer toka podzemne vode na razdalji 2700 m $d_T$	m	374,6

Posledica hidrodinamske disperzije je ne samo razpršitev onesnaževal v podzemni vodi, ampak tudi dejstvo, da z večanjem razdalje od vira onenaženja pada tudi koncentracija onesnaževala. Sčasoma bo celotna količina onesnaževala prispela v zajetje Hrastje v določenem časovnem intervalu. Časovni interval pojavljanja onesnaževala v zajetju Hrastje izračunamo po naslednji enačbi:

$$t = \frac{d}{v} \quad (\text{en.20})$$

kjer je:

$d$  – dolžina oblaka: 1.184 m.

$v$  – hitrost podzemne vode: 4,35 m/dan.

Zaradi enkratnega vnosa bi onenaževalo doseglo zajetje Hrastje v 647,6 dneh, v zajetju pa bi bilo prisotno 272,1 dni.

#### 6.4 IZRAČUNI DOLŽINE IN ŠIRINE OBLAKA ONSNAŽEVALA NA RAZLIČNIH RAZDALJAH IN ČASIH

Val oz. oblak onesnaženja se dimenzijsko povečuje z razdaljo in časom potovanja proti zajetju. V nadaljevanju zato podajamo izračune dimenij za različne razdalje od mesta posega (tabela 21).

Tabela 21: Dimenije oblaka onesnaževala glede na čas in razdaljo

Parameter	Enota	Izračunana vrednost dni				
		100	500	1000	2000	2820 (Hrastje)
Polmer oblaka onesnaženja v smeri toka podzemne vode na razdalji $3\sigma_x$	m	84,9	220,6	328,9	488,0	592,4
Polmer oblaka onesnaženja prečno na smer toka podzemne vode $3\sigma_y$	m	26,9	69,8	104,0	154,3	187,3
Premer oblaka onesnaženja v smeri toka podzemne vode $d_L$	m	169,9	441,2	657,9	975,9	1184,7

Parameter	Enota	Izračunana vrednost dni				
		100	500	1000	2000	2820 (Hrastje)
Premer oblaka onesnaženja prečno na smer toka podzemne vode na razdalji $d_y$	m	53,7	139,5	208,0	308,6	374,6

## 6.5 IZRAČUNI KONCENTRACIJE ONESNAŽEVALA NA LOKACIJI ZAJETJA

Na podlagi domnev, da ima disperzija onesnažeevala v podzemni vodi Gaussovo porazdelitev koncentracij, lahko izračunamo koncentracijo onesnaževala v kateri koli točki onesnaževala. Koncentracijo onesnaževala  $C$  na lokaciji zajema izračunamo po Hemondu in Hefnerju (2000). Ker gre za 2-D transport onesnaževala, uporabimo za izračune koncentracij snovi na lokaciji zajema naslednjo enačbo:

$$C = \frac{M}{4n\pi\sqrt{D_L D_T}} \exp - \left[ \frac{(x-vt)^2}{4D_L t} + \frac{y^2}{4D_T t} \right] \quad (\text{en.21})$$

kjer je:

$M$  – masa onesnaževala v kg;

$n$  – efektivna poroznost;

$D_L$  – koeficient hidrodinamske disperzije onesnaževala v smeri toka podzemne vode v  $\text{m}^2/\text{dan}$ ;

$D_T$  – koeficient hidrodinamske disperzije onesnaževala prečno na smer toka podzemne vode v  $\text{m}^2/\text{dan}$ ;

$t$  – čas potovanja onesnaževala od vira onesnaženja do zajema podzemne vode v dneh;

$x, y$  – koordinate vodnega vira glede na lokacijo posega v m (v primeru lokacije posega je smer podzemne vode neposredno proti vodarni Hrastje, zato privzamemo, da je  $y = 0$ );

$v$  – hitrost toka špodzemne vode v  $\text{m}/\text{dan}$ ;

Vhodni podatki za izračun koncentracij onesnaževal na lokaciji vodarne Hrastje so v tabeli 22.

Tabela 22: Vhodni podatki za izračun koncentracij onesnaževal podzemne vode na lokaciji vodarne Hrastje

OPV	Scenarij	Čas	Vir	Količina kg	Snov
OPV1	Scenarij normalnega razvoja dogodkov	Gradnja	Tovorni/ TGM	6,41	min. olje
OPV1	Scenarij normalnega razvoja dogodkov	Obratovanje	Osebni	1,28	min. olje
OPV1	Scenarij normalnega razvoja dogodkov	Obratovanje	Lovilnik olj	0,012	min. olje
OPV1	Scenarij alternativnega razvoja dogodkov	Gradnja	Tovornjak	5	min. olje
OPV1	Scenarij alternativnega razvoja dogodkov	Obratovanje	Osebni	2	min. olje
OPV1	Scenarij alternativnega razvoja dogodkov	Obratovanje	Lovilnik olj	1,28	min. olje
OPV1	Scenarij najslabše možnosti	Gradnja	Tovornjak	30	min. olje
OPV1	Scenarij najslabše možnosti	Obratovanje	Osebni	4	min. olje
OPV1	Scenarij najslabše	Obratovanje	Lovilnik olj	400	min. olje

OPV	Scenarij	Čas	Vir	Količina kg	Snov
	možnosti				
OPV2	Scenarij najslabše možnosti	Gradnja	Tovornjak	400	diesel
OPV2	Scenarij najslabše možnosti	Obratovanje	Osebni	40	diesel
OPV3	Scenarij najslabše možnosti	Obratovanje	Osebni	40	bencin
OPV4	Scenarij najslabše možnosti	Obratovanje	Nevtraliz. nazen	0,1	KPK
				0,044	BPK5
				0	Nitrati
				0	Nitriti
				0,005	Amonij
				0,0016	Fosfati
				0,006	Sulfati
OPV4	Scenarij najslabše možnosti	Obratovanje		674,25	KPK
				296,67	BPK5
				0	Nitrati
				0	Nitriti
				33,71	Amonij
				10,79	Fosfati
				40,46	Sulfati
OPV5	Scenarij najslabše možnosti	Obratovanje	Skladiščenje	100	Kemikalije

Rezultati izračuna koncentracije onesnaževal na lokaciji vodarne Hrastje so v tabeli 23. Pri tem grafično nismo prikazali koncentracije komunalnih odpadnih vod iz nevtralizacijskega bazena, ker so količine majhne in tako ne predstavljajo povečanega vpliva na občutljivost.

Tabela 26: Koncentracije onesnaževal na lokaciji zajetja Hrastje

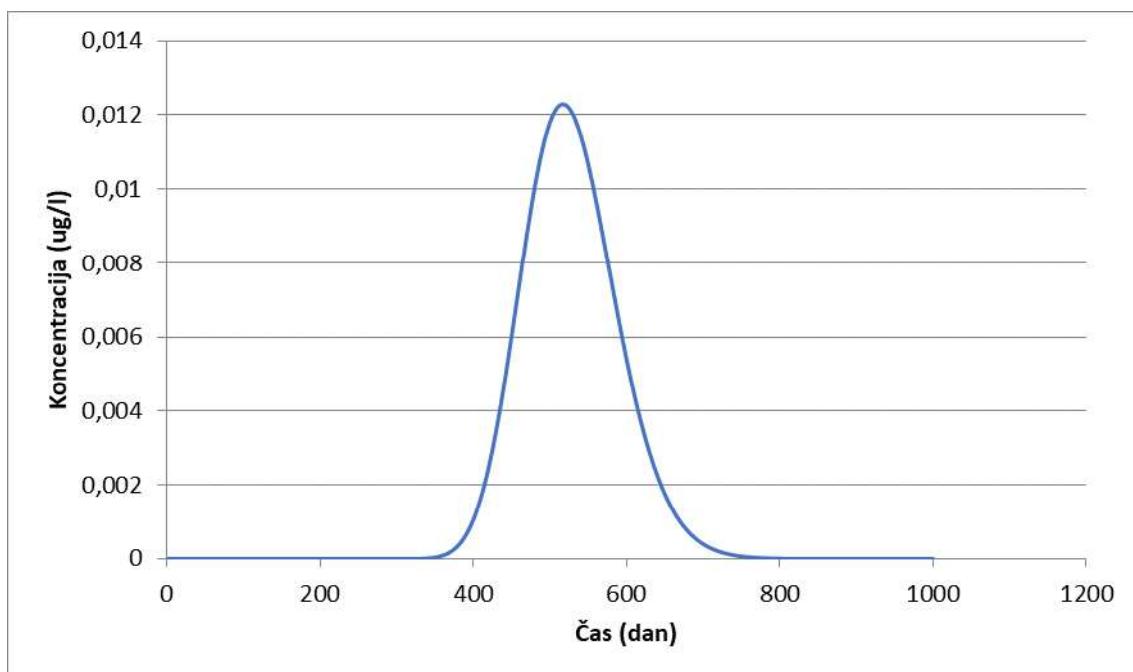
Onesn.	Scenarij	Količina kg	Konc. g/l	Konc. µg/l
min. olje	Scenarij normalnega razvoja dogodkov	6,41	$1,22 \times 10^{-5}$	0,0122
min. olje	Scenarij normalnega razvoja dogodkov	1,28	$2,44 \times 10^{-6}$	0,00244
min. olje	Scenarij normalnega razvoja dogodkov	0,012	$2,29 \times 10^{-8}$	0,000029
min. olje	Scenarij alternativ. razvoja dogodkov	5	$9,53 \times 10^{-6}$	0,00953
min. olje	Scenarij alternativ. razvoja dogodkov	2	$3,81 \times 10^{-6}$	0,00381
min. olje	Scenarij alternativ. razvoja dogodkov	1,28	$2,44 \times 10^{-6}$	0,00244
min. olje	Scenarij najslabše možnosti	30	$5,72 \times 10^{-5}$	0,0572
min. olje	Scenarij najslabše možnosti	4	$7,62 \times 10^{-6}$	0,0762
min. olje	Scenarij najslabše možnosti	400	$7,62 \times 10^{-4}$	0,762
diesel	Scenarij najslabše možnosti	400	$7,62 \times 10^{-4}$	0,762
diesel	Scenarij najslabše možnosti	40	$7,62 \times 10^{-4}$	0,0762
bencin	Scenarij najslabše možnosti	40	$7,62 \times 10^{-4}$	0,0762
KPK	Scenarij najslabše možnosti	0,1	$1,91 \times 10^{-7}$	0,000191
BPK5	Scenarij najslabše možnosti	0,044	$8,38 \times 10^{-8}$	0,0000838
Nitrati	Scenarij najslabše možnosti	0	0	0
Nitriti	Scenarij najslabše možnosti	0	0	0

Onesn.	Scenarij	Količina kg	Konc. g/l	Konc. µg/l
Amonij	Scenarij najslabše možnosti	0,005	$9,53 \times 10^{-9}$	0,00000953
Fosfati	Scenarij najslabše možnosti	0,0016	$3,05 \times 10^{-9}$	0,00000305
Sulfati	Scenarij najslabše možnosti	0,006	$1,14 \times 10^{-8}$	0,0000114
KPK	Scenarij najslabše možnosti	674,25	$1,28 \times 10^{-3}$	1,28
BPK5	Scenarij najslabše možnosti	296,67	$5,65 \times 10^{-4}$	0,565
Nitrati	Scenarij najslabše možnosti	0	0	0
Nitriti	Scenarij najslabše možnosti	0	0	0
Amonij	Scenarij najslabše možnosti	33,71	$6,42 \times 10^{-5}$	0,0642
Fosfati	Scenarij najslabše možnosti	10,79	$2,06 \times 10^{-5}$	0,0206
Sulfati	Scenarij najslabše možnosti	40,46	$7,71 \times 10^{-5}$	0,0771
Kemikalije	Scenarij najslabše možnosti	100	$1,91 \times 10^{-4}$	0,191

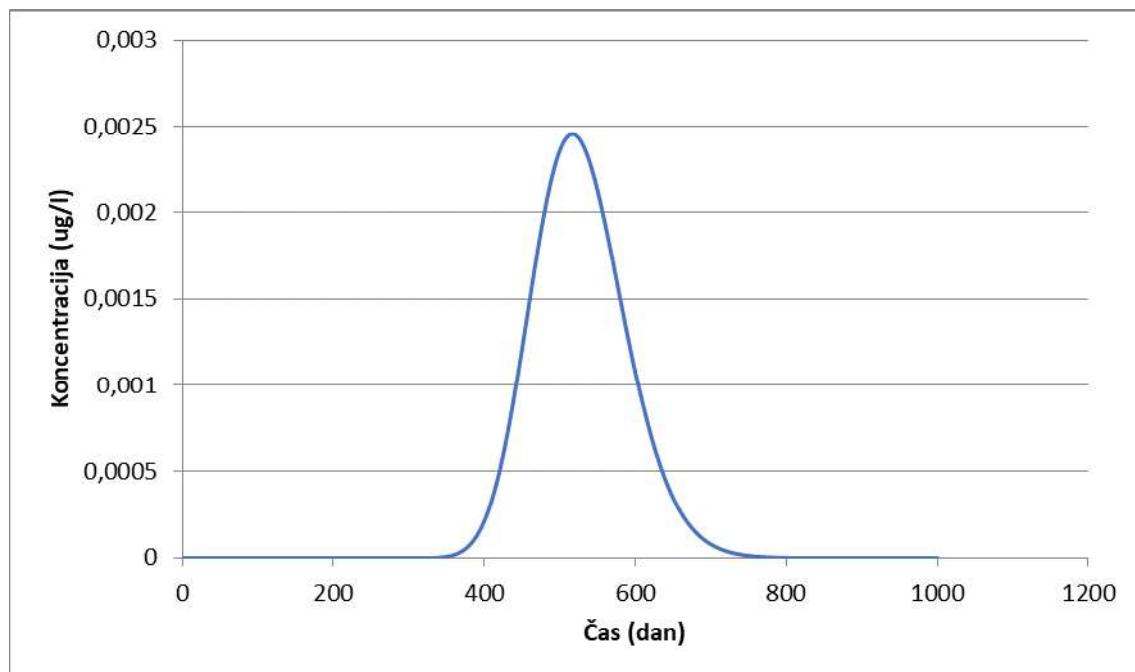
## 6.6 IZRAČUNI KONCENTRACIJE ONESNAŽEVAL NA LOKACIJI ZAJETJA – GRAFIČNI PRIKAZ

### 6.6.1 Scenarij normalnega razvoja dogodkov

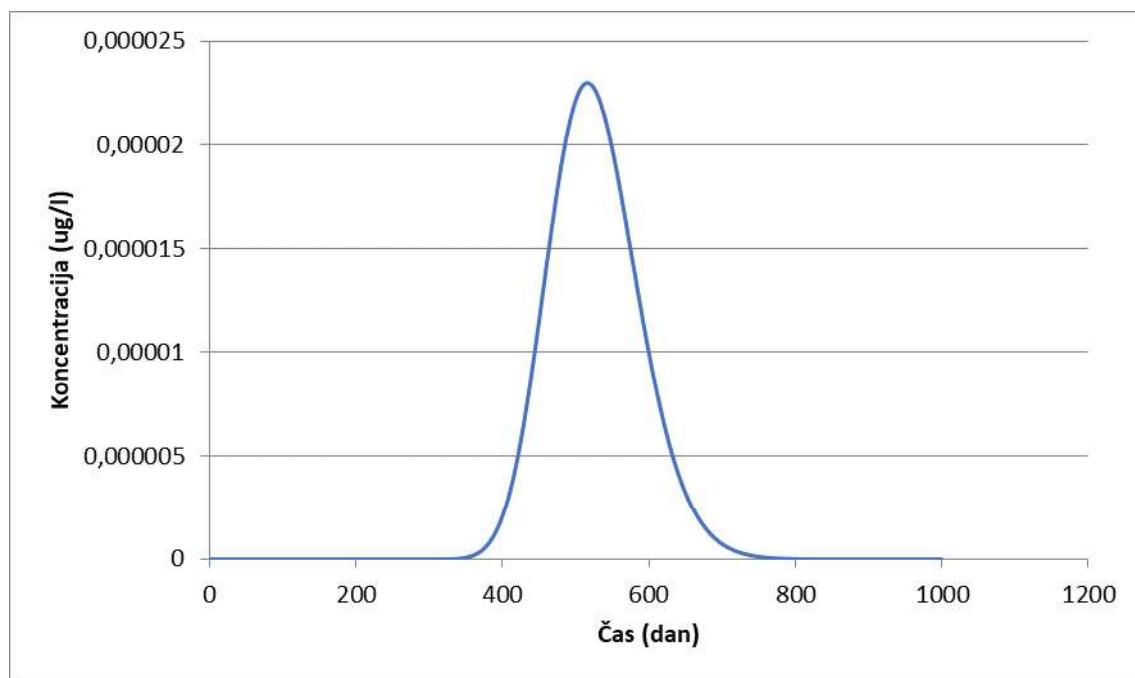
Izračuni koncentracije onesnaževal podzemne vode na lokaciji zajetja so na spodnjih slikah.



Slika 24: Koncentracija mineralnega olja v primeru scenarija normalnega razvoja dogodkov na vodarni Hrastje v času gradnje (M = 6,41 kg)



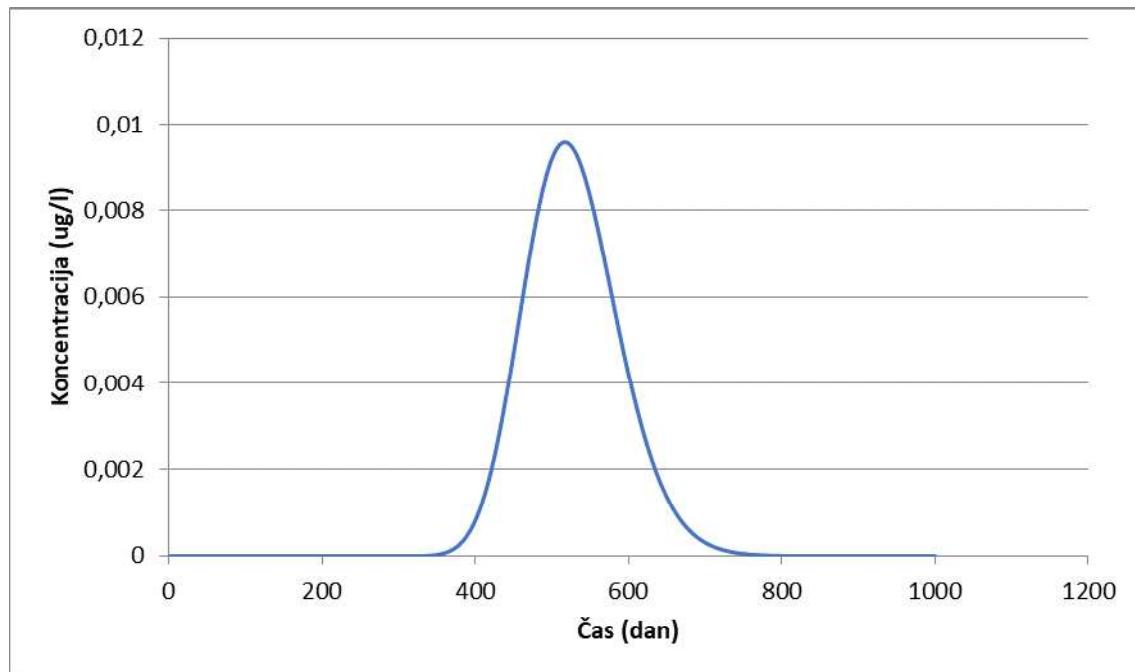
Slika 25: Koncentracija mineralnega olja v primeru scenarija normalnega razvoja dogodkov na vodarni Hrastje v času obratovanja za osebna vozila ( $M = 1,28 \text{ kg}$ )



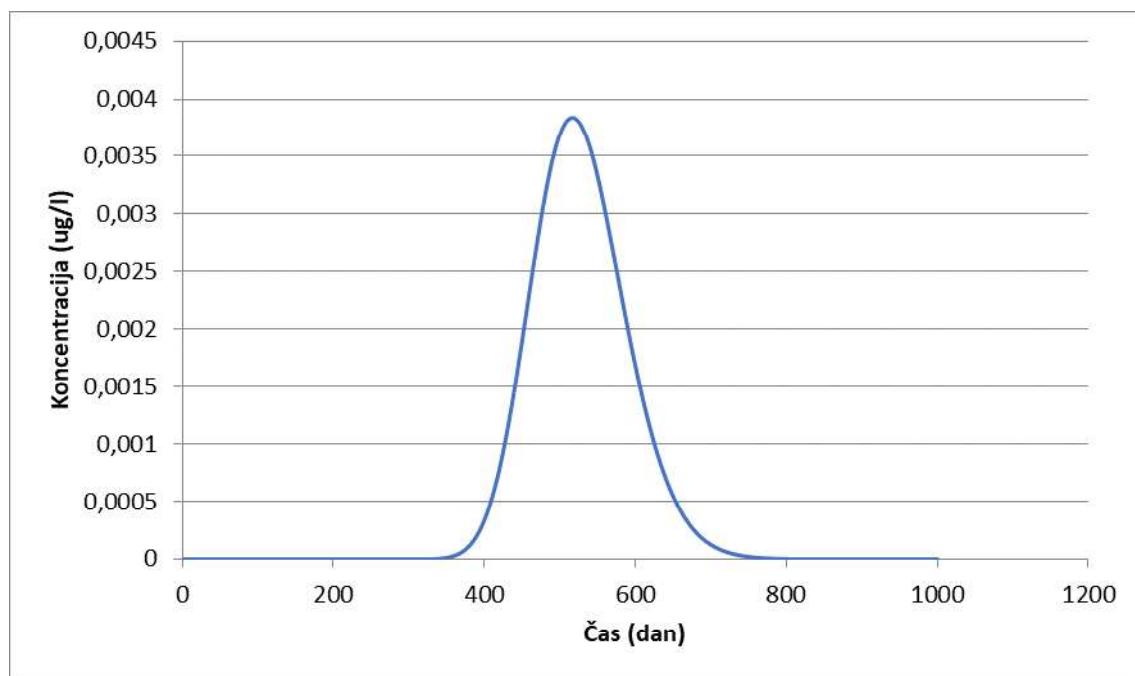
Slika 26: Koncentracija mineralnega olja v primeru scenarija normalnega razvoja dogodkov na vodarni Hrastje v času obratovanja za lovilnik olj ( $M = 1,28 \text{ kg}$ )

#### 6.6.2 Scenarij alternativnega razvoja dogodkov

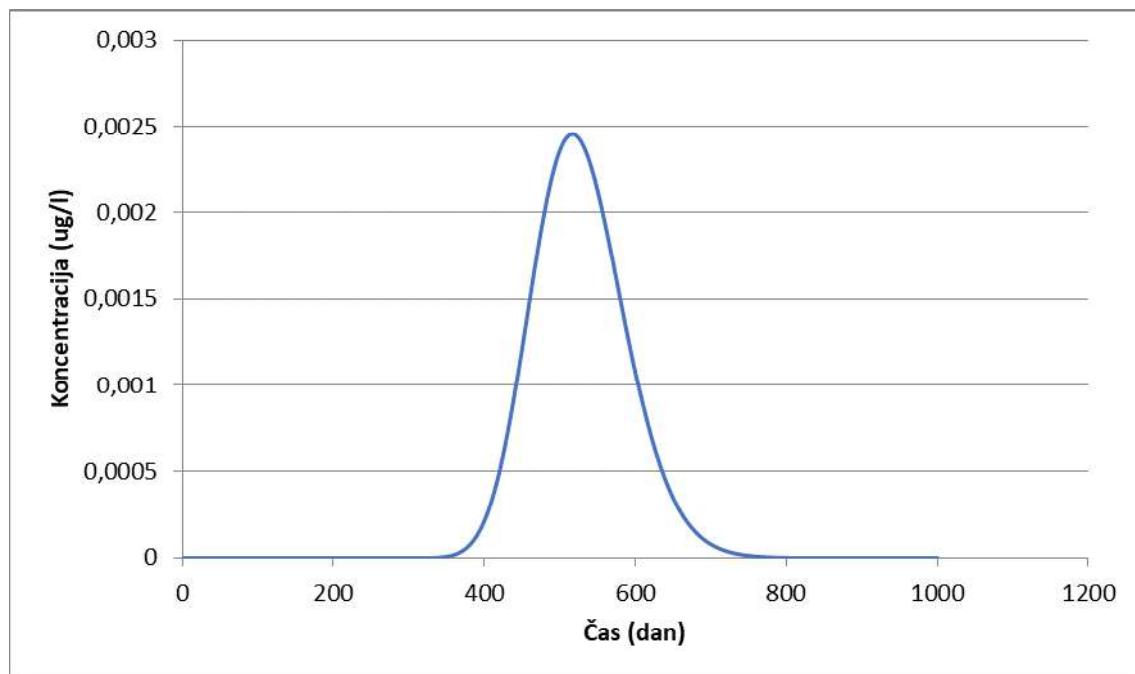
Izračun koncentracije onesnaževala na lokaciji zajetja je na spodnjih slikah.



Slika 27: Koncentracija mineralnega olja v primeru scenarija alternativnega razvoja dogodkov na vodarni Hrastje v času gradnje za tovorna vozila ( $M = 5 \text{ kg}$ )



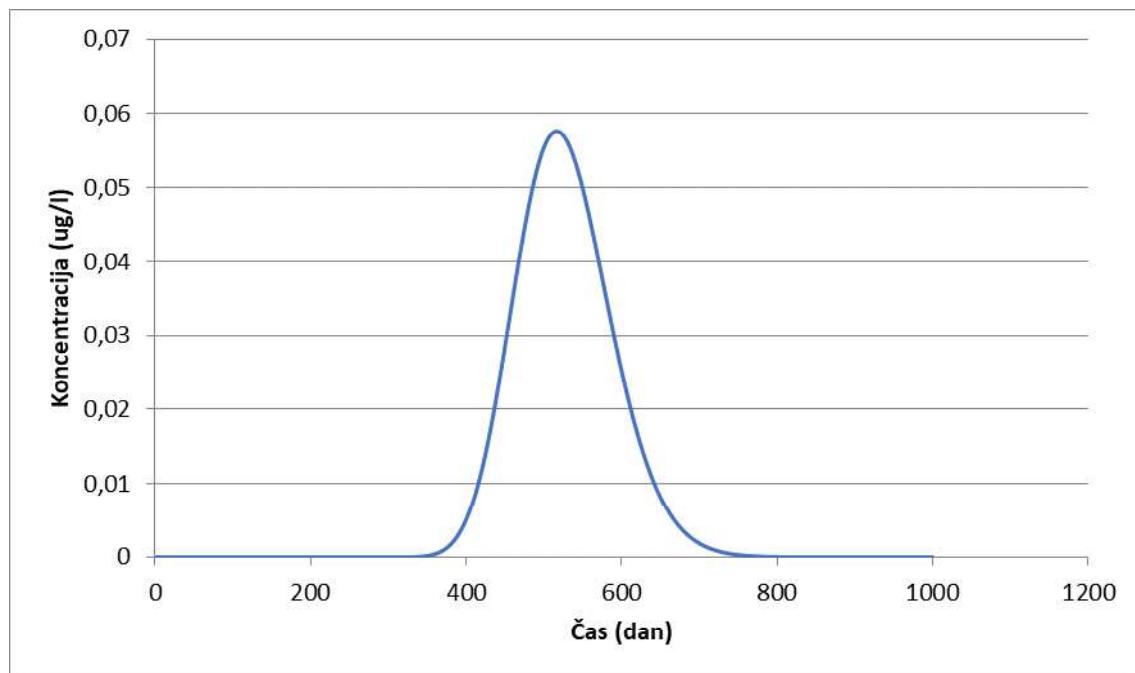
Slika 28: Koncentracija mineralnega olja v primeru scenarija alternativnega razvoja dogodkov na vodarni Hrastje v času obratovanja za osebna vozila ( $M = 2 \text{ kg}$ )



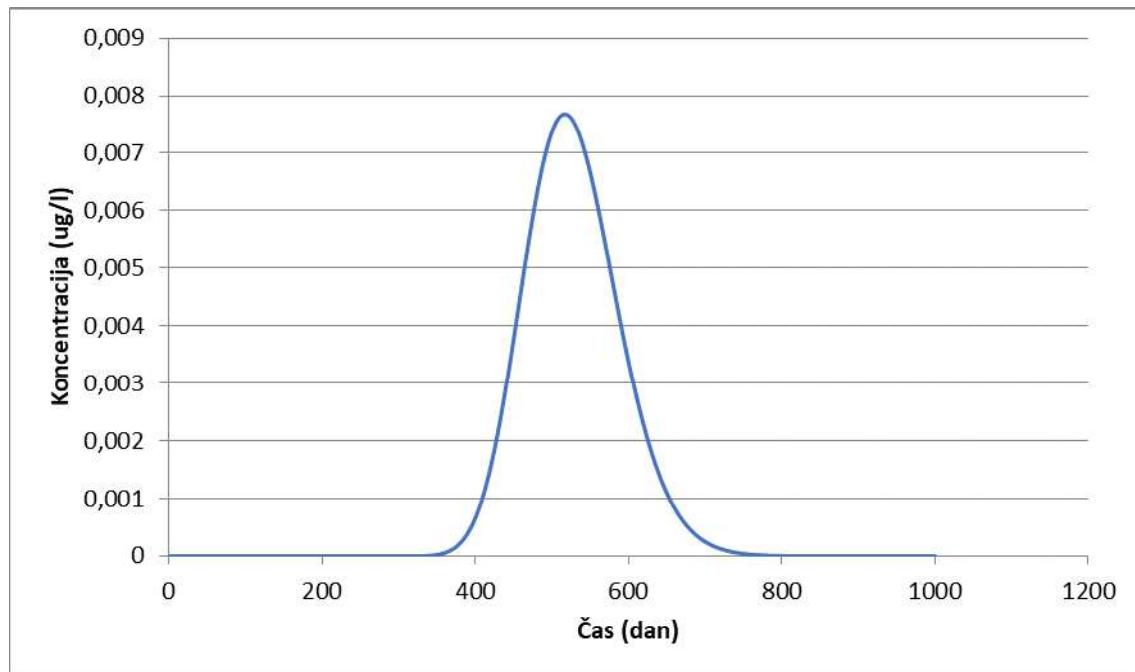
Slika 29: Koncentracija mineralnega olja v primeru scenarija alternativnega razvoja dogodkov na vodarni Hrastje v času obratovanja za lovilnik olj ( $M = 1,28 \text{ kg}$ )

#### 6.6.3 Scenarij najslabše možnosti

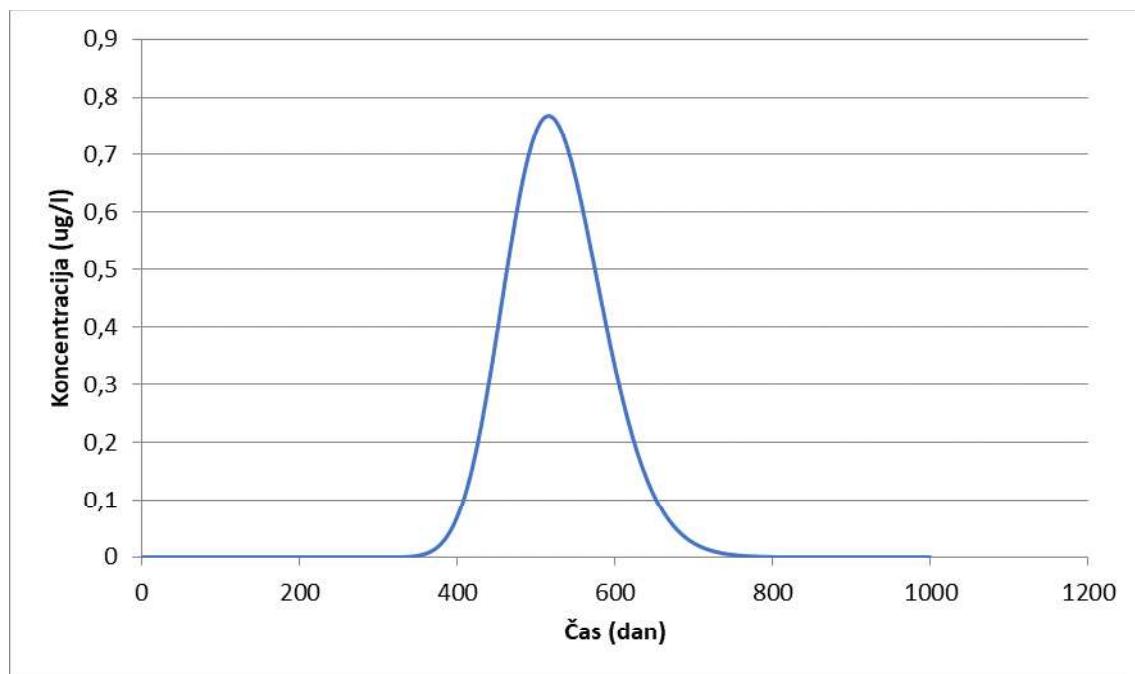
Izračun koncentracije onesnaževala na lokaciji zajetja je na spodnjih slikah.



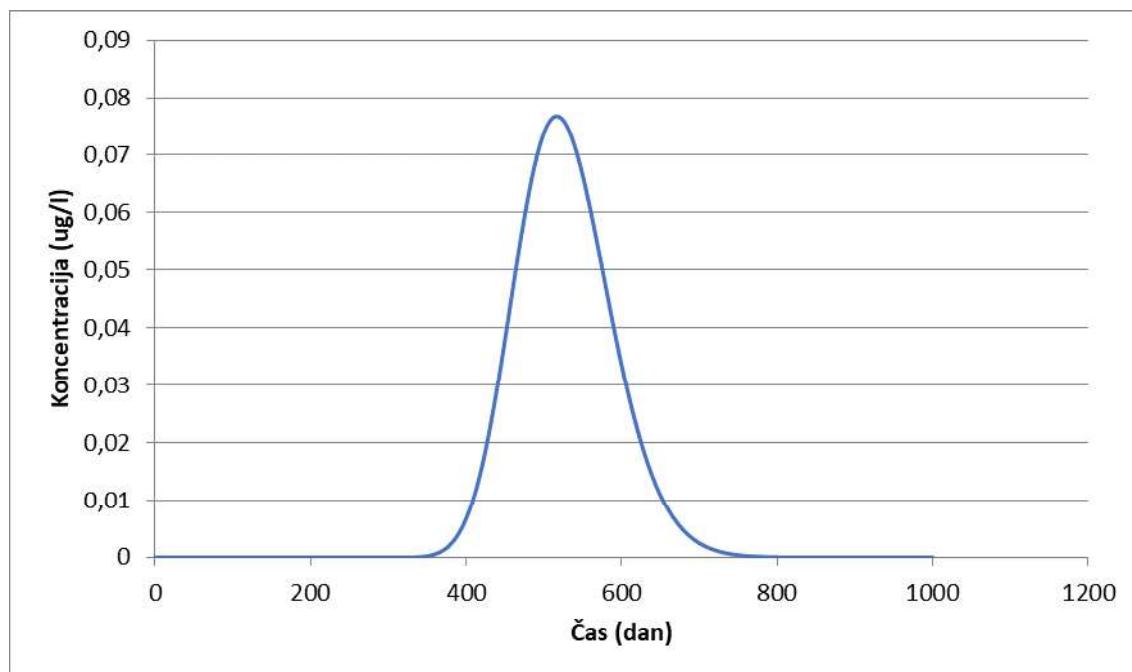
Slika 30: Koncentracija mineralnega olja v primeru scenarija najslabše možnosti na vodarni Hrastje v času gradnje za tovorna vozila ( $M = 30 \text{ kg}$ )



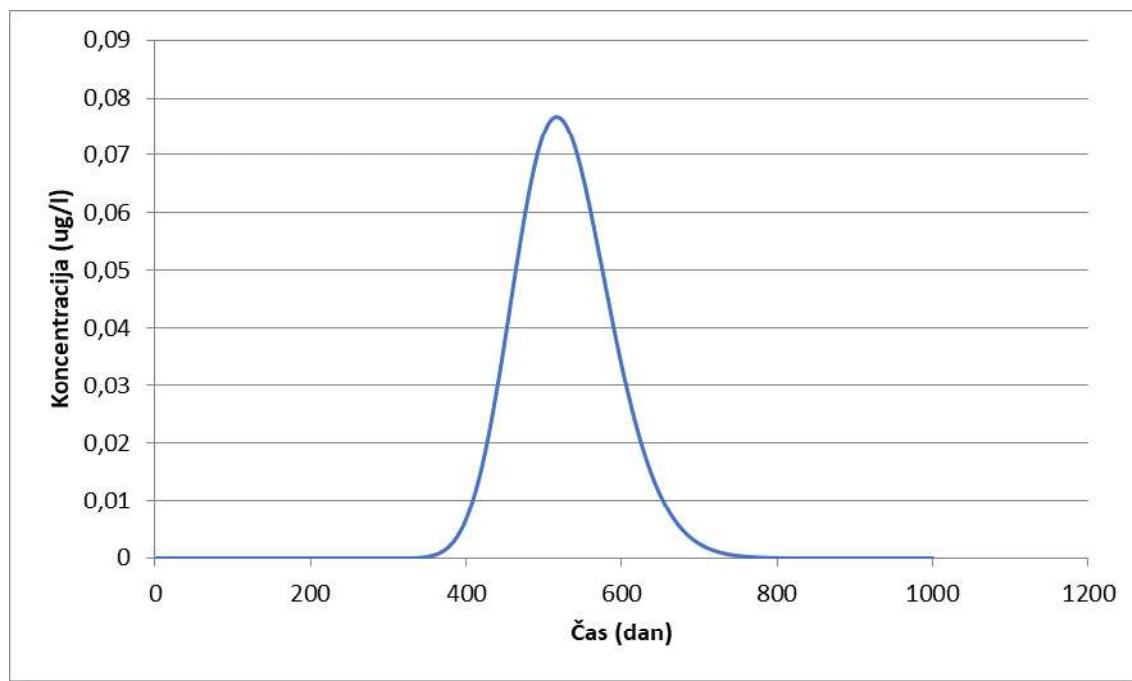
Slika 31: Koncentracija mineralnega olja v primeru scenarija najslabše možnosti v na vodarni Hrastje v času obratovanju za osebna vozila ( $M = 4 \text{ kg}$ )



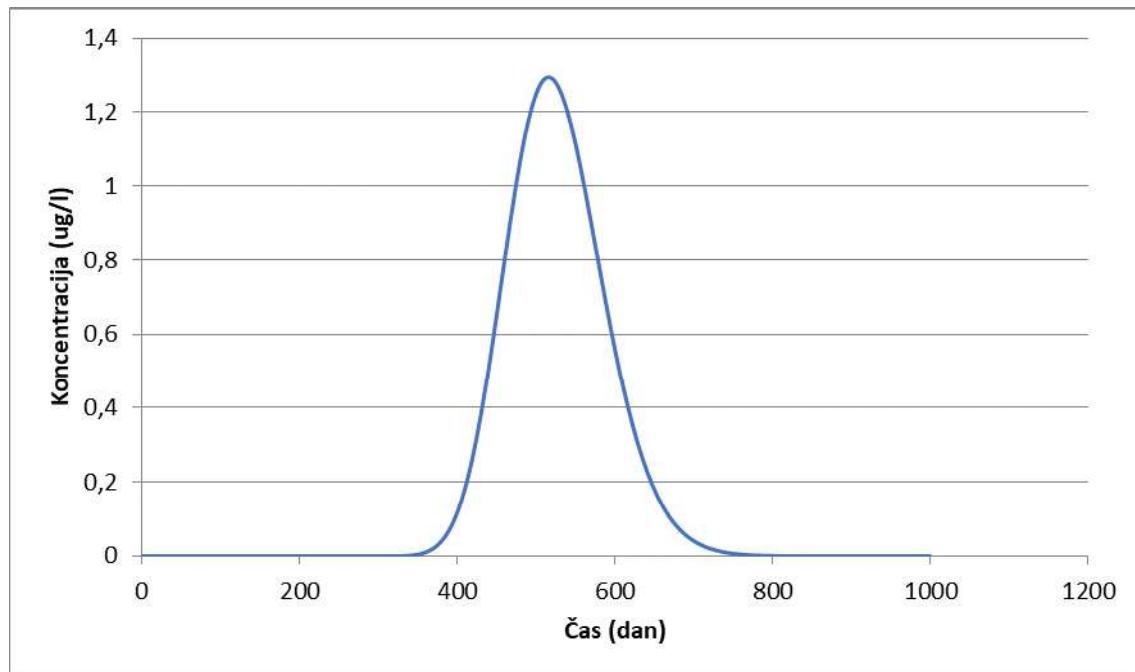
Slika 32: Koncentracija mineralnega olja v primeru scenarija najslabše možnosti v na vodarni Hrastje v času obratovanju za lovilnik olj ( $M = 400 \text{ kg}$ )



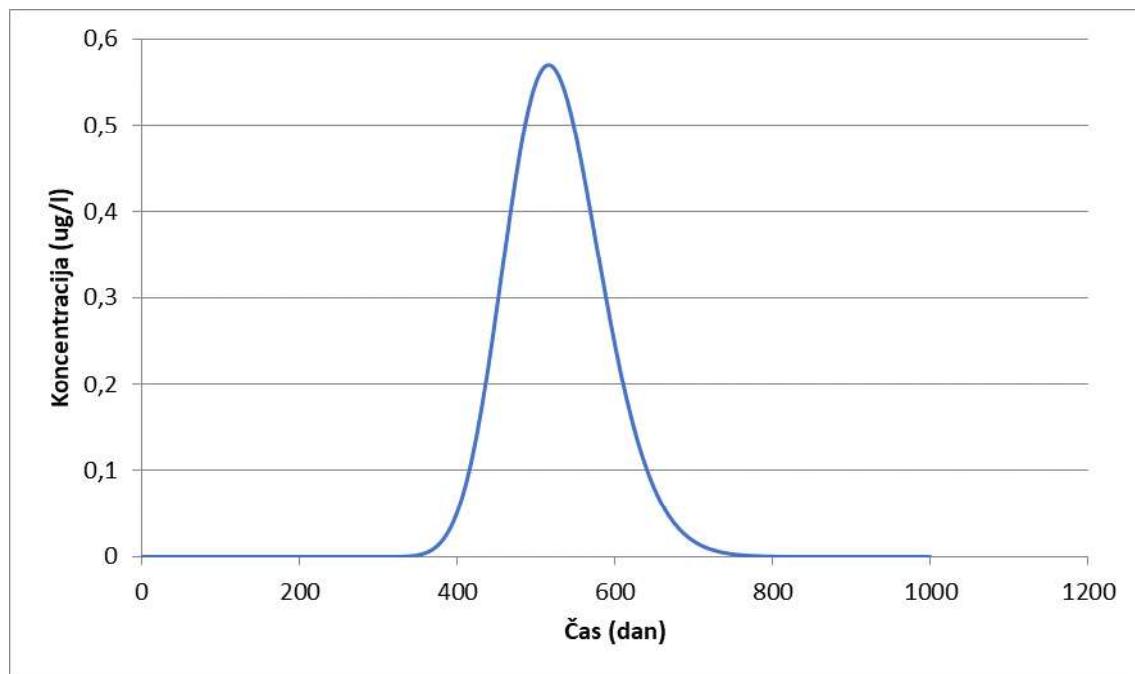
Slika 33: Koncentracija dieselskega goriva v primeru scenarija najslabše možnosti na vodarni Hrastje v času obratovanja za osebna vozila ( $M = 40 \text{ kg}$ )



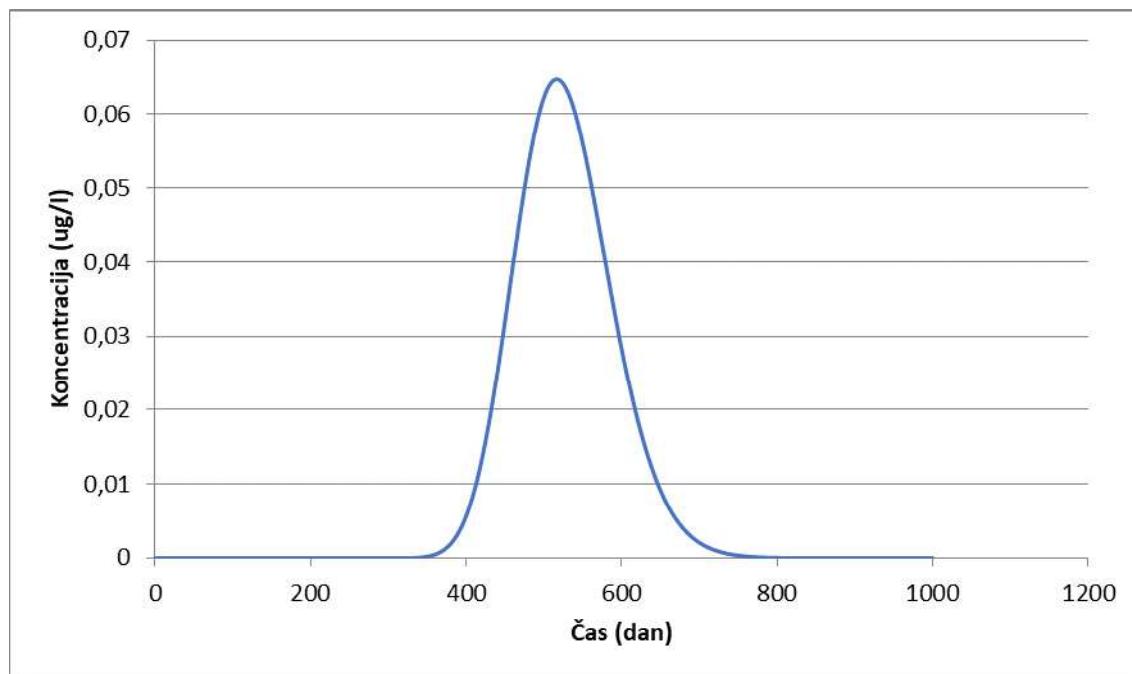
Slika 34: Koncentracija bencina v primeru scenarija najslabše možnosti na vodarni Hrastje v času obratovanja za osebna vozila ( $M = 40 \text{ kg}$ )



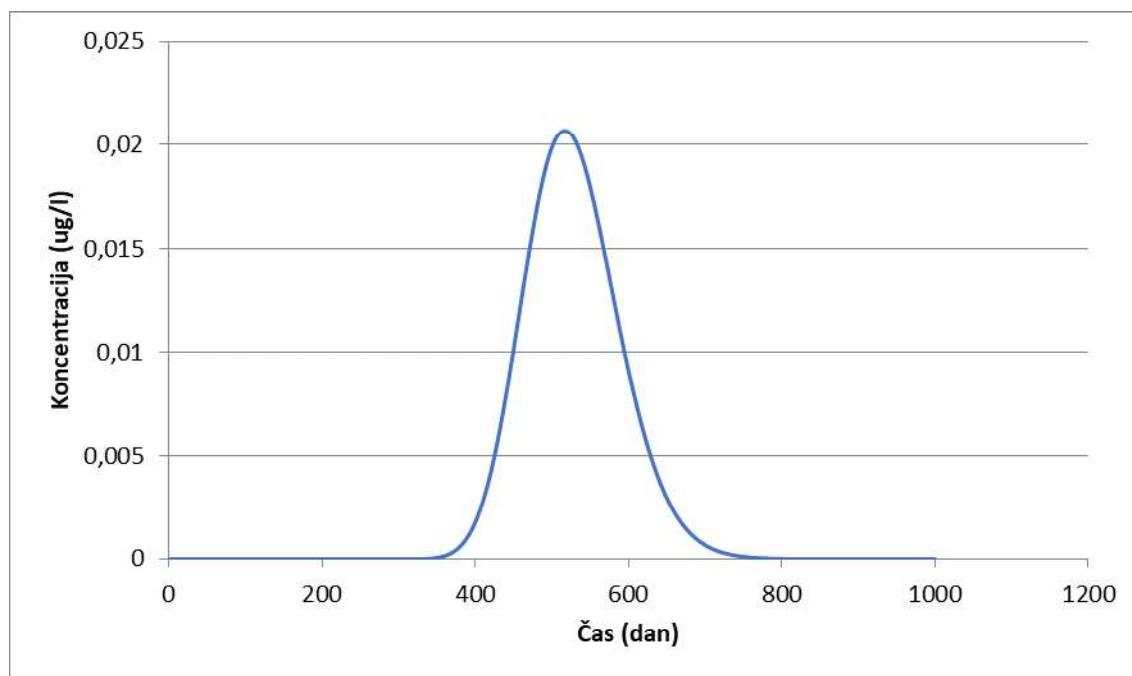
Slika 35: Koncentracija neočiščene komunalne odpadne vode (KPK) v primeru scenarija najslabše možnosti na vodarni Hrastje v času obratovanja za kanalizacijo ( $M = 674,25\text{kg}$ )



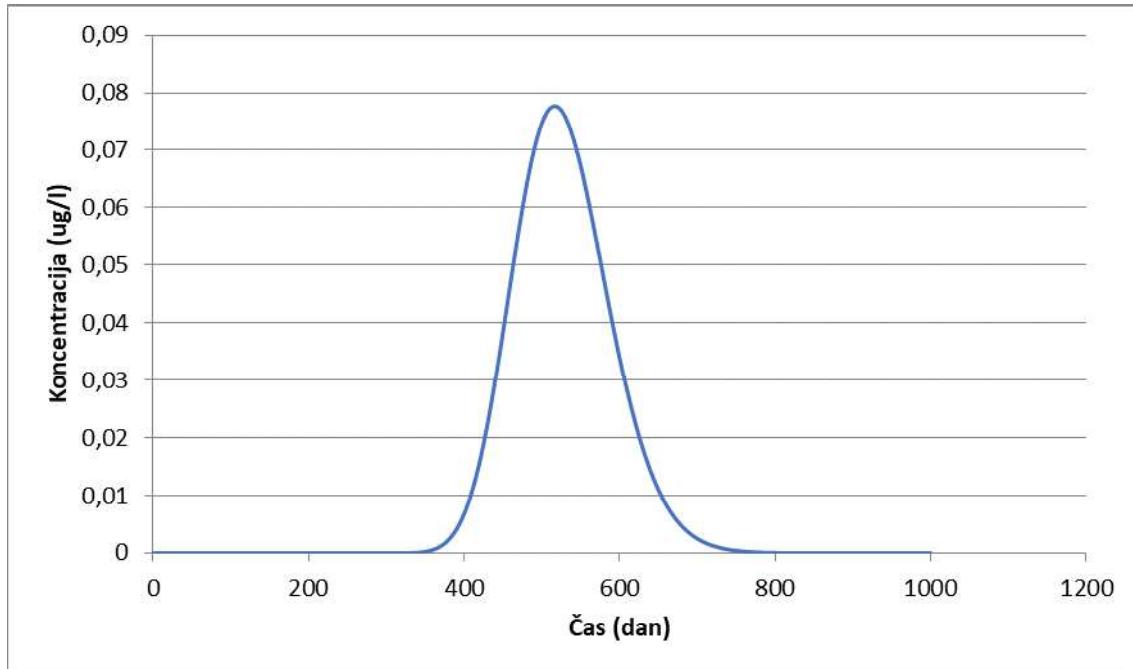
Slika 36: Koncentracija neočiščene komunalne odpadne vode (BPK5) v primeru scenarija najslabše možnosti na vodarni Hrastje v času obratovanja za kanalizacijo ( $M = 296,67 \text{ kg}$ )



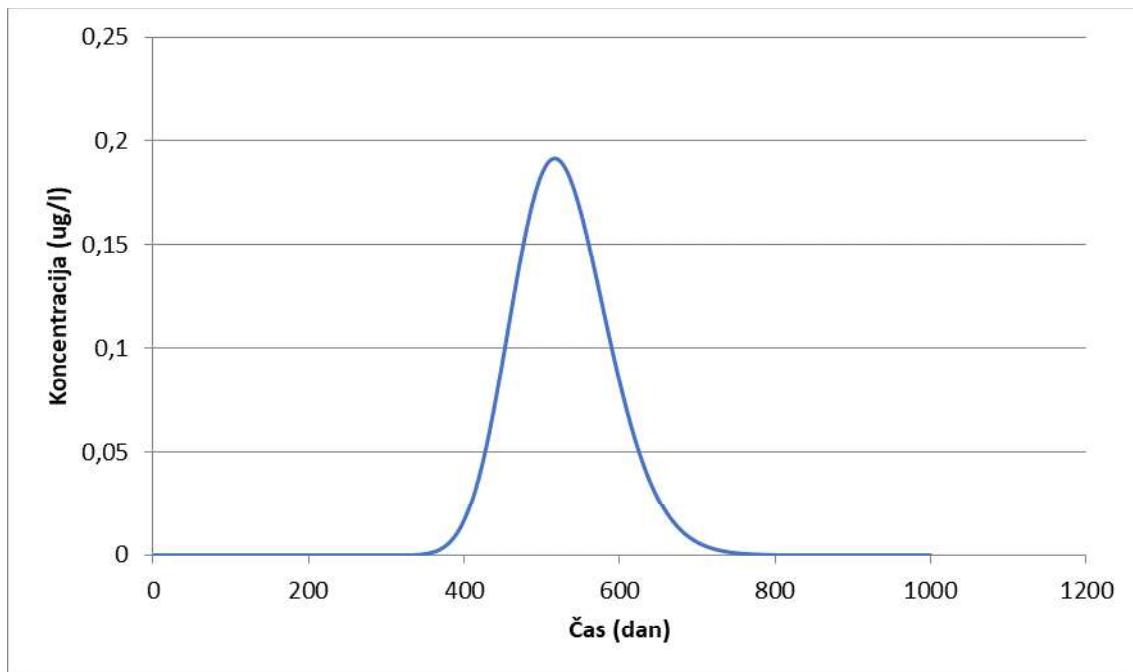
Slika 37: Koncentracija neočiščene komunalne odpadne vode (amonij) v primeru scenarija najslabše možnosti na vodarni Hrastje v času obratovanja za kanalizacijo ( $M = 33,71 \text{ kg}$ )



Slika 38: Koncentracija neočiščene komunalne odpadne vode (fosfati) v primeru scenarija najslabše možnosti na vodarni Hrastje v času obratovanja za kanalizacijo ( $M = 10,79 \text{ kg}$ )



Slika 39: Koncentracija neočiščene komunalne odpadne vode (sulfati) v primeru scenarija najslabše možnosti na vodarni Hrastje v času obratovanja za kanalizacijo ( $M = 40,46 \text{ kg}$ )



Slika 40: Koncentracija kemikalij v primeru scenarija najslabše možnosti na vodarni Hrastje v času obratovanja ( $M = 100 \text{ kg}$ )

## 6.7 PREVERLJIVOST IN ZANESLJIVOST RAČUNSKE METODE

Izračuni širjenja onesnaženja in koncentracije onesnaževal v vodozni coni in ciljnih vodnih virih so narejeni po uveljavljeni metodi.

Vhodne podatke bi bilo možno izbrati tudi nekoliko drugače, saj je njihova variabilnost

velika. Vhodni podatki se nahajajo v mejah realnega.

#### **6.8 OPIS OGROŽENOSTI VODNEGA TELESA PODZEMNE VODE ZARADI GLOBINE IZKOPOV ALI OBJEKTOV**

Podzemna voda po podatkih iz literature nahaja na 15 m. Glede na projekt ima ponikovalni sistem PS1 globino 2,45 m, PS2 pa 1,85 m.

Izkop za stavbo je 10m pod nivojem terena. Izkopi za kanalizacijo je par metrov pod nivojem terena. Izkop za nevtralizacijski bazen je par m pod nivojem terena.

## 7. OPREDELITEV TVEGANJA ZA ONESNAŽENJE VODNIH VIROV

### 7.1 IZRAČUN RELATIVNE OBČUTLJIVOSTI PO PRAVILNIKU

Po Pravilniku o kriterijih za določitev vodovarstvenega območja (Uradni list RS, št. 64/04, 5/06, 58/11 in 15/16) se sprejemljivost tveganja za onesnaženje podzemne vode določi glede na rezultat relativne občutljivosti. Relativna občutljivost (S) je definirana kot razmerje med opazovano novo vrednostjo stanja podzemne vode zaradi ogroženosti in referenčnim stanjem. Relativno občutljivost se izračuna po enačbi:

$$S = \frac{(R + \Delta R)}{R} \quad (\text{en.22})$$

kjer je:

$S$  – relativna občutljivost,

$R$  – referenčno stanje, ki je enako povprečni vrednosti parametra pred posegom;

$\Delta R$  – sprememba referenčnega stanja zaradi ogroženosti kot posledice onesnaženosti.

Referenčno stanje podzemne vode je podano v spodnji tabeli.

Tabela 24: Referenčno stanje glede podzemne vode

Onesnaževalo	R µg/l	Dopustna vrednost relativne občutljivosti S
Mineralno olje	5*	+2
Diesel gorivo	5*	+2
Bencin	5*	+3
KPK	551	+2
BPK5	243**	+2
Nitriti	3702	+2
Nitriti	6	+3
Amonij	381,5	+3
Fosfati	31	+2
Sulfati	4636	+2
Kemikalije	5***	+2

\*upoštevamo vse skupaj

\*\*BPK5 je približno za polovico manj v odpadni komunalni vodi, zato smo to prevzeli tudi na lokaciji zajetja

\*\*\*za kemikalije kot organsko snov damo dopustno vrednost relativne občutljivosti kot npr. za bencin in diesel gorivo, saj te vrednosti niso določene

V spodnji tabeli je podana sprememba referenčnega stanja zaradi posega investitorja za čas obratovanja (tabela 25).

Tabela 25: Izračun relativne občutljivosti

Scenarij	Onesn.	dR µg/l	S	S dop.
Scenarij normalnega razvoja dogodkov	min. olje	0,0122	1,00244	+2
Scenarij normalnega razvoja dogodkov	min. olje	0,00244	1,000488	+2
Scenarij normalnega razvoja dogodkov	min. olje	0,000029	1,0000058	+2
Scenarij alternativnega razvoja dogodkov	min. olje	0,00953	1,001906	+2
Scenarij alternativnega razvoja dogodkov	min. olje	0,00381	1,000762	+2
Scenarij alternativnega razvoja dogodkov	min. olje	0,00244	1,000488	+2
Scenarij najslabše možnosti	min. olje	0,0458	1,00916	+2

Scenarij	Onesn.	dR µg/l	S	S dop.
Scenarij najslabše možnosti	min. olje	0,0061	1,00122	+2
Scenarij najslabše možnosti	min. olje	0,0458	1,00916	+2
Scenarij najslabše možnosti	min. olje	0,762	1,1524	+2
Scenarij najslabše možnosti	diesel	0,0762	1,01524	+2
Scenarij najslabše možnosti	bencin	0,0762	1,01524	+2
Scenarij najslabše možnosti	KPK	0,00019	1,00000035	+2
Scenarij najslabše možnosti	BPK5	0,000084	1,00000034	+2
Scenarij najslabše možnosti	Nitrati	0	0	+2
Scenarij najslabše možnosti	Nitriti	0	0	+3
Scenarij najslabše možnosti	Amonij	0,0000095	1,00000002	+3
Scenarij najslabše možnosti	Fosfati	0,0000061	1,0000001	+2
Scenarij najslabše možnosti	Sulfati	0,0000000015	1	+2
Scenarij najslabše možnosti	KPK	1,28	1,00232305	+2
Scenarij najslabše možnosti	BPK5	0,565	1,0023251	+2
Scenarij najslabše možnosti	Nitrati	0	0	+2
Scenarij najslabše možnosti	Nitriti	0	0	+3
Scenarij najslabše možnosti	Amonij	0,0642	1,00016828	+3
Scenarij najslabše možnosti	Fosfati	0,0206	1,00066452	+2
Scenarij najslabše možnosti	Sulfati	0,0771	1,00001663	+2
Scenarij najslabše možnosti	Kemikalije	0,191	1,0000412	+2

Grafični prikaz je na sliki 41.



Slika 41: Grafični prikaz izračuna relativne občutljivosti

## 7.2 UGOTOVITVE

Relativna občutljivost (S) je pri normalnem in alternativnem poteku dogodkov ter v primeru najslabše možnosti pod mejo relativne občutljivosti, ki jo določa Pravilnik o kriterijih za določitev vodovarstvenega območja (Uradni. list. RS, št. 64/04, 5/06, 58/11, 15/16, priloga 2).

### 7.3 UGOTOVITVE KUMULATIVNI VPLIVI

Kumulativni vplivi so določeni glede na obstoječo onesnaženost na območju zajetja Hrastje za določene parametre, za katere se izvaja monitoring. Primerjava med obstoječim in novim stanjem pa pokaže, da poseg ne spreminja obstoječega stanja, saj je prispevek k obstoječemu stanju nepomemben.

## 8. VARSTVENI IN INTERVENTNI UKREPI

### 8.1 VARSTVENI UKREPI GLEDE NA VELJAVNO ZAKONODAJO

#### 8.1.1 Zakon o vodah

Zakon vodah (Uradni list RS, št. 67/02, 2/04 – ZZdrl-A, 41/04 – ZVO-1, 57/08, 57/12, 100/13, 40/14, 56/15 in 65/20) v 76. členu določa, da se lahko na vodovarstvenem območju se lahko omejijo ali prepovejo dejavnosti, ki bi lahko ogrozile količinsko ali kakovostno stanje vodnih virov, ali zaveže lastnike ali druge posestnike zemljišč na vodovarstvenem območju, da izvršijo ali dopustijo izvršitev ukrepov, s katerimi se zavaruje količina ali kakovost vodnih virov. Gre za splošno zahtevo, ki je podrobnejše določena v Uredbi o vodovarstvenem območju za vodno telo vodonosnika Ljubljanskega (Uradni list RS, št. 43/15, 181/21 in 60/22).

#### 8.1.2 Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajjanju odpadnih voda v vode in javno kanalizacijo

Splošni varstveni ukrepi so določeni tudi v Uredbi o emisiji snovi in toplote pri odvajjanju odpadnih voda v vode in javno kanalizacijo (Uradni list RS, št. 64/12, 64/14 in 98/15) (tabela 26).

Tabela 26: Ukrepi glede na Uredbo o emisiji snovi in toplote pri odvajjanju odpadnih voda v vode in javno kanalizacijo (Uradni list RS, št. 64/12, 64/14, 98/15, 44/22 – ZVO-2 in 75/22)

Člen	Ukrepi in pogoji	Izpolnjevanje zahtev
17.	(1) Padavinsko odpadno vodo, ki odteka s strehe objekta, mora lastnik objekta odvajati neposredno ali posredno v vode, kadar je to tehnično izvedljivo, razen če to vodo uporabi kot dodatni vir vode za namene, pri katerih ni treba zagotoviti kakovosti za pitno vodo, na primer splakovanje stranišč, pranje perila ali zalivanje, in se za tako uporabljenou padavinsko odpadno vodo zagotovi izvedba ukrepov iz prejšnjega člena	Glede na projektno dokumentacijo se padavinska odpadna voda s strehe odvaja v ponikanje.
21.	(2) Odpadna voda se lahko odvaja posredno v podzemno vodo le na območjih, kjer ni vodotokov, če: <ul style="list-style-type: none"> <li>- za območje ne veljajo prepovedi iz 12. člena te uredbe,</li> <li>- parametri onesnaženosti ne presegajo za napravo predpisanih mejnih vrednosti emisije snovi ali emisije toplote za odvajanje posredno v vode,</li> <li>- odvajanje odpadne vode nima škodljivega vpliva na kakovost tal ali podzemne vode ali so škodljivi vplivi odpravljeni ali zmanjšani na sprejemljivo raven in</li> <li>- odvajanje odpadne vode nima škodljivega vpliva na vir pitne vode, če gre za odvajanje na vodovarstvenem območju.</li> </ul>	Industrijska odpadna voda ne nastaja.  Zaradi vgradnje lovilnikov olj ne pričakujemo preseganje parametrov za posredno odvajanje odpadne vode v tla, vpliva na kakovost tal in škodljivega vpliva na vir pitne vode na vodovarstvenem območju, kar je dokazano s to analizo tveganja.

#### 8.1.3 Uredba o vodovarstvenem območju za vodno telo vodonosnika Ljubljanskega polja

Glede na Uredbo o vodovarstvenem območju za vodno telo vodonosnika Ljubljanskega polja (Uradni list RS, št. 43/15, 181/21 in 60/22) veljajo naslednje zahteve, ki jih mora upoštevati investitor (tabela 27).

Tabela 27: Ukrepi glede na Uredbo o vodovarstvenem območju za vodno telo vodonosnika Ljubljanskega polja (Uradni list RS, št. 43/15, 181/21 in 60/22)

Stavba in infrastruktura po CC.Si/gradbena dela	VVO IIB	Ukrepi in pogoji	Izpolnjevanje zahtev
Stavbe za zdravstvo	pp	<p><sup>1</sup>Z gradnjo stavb na podobmočju ožjega VVO z manj strogim vodovarstvenim režimom se ne sme posegati v območje nihanja podzemne vode v vodonosniku. Prav tako se z gradnjo ne sme zmanjšati krovna plast, če je ta upoštevana pri določanju zmanjšanega obsega ali ukrepov ožjega VVO z manj strogim vodovarstvenim režimom. Območje nihanja podzemne vode v vodonosniku je območje med najvišjo in najnižjo izmerjeno gladino oziroma nivojem podzemne vode v nizu meritev gladine podzemne vode. Kot niz meritev gladine podzemne vode se upoštevajo podatki monitoringa podzemne vode na VVO, ki ga zagotavlja Agencija Republike Slovenije za okolje, ali podatki meritev gladine podzemne vode, ki jih izvaja upravljavec vodnega vira na podlagi zahtev, predpisanih v vodnem dovoljenju za izvajanje monitoringa podzemne vode, ali podatki meritev z avtomatskimi merilniki nivojev podzemne vode ali vsaj dvakrat mesečnih ročnih meritev gladine podzemne vode na VVO, v obdobju vsaj dveh hidroloških ciklusov (dve leti opazovanj), ki jih na območju predvidenega posega izvaja investitor.</p> <p><sup>3</sup>Objekte ali naprave na podobmočju širšega VVO z milejšim vodovarstvenim režimom in podobmočju širšega VVO z milim vodovarstvenim režimom je treba graditi nad srednjo gladino podzemne vode. Če se transmisivnost vodonosnika na mestu gradnje ne zmanjša za več kot 10 %, je gradnja izjemoma dovoljena tudi globlje. Če je treba med gradnjo ali obratovanjem drenirati ali črpati podzemno vodo, je za to treba pridobiti vodno soglasje. Srednja gladina oziroma nivo podzemne vode je srednja vrednost v nizu meritev med najvišjo in najnižjo izmerjeno gladino oziroma nivojem podzemne vode. Kot niz meritev gladine podzemne vode se upoštevajo podatki monitoringa podzemne vode na VVO, ki ga zagotavlja Agencija Republike Slovenije za okolje ali</p>	Glej poglavje 6.8

Stavba in infrastruktura po CC.Si/gradbena dela	VVO IIB	Ukrepi in pogoji	Izpolnjevanje zahtev
		podatki meritev gladine podzemne vode, ki jih izvaja upravljavec vodnega vira na podlagi zahtev, predpisanih v vodnem dovoljenju za izvajanje monitoringa podzemne vode, ali podatki meritev z avtomatskimi merilniki nivojev podzemne vode ali vsaj dvakrat mesečnih ročnih meritev gladine podzemne vode na VVO v obdobju vsaj dveh hidroloških ciklusov (dve leti opazovanj), ki jih na območju predvidenega posega izvaja investitor.	
Iztok ali iztočni objekt za odvajanje padavinske odpadne vode, če gre za posredno odvajanje v podzemne vode v skladu s predpisom, ki ureja emisijo snovi in toplote pri odvajjanju odpadnih voda v vode in javno kanalizacijo, in je pred iztokom zagotovljena obdelava padavinske odpadne vode v lovilniku olj	pd <sup>24</sup>	<sup>24</sup> Dno ponikovalnice mora biti najmanj 1 m nad najvišjo gladino podzemne vode, če gre za posredno odvajanje v podzemne vode v skladu s predpisom, ki ureja emisijo snovi in toplote pri odvajjanju odpadnih voda v vode in javno kanalizacijo.	Glej poglavje 6.8
Iztok ali iztočni objekt za odvajanje padavinske odpadne vode iz utrjenih, tlakovanih ali z drugim materialom prekritih površin na površje tal ali s ponikanjem v tla čez lovilnik olj	pd <sup>24</sup>	<sup>24</sup> Dno ponikovalnice mora biti najmanj 1 m nad najvišjo gladino podzemne vode, če gre za posredno odvajanje v podzemne vode v skladu s predpisom, ki ureja emisijo snovi in toplote pri odvajjanju odpadnih voda v vode in javno kanalizacijo.	Glej poglavje 6.8
Iztok ali iztočni objekt za odvajanje padavinske odpadne vode s streh objektov, če gre za posredno	+ <sup>24</sup>	<sup>24</sup> Dno ponikovalnice mora biti najmanj 1 m nad najvišjo gladino podzemne vode, če gre za posredno odvajanje v podzemne vode v skladu s predpisom, ki ureja emisijo snovi in toplote pri odvajjanju odpadnih voda v vode in javno kanalizacijo.	Glej poglavje 6.8

Stavba in infrastruktura po CC.Si/gradbena dela	VVO IIB	Ukrepi in pogoji	Izpolnjevanje zahtev
odvajanje v podzemne oz. neposredno v površinske vode v skladu s predpisom, ki ureja emisijo snovi in topote pri odvajjanju odpadnih voda v vode in javno kanalizacijo.			
Parkirišče na gradbišču za delovne stroje in naprave (brez vzdrževanja vozil in strojev )	pp	pp pomeni, da potrebna analiza tveganja.	Parkirišča na gradbišču za delovne stroje in naprave ne bo. Investor bo poskrbel, da izvajalci gradbenih del ne bodo delovnih strojev in naprav parkirali na lokaciji posega, tako da se bo mehanizacijo sprotno vozilo in odvažalo z gradbišča.
Prostor za vzdrževanje vozil in strojev ali začasna skladišča za goriva in maziva ali gradbena kemična sredstva	pp	pp pomeni, da potrebna analiza tveganja.	Prostora za vzdrževanje vozil in strojev ali začasnih skladišč za goriva in maziva ali gradbena kemična sredstva ne bo. Investor bo poskrbel, da izvajalci gradbenih del tega ne bodo počeli na gradbišču.
Sanitarije na gradbišču	- <sup>11</sup>	<sup>11</sup> Razen če se uporabljo kemična stranišča ali je urejeno odvajanje iz stranišč v javno kanalizacijo.	Uporabljala se bodo kemična stranišča na izpraznjenje (javna komunalna služba). Investtitor mora poskrberti, da izvajalci gradbenih del pripeljejo na gradbišče prenosna kemična stranišča.
Oskrba strojev in naprav z gorivom na gradbišču (pretakanje goriva)	pp	pp pomeni, da potrebna analiza tveganja.	Oskrba strojev ibn naprav se ne bo izvajala na gradbuišču.
Izkopi na gradbišču	pd <sup>5</sup>	5Izkopi na najožjih VVO in podobmočjih ožjega VVO s strogim vodovarstvenim režimom ter	Glej poglavje 6.8

Stavba in infrastruktura po CC.Si/gradbena dela	VVO IIB	Ukrepi in pogoji	Izpolnjevanje zahtev
		podobmočjih ožjega VVO z manj strogim vodovarstvenim režimom niso dovoljeni, če niso izdelani več kakor 2 m nad najvišjo gladino podzemne vode. .	

## 8.2 VARSTVENI UKREPI, KI SO ŽE PREDVIDENI S PROJEKTNO DOKUMENTACIJO

### 8.1.1 Varstveni ukrepi v času gradnje

Ukrepi v času gradnje v projektni dokumentaciji niso predvideni.

#### 8.2.1 Varstveni ukrepi v času obratovanja

Ukrepi, ki so že predvideni v projektni dokumentaciji, so:

- Odvajanje padavinske odpadne vode z asfaltiran povoznih, manipulativnih in parkirnih površin na nivoju pritličja ter klančine v kletno garažo bo omogočeno z ustreznimi vzdolžnimi in prečnimi padci ob robnikih do požiralnikov oz. točkovnih vtočnikov in linijskih kanalet ter preko lovilca olj do ponikovalnih polj oz. zadrževalnikov oz. ponikovalnih vrtin v sklopu zunanje ureditve.
- Za ostale tlakovane površine za pešce in intervencijsko pot okrog objekta izven območja kleti objekta je predvideno razpršeno ponikanje na lokaciji preko drenažno ponikovalnih cevi v sestavi zgornjega ustroja utrjenih površin.
- Obravnavani objekt bo priključen na javno kanalizacijsko omrežje komunalne odpadne vode s skupnim hišnim priključkom s sosednjim objektom.

## 8.3 VARSTVENI IN INTERVENTNI UKREPI, DOLOČENI PRI ANALIZI TVEGANJA

### 8.3.1 Varstveni ukrepi v času gradnje

Ukrepi, ki jih bodo morali izvajati izvajalci gradbenih del in investor, investor pa tudi izvajati nadzor nad njimi, projektant pa navesti v projektni dokumentaciji, so naslednji:

- Odstranitev zemljine se mora izvesti le na predvidenem območju za gradnjo objektov, tako da bo prizadeta čim manjša površina tal.
- Vsi izkopi se morajo izvajati v suhem vremenu, saj bo intervencijski čas za odstranitev onesnažene zemljine v primeru izliva goriva ali motornega olja iz gradbenega stroja v tem primeru bistveno krajši, bistveno pa bo zmanjšana tudi verjetnost za onesnaženje podzemne vode. V primeru nesreče (npr. v primeru razlitja naftnih derivatov) se tako prepreči hitro in nekontrolirano pronicanje v nižje z vodo zasičene zemeljske plasti.
- Zemeljska dela se morajo opravljati pod stalnim nadzorom vodje gradbišča.
- V času izvedbe temeljenja mora biti stalno prisoten nadzornik gradbišča.
- Vsi transportni in gradbeni stroji ter naprave, uporabljeni pri gradnji, morajo biti tehnično brezhibni in ustreznov vzdrževani.
- Goriva se v težko gradbeno mehanizacijo in tovorna vozila ter razne naprave in stroje ne smejo točiti na gradbišču. Enako se ne smejo v točiti kemikalije.
- Parkiranje in puščanje strojev, težke gradbene mehanizacije, tovornih vozil ter strojev in naprav na gradbišču, ni dovoljeno, razen strojev in naprav, ki za svoje delovanje ne rabijo goriva, olja ali pa ne vsebujejo kemikalij.
- Vzdrževanje, popravila in servisiranje gradbene mehanizacije in tovornih vozil na gradbišču ter strojev in naprav ni dovoljeno, razen strojev in naprav, ki za svoje delovanje ne rabijo goriva, olja ali pa ne vsebujejo kemikalij.
- Gradbene odpadke se mora hraniti v zaprtih posodah, da se prepreči izpiranje v tla,

tam pa kjer to ni mogoče (npr, izkopi), jih je treba pokriti s ponjavami, da zaradi padavin ne pride do njihovega izpiranja v tla.

- Investitor mora zagotoviti, da izvajalci gradbenih del na gradbišču hranijo ali začasno skladiščijo odpadke, ki nastajajo pri gradbenih delih, ločeno po vrstah gradbenih odpadkov iz klasifikacijskega seznama odpadkov.
- Investitor mora zagotoviti, da izvajalci gradbenih del odpadke hranijo ali začasno skladiščijo na gradbišču tako, da ne onesnažujejo okolja in je zbiralcu gradbenih odpadkov omogočen dostop za njihov prevzem ali prevozniku gradbenih odpadkov za njihovo odpremo.
- Investitor mora zagotoviti oddajo gradbenih odpadkov zbiralcu ali obdelovalcu, kar mora biti tudi ustrezeno evidentirano (evidenčni listi o odpadkih).
- Prepovedano je izlivanje nevarnih in drugih tekočih odpadkov, kemikalij in snovi v tla ali v kanalizacijski sistem.
- Za skladiščenje nevarnih snovi oz. kemikalij naj se uporablja originalna embalaža, posode za skladiščenje pa morajo biti zaprte in ustrezeno označene (oznaka nevarnosti).
- Preprečiti se mora kakršno koli razlitje, izpiranje ali izluževanja nevarnih kemikalij v tla na območju gradbišča (glej gornje ukrepe).
- Izvajalec gradbenih del mora med drugim zagotoviti, da so na območju gradbišča skladiščene najmanjše možne količine nevarnih snovi oz. kemikalij, ki se pri gradnji uporabljajo, čim krajši čas.
- Za gradnjo in vgradnjo se morajo uporabljajo le materiali, ki ne ogrožajo podtalja in podzemne vode.
- Mora se poskrbeti, da se za začasne prometne in gradbene površine uporabijo obstoječe infrastrukturne in druge manipulativne površine, v kolikor je to mogoče, pri čemer morajo biti te površine opredeljene (določene) pred začetkom izvajanja del – načrt gradbišča;
- Vsi, ki prihajajo in se zadržujejo na gradbišču, morajo biti seznanjeni z ukrepi varstva podzemne vode;
- Zagotoviti se mora vse varnostne ukrepe in organizacijo na gradbišču, da bo preprečeno onesnaženje okolja in voda, ki bi lahko nastalo zaradi transporta, skladiščenja in uporabe tekočih goriv in drugih škodljivih snovi;
- Vsi delavci morajo biti poučeni o nevarnostih in o načinu ukrepanja v tovrstnih primerih. Vse tovrstne dogodke se mora vpisati v gradbeni dnevnik.

### **8.1.2 Varstveni ukrepi v času obratovanja**

Ukrepi, ki jih bodo morali izvajati investitor, projektant pa uporabiti pri projektiranju in navesti v projektni dokumentaciji, so naslednji:

- V stavbi;
  - Tla morajo biti neprepustna za kemikalije in vodo, kjer se kemikalije skladiščijo.
  - Ker bodo prostori, kjer se bodo skladiščile kemikalije, delovali kot zadrževalni sistem, ne sme imeti nobenih odprtin, odtokov ali kakšnih koli drugih odprtin, ki bi omogočale odtok odpadne požarne vode. Alternativa temu je, da se uporabi lovilna korita, na katera se da posode s kemikalijami, za manjše količine je lahko tudi taka omara.
  - Treba je preprečiti iztok odpadne požarne vode v podtalnico. V tem primeru se kot prvo alternativo namesti vodotesno pregrado na ročni premik, ki jo zaposleni in drugi v primeru razlitja ter gasilci v primeru požara premaknejo čez vrata, ki vodijo v stavbo.
- Zunanja ureditev;
  - Zagotovljeno mora biti, da se ročno ali pa avtomatsko prepreči odtok odpadne požarne vode v lovilnik olj z loputo ali čim podobnim na iztoku. Enak ukrep velja tudi za obstoječi lovilnik olj;
- Lovilnik olj;
  - Redno je treba vršiti nadzor nad lovilnikoma olj in vzdrževanje (tabela 28). Izdelata se poslovnik in obratovalni dnevnik.

Tabela 28: Nadzor in vzdrževanje lovilnika olj

Kontrola	Opis	Ukrep	Opombe
1 x na 6 mesecev	Kontrola nivoja	Če je nivo olja previsok, obvezen odvzem vsebine; če je nivo mulja previsok obvezen odvzem vsebine.	Kontrolo nivoja izvaja upravljavec lovilnikov olj.
Po vsakem nalivu	Kontrola nivoja	Če je nivo olja previsok, obvezen odvzem vsebine.	Kontrolo nivoja izvaja upravljavec lovilnikov olj.
			Odvzem izvaja strokovno usposobljen izvajalec
1 x na leto	Odvzem vsebine	Odvzem vsebine omogoča pravilno delovanje lovilnika olj, zato ga je treba izvajati redno.	Odvzem izvaja strokovno usposobljen izvajalec
Poleti ob velikih sušah	Kontrola nivoja	Če je nivo prenizek, doliti vodo v lovilnik.	Kontrolo nivoja izvaja upravljavec lovilnikov olj
Ob izrednih dogodkih (poplave, potresi, poškodbe ipd.)	Pregled in kontrola delovanja	Izvesti sanacijo.	Pregled in kontrolo izvaja upravljavec lovilnikov olj.
			Sanacijo izvajajo za to usposobljeni izvajalci

- Kanalizacija za odpadne vode:
  - Redno je treba vršiti nadzor in pregled kanalizacije za odpadne vode (tabela 22). nadzor se vrši 1x na leto. Ob izrednih dogodkih (poplave, potresi, poškodbe ipd.) je treba izvesti sanacijo.
- V času požara:
  - Treba je preprečiti odtok morebitnih razlitih kemikalij in odpadne gasilne vode iz gašenja iz notranjosti stavbe, pri čemer se uporabi zapore vrat,. Ukrep je povzet iz »Smernice za zajem požarne vode, št.IZS MST-13-2020, IZS Ljubljana 2020« in smernice »Ritenzione delle acque di spegnimento, Guida pratica, Cantoni ZH, BE, LU, UR, SZ, NW, OW, GL, ZG, FR, SO, SH, AR, GR, AG, TG, TI, VD, VS, NE, GE, JU, FL1a edizione ottobre 2015«. To se naredi z vodotesno pregrado na ročni premik, ki jo gasilci v primeru požara premaknejo čez vrata. Ukrep se za vsa vhodna vrata v stavbi.

#### **8.1.3 Interventni ukrepi v času gradbenih del**

Ukrepi, ki jih bodo morali izvajalci gradbenih del, investitor pa izvajati nadzor nad njimi, projektant pa navesti v projektni dokumentaciji, so naslednji:

- Za primer dogodkov, kot je npr. razlitje oz. onesnaženje površine tal z naftnimi derivati (z gorivom ali oljem iz gradbenih strojev ali transportnih vozil) ali z neznanimi tekočinami, mora biti pripravljen poslovnik (pravilnik, načrt ravnanja) za takojšnje ukrepanje.
- Onasnaževalo hitro prodira v globino in že po nekaj 10 minutah je že nekaj 10 cm globoko. Zato je pomembno, da se onesnažena plast podtalja čim prej odstrani, kot nevaren odpadek. Nadaljnje ravnanje pa mora poteчатi glede na zakonodajo o odpadkih (glej ukrepe).
- V primeru razlitja naftnih derivatov je potrebno onesnaženje takoj omejiti, kontaminirano zemljino odstraniti in jo neškodljivo deponirati, obenem pa je potrebno takoj oz. čim prej izdelati analizo onesnaženega materiala in oceno

odpadka s strani pooblaščene inštitucije. Na osnovi analize materiala je potrebno kontaminirano zemljino predati v nadaljnjo oskrbo za to dejavnost registriranemu zbiralcu, ki je evidentiran pri Ministrstvu za okolje in prostor kot zbiralec teh odpadkov. Vse tovrstne dogodke je potrebno vpisati v gradbeni dnevnik.

- Mora se zahotoviti ustreznna adsorpcijska sredstva za omejitev in zajem naftnih derivatov (ali drugih kemikalij), ki morajo biti uskladiščena na območju gradbišča in takoj dostopna.
- Vodja gradbišča oz. druga pooblaščena oseba mora o tovrstnih dogodkih takoj obvestiti pristojne službe (najbližjo policijo, center za obveščanje, gasilce, upravljalca vodovoda, inšpekcijske službe). Pristojne službe po potrebi odredijo ogled mesta razlitja, na osnovi tega pa se po potrebi sprejme dodatne ukrepe za sanacijo onesnaženja (odvzem vzorcev vode iz piezometrov, dodaten izkop onesnaženega materiala ipd.).

#### **8.3.2 Interventni ukrepi v času obratovanja**

Ukrepi, ki jih bodo morali izvajati investitor, projektant pa jih navesti v projektni dokumentaciji, so naslednji (povzemamo tudi ukrepe, ki so bili omenjeni na različnih mestih v besedilu):

- V primeru razlitja goriv in olja iz vozil, jih je treba odstraniti s površine z adsorpcijskim sredstvom. Onesnaženo adsorpcijsko sredstvo predstavlja nevaren odpadek, s katerim lahko ravna le podjetje, ki je zavedeno v seznam zbiralcev oziroma odstranjevalcev tovrstnih odpadkov. Spiranje razlitja neposredno v okolje ni dovoljeno.
- Onasnaževalo hitro prodira v globino in že po nekaj 10 minutah je že nekaj 10 cm globoko. Zato je pomembno, da se onesnažena plast podtalja čim prej odstrani, kot nevaren odpadek. Nadaljnje ravnjanje pa mora potekati glede na zakonodajo o odpadkih (glej ukrepe)
- Z odpadki, ki nastanejo zaradi razlitih goriv in olja, se ravna kot z nevarnimi odpadki. Nadaljnje ravnjanje z odpadki je tako, kot je opisano zgoraj. Spiranje razlitja neposredno v okolje ni dovoljeno.
- Veziva za omejitev in zajem goriv in olja morajo biti v stavbi in na zunanjih površinah.
- V primeru požara:
  - V kolikor se ne da izogniti gašenju s peno, morajo gasilci preprečiti, da pena steče v interno kanalizacijo;
  - Gasilci ne smejo peno spirati z vodo v kanalizacijo in pa v okolje;
  - Odpadno pено mora investitor oddati kot odpadek oz. v kolikor je pomešana z odpadno gasilno vodo, jo morajo gasilci zajeti v stavbi, investitor pa jo mora dati očistiti na ustrezno čistilno napravo.

#### **8.4 OBRATOVALNI MONITORING**

Zavezanc je povzročitelj obremenitve, če mora kot upravljač naprave iz predpisa, ki ureja emisijo snovi in toplote pri odvajjanju odpadnih voda v vode in javno kanalizacijo, naprave iz predpisa, ki ureja vrste dejavnosti in naprav, ki lahko povzročajo onesnaževanje okolja večjega obsega, naprave za odstranjevanje odpadkov iz proizvodnje titanovega dioksida iz predpisa, ki ureja emisijo snovi in odstranjevanje odpadkov iz proizvodnje titanovega dioksida, ali kot upravljač odlagališča iz predpisa, ki ureja odlagališča odpadkov, v skladu s predpisi iz te točke zagotavljati obratovalni monitoring stanja podzemne vode. Zavezanc je tudi upravljač naprave iz četrtega odstavka prejšnjega člena.

Investitor ni ničesar od tega.

**9. KONČNA OCENA**

Varovanje vode na vodovarstvenih območjih je odvisno od kakovostnega načrtovanja in podanih varstvenih ukrepov, ki so opisani v tej analizi tveganja.

Pri ugotavljanju, ali bi bila v primeru onesnaženja zaradi posega investitorja ogrožena podzemna voda vodonosnika Ljubljanskega polja, smo upoštevali hidrogeološke značilnosti predlaganega vodovarstvenega območja in območja posega.

Poseg investitorja je gradnja bolnišnice.

Posegu najblizje vodno zajetje je vodarna Hrastje.

Pri analizi tveganja smo izračune koncentracije na nestu zajetja naredili za naslednja onesnaževala podzemne vode:

- Mineralno olje OPV1;
- Diesel OPV2;
- Bencin OPV3;
- Komunalna odpadna voda OPV4;
- Kemikalije OPV5.

Rezultati analize tveganja so naslednji.

Relativna občutljivost (S) je pri normalnem in alternativnem poteku dogodkov ter v primeru najslabše možnosti pod mejo relativne občutljivosti, ki jo določa Pravilnik o kriterijih za določitev vodovarstvenega območja (Uradni. list. RS, št. 64/04, 5/06, 58/11, 15/16, priloga 2).

Komulativni vplivi so določeni glede na obstoječo onesnaženost na območju zajetja Hrastje za določene parametre, za katere se izvaja monitoring. Primerjava med obstoječim in novim stanjem pa pokaže, da poseg ne spreminja obstoječega stanja, saj je prispevek k obstoječemu stanju nepomemben.

**Iz vsega tega sledi, da je tveganje za onesnaženje vodnega telesa podzemne vode pri gradnji in obratovanju predmetnega posega na obravnavanem območju sprejemljivo ob implementaciji in spoštovanju zapisanih varstvenih ukrepov.**

**10. VIRI IN LITERATURA**

- Brenčič, M., 2003: Pravilnik za določanje vodovarstvenih območij: Določanje ukrepov in omejitev na vodovarstvenih območjih, Vodni dnevi 2003; Bled;
- Brenčič, M., 2004: Prečkanja cest preko vodovarstvenih območij, GEOLOGIJA;
- Brenčič, M. 2021: Dinamika podzemne vode, Naravoslovno tehniška fakulteta, Oddelek za geologijo, Ljubljana;
- Brečko, V., 1996; Podtalnica Ljubljanskega polja – najpomembnejši vodni vir za oskrbo Ljubljane;
- Brečko, V. 1998: Pokrajinske značilnosti območij virov pitne vode v jugovzhodni Ljubljanski kotlini, GEOGRAFSKI VESTNIK 70, Ljubljana;
- Breznič, M., 1969: Podtalnica Ljubljanskega polja in možnost njenega povečanega izkoriščanja, GEOLOGIJA 12, Ljubljana;
- Chatles D. in sod., 2005: Diffusion in saturated soil. I: Background;
- Čenčur C.B. in sod, 2005: Modelling Parameter Estimation by Tracer Experiments in the Porous Aquifer of Ljubljana Polje, Proceedings of the 5th International Symposium on Management Of Aquifer Recharge ISMAR5, Berlin;
- Drobne, F. in sod. 1997: Preveritev in dopolnitev strokovnih osnov za določitev varstvenih pasov sedanjih in perspektivnih vodnih virov za območje mesta Ljubljane in okolice. Arhiv Geološkega zavoda, Ljubljana;
- Dvorkin, J. 2009: Kozeny-Carman Equation Revisited;
- Fetter C. W., 1999; Contaminant Hydrogeology; Seconfd editopn, Prentice Hall;
- Fried, J. J., 1975: Groudwater Polution, Theory, Methodology, Modelling and Practical Rules;
- Grad K., Ferjančič L., 1974. Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000, list Kranj. Zv. geol. zavod Beograd.
- Grad K., Ferjančič L., 1976: Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000. Tolmač lista Kranj. Zv. geol. zavod Beograd;
- Grimaz S., in sod. Fast prediction of the evolution of oil penetration into the soil immediately after an accidental spillage for rapid-response;
- Hemmond H. F. in Fechner E. J., 1994: Chemical fate and transport in environment, Academic Press Inc.;
- Jamnik, B. in Urbanc, J., 2007; Porazdelitev in izvor nitratov v podzemni vodi Ljubljanskega polja, GEOLOGIJA 50/2, Ljubljana;
- Janža, M., 2009: Modeliranje heterogenosti vodonosnika Ljubljanskega polja z uporabo Markovih verig in geostatistike, GEOLOGIJA 52/2, Ljubljana;
- Johnson in sod., 1889: Transport and fate of contaminants in the subsurface, EPA;
- Klemenčič Š., 2005: Uporaba programa PEARL za simulacijo emisije pesticidov v podtalnico Ljubljanskega polja;
- Kranjc Kušlan, S., 1995: Bilanca podzemnih voda Republike Slovenije. Inštitut za geologijo, geotehniko in geofiziko, Ljubljana;
- Rejec, R.I. in sod., 2004: Podtalnica Ljubljanskega polja, GEOGRAFIJA SLOVENIJE 10, ZRC SAZU Ljubljana;
- Rman, N., 2013: Uporabnost učnega modela medzrnskega vodonosnika za izboljšanje poznavanja dinamike podzemne vode, GEOLOGIJA 56/2, Ljubljana;
- Savić, V., 2009: Analiza podatkov opazovanj in optimizacija opazovalne mreže glede na različne potrebe izkoriščanja voda, Diplomsko delo, FGG Ljubljana;
- Smrekar, A., 2006; Zavest ljudi o pitni vodi, GEOGRAFIJA SLOVENIJE 12, ZRC SAZU Ljubljana;
- Šram, D. in sod., 2012: Prostorski model vise~ih vodonosnikov na Ljubljanskem polju, GEOLOGIJA 55/1, Ljubljana;
- Todd D.K. in Mays LW., 2005: Groundwater Hydrology, 3rd Edition;
- Urbanc, J., 1999: Izotopske raziskave podzemne vode Ljubljanskega polja, GEOLOGIJA 41, Ljubljana;

- Žlebnik L., 1971; Vpliv geoloških dogajanj v pleistocenu na površinske in podzemne vode, Geološki zavod Ljubljana, Dimičeva 14, 61000 Ljubljana;
- podatki ARSO;
- podatki VO-KA.
- projektna dokumentacija.

IZDELAL:

Aleš KRAŠNA, univ. dipl. biol.

  
LOZEJ d.o.o.  
AJDOVŠČINA

Ajdovščina, 01. 07. 2022