



Investitor:

**Republika Slovenija
Ministrstvo za okolje, podnebje in energijo
Langusova ulica 4
1000 Ljubljana**

Objekt:

**Pregled dokumentacije in izdelava strokovnih
podlag za izvedbo sanacije za območje Stare
Cinkarne v Mestni občini Celje**

**2. Nabor potrebnih dodatnih geološko-geotehničnih
raziskav in geološko-geomehanskih raziskav**

Vrsta dokumentacije:

Elaborat

Faza:

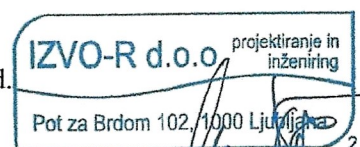
2. vmesno poročilo

Izdelovalec:

**IZVO-R, projektiranje in inženiring d.o.o.
Pot za Brdom 102, 1000 Ljubljana**

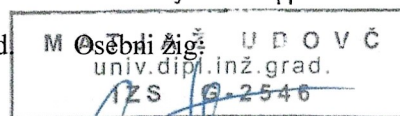
Odgovorni predstavnik
podjetja:

Matjaž Udovč, univ. dipl. inž. grad.
Podpis:



Pooblaščen inženir:

Matjaž Udovč, univ. dipl. inž. grad.
Id. št.: G-2546



Podpis:

Številka dokumenta:

P96/25

Datum:

V Ljubljani, september 2025

PODATKI O IZDELOVALCIH DOKUMENTACIJE P96/25

Pregled dokumentacije in izdelava strokovnih podlag za izvedbo sanacije za območje Stare Cinkarne v Mestni občini Celje

2. Nabor potrebnih dodatnih geološko-geotehničnih raziskav in geološko-geomehanskih raziskav

Izdelovalec:



IZVO-R d.o.o.,
Pot za Brdom 102
1000 Ljubljana

Vodja:

Matjaž Udovč, univ. dipl. inž. grad.

Sodelavci:

Helena Garzarolli, univ. dipl. inž. grad
Miha Zidarič, univ. dipl. inž. grad.
Drago Golob, univ. dipl. inž. grad.

KAZALO VSEBINE

1. UVOD	5
1.1. Območje obravnave	5
1.2. Zakonske podlage.....	7
2. PRETEKLA RABA PROSTORA.....	9
2.1.1. Kronologija dejavnosti na območju Stare Cinkarne	10
2.1.2. Pregled industrijske dejavnosti na območju Stare Cinkarne in njen vpliv na okolje.....	11
2.1.3. Pregled stanja območja glede na ortofoto posnetke.....	13
2.1.4. Okoljska tveganja zaradi pretekle industrijske dejavnosti na območju Stare Cinkarne ..	19
3. GEOLOŠKA ZGRADBA OBMOČJA.....	20
4. PREDHODNE RAZISKAVE.....	21
4.1. Razpoložljivi podatki predhodnih raziskav	21
4.1.1. Kemijske analize nasutij in matične podlge	21
4.1.2. Kemijske analize izlužkov nasutij in matične podlage	22
4.1.3. Kemijske analize podzemne vode	23
4.1.4. Analize površinske vode.....	24
4.2. Vrednotenje predhodnih raziskav	24
5. DODATNE RAZISKAVE ZA DOLOČITEV PARAMETROV ONESNAŽENJA.....	25
5.1. Izvedba piezometrov in sanacija obstoječih piezometrov	25
5.1.1. Sanacija obstoječih piezometrov	25
5.1.2. Izvedba dodatnih piezometrov.....	26
5.1.3. Izvedba količinskega monitoringa podzemne vode.....	27
5.2. Kemijske analize podzemne vode	27
5.3. Kemijske analize površinskih vod	27
5.4. Geofizikalne preiskave:	29
5.4.1. Geoelektrične (ERT in VES) meritve.....	29
5.4.2. Georadarske (GPR) meritve	29
5.5. Geomehanske vrtine za določitev kemijskega stanja tal	30
5.5.1. Zahteve glede izvedbe geomehanskih vrtin.....	30
5.5.2. Popis jedra vrtin.....	30
5.5.3. SPT raziskave v vrtinah	31
5.5.4. Laboratorijske fizikalno mehanske analize izvrtanine.....	31
5.5.5. Terenska rentgenska fluorescenčna analiza (XRF)	32
5.6. Ocena odpadka.....	32
5.7. Redosled in časovnica izvedbe terenskih del in poročanje	32
5.7.1. Poročanje o izvedenih delih.....	33
6. RECENZIJA.....	34
6.1. Reference za izvedbo del.....	34
7. ZAKLJUČEK.....	34

Kazalo slik

Slika 1: Območje obravnave skladno z Odlokom o določitvi degradiranega okolja in programa ukrepov za izboljšanje kakovosti okolja na območju Stare Cinkarne v Mestni občini Celje.....	6
Slika 2: Prikaz območja proizvodnje Stare Cinkarne in halde rajmovke.	10
Slika 3: Delna umestitev porušenih objektov glede na namembnost na območju Stare Cinkarne.....	13
Slika 4: Ortofoto posnetek stanja območja Stare Cinkarne v letu 1930.	14
Slika 5: Ortofoto posnetek stanja območja Stare Cinkarne v letu 1996.	14
Slika 6: Ortofoto posnetek stanja območja Stare Cinkarne v letu 1999.	15
Slika 7: Ortofoto posnetek stanja območja Stare Cinkarne v letu 2002.	15
Slika 8: Ortofoto posnetek stanja območja Stare Cinkarne v letu 2006.	16
Slika 9: Ortofoto posnetek stanja območja Stare Cinkarne v letu 2010.	16
Slika 10: Ortofoto posnetek stanja območja Stare Cinkarne v letu 2013.	17
Slika 11: Ortofoto posnetek stanja območja Stare Cinkarne v letu 2014.	17
Slika 12: Ortofoto posnetek stanja območja Stare Cinkarne v letu 2016.	18
Slika 13: Ortofoto posnetek stanja območja Stare Cinkarne v letu 2018.	18
Slika 14: Ortofoto posnetek stanja območja Stare Cinkarne v letu 2022.	19
Slika 15: Okvirne lokacije vzorčenja površinske vode.	28

Kazalo preglednic

Preglednica 1: Lokacije obstoječih piezometrov na območju Stare Cinkarne.	26
Preglednica 2: Fizikalno mehanske preiskave vzorcev iz geomehanskih vrtin.	31

1. UVOD

Območje Stare Cinkarne v Celju vključno s področjem, kjer se je v preteklosti nahajala halda rajmovke, predstavlja degradirano območje skladno z Odlokom o določitvi degradiranega okolja in programa ukrepov za izboljšanje kakovosti okolja na območju Stare Cinkarne v Mestni občini Celje (Uradni list RS, št. 35/24). Gre za podedovana okoljska bremena zaradi pretekle rabe prostora za potrebe barvne metalurgiji in kemični industriji.

Glede na literaturne podatke, ki temeljijo na terenskih raziskavah izvedenih v zadnjih 25 letih, so tla na območju Stare Cinkarne močno onesnažena z bakrom, cinkom, kadmijem in svincem. Kritične imisijske vrednosti nevarnih snovi so mestoma presežene tudi za faktor 100. Nekatere izmerjene vrednosti presegajo celo zgornje mejne vrednosti za odpadke, ki se smejo odlagati na odlagališča nevarnih odpadkov. Ponekod so presežene kritične imisijske vrednosti tudi za arzen in krom. Ostanki zakopanih premogovnih katranskih jam predstavljajo vir mineralnih olj in PAH spojin, pojavljajo se tudi klorirane organske snovi. Podobna visoka preseganja mejnih vrednosti za kritične težke kovine so ugotovljena tudi v izlužkih iz zemljin. Vsebnosti težkih kovin v podzemni vodi na območju so mestoma 10-krat preko mejnih vrednosti za iztok v vodotoke.

V prvem delu dokumenta je predstavljena pretekla industrijska dejavnosti na območju Stare Cinkarne in njen vpliv na okolje. Sledi pregled že izvedenih okoljskih raziskav na območju za določitev stopnje onesnaženja in vrednotenje rezultatov. V zadnjem delu dokumenta pa so podani predlogi dodatnih raziskav, ki bi jih bilo potrebno izvesti za določitev obsega onesnaženja na območju Stare Cinkarne, na podlagi katerih bo mogoče narediti izbor najprimernejših metod sanacije.

1.1. Območje obravnave

Območje, ki je predvideno za sanacijo, je definirano v Odloku o določitvi degradiranega okolja in programa ukrepov za izboljšanje kakovosti okolja na območju Stare Cinkarne v Mestni občini Celje (Uradni list RS, št. 35/24). Območje sanacije zajema le parcele na območju Stare Cinkarne, ki so v lasti Mestne občine Celje. Obravnavana površina znaša okoli 196700 m².

Skladno z odlokom iz leta 2024 se predvidi sanacija naslednjih zemljišča: parc. št. 1568/2, 1571/4, 1581, 1584/7, 1597/1, 1597/2, 1608/4, 1610/10, 1617, 1618, 1619/2, 1620/3, 1655/2, 1655/3, 1655/6, 1662, 1665/2, 1678/1, 1695, 1698, 1724/4, 1679/7, 1692/1, 1693, 1565/10, 1585, 1591/2, 1594/2, 1609/8, 1610/1, 1610/4, 1610/5, 1610/7, 1611/2, 1613/2, 1620/54, 1620/55, 1621/6, 1650, 1675/2, 1678/3, 1720/2, 1720/22, 1724/7, 1588/1, 1588/2, 1591/1, 1601/2, 1605/2, 1606/1, 1609/6, 1610/2, 1613/1, 1614, 1616, 1620/5, 1621/3, 1651/2, 1652/2, 1652/3, 1661/7, 1663/2, 1666/1, 1569/1, 1583/4, 1584/2, 1604/1, 1609/11, 1610/3, 1675/3, 1691/5, 1652/1, 1655/4, 1657/3, 1661/6, 1663/1, 1663/3, 1673/9, 1677/2, 1697/2, 1568/3, 1571/5, 1583/1, 1583/3, 1584/5, 1610/11, 1610/9, 1620/37, 1620/40, 1620/52, 1660, 1661/1, 1664, 1673/6, 1678/4, 1692/2, 1696, 1724/5, 1569/3, 1586/2, 1600/3, 1603/2, 1603/4, 1584/6, 1586/1, 1597/4, 1609/4, 1610/12, 1611/1, 1612/1, 1615, 1620/41, 1620/48, 1661/4, 1665/1, 1672/1, 1673/2, 1609/7, 1609/9, 1610/8, 1612/2, 1619/1, 1620/38, 1620/4, 1653, 1657/1, 1666/2, 1666/3, 1699, 1720/19, 1571/2, 1583/2, 1587, 1588/3, 1593/2, 1605/1, 1651/5, 1673/3, 1673/7, 1678/2, 1720/23, 1655/8, 1655/9, 1655/10, 1655/11, 1658/1, 1658/2, 1656/1,

1656/2, 1620/58, 1620/59, 1657/5, 1657/6, 1659/1, 1659/2, 1661/11, 1649/3, 1565/13, vse k. o. 1074 Spodnja Hudinja.

Od sprejema odloka v letu 2024 do priprave dokumenta je prišlo do sprememb mej parcel med železniškimi tiri in Voglajno zaradi izvedbe kolesarske steze:

- parcelo 1695 se je razdelila na parceli 1699/4 in 1699/2,
- parcelo 1698 se je razdelila na parceli 1699/4 in 1699/1,
- parcelo 1692/1 se je razdelila na parcele 1699/1, 1699/2 in 1699/4,
- parcelo 1697/2 se je združila s parcelo 1699/1. Zaradi navedenih sprememb parcel se skupna površina obdelave ni spremenila.

Odredba o razvrstitvi območja Mestne občine Celje v stopnje obremenjenosti okolja zaradi onesnaženosti tal z nevarnimi snovmi, ki je bila sprejeta na podlagi drugega odstavka 57. člena Zakona o varstvu okolja (Uradni list RS, št. 44/22 in 18/23 – ZDU-1O) v zvezi s 3. členom Uredbe o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (Uradni list RS, št. 68/96, 41/04 – ZVO-1 in 44/22 – ZVO-2) in 4. členom Uredbe o merilih za ugotavljanje stopnje obremenjenosti okolja zaradi onesnaženosti tal z nevarnimi snovmi (Uradni list RS, št. 7/19 in 44/22 – ZVO-2) je območje Stare Cinkarne razglašeno za opuščeno industrijsko območje prve stopnje obremenjenosti okolja zaradi onesnaženosti tal z nevarnimi snovmi (kadmij, cink, svinec). V prvo stopnjo obremenjenosti se razvrščajo tista območja, kjer so vrednosti vsaj ene nevarne snovi v tleh enake ali višje od opozorilne vrednosti, določene za to snov.



Slika 1: Območje obravnave skladno z Odlokom o določitvi degradiranega okolja in programa ukrepov za izboljšanje kakovosti okolja na območju Stare Cinkarne v Mestni občini Celje

Na sestanku na Mestni občini Celje dne 30. 7. 2025 je bilo dogovorjeno, da se v okviru dodatnih raziskav za določitev onesnaženosti na območju Stare Cinkarne v obstoječo cestno infrastrukturo (kolesarske steze in občinske ceste) ne posega z destruktivnimi metodami. Nedestruktivne terenske raziskave za ugotavljanje stopnje onesnaženosti pa je dovoljeno izvajati tudi na celotnem območju.

1.2. Zakonske podlage

Tla so skladno z definicijo v Zakonu o varstvu okolja (ZVO-2) vrhnja plast zemeljske skorje nad matično podlago (kamnine ali sedimenti). Tla sestavljajo anorganske in organske snovi, voda, zrak in živi organizmi.

Uredba o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (Uradni list RS, št. 68/96, 41/04 – ZVO-1 in 44/22 – ZVO-29) določa tri nivoje kakovosti tal (mejno, opozorilno in kritično vrednost) glede na koncentracije nevarnih snovi v tleh na celotnem območju Republike Slovenije. Mejne vrednost označuje še sprejemljivo obremenitev nevarnih snovi v tleh, opozorilne vrednosti nakazuje možnost škodljivih učinkov. Kritična imisijska vrednost predstavlja gostoto posamezne nevarne snovi v tleh, pri kateri zaradi škodljivih učinkov ali vplivov na človeka in okolje onesnažena tla niso primerna za pridelavo rastlin, namenjenih prehrani ljudi ali živali ter za zadrževanje ali filtriranje vode.

Odredba o razvrstitvi območja Mestne občine Celje v stopnje obremenjenosti okolja zaradi onesnaženosti tal z nevarnimi snovmi (Uradni list RS, št. 103/23) določa, da se javna območja (industrijska, kmetijska zemljišča, stanovanjske površine in otroška igrišča) razvrstijo v dve stopnji glede na vsebnosti kadmija, cinka in svinca v tleh: prva stopnja zajema območja, kjer koncentracije teh snovi dosegajo ali presegajo opozorilne vrednosti, druga stopnja pa tista, kjer so vrednosti nižje. Območje Stare Cinkarne spada v prvo območje.

Osnovni predpis s področja odpadkov predstavlja Uredba odpadkih (Uradni list RS, št. 77/22, 113/23 in 13/25), ki definira samo ravnanje z odpadki in sicer: označevanje, hranjenje, zbiranje, predelavo in način odstranjevanja odpadkov ter dokumentacijo, ki jo treba voditi. Uredba o ravnanju z odpadki, ki nastanejo pri gradbenih delih (Uradni list RS, št. 34/08 in 44/22 – ZVO-2) določa obvezno ravnanje z odpadki, ki nastajajo pri gradbenih delih zaradi gradnje, rekonstrukcije, adaptacije, obnove ali odstranitve objekta. Uredba o odlaganju odpadkov na odlagališčih (Uradni list RS, št. 10/14, 54/15, 36/16, 37/18, 13/21 in 44/22 – ZVO-2) določa mejne vrednosti emisij snovi v okolje zaradi odlaganja odpadkov, obvezna ravnanja in druge pogoje za odlaganje ter pogoje in ukrepe v zvezi z načrtovanjem, gradnjo, obratovanjem in zapiranjem odlagališč ter ravnanje po njihovem zaprtju z namenom, da se v celotnem obdobju trajanja odlagališča zmanjšajo učinki škodljivih vplivov na okolje, zlasti zaradi vplivov onesnaženja z emisijami snovi v površinske vode, podzemne vode in zrak, in v zvezi z globalnimi onesnaževalci onesnaževanjem okolja zmanjšajo emisije toplogrednih plinov in preprečijo tveganje za zdravje ljudi. Uredba o obremenjevanju tal z vnašanjem odpadkov (Uradni list RS, št. 34/08, 61/11 in 44/22 – ZVO-2) določa pogoje v zvezi z obremenjevanjem tal z vnašanjem odpadkov in obvezno ravnanje pri načrtovanju in izvedbi vnašanja zemeljskega izkopa ali umetno pripravljene zemljine zaradi izboljšanja ekološkega stanja tal. Prav tako ta uredba določa tudi pogoje uporabe gradbenega izkopanega materiala, pripravljenega iz obdelanih ali neobdelanih, inertnih ali odpadnih mineralnih surovin, če se ob stiku s padavinami, podzemno ali površinsko vodo nevarne snovi lahko začnejo lužiti.

Stanje podzemne vode je stanje telesa podzemne vode, opredeljeno z njegovim kemijskim in količinskim stanjem, in sicer s tistim, ki je slabši. Vodonosnik je skladno z Zakonom o vodah (ZV-1) opredeljen kot plast ali več plasti kamenin ali drugih geoloških plasti pod površjem tal in dovolj velike poroznosti in prepustnosti, ki omogočata znatnejši tok podzemne vode ali odvzem znatnejših količin podzemne vode.

Slovenija je glede na Direktivo 2006/118/ES zavezana z ustreznimi ukrepi in predpisi doseči »dobro okoljsko stanje podzemne vode«. Pri tem se zahteva po »dobrem okoljskem stanju podzemne vode« nanaša na podzemno vodo v vodonosnikih in posamičnih vodnih telesih, ki so vir pitne vode in vode za namakanje. Slovenija je takšna vodna telesa zavarovala z Uredbo o stanju podzemnih voda (Uradni list RS, št. 25/09, 68/12, 66/16 in 44/22 – ZVO-2), kjer pa so predpisane mejne vrednosti le za pesticide in nitrate. Nekatere druge države evropske unije, ki se soočajo z večjim problemom kemijskega onesnaženja podzemne vode, so mejne vrednosti »dobrega ekološkega stanja podzemne vode« določila tudi za druge kemične parametre. Seznam vseh v državah EU določenih mejnih vrednosti po dobrem »okoljskem stanju podzemne vode« podaja dokument SEC(2010) 166, Poročilo EK v skladu z členom 3.7 Direktive o podzemni vodi 2006/18/ES o določitvi mejnih vrednosti za podzemno vodo. Regulativo za podzemno vodo v Sloveniji predstavlja še Pravilnik o pitni vodi (Uradni list RS, št. 19/04, 35/04, 26/06, 92/06, 25/09, 74/15, 51/17 in 61/23), ki definira mejne vrednosti za kemične parametre v pitni vodi. Stanje na odlagališčih pa zakonsko ureja Pravilnik o obratovalnem monitoringu stanja podzemne vode (Uradni list RS, št. 13/21 in 44/22 – ZVO-2).

V Sloveniji se na degradiranih območjih in območjih s poslabšanimi okoljskimi kazalniki za vrednotenja kemijskega stanja podzemne vode pogosto uporablja mejne vrednosti iz t.i. emisijske uredbe (Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih voda v vode in javno kanalizacijo (Uradni list RS, št. 64/12, 64/14, 98/15, 44/22 – ZVO-2, 75/22 in 157/22). Kljub temu da uredba ni namenjena za vrednotenja stanja podzemne vode. V emisijski uredbi so podane še sprejemljive vrednosti parametrov za odvajanje komunalne, industrijske in padavinske odpadne vode v okolje (vodotoke).

V tujini referenčno literaturo za določanje onesnažene zemljine in podzemne vode na t.i. »brownfield« območjih predstavlja Soil Remediation Circular, ki predstavlja nadgradnjo Dutch Target and Intervention Values (the New Dutch List; Soil and ground water criteria used in The Netherlands for contaminated land). Pomanjkljivost omenjene referenčne literature predstavlja njena prilagojenost za geogena onesnaževala na Nizozemskem, zato je potrebno v primeru izmerjenih kemijskih vrednosti podzemne vode blizu mejnih, ugotoviti vrednosti naravnega ozadja.

Stanje površinske vode je stanje telesa površinske vode, opredeljeno z njegovim ekološkim in kemijskim stanjem, in sicer s tistim, ki je slabši. Kemijsko stanje površinskih voda se ugotavlja na podlagi izmerjenih vrednosti parametrov kemijskega stanja in pomeni obremenjenost površinskih voda s prednostnimi snovmi, za katere so na območju držav Evropske skupnosti postavljeni enotni okoljski standardi kakovosti. Kemijsko stanje površinskih voda se razvršča v dva razreda (dobro ali slabo). Spremljanje in določanje kemijskega stanja vodnih teles vodotokov v Sloveniji poteka v skladu z Uredbo o stanju površinskih voda (Uradni list RS, št. 14/09, 98/10, 96/13, 24/16 in 44/22 – ZVO2) in Pravilnikom o monitoringu stanja površinskih voda (Uradni list RS, št. 10/09, 81/11, 73/16 in 44/22 – ZVO2). Okoljski standardi kakovosti so določeni kot letna povprečna vrednost parametra kemijskega stanja v vodi (v nadaljnjem besedilu: LP-OSK), ki zagotavlja varstvo

pred dolgotrajno izpostavljenostjo, in kot največja dovoljena koncentracija parametra kemijskega stanja v vodi (v nadaljnjem besedilu: NDK-OSK) – ti standardi preprečujejo kratkotrajne posledice onesnaženja. Za enajst snovi so okoljski standardi kakovosti določeni kot vrednost parametra kemijskega stanja v organizmih (v nadaljnjem besedilu: OSK-organizmi). Gre za snovi, za katere je ugotovljeno, da se kopičijo v organizmih (bioti), in zanje zaradi kopičenja v prehranjevalni verigi ni mogoče samo z meritvami v vodi zagotoviti varstva pred posrednimi učinki in sekundarnim zastrupljanjem. Slovenija je kot najprimernejši organizem za te parametre v celinskih vodah izbrala ribe.

2. PRETEKLA RABA PROSTORA

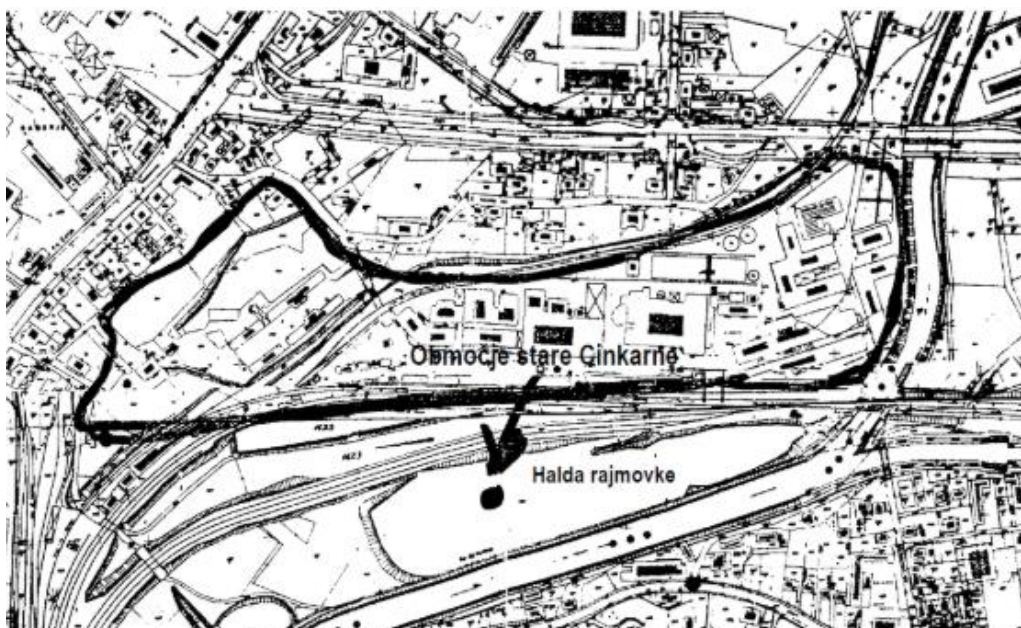
Območje Stare Cinkarne v Celju ima bogato industrijsko zgodovino, ki se je začela leta 1873, ko je bila na območju Gaberja zgrajena prva topilnica cinkove rude. Obratovati je začela leta 1875, najprej kot topilnica in keramični oddelek, ki sta predelovala rudo iz rudnika Rabelj. Ker so sčasoma začeli uporabljati rude, ki so vsebovale žveplo, so morali zgraditi pražilne naprave. S tem je nastajala tudi žveplovega kislina, kar je od leta 1891 predstavljalo novo proizvodno vejo v obratu.

V desetletjih delovanja se je območje močno širilo in prehajalo v različne faze industrijskega razvoja. Poleg pražarne in talilnice cinka so tu nastajali novi obrati za podporo metalurški in kemični industriji, med drugim proizvodnja litopona, galvane, pocinkovalnica, proizvodnja tiskarskih plošč, gradbenih materialov, substratov, natrijevega hidrosulfida in kromovega galuna.

Zaradi delovanja tovarne so na območju nastajali obsežni industrijski odpadki. Najbolj znana je halda Rajmovka, kjer so se desetletja odlagali ogorki, žlindra in drugi trdni odpadki brez prostorskega ločevanja. Na območju naj bi se nahajale tudi katranske jame, izkopane v podlago in kasneje zasute. Katranske jame so še danes prepoznane kot pomemben vir onesnaženja. Območje halda Rajmovke se nahaja med železniškimi tiri in strugo Voglajne. Površinski del odlagališča je bil odstranjen.

Cinkarna je več desetletij veljala za največjega onesnaževalca v Celju, saj je onesnaževala zrak, vodo in tla, posledice pa so ostale v obliki t. i. podedovanih bremen. V tleh in gradbenih ostankih so prisotni arzen, kadmij, svinec, živo srebro, cink in številni organski onesnaževalci. Problematici so tudi azbestni ostanki, katran ter mineralna olja.

Območje, ki je bilo ob ustanovitvi oddaljeno od mestnega jedra, se je z rastjo Celja postopoma znašlo v neposredni bližini novega mestnega središča. Leta 2002 je Mestna občina Celje prevzela zemljišče in začela priprave na njegovo prenovu, saj je degradirano območje predstavljalo oviro za urbanistični razvoj in hkrati resno okoljsko tveganje.



Slika 2: Prikaz območja proizvodnje Stare Cinkarne in halde rajmovke.

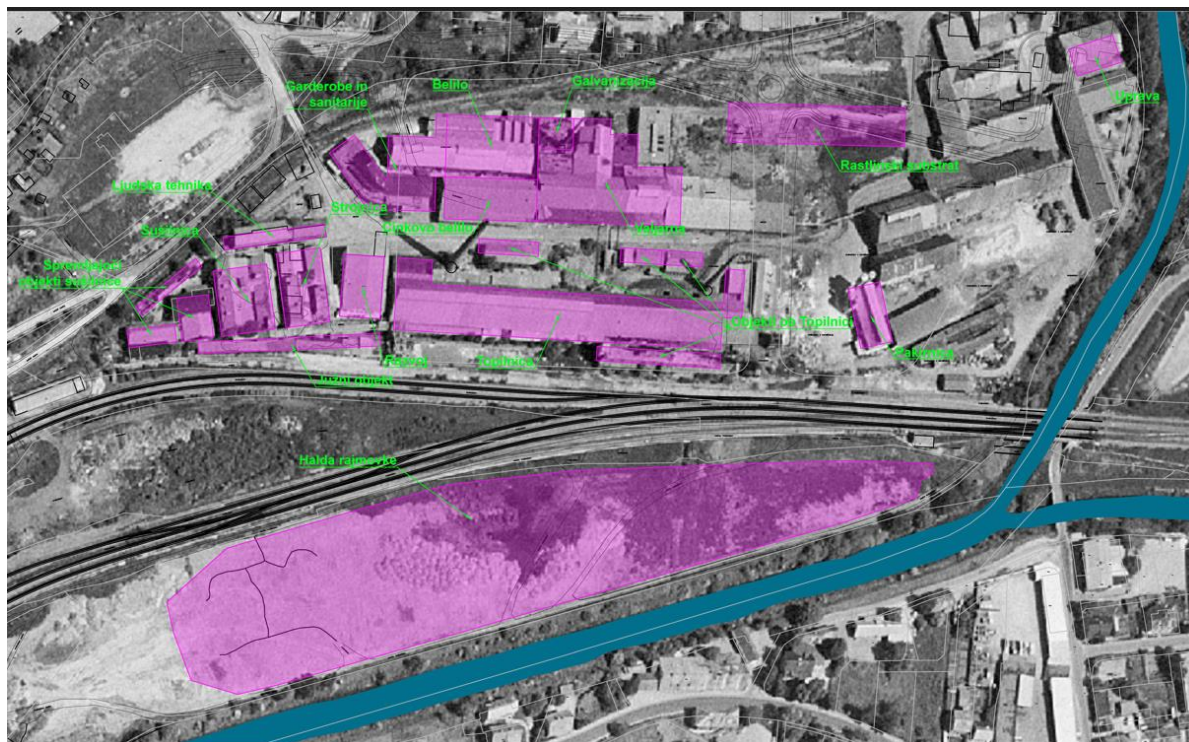
2.1.1. Kronologija dejavnosti na območju Stare Cinkarne

- **1873** – Habsburška monarhija odkupi zemljišče pri Gaberju za gradnjo tovarne.
- **1875** – Začne obratovati topilnica cinkove rude in keramični oddelek. Rudo so sprva pridobivali v rudniku Rabelj.
- **1888** – Začetek obratovanja valjarne cinka.
- **1891** – Zaradi uporabe rude, ki vsebuje žveplo, zgrajen obrat za proizvodnjo žveplove kisline (sistem OPL), kar zmanjša emisije pražilnih plinov.
- **Začetek 20. stoletja** – Širitev dejavnosti: poleg pražarne in talilnice zrastejo novi industrijski objekti za podporo osnovni metalurški proizvodnji.
- **Prva polovica 20. stoletja** – Na območju poteka več kot 30 vrst proizvodnje:
 - priprava generatorskega plina,
 - praženje in taljenje cinka,
 - proizvodnja litopona,
 - galvane in pocinkovalnica,
 - proizvodnja tiskarskih plošč, gradbenih materialov, rastnih substratov (Flovit, Humovit),
 - proizvodnja natrijevega hidrosulfida in kromovega galuna.
- **Po 1. svetovni vojni** – Zaradi potreb po večjih količinah rude se proizvodnja razširi, dodatno pa se povečajo emisije in odpadki.
- **Druga polovica 20. stoletja** – Nastajanje halde Rajmovka, kjer se odlaga večina industrijskih odpadkov, vključno z ogorki, žlindro in katranom. Katran se odlaga v posebne jame, izkopane v matično podlago.
- **1970.–1980. leta** – Nadaljuje se raznolika kemična proizvodnja, pojavljajo se težave z odlaganjem nevarnih odpadkov, zlasti katrana in azbesta. Območje je že močno degradirano.
- **1990** – Proizvodnja na območju Stare Cinkarne preneha. Objekti ostanejo opuščeni, na terenu pa ostajajo onesnaženi materiali, odpadki in porušeni industrijski objekti.
- **2002** – Mestna občina Celje prevzame območje v last in začne priprave na prenovo. Stara Cinkarna je prepoznana kot eno največjih okoljskih bremen v Celju

2.1.2. Pregled industrijske dejavnosti na območju Stare Cinkarne in njen vpliv na okolje

Dejavnost	Opis dejavnosti	Vplivi na okolje
PRAŽARNA	V pražarni je na začetku proizvodnje potekalo žganje rude (karbonatne rude) in kasneje praženje rude (sulfatna ruda). Postopek je bil namenjen oksidaciji cinka v ZnO.	Zemljišče onesnaženo s težkimi kovinami zaradi posedanja kontaminiranih prašnih delcev Ostanki kontaminiranega materiala, ki je ostal na območju Stare Cinkarne ali pa je bil naknadno uporabljen kot zasipni material
TOPILNICA	V topilnici je potekala pirometalurška proizvodnja surovega cinka (ZnO v Zn) in je vključevala procese: taljenje praženca, destilacija cinka (zajemanje Pb) in rafinacija cinka (Zn in Cd izpadeta kot Cd prah). Po podatkih iz literature so izgube v tehnološkem procesu velike (10–15 % celotne količine cinka v rudi). Pri tej proizvodnji so nastajali odpadki: rajmovka (ogorki), ostanki muflov, praženec, premogov pepel ter onesnaževala kot Zn, Cd, Pb, As, In.	Zemljišče onesnaženo s težkimi kovinami zaradi posedanja kontaminiranih prašnih delcev Ostanki kontaminiranega materiala, ki je ostal na območju Stare Cinkarne ali pa je bil naknadno uporabljen kot zasipni material
PROIZVODNJA KISLIN	Pri praženju sulfatnih cinkovih rud je prihajalo do velikih emisij žveplovih oksidov. Ker je te pline možno uporabiti v proizvodnji, je Cinkarna uvedla proizvodnjo kislin. Najprej po Fordovem, nato stolpni in kontaktni postopek. Leta 1962 je bil postavljen obrat PIK (pražarna in kislarna), kjer je potekala proizvodnja kisline iz pirita.	Zemljišče onesnaženo s težkimi kovinami zaradi posedanja kontaminiranih prašnih delcev Ostanki kontaminiranega materiala, ki je ostal na območju Stare Cinkarne ali pa je bil uporabljen kot zasipni material Kisla tla: spremenjena sestava tal zaradi topljenja v kisljih topnih snoveh Nestabilna tla zaradi kaverne, ki so nastale v tleh zaradi topljenja v kisljih topnih snoveh
GENERATORSKI PLIN	Proizvodnja plina je potekala dvostopenjsko: (1) suha destilacija premoga, (2) proizvodnja generatorskega plina. Odpadni produkt je bil katran (25–30 ton mesečno), ki se je odlagal v katranske jame.	Zemljišče onesnaženo s težkimi kovinami zaradi posedanja kontaminiranih prašnih delcev Odpadni katran v katranskih jamah Onesnaževanje z rakotvornimi snovmi (benzen, PAH) Nestabilna tla zaradi primesi katrana Zemljišče onesnaženo s težkimi kovinami zaradi posedanja kontaminiranih prašnih delcev

KERAMIKA	Iz stare šamotne opeke so izdelovali muflove za toplotnico. Proizvodnja je potekala do sredine 1990-ih.	Odpadki šamotne opeke s težkimi kovinami, ki so bili uporabljeni kot zasipni material
SVINČEVI BLOKI	Proizvodnja svinčeve pločevine, glajenje in svinčev prah.	Zemljišče onesnaženo s težkimi kovinami zaradi posedanja kontaminiranih prašnih delcev
CINKOVO BELILO	Cinkovo belilo je bil pigment, uporabljen v industriji. V Cinkarni so proizvajali različne vrste z različno čistostjo (ZnO).	Onesnaženje z mastmi in olji iz podzemnih rezervoarjev Zemljišče onesnaženo s težkimi kovinami zaradi posedanja kontaminiranih prašnih delcev
VALJARNA	Proizvodnja cinkovih pločevin in zlitin (Zn, Al, Mg, Cu).	Odpadki šamotne opeke kontaminirane s težkimi kovinami, ki so bili uporabljeni kot zasipni material Vkopani onesnaženi podzemni rezervoarji
FINALIZACIJA Zn POLPRODUKTOV	Proizvodnja žlebov, cevi, ključev, objemk itd.	Z mineralnimi olji onesnažena zemlja Z mineralnimi olji onesnažena zemlja zaradi podzemnih rezervoarjev
SEKUNDARNI CINK	Predelava odpadkov z vsebnostjo cinka (žlindra, pepel, prahovi).	Zemljišče onesnaženo s težkimi kovinami zaradi posedanja kontaminiranih prašnih delcev Vkopani onesnaženi podzemni rezervoarji
LITOPON	Proizvodnja pigmenta iz barijevega sulfata in cinkovega sulfida (ZnS).	Z mineralnimi olji onesnažena zemlja zaradi netesnosti
Zn GALVANA IN POCINKOVALNICA	Začetek 1972. Procesi: razmaščevanje, kislina, cinkanje z elektrolizo.	Zemljišče onesnaženo s težkimi kovinami zaradi posedanja kontaminiranih prašnih delcev Onesnaženo zemljišče z barijem
MODRA GALICA (CUPRABLAU)	Reciklaža odpadnega bakra z raztapljanjem v HCl in predelavo v modro galico.	Neodstranjene odpadne gošče, kontaminirane z Zn in Cr
HALDA RAJMOVKE	Odlagališče odpadkov med progo Celje–Maribor in Voglajno. Odlagali so rajmovko (ogorke), pepel, katran in druge industrijske odpadke.	Zemljišče onesnaženo z bakrom zaradi posedanja kontaminiranih prašnih delcev Odpadni filtri onesnaženi z bakrom Odpadki kontaminirani s težkimi kovinami (Zn, Cd, Pb, As, In, Cu, Cr)
Glede na literaturne podatke smo uspeli v določeni meri v prostor umestiti lokacije porušениh objektov Stare Cinkarne, kot je prikazano na spodnji sliki.		



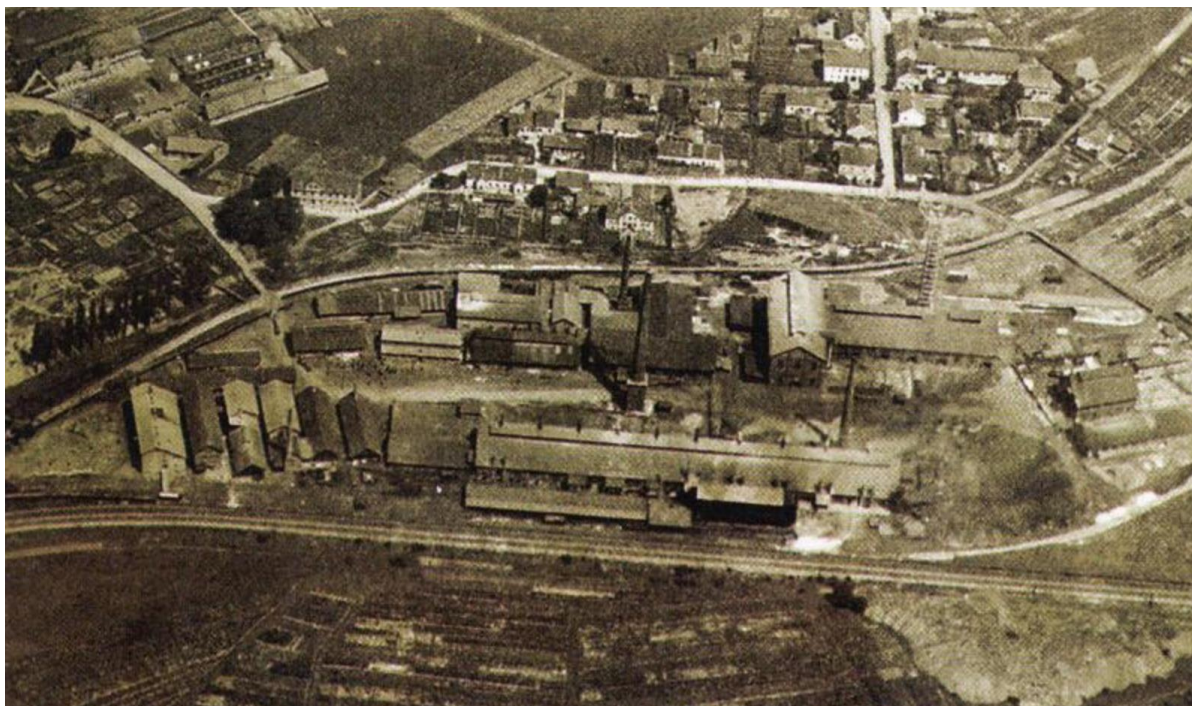
Slika 3: Delna umestitev porušenih objektov glede na namembnost na območju Stare Cinkarne.

2.1.3. Pregled stanja območja glede na ortofoto posnetke

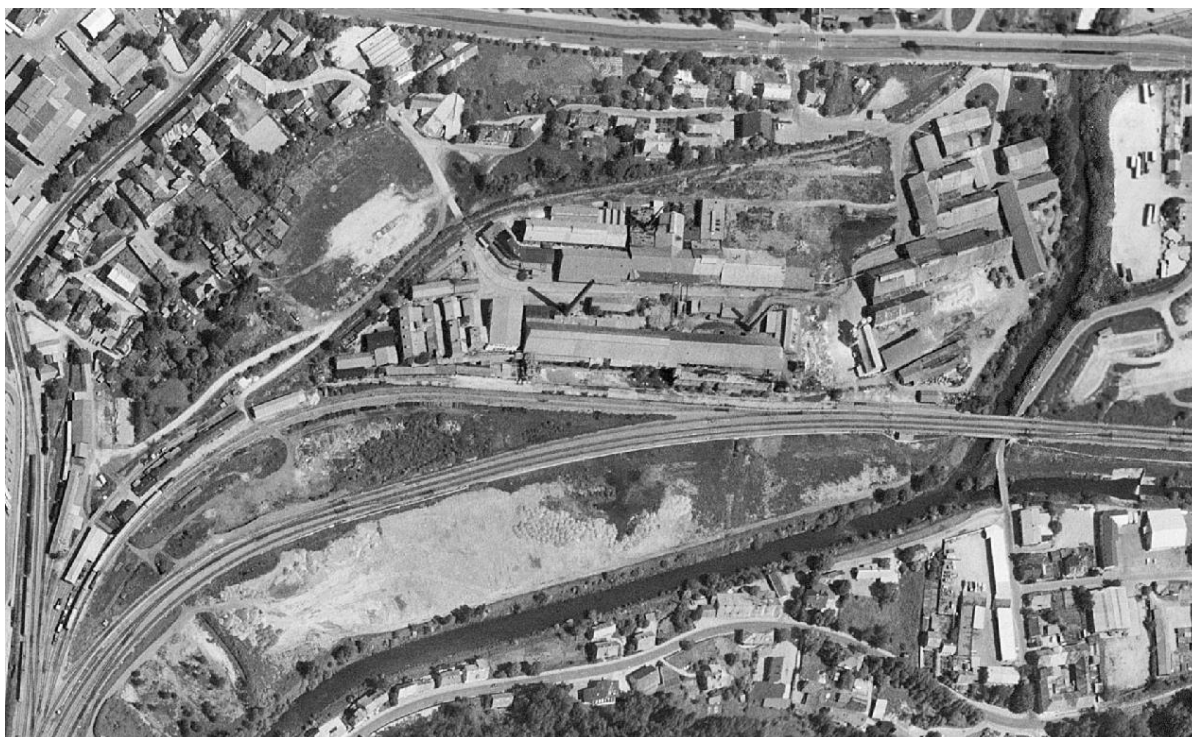
Na podlagi razpoložljivih ortofoto posnetkov območja Stare Cinkarne je možno podati naslednje ugotovitve:

- **1930:** območje je že močno industrijsko zaznamovano. Vidne so velike industrijske hale, železniška infrastruktura ter manjša poselitve v okolici. Naravne površine so še prisotne, območje je redkeje pozidano. Na vzhodnem območju še ni postavljenih industrijskih hal. Vidni zametki vzpostavitve halde rajmovke, zahodno od halde so še vedno prisotne kmetijske obdelovalne površine.
- **1996–1999:** opazno je postopno zmanjševanje površine objektov industrijske dejavnosti. Nekateri objekti so že odstranjeni, del območja je videti degradiran. Vidna širitev urbanizacije v neposredni okolici.
- **2002–2006:** večina nekdanjih industrijskih objektov je porušenih. Ostajajo večje degradirane površine (ruševine, nasipi). Na območju je že jasno viden značaj opuščenega industrijskega kompleksa. Na SZ delu območja vidna gradbena jama za Tehnopolis.
- **2010–2016:** območje je vse bolj prazno in degradirano. Industrijskih stavb skorajda ni več, prostor zavzemajo prazne območja. Večji del območja se spreminja v odlagališča izkopnega materiala. Vegetacija se širi, območje dobiva značaj zaraščene degradirane površine.
- **2018–2022:** območje je povsem brez industrijskih objektov. Površina je večinoma prazna, delno zaraščena, na vzhodnem delu je izdelano novo večje parkirišče. Med železniški tiri pa nastaja večja deponija remediranega materiala, prvotno izkopanega ob sanaciji železniške proge.

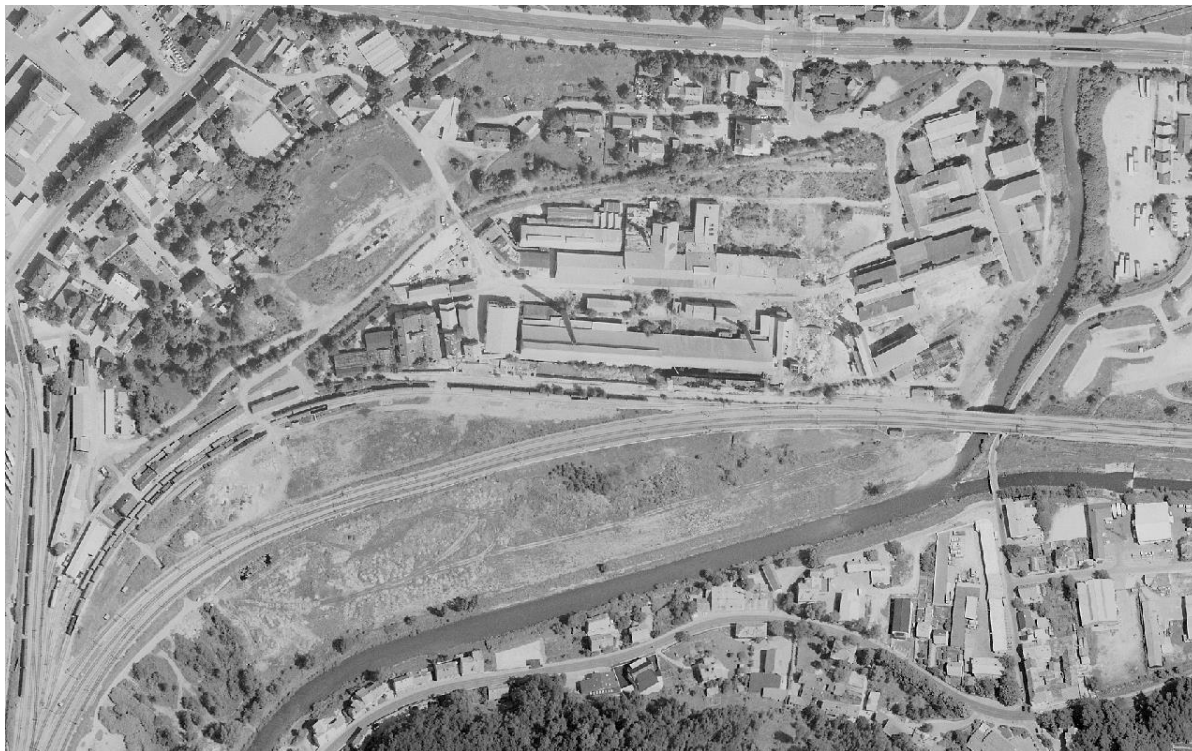
Na voljo so tudi ortofoto posnetki območja iz obdobja 1943–1990, ki bi jih bilo smiselno vključiti v nadaljnje faze projekta. S podrobnejšo interpretacijo teh posnetkov je mogoče natančneje opredeliti okoljska tveganja, povezana s preteklo rabo prostora.



Slika 4: Ortofoto posnetek stanja območja Stare Cinkarne v letu 1930.



Slika 5: Ortofoto posnetek stanja območja Stare Cinkarne v letu 1996.



Slika 6: Ortofoto posnetek stanja območja Stare Cinkarne v letu 1999.



Slika 7: Ortofoto posnetek stanja območja Stare Cinkarne v letu 2002.



Slika 8: Ortofoto posnetek stanja območja Stare Cinkarne v letu 2006.



Slika 9: Ortofoto posnetek stanja območja Stare Cinkarne v letu 2010.



Slika 10: Ortofoto posnetek stanja območja Stare Cinkarne v letu 2013.



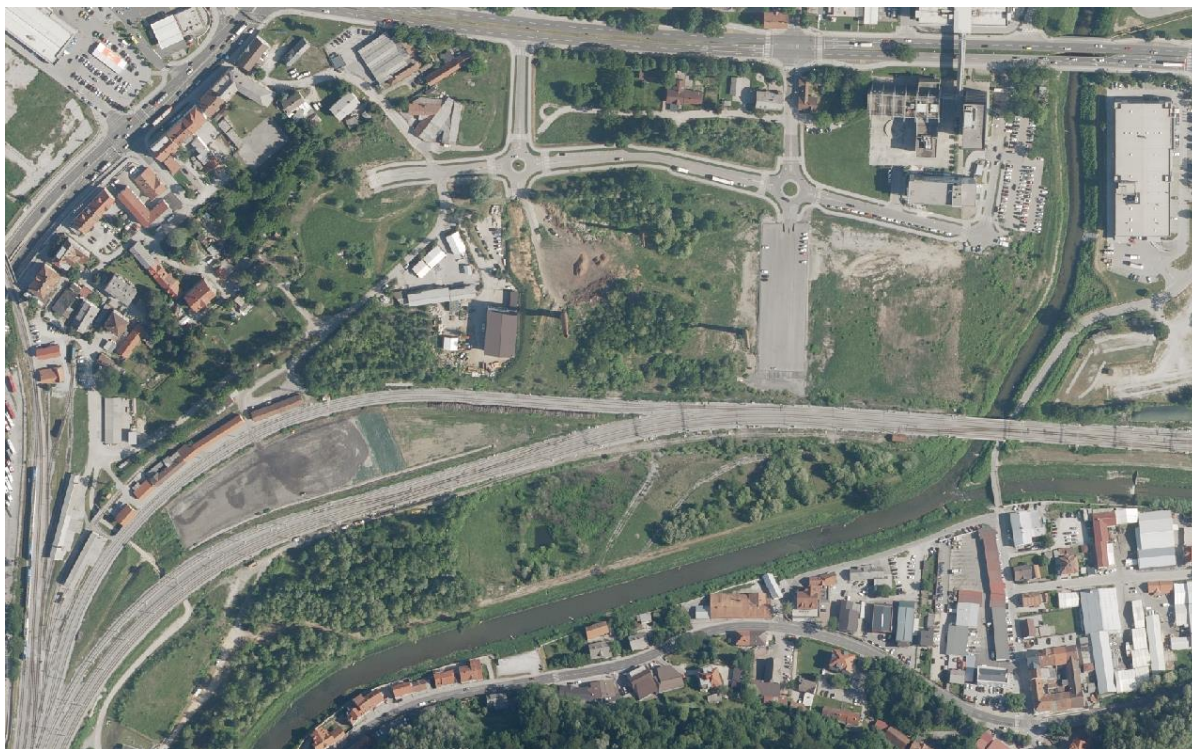
Slika 11: Ortofoto posnetek stanja območja Stare Cinkarne v letu 2014.



Slika 12: Ortofoto posnetek stanja območja Stare Cinkarne v letu 2016.



Slika 13: Ortofoto posnetek stanja območja Stare Cinkarne v letu 2018



Slika 14: Ortofoto posnetek stanja območja Stare Cinkarne v letu 2022

2.1.4. Okoljska tveganja zaradi pretekle industrijske dejavnosti na območju Stare Cinkarne

Glede na preteklo rabo prostora najvišjo stopnjo tveganja za okolje predstavljajo katran, bodisi v obliki odpadnega katrana, katranskih jam, odpadkov in ruševin onesnaženih s katranom ali tal, onesnaženih s to snovjo. Ob odprtju katranske jame na območju lahko pride do onesnaževanje zraka s karcinogenimi in lahko hlapnimi organskimi snovmi ter neprijetnimi vonjavami. Visoko stopnjo tveganja predstavljajo neodstranjeni/zakopani nevarni odpadki, ruševine z lastnostmi nevarnih odpadkov, kot so salonitna kritina ali objekti onesnaženi z mineralnimi olji, ter tla onesnažena z nevarnimi snovmi, predvsem mineralnimi olji in težkimi kovinami. Nekoliko nižje, a še vedno pomembno stopnjo tveganja predstavljajo ruševine z lastnostmi nenevarnih odpadkov ter vkopani rezervoarji za nevarne snovi. Srednjo stopnjo tveganja pa predstavljajo tla onesnažena s težkimi kovinami in onesnaževanje zraka zaradi kontaminiranih prašnih delcev, ki jih raznaša veter. Ne izključujemo možnosti, da na območju Stare Cinkarne obstajajo ostala neprepoznana tveganja, katerih vpliv in resnost ostajata nedoločena.

V letih 2002 in 2003 so na območju Stare Cinkarne z razstreljevanjem odstranili večino industrijskih objektov. Pri teh posegih je prišlo tudi do dodatnega aerosolnega prenosa onesnaževal v okolico. Ob rušenju stavb in gradnji kompleksa Tehnopolis je bil vsaj del materiala najverjetneje razgrnjen znotraj območja Stare Cinkarne, kar neposredno potrjujejo ortofoto posnetki iz obdobja 2002–2006.

Na lidar posnetkih prvega državnega skeniranja Slovenije (2011–2015) so jasno razvidni tudi kupi izkopanega materiala, odloženega ob gradbenih delih (npr. material, stresen iz posameznih tovornjakov). V razpoložljivi literaturi nismo zasledili podatkov o sanaciji ali načinu zasutja katranskih jam. Glede na to, da so ob gradnji Tehnopolisa naleteli na več katranskih jam, lahko njihovo prisotnost utemeljeno pričakujemo na celotnem preiskovanem

območju. Prav tako ni zaslediti nobenih literaturnih podatkov, ali so bili vkopani rezervoarji (ostanki industrijske infrastrukture) odstranjeni. Na razpolago tudi ni podatkov, ali se je kletne prostore industrijskih objektov odstranilo, ali le zasulo z nevarnimi gradbenimi odpadki ob rušenju industrijskih objektov.

Glede na pretekle raziskave (ocena odpadka) se je ob izkopu tal na območju, le te v večji meri klasificiralo kot zemljine, kamenje in izkopani material, številka odpadka 170505 (izkopni material, ki vsebuje nevarne snovi). Izvor onesnaženosti tal s težkimi kovinami na območju Stare Cinkarne je v direktni povezavi s predelavo sulfidne cinkove rude, kjer so spremljajoči elementi kadmij, svinec, arzen in baker. Torej je onesnaženje deloma posledica raztrosa rud in žlinder, deloma namenskega zasipavanja terena s pepeli in žlindrami, deloma pa imisij prahu in odpadnih vod in muljev iz metalurških in kemičnih procesov predelave.

3. GEOLOŠKA ZGRADBA OBMOČJA

Tla na območju Stare Cinkarne predstavljajo v večji meri umetna nasutja. Zgradba umetnih nautij je zelo heterogena, v pripovršinskem delu prevladujejo gradbeni odpadki, v spodnjem delu se povečuje vsebnost žlindre in ostalih cinkarniških odpadkov. Maksimalna debelina umetnega nasipa v preteklosti izvedenih vrtin znaša 4 m, ker pa vrtine predstavljajo zelo točkoven vir podatkov, predvidevamo, da je maksimalna debelina umetnega nasipa na obravnavanem območju mestoma lahko še večja. Največja debelina nasutja se nahaja na severnem delu obravnavanega območja. Skozi umetni nasip se preceja predvsem padavinska voda, ki ima večinsko vertikalni tok.

Pod umetnim nasipom se nahajajo aluvijalni sedimenti, ki predstavljajo slabše prepustni prekriv, ki sestoji predvsem iz melja in gline. Prekriv predstavlja oviro vertikalnemu pronicanju padavinske vode (koeficient prepustnosti od $2,9 \times 10^{-6}$ m/s do $2,2 \times 10^{-7}$ m/s), ki lahko glede na izmerjen koeficient prepustnosti delno zastaja na tem kontaktu, preden se počasi izceja naprej proti vodonosniku. Glede na preteklo rabo prostora in obliko ostalih posegov (katranske jame) za potrebe cinkarniške industrije ter razmeroma tanke debeline prekrivne plasti na obravnavanem območju se predvideva, da mestoma prihaja do neposrednega toka in izpiranja onesnaževal iz umetnih nasutij v lokalni vodonosnik.

Vodno telo podzemne vode na obravnavnem območju predstavlja peščeno prodnat vodonosnik (srednji koeficient prepustnosti $1,8 \times 10^{-3}$ m/s). Debelina vodonosnika se okvirno debeli od jugovzhoda proti severozahoda, torej v nasprotni smeri kot se nahaja drenažna baza (Voglajna) in posledično tok podzemne vode. V vodonosniku je tok podzemne vode primarno horizontalen.

Pod kvartarnim vodonosnikom sledi slabo prepustna plast, ki predstavlja hidrogeološko podlago vodonosnika. Kota podlage se proti jugu dviguje, kar je najverjetneje pogojeno z morfologijo terena. Zaradi nizkega koeficienta prepustnosti in majhne efektivne poroznosti je tok podzemne vode v tej plasti zanemarljiv. Podlago gradi peščen laporovec in glina. Geološka zgradba podlage ob Voglajni nekoliko odstopa od preostalega območja, saj vsebuje vključke presedimentiranega tufa z organskimi ostanki, ki ima najverjetneje deluvijalni izvor z bližnjega hriba.

4. PREDHODNE RAZISKAVE

4.1. Razpoložljivi podatki predhodnih raziskav

4.1.1. Kemijske analize nasutij in matične podlge

NLZOH je v letih 1999/2000 izvedel kemijsko analizo tal na zahodnem delu Stare Cinkarne. Večino vzorcev je bilo odvzetih v globini do 6 cm, nekaj pa tudi globlje (maksimalna globina odvzema 0,5 m). Rezultati laboratorijskih meritev dokazujejo, da so tla v okolici stare Cinkarne ekstremno močno onesnažena z bakrom, cinkom, kadmijem in svincem. Kritične imisijske vrednosti so presežene tudi za faktor 100 (glede na Uredba o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh). Ponekod so presežene tudi kritične imisijske vrednosti za arzen in krom v tleh. V letih 1999/2000 in 2002 je NLZOH izvedel kemijske analize gradbenih in drugih odpadkov v okolici opuščenih industrijskih objektov. Izmerjene vrednosti na posameznih lokacijah so presegale zgornje mejne vrednosti za odpadke, ki se smejo odlagati na odlagališča nevarnih odpadkov. V razpoložljivi literaturi ni podatkov kam so dejansko deponirali nevarne gradbene odpadke ob rušenju objektov Stare Cinkarne.

Kemijski inštitut (2005) je analize tal in nasutij naredil na vzorcih odvzetih po celotnih globinskih odsekih posameznih vrtin na območju Stare Cinkarne (skupno 8 vrtin). Dodatne kemijske analize so bili opravljeni na sestavljenih vzorcih iz različnih vrtin odvzetih na globinskih odsekih 1m, 2m, 3m, na sestavljenem vzorec iz prej omenjenih treh vzorcev ter sestavljenem vzorec iz predkvartarne podlage iz različnih vrtin. Glede na študijo je vsebnost mineralnih olj nizka, pod kritično imisijsko vrednostjo v tleh, vsi vzorci vrtin razen V9 pa so tudi pod opozorilno vrednostjo. Izmerjene vrednosti pa presegajo mejno vrednost za inertne odpadke, ne pa tudi mejno vrednost za nevarne odpadke. Vsebnost težkih kovin v vzorcih je zelo različna: povišane so koncentracije As, Ba, Cu, koncentracije Cd, Pb, Zn pa so močno povečane. Najbolj kritična je vsebnost cinka, ki presega kritično vrednost za tla tudi za 100-krat (Uredba o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh). Kadmij presega kritično vrednost do 50-krat, svinec do 30-krat, arzen do 15-krat, baker do 4,5-krat, barij do 2,5-krat, medtem ko druge kovine kritičnih mejnih vrednosti v tleh ne presegajo. Opozorilno vrednost za živo srebro presega en vzorec, sicer pa so za ostale težke kovine vrednosti pod opozorilnimi, pogosto tudi pod mejnimi vrednostmi. Cink, kadmij, svinec, arzen in baker v sestavljenih vzorcih iz vrtin na odsekih 1 m, 2 m, 3 metre pod tlemi presegajo tudi mejne vrednosti za odlaganje na odlagališču za inertne odpadke. Vrednosti svinca v vrtini V9 in v sestavljenem vzorcu iz vrtin na globinskem odseku 3m presega mejno vrednost za odlaganje na odlagališču za nevarne odpadke. Prekoračene koncentracije težkih kovin so bile izmerjene tudi v sestavljenem vzorcu iz predkvartarne podlage odvzetih iz več vrtin. V študiji se kaže problem povprečenja vzorcev vrtin med sabo, tako po globini kot po lokaciji.

V sklopu pilotne naloge solidifikacije/stabilizacije s cementom kot metode sanacije onesnažene zemljine na območju Stare Cinkarne je BFF v letu 2009 izvedel sistematično vzorčenje tal v mreži 100 x 100 m za kadmij, svinec in cink. Vzorčenje ni zajemalo območje halde rajmovke. Večino vzorcev je bilo odvzetih do globine ca. 0,25 m. Na mestu vzorčenja T1 pa so odvzeli še dodatni vzorec na globinskem odseku od 0,2 m do 0,4 m in na odseku od 0,4 do 0,6 m. Na skoraj vseh merilnih mest so bile prekoračena kritične vrednosti kadmij, svinec in cinka v tleh glede na Uredba o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh. Na vzorčno mesto T15, kjer je bila izmerjena najvišja koncentracijo Pb, le ta presega kritično vrednost za 112-krat. Na vzorčnem mestu T10 izmerjena najvišja

koncentracija Zn presega kritično vrednost za 156-krat. Na vzorčnem mestu T25 izmerjena najvišja koncentracija Cd presega kritično vrednost za 29-krat.

V letu 2014 in 2015 sta Kmetijski inštitut Slovenije in Protallus izvedla kemijske analize pripovršinskega dela tal na parcelah št. 1652/1, 1653 in 1724/2 (zahodni rob Stare Cinkarne). Z namenom, da se ugotovi, ali je vrtnarjenje na tem območju sprejemljivo. V večini vzorcev so bile prekoračene kritične imisijske vrednosti nevarnih snovi v tleh za kadmij, cink in svinec.

Kmetijski inštitut Slovenije je v letu 2018 izdelal Geostatistično analizo onesnaženosti tal v Mestni občini Celje. Namen študije je bila nadgradnja geostatističnih analiz vsebnosti težkih kovin v zgornjem sloju tal (vzorčevalni interval tal 0 - 5 cm) na območju MOC; izdelava kart zračnega prenosa Cd, Pb in Zn, določitve točkovnih oz. t.i. »hot spot« onesnaženj, povzročenih s strani človeka ter vsebinsko usmerjena interpretacija, primerna za zasnovo sanacijskih ali remediacijskih ukrepov. Vzorčenje tal je bilo izvedeno v letu 2016. Študija ugotavlja, da je onesnaženje s Cd, Pb in Zn omejeno predvsem na centralni del mesta Celje oziroma širšo okolico lokacije Stare Cinkarne.

4.1.2. Kemijske analize izlužkov nasutij in matične podlage

V letih 1999/2000 in 2002 je NLZOH v sklopu ocene odpadkov izvedel tudi izluževalne teste. Izluževalne teste so izvedli predvsem na ostankih nasutih materialov in ostalih odpadkov v okolici industrijskih objektov Stare Cinkarne. Izmerjene vrednosti na posameznih lokacijah so presegale zgornje mejne vrednosti za odpadke, ki se smejo odlagati na odlagališča nevarnih odpadkov brez pred obdelave (območje topilnice, objekt cinkovega belila). Nasutja in ostali odpadki vzorčeni na območju valjarne, galvane, skladišča, sušilnice in območja pred topilnico so bili primerni za odlaganje na odlagališčih za nenevarne odpadke.

Kemijski inštitut (2005) je izluževalne teste naredil na vzorcih odvzetih po celotnih globinskih odsekih posameznih vrtin na območju Stare Cinkarne (skupno 8 vrtin). Dodatne izluževalne testi so bili opravljeni na sestavljenih vzorcih iz različnih vrtin odvzetih na globinskih odsekih 1m, 2m, 3m, na sestavljenem vzorec iz prej omenjenih treh vzorcev ter sestavljenem vzorec iz predkvartarne podlage iz večih vrtin. Glede na izsledke so količine raztopljenih (izluženih) snovi povečane in pri nekaterih točkovnih vzorcih presegajo dopustno vrednost za 20–90 %. To velja tudi za povprečne vzorce zemljine iz vseh treh globinskih metrov pod površino. To pomeni, da je zemljina onesnažena s slabo topnimi snovmi, ki se počasi izlužujejo. To so razni kloridi, sulfati in karbonati raznih kovin (ne le težkih), saj navedenih balastnih anionov v izlužkih niso določali. Težke kovine v izlužkih močno presegajo mejne vrednosti iz pravilnika o odlaganju odpadkov na odlagališče za inertne odpadke. Preseganje povzročajo le tri kovine, vendar pa zelo veliko: kadmij (do 100-krat), cink (do 60-krat) in svinec (do 11-krat). Opazen trend naraščanja izlužljivosti v prvih treh metrih globine pri treh kritičnih težkih kovinah (Zn, Cd, Pb), medtem ko pri ostalih parametrih trend ni razviden. Najverjetnejši vzrok je spiranje onesnaževal oz. odlaganje onesnaževal v izkope. Predkvartarna podlaga kljub ugotovljeni vsebnosti težkih kovin ne vsebuje presežnih količin izlužljivih snovi, ker je v stalnem hidravličnem kontaktu s podzemno vodo, ki ne dopušča adsorpcije topnih snovi na njej. Izluževanje halogeniranih spojin je razmeroma nizka, policiklični aromati ogljikovodiki v izlužkih niso prisotni. Mejne vrednosti izlužkov za nevarne odpadke niso bile presežene, glede na sklepe avtorjev poročila bi bilo možno odlaganje zgornjih treh metrov nasutja na odlagališču nenevarnih odpadkov

(oz. vsaj del morebitnega izkopa). V študiji se kaže problem povprečenja vzorcev vrtin med sabo, tako po globini kot po lokaciji.

V letu 2012 je NLZOH izvedel oceno odpadka iz štirih razkopov v osrednjem delu Stare Cinkarne z namenom preveritve možnosti odlaganja odvečnega materiala na odlagališče za nenevarne odpadke oz. kolikor je to mogoče za namen uporabe kot zasipni material. Preiskovan material je predstavljal viške materialov, ki so nastali ob izgradnji komunalne infrastrukture za Gabrje jug v letu 2009. Narejeni so bile analize izlužkov iz izkopnega materiala v sklopu ocene odpadka. Ugotovljeno je bilo, da je material zaradi vsebnosti onesnaževal neprimeren za uporabo kot zasipni material. Vsi analizirani vzorci so se uvrstili med nevarne odpadke s klasifikacijsko številko 17 05 05, saj imajo lastnost nevarnega odpadka H15 (ekotoksičnost – nevarnost za okolje, posebej za organizme in ekosisteme). Analizirani vzorci ustrezajo pogojem za odlaganje na odlagališču za nevarne odpadke. V primeru, da ministrstvo upravljavcu odlagališča izda dovoljenje za odlaganje odpadkov, katerih parametri onesnaženosti največ trikrat presegajo dovoljene mejne vrednosti, bi se te odpadke lahko izjemoma odložilo tudi na odlagališču za nenevarne odpadke. Pri izkopu bi bilo obvezno ločevati vidne nevarne odpadke, kot so katran, salonitne plošče ter drugi odpadki ali neznane snovi nenavadne barve in vonja.

4.1.3. Kemijske analize podzemne vode

Prve meritve kemijskega stanja podzemne vode na območju Stare Cinkarne je izvedel Kemijski inštitut Ljubljana v letu 2005. Iz razpoložljive literature ni mogoče razbrati podrobnega opisa začasne cevovte geomehanskih vrtin ob vzorčenju. Vzorčenje naj bi se izvedlo iz gladine podzemne vode (brez predčrpavanja). Dodatno nezanesljivost podatkov predstavlja navedba, da je bilo vzorčenje izvedeno le v štirih »mokrih« vrtinah, medtem ko naj bi bile ostale suhe. Glede na hidravlične lastnosti uniformnega kvartarnega vodonosnika bi morala biti podzemna voda ob pravilni izvedbi vrtin prisotna na celotnem območju Stare Cinkarne. V letu 2005 so bile v vseh štirih vrtinah izmerjene prekoračene mejne vrednosti za cink v podzemni vodi, v dveh vrtinah pa tudi za kadmij. Vrednoteno glede na Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih voda v vode in javno kanalizacijo. Vsebnost mineralnih olj je bila povišana v vseh vrtinah. V kritičnih koncentracijah so bili ugotovljeni tudi lahkihloplni klorirani ogljikovodiki, predvsem triklorometan in dikloroetan. Posledično so bile povišane tudi koncentracije adsorbiljivih halogeniranih organskih snovi (AOX). Strupnostni testi na vodnih bolhah so pokazali pozitiven odziv na vseh štirih lokacijah vzorčenja podzemne vode. Izmerjene so bile tudi povišane koncentracije sulfata (od 784 mg/L do 2040 mg/L).

V piezometrih izvedenih v sklopu projekta Greenersites so se v letu 2018 (IRGO) izvedle kemijska preiskava podzemne vode na območju Stare Cinkarne. Vzorčenje podzemne vode je bilo narejeno skladno s standardom ISO 5667-11:2009 s strani pooblaščenega izvajalca obratovalnega monitoringa stanja podzemne vode. Glede na podatke kemijskega monitoringa podzemne vode iz leta 2018 ima vodonosnik na obravnavanem območju presežene mejne vrednosti glede na Soil Remediation Circular za naslednje parametre arzen, barij, cink, kadmij, krom, cis-1,2-Dikloroeten, trans-1,2-Dikloroeten in Fenantren. Koncentracije arzena, cinka, kadmija in cis-1,2-Dikloroetena presegajo tudi intervencijske vrednosti (obstaja velika grožnja za človeško zdravje in za okolje). Izmerjene so bile tudi povišane koncentracije sulfata (od 460 mg/L do 1100 mg/L).

4.1.4. Analize površinske vode

Državni monitoring površinskih vod se na Voglajni izvaja pred sotočjem Voglajne s Hudinjo. Na vzorčnem mestu Voglajna – Celje je bil monitoring bioloških elementov kakovosti izveden v letih 2019 in 2022. Rezultati so pokazali zmerno stanje na podlagi bioloških elementov kakovosti bentoski nevretenčarji (saprobnost v letu 2019 in hidromorfološka spremenjenost v letu 2022) ter rib (splošna degradiranost). Glede na splošne fizikalno-kemijske elemente kakovosti je bilo ekološko stanje v vseh letih monitoringov zmerno, razen v letu 2021, ko se monitoring ni izvajal. Vzrok za to so bile presežene mejne vrednosti za dobro stanje pri več parametrih: amonij v letih 2020 in 2022, nitrit in kemijska potreba po kisiku v letih 2022 in 2023 ter električna prevodnost v obdobju 2018–2020 ter 2022.

Na merilnem mestu Voglajna je bilo spremljano tudi ekološko stanje posebnih onesnaževal v obdobju 2018–2023. Rezultati so pokazali, da je bilo stanje v letih 2019, 2020 in 2022 ocenjeno kot zmerno, saj so bile presežene mejne vrednosti LP-OSK za sulfat. V letih 2018 in 2023 pa je bilo stanje ocenjeno kot dobro. Najvišja povprečna letna koncentracija sulfata na tem merilnem mestu je bila izračunana v letu 2022, ko je znašala 267 mg/L SO₄. Predpisan okoljski standard kakovosti za dobro stanje vodotoka predstavlja 150 mg/L (LP-OSK, povprečna letna vrednost). Posebna onesnaževala predstavljajo nevarne snovi, ki so na nacionalnem nivoju prepoznane kot pomemben dejavnik tveganja za okolje in človeka zaradi svoje prisotnosti in razširjene uporabe.

4.2. Vrednotenje predhodnih raziskav

Obstoječi nabor terenskih raziskav je bil v zadnjih 25 letih zbran s strani različnih izvajalcev. Posamezne raziskave so bile večinoma usmerjene le v določene komponente okolja (najpogosteje tla, redkeje podzemno vodo) ter praviloma niso zajele celotnega obravnavanega območja. Poleg tega raziskave niso vsebovale vseh potrebnih vhodnih podatkov za celovito analizo okoljskega tveganja po kriterijih: vir onesnaženja – pot prenosa – receptor.

Večina raziskav kemijskega stanja tal se je osredotočila na pripovršinski sloj, praviloma do globine 0,6 cm (0,06 m), le redke raziskave so segale globlje od 0,5 m. Posledično obstaja obsežen nabor podatkov o onesnaženosti tal na površju, ki potrjuje preseganja kritičnih vrednosti (v skladu z Uredbo o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh) za svinec, cink in kadmij, ponekod pa so tudi povišane vrednosti arzena, bakra in kroma. Analizirani vzorci pogosto presegajo kriterije za odlaganje na odlagališčih za nevarne odpadke. Podatki o onesnaženosti na globini okoli 0,5 m so razmeroma redki, pod 3 m pa so bile kemijske analize izvedene zgolj v okviru ene raziskave, pri kateri so bili uporabljeni sestavljeni vzorci (povprečenje analiziranih vzorcev tako po globinah vrtin kot po lokacijah vrtin). Tak pristop vzorčenja onemogoča reprezentativno oceno vertikalne razširjenosti onesnaževal.

Poleg tega ni bilo sistematično preučeno, kako se onesnaženost tal razlikuje med območji z ostanki porušениh objektov in območji brez njih, kar bi lahko pomembno prispevalo k razlagi prostorske razporeditve določenih onesnaževal.

Glede na smer toka podzemne vode je primarni recipient onesnaženja Voglajna, vendar analize njenega kemijskega stanja v vplivnem območju Stare Cinkarne doslej še niso bile opravljene. Prav tako ostaja neznan vpliv onesnaženja iz gorvodnega območja – ni jasno, kolikšen delež onesnaževal v podzemni vodi izvira neposredno iz območja Stare Cinkarne in

kolikšen iz širšega prostora severno od Kidričeve ulice. Prav tako je neznana tudi variabilnost koncentracij onesnaževal v podzemni vodi glede na hidrološke razmere vodonosnika. Primerjava koncentracij sulfata v podzemni in površinski vodi sicer kaže, da območje Stare Cinkarne verjetno ni glavni vir sulfata v Voglajni.

Povzamemo lahko, da dosedanje raziskave potrjujejo visoko stopnjo onesnaženosti pripovršinskega sloja tal s težkimi kovinami na celotnem območju Stare Cinkarne. Vendar pa obstoječi podatki ne zadoščajo za:

- zanesljivo oceno onesnaženosti tal v globino,
- presojo vpliva onesnaženja na matično podlago pod umetnimi nasutji,
- vrednotenje onesnaženj zaradi katraskih jam,
- jasno razmejitev vplivov med Staro Cinkarno in širšim zaledjem v podzemni vodi,
- določitev vpliva onesnaženja na reko Voglajno

5. DODATNE RAZISKAVE ZA DOLOČITEV PARAMETROV ONESNAŽENJA

Osnovni namen dodatnih raziskav je:

1. Pridobiti zanesljive podatke za analizo okoljskega tveganja po kriteriju vir onesnaženja, pot onesnaženja, recipienti in ocena verjetnosti ter posledice.
2. Pridobiti manjkajoče GG in HG podatke za izdelavo nadaljnjih faz projektov za okoljsko sanacijo.
3. Odpraviti nezanesljivosti, ki izvirajo iz že izvedenih raziskav na območju v zadnji 25 letih.
4. Pridobiti manjkajoče podatke o širjenju onesnaževal s podzemno in površinsko vodo iz Stare Cinkarne v okolje oz. do potencialnih prejemnikov.
5. Pridobiti manjkajoče podatke za zakonsko predpisane okoljske presoje in druga soglasja /dovoljenja, za katere se bo izkazala potreba v višjih fazah projekta.
6. Raziskave z vrtanjem izkoristiti za pridobitev preliminarne geotehničnih podatkov, pomembnih za izračune stabilnosti in temeljenje objektov v primeru, če pride do spremembe namembnosti območja.

5.1. Izvedba piezometrov in sanacija obstoječih piezometrov

5.1.1. Sanacija obstoječih piezometrov

Obstoječe piezometre, izvedene leta 2018 v sklopu projekta **Greenersites**, se najprej locira in z videokamero preveri njihovo stanje. V primeru, da so ustrezni, se jih reaktivira s pomočjo komprimiranega zraka po metodi enojnega ali dvojnega airlifta, in sicer v trajanju najmanj štirih ur oziroma do iztoka čiste vode.

Lokacije obstoječih piezometrov izvedenih v sklopu projekta Greenersites.

Preglednica 1: Lokacije obstoječih piezometrov na območju Stare Cinkarne.

Piezometer	Y (D48/GK) koordinata	X (D48/GK) koordinata	Nadmorska višina ustja
PSC-1	521713	121107	238.76
PSC-2	521535	121144	239.24
PSC-3	521336	121064	238.50
PSC-4	521264	120851	237.49
PSC-5	521531	120922	237.41

V primeru, da kakšen od piezometrov ni več primerni za monitoring podzemne vode, se izdelava nadomestni piezometer (opisano v naslednjem poglavju).

5.1.2. Izvedba dodatnih piezometrov

Izvede se 3 gorvodne piezometre izven območja Stare Cinkarne(predvidoma 2 severno nad Kidričovo cesto in enega v okolico Rakuševega mlina), namenjeni so določitvi količinskega in kemijskega stanja podzemne vode na gorvodnem prispevnem območju. Gorvodne piezometre se prednostno umesti na parcele v lasti občine oz. države. Na samem območju Stare Cinkarne se izvede 5 dodatnih piezometrov za natančnejše določitev količinskega in kemijskega stanja podzemne vode, ki se jih razporedi med obstoječe piezometre. Predvidena je tudi izdelava treh nadomestnih piezometrov na lokacijah obstoječih, vzpostavljenih leta 2018, v kolikor se izkaže, da ti niso več ustrezni. Skupno je predvidena izdelava novih 11 piezometrov.

Minimalne konstrukcijske zahteve za piezometre so naslednje:

- cementirana uvodna kolona premera 168 mm, debelina stene 5 mm, dolžina 3 m,
- globina piezometrov 10 m oz. 1 m v podlago peščenega proda,
- material in premer cevov: HDPE cev DN 100 mm (navojno spajanje cevi), cevitev posameznega piezometra določi hidrogeolog na podlagi terenskega popisa jedra, pod filtrskim delom mora biti 1 m dolg usedalnik s čepom.
- Glava piezometra se zaščiti z betonsko cevjo (premera 400 mm), ki se jo zalije z betonom, tako da bo piezometer trajna stabilna točka v prostoru in zavarovan pred poškodbami. V betonski temelj je treba vgraditi piezometrično kapo z obešanko. Cementirano ustje piezometra naj bo ca 40 cm nad terenom.
- Zahteve glede izvedbe samega vrtanja so enake kot pri izvedbi geomehanskih vrtin.

Na vseh izvedenih piezometrih je potrebno izvesti čiščenje in aktivacijo v trajanju najmanj 4 ure oz. do iztoka čiste vode. Ustja vrtin je potrebno geodetsko posneti.

Na vseh novo izvedenih piezometrih na območju Stare Cinkarne (brez gorvodnih piezometrov) se med vrtanjem izvedejo impulzni nalivalni poizkusi v umetnem nasipu (8x), meljasto glinastem prekrovu (8x) in v podlagi peščeno prodnatega vodonosnika (8x), v katerem pa se po aktivaciji in cevitvi izvedejo črpalni poizkusi (8x).

5.1.3. Izvedba količinskega monitoringa podzemne vode

V nove izvedene in obstoječe piezometre (na območju Stare Cinkarne in gorvodnih piezometrih) se vgradi naslednja merilna oprema za zvezno spremljanje:

- 13x spominski merilnik za meritev nivoja, temperature, elektroprevodnosti vode z dvojnim oplaščenim kablom z nosilno pletenico iz kevlarja, ter odzračevalno cevko za izenačitev zračnega tlaka,

Predviden čas monitoringa podzemne vode je najmanj pol leta od vgradnje merilne opreme.

5.2. Kemijske analize podzemne vode

Po reaktivaciji obstoječih piezometrov ter izvedbi novih piezometrov (10 piezometrov na območju Stare Cinkarne in 3 gorvodni piezometri) se izvede vzorčenje in laboratorijske analize kemijskega stanja podzemne vode. Izvedejo se 4 nizi vzorčenja in laboratorijskih preiskav podzemne vode v različnih hidrogeoloških stanjih, od tega morata biti najmanj 2 niza izvedena ob nizkem hidrogeološkem stanju podzemne vode, ko se pričakuje največjo koncentracijo onesnaževal v podzemni vodi. Od aktivacije vrtin do prvega vzorčenja mora miniti najmanj 14 dni.

Vzorčenje in kemijske analize podzemne vode lahko izvede le s strani Agencije RS za okolje pooblaščen izvajalec obratovalnega monitoringa stanja podzemne vode, ki izpolnjujejo pogoje iz 15. člena Pravilnik o obratovalnem monitoringu stanja podzemne vode (Uradni list RS, št. 13/21 in 44/22 – ZVO-2).

Na odvzetih vzorcih podzemne vode se opravi kemijska analiza za naslednje parametre:

- KPK,
- TOC,
- kovine (Ag, As, B, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, K, Mg, Na, Ni, Pb, Sn, Zn),
- fluorid, klorid, sulfat,
- nitrit, nitrat, amonij,
- mineralna olja, lahkohlapni halogenirani ogljikovodiki (LHCH), adsorbiljivi halogenirani ogljikovodiki (AOX), policiklični aromatski ogljikovodiki (PAH),
- akutni strupenostni test.

Posamezen niz vzorčenja podzemne vode se izvede sočasno z vzorčenjem površinskih vod.

5.3. Kemijske analize površinskih vod

Na 3 merilnih mestih se izvede vzorčenje in laboratorijske analize kemijskega stanja površinske vode. Gorvodno merilno mesto POV-1 je predvideno v strugi Hudinje nad območjem Stare Cinkarne, drugo merilno mesto POV-2 ca. 200 m dolvodno od sotočja Hudinje in Voglajne, tretje merilno mesto POV-3 je predvideno ca. 100 m dolvodno od Stare Cinkarne v strugi Voglajne.



Slika 15: Okvirne lokacije vzorčenja površinske vode.

Izvedejo se 4 nizi vzorčenja in laboratorijskih preiskav površinske vode v različnih hidroloških stanjih, od tega morata biti najmanj 2 niza izvedena ob nizkem hidrogeološkem stanju površinske vode, ko se pričakuje največjo koncentracijo onesnaževal v površinski vodi

Vzorčenje in kemijske analize površinske vode lahko izvede le s strani Agencije RS za okolje pooblaščen izvajalec obratovalnega monitoringa stanja površinskih voda, ki izpolnjujejo pogoje iz 17. in 22. člena Pravilnika o monitoringu stanja površinskih voda (Ur. list RS, št. 10/09, 81/11, 73/16 in 44/22-ZVO-2).

Na odvzetih vzorcih površinske vode se opravi kemijska analiza za naslednje parametre:

- KPK,
- TOC,
- kovine (Ag, As, B, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, K, Mg, Na, Ni, Pb, Sn, Zn),
- fluorid, klorid, sulfat,
- nitrit, nitrat, amonij,
- mineralna olja, lahkoahlapni halogenirani ogljikovodiki (LHCH), adsorbiljivi halogenirani ogljikovodiki (AOX), policiklični aromatski ogljikovodiki (PAH),
- akutni strupenostni test.

Posamezen niz vzorčenja površinskih vod se izvede sočasno z vzorčenjem podzemne vode.

5.4. Geofizikalne preiskave:

5.4.1. Geoelektrične (ERT in VES) meritve

Namen geoelektričnih meritev je razmejiti potek kvartarnih plasti in predkvartarne podlage in pri tem v kvartarnih plasteh posebej razmejiti peščeno prodni vodonosnik od prekrovnih plasti (melji, gline) ter določiti globino umetnih nasutij. Namen preiskav je prav tako identificirati in v prostoru omejiti pojave morebitnih katranskih jam ali drugih eventualnih "vročih točk" onesnaženja.

Izvede naj se meritve upornosti z metodo električne upornostne tomografije, pri kateri naj bo kot dodatni parameter poleg upornosti merjena tudi inducirana polarizacija materiala, kar lahko dodatno pripomore k identifikaciji morebitnih virov onesnaženja.

Preiskave naj zajema 10 x profile dolžine ca 200 m z globinskim dosegom vsaj 10 m. Za globinsko umeritev oz. kontrolo bodo na voljo podatki iz geomehanskih vrtin izvedenih v prvi fazi raziskav. Na obravnavanem območju potekajo železniški tiri in plinovod, to dejstvo mora izvajalec geoelektričnih preiskav upoštevati pri lociranju preiskav.

Globinsko umeritev se izvede s križnimi 1D geoelektričnimi preiskavami VES na 10 vrtinah. Umeritev je treba narediti v najmanj 3 točkah za vsak nastopajoči litološki člen posebej (križne VES preiskave) (skupaj 12 točk na preiskavo).

Ocenjen skupen obseg geoelektričnih preiskav je:

- ERT: 10 vzdolžnih profilov ca. 200 m → skupaj 2000 m ERT profilov
- Geoelektrično upornostno sondiranje VES: 10 VES sond (12 točk na posamezno VES sondo)

5.4.2. Georadarske (GPR) meritve

Namen GPR preiskav je ugotovitev anomalij pod površino terena, ki nastanejo povsod tam, kjer sta v stiku dve plasti materialov z različnimi dielektričnimi lastnostmi. V obravnavanem primeru raziskave ciljno usmerjamo na določitev prostorskega raztezanja katranskih jam in morebitnih zakopanih rezervoarjev in kletnih prostorov pod porušeni industrijski objekti. Izvedbe georadarskih meritev je predvidena po ERT preiskavah in izvedbi vseh vrtin, ko bodo okvirne lokacije anomalij že okvirno določene.

Predvidena količina preiskav GPR je 50 m širok pas v dolžini 400 m. Predvideno količin GPR preiskav v projektni nalogi se prilagodi predhodno ugotovljenemu stanju na terenu (predvidoma se bo preiskave ločilo na več ločenih problematičnih podobmočij). Zahtevan globinski doseg je do 5 m. GPR preiskave je treba izvesti z veliko ločljivostjo (horizontalno vzorčevanje do 10 cm), razmik merskih profilov v mreži ne več kot 3 m v eni, in ne več kot 5 m v drugi smeri). Pri bolj redki mreži se utegne zaznavanje anomalij izmuzniti. Izvajalec se sam odloči za najustreznejšo oddajno-sprejemno anteno, ki jo bo uporabil za izvedbo naloge. Za globinsko umeritev bodo izvajalcu na voljo podatki predhodno izvedenih geomehanskih vrtin.

Ocenjen skupni obseg preiskav GPR:

- 18 vzdolžnih profilov 400 m ca 7200 m
- 60 prečnih profilov 50 m ca 3000 m

- Skupaj: 10200 m GPR profilov

Za optimalen globinski doseg je treba GPR meritve izvajati v daljšem sušnem obdobju.

5.5. Geomehanske vrtine za določitev kemijskega stanja tal

Na vsakih 6500 m² preiskane površine degradiranega območja se izvede vrtina vsaj 1 m v hribinsko predkvartarno podlage, predvidena povprečna globina vrtine ca 10 m. Predvidena število geomehanskih vrtin na preiskovanem območju je 30. Prvih 20 vrtin se enakomerno razporedi na preiskovanem območju (prva fazanja vrtanja), 10 vrtin (druga faza vrtanja) se določi na podlagi anomalij določenih z ERT meritvami (npr. lokacija industrijskih obratov, katranske jame, opuščeni rezervoarji, območja večjih globin umetnega nasutja). Iz jedra vrtin se v umetnem nasutju na vsake pol metra z XRF metodo kvantificira količino težkih kovin, iz jedra vrtine pod umetnim nasutjem pa na vsaka dva metra. V povprečju to nanese 7 meritev z XRF metodo na vrtino. V vsaki vrtini se na globini 1 m, 3 m in 5 m izvede SPT test, okvirno 3 SPT testi na vrtino. Vsako vrtino se geološko popiše, pri čemer je potrebno podati predvsem poudarek na ločevanju vrst odpadkov v umetnem nasutju. Iz posameznih jeder vrtin se na določenih globinskih odsekih odvzamejo vzorci in izvedejo standardne laboratorijske fizikalno mehanske analize, kot je definirano v podpoglavju.

5.5.1. Zahteve glede izvedbe geomehanskih vrtin

Vrtine se vrtajo rotacijsko, na jedro. Zahtevani najmanjši premer jedra je min 100 mm, zahtevani delež jedra je min 90 %. Premer jedra je lahko poljubno večji. Jedra se zlagajo v zabojnike za jedra, po razdelkih 1 m, za 4 ali 5 m jedra v enem zabojniku. Jedra morajo biti zaščitena pred vremenskimi vplivi in posegi neavtoriziranih oseb. Jedra v zabojnikih morajo biti dnevno fotografirana, pri stanju, ki ustreza stanju naravne vlage. Oznake vrtin in globin morajo biti nedvoumne. Vsebina jeder se v zabojnikih za jedra hrani vse dotlej, da Naročnik odloči, ali se vzorci odpeljejo v stalni arhiv ali iztresajo na lokaciji vrtanja.

Vse vrtine se morajo zaključiti na globini, pri kateri je nedvoumno dokazana najmanj 1 m debela plast predkvartarne geološke podlage. Med vrtanjem je treba beležiti posebnosti, kot so povečani vtoki vode, ter na vzorcih vode iz sveže vrtine preveriti temperaturo, pH in el. prevodnost. Ustja vrtin se geodetsko posnamejo natančno na nivoju terena.

Po zaključku vrtanja se vrtine zapolnijo, da ne pride do poškodb ljudi in živali zaradi vstopa v odprtino, okolico delovišča se očisti ostankov nasutih zemlji in materialov. Zapolnitev se izvede na način oz. z materialom (npr. cementna suspenzija, glina), ki bo preprečeval, da bi nasute vrtine postale vertikalni odvodnik, nezaščitena območja nasutja odloženi materiali in izločeni materiali vodil v nižje ležeče plasti.

Na območju potekajo različni energetske vodi, med drugim tudi plinovod. V primeru vrtanja znotraj varovalnega pasu energetskih vodov je potrebno pridobiti soglasje upravljavca.

5.5.2. Popis jedra vrtin

Opis izvrtanega jedra izvede izkušen geolog-geotehnik, ki dobro pozna lokalne geološke materiale in potencialne izvore industrijskih odpadkov med nasutji.

Opis se izvede po zemljiški klasifikaciji USCS (Unified Soil Classification System) in ob upoštevanju standardov za identifikacijo in opisovanje zemljin in kamnin (SIST EN ISO 14688-1, SIST EN ISO 14688-2 in SIST EN ISO 14689-1). Ob opisu se posebej opiše plastičnost drobnnozrnatih zemljin in njihovo konsistenčno stanje oz. zrnavost zrnatih zemljin in njihovo gostotno stanje.

Primeri:

- Primer 1: *meljna glina, težkognetna, rjava*; SiCl //CL
- Primer 2: *droben peščen prod, rahel, moker, siv*; saGr //GM

Konsistenčno stanje vezljivih zemljin se dodatno dokumentira z meritvami z žepnim penetrometrom in/ali ročno krilno sondo.

Pri opisovanju zemljin/kamnin iz podlage je treba poleg splošnega standardnega opisa pozorno ločevati med slabo prepustnimi, glineno-lapornimi plastmi in plastmi peska.

Ob opisu se posebej pazljivo zabeležijo umetna nasutja (UN) ter opiše sestava umetnega nasutja po podobnih načelih, kot veljajo za klasifikacijo zemljin, in poskuša identificirati izvor morebitnih prisotnih odpadkov (npr. žindre, EF pepel, piritni ogorki itd). Pazljivo naj se poskuša identificirati mejnice med starejšimi in mlajšimi nasutji. Te mejnice lahko na primer potrdi prisotnost travne ruše na večjih globinah ali kak drug kazalnik časovne diskontinuitete nasipanja, npr. razlika v barvi. Posebno je treba biti pozoren na morebitno prisotnost katranskih jam (odstopanje po sestava, vonju, barvi ali drugih kazalnikih) Med opisom se opredeli tudi geološka starost značilnih plasti in vpišejo podatki o gladini podzemne vode v času vrtanja, njeni električni prevodnosti, temperaturi in pH vrednosti. Izpostavljamo, da se izraz *lapor* uporablja za nelitificirane sedimente, izraz *laporovec* pa za litificirane sedimente, zgrajene iz mešanice glinenih in kalcitnih mineralov.

5.5.3. SPT raziskave v vrtinah

V vrtinah se izvajajo preiskave standardne dinamične penetracije (SPT). V vsaki vrtini se na globini 1 m, 3 m in 5m izvede SPT test, okvirno 3 SPT testi na vrtino. V piezometričnih vrtinah se SPT teste ne izvaja. Vse preiskave se izvedejo skladno s standardom Evrokod 7-2 in podpornimi standardi za te raziskave.

Namenjene so ugotavljanju gostotnega stanja in homogenosti gostotnega stanja nasutij po globlin. Oprema za izvajanje SPT mora biti kalibrirana.

5.5.4. Laboratorijske fizikalno mehanske analize izvrtanine

Opravijo se rutinske laboratorijske preiskave za določitev indeksnih in informativnih trdnostno deformacijskih lastnosti umetnih materialov iz nasutja in naravnih geoloških plasti.

Okviren obseg minimalnih laboratorijskih raziskav, s katerimi se določijo fizikalno mehanske lastnosti značilnih plasti, je prikazan v spodni tabeli. Izvajalec raziskav mora biti sposoben in usposobljen, da iz izvrtanih jeder vrtin odbere vzorce ustrezne kakovosti za izvedbo rutinskih raziskav.

Laboratorijske analize se izvedejo se po standardih, ki podpirajo zahteve Evrokod 7-2.

Preglednica 2: Fizikalno mehanske preiskave vzorcev iz geomehanskih vrtin.

Vrsta preiskave	Nasutje	Prekrov (melji/gline)	Aluvijalni prod	Predkvartarna podlaga
Vlaga	10	6	4	4
Naravna in suha gostota	10	6		4
Plastičnost		6		
Zrnavost	10		4	
Enosna tlačna trdnost				4
Strižna trdnost- direktna strižna preiskava		6		4
Zgostljivost po Proctorju	3			

5.5.5. Terenska rentgenska fluorescenčna analiza (XRF)

Rentgenska fluorescenčna analiza (XRF) se izvede na terenu s pomočjo prenosnega XRF analizatorja. Rezultati XRF meritev težkih kovin v izvrtanini morajo podati kemično sestavo vzorcev v obliki koncentracij posameznih elementov najmanj za naslednje parametre; barij (Ba), arzen (As), kadmij (Cd), svinec (Pb), krom (Cr), nikelj (Ni), baker (Cu), cink (Zn) in živo srebro (Hg).

V umetnem nasutju iz geomehanskih vrtin se na vsake pol metra z XRF metodo kvantificira količino težkih kovin, iz jedra vrtine pod umetnim nasutjem pa navsaka dva metra. V povprečju to nanese 7 meritev z XRF metodo na vrtino.

5.6. Ocena odpadka

Po izvedbi vseh ostalih terenskih raziskav se izdelajo pet ocen odpadkov pred odlaganjem, skladno s Pravilnikom o izdelavi ocene odpadka pred odlaganjem in ocene nevarnega odpadka pred sežiganjem ter o izvedbi kontrolne kemične analize odpadkov (Uradni list RS, št. 58/16 in 44/22 – ZVO-2). Sestavni del vsake ocene odpadka je tudi vrednotenje nevarnih lastnosti odpadka.

Ocene odpadkov pred odlaganjem lahko izdelajo izključno pooblašeni izvajalci. Predvidene so naslednje ocene odpadkov:

- Ena ocena iz tal in sedimentov na območju katranskih jam.
- Dve oceni iz tal in sedimentov na območju močno onesnaženih tal (s preveritvijo možnosti odlaganja na odlagališču za nevarne odpadke brez pred obdelave).
- Dve oceni iz tal na območju malo onesnaženih tal (s preveritvijo možnosti odlaganja na odlagališču za nenevarne odpadke).

5.7. Redosled in časovnica izvedbe terenskih del in poročanje

Trajanje aktivnosti se štejejo od časa »T nič«, datuma, ko je izvajalec uveden v delo. V nadaljevanju so specifikirani dnevi od začetka Projekta (uvredbe v delo), ko morajo biti posamezne aktivnosti zaključene.

1. Literaturni pregled podatkov, umestitev vrtin 1 faze geomehanskih vrtin in piezometričnih vrtin (20 dni od uvedbe v delo).

2. Pregled stanja obstoječih piezometrov in njihova reaktivacija (40 dni od uvedbe v delo).
3. Izvedba geomehanskih vrtin (prva faza) in piezometričnih vrtin (90 dni od uvedbe v delo)
4. Izvedba prvih meritev površinskih in podzemnih vod (120 dni od uvedbe v delo), nadaljnje meritve na ca. vsakih 45 dni (skupno 4 nizi meritev)
5. Izvedba ERT meritev (150 dni od uvedbe v delo)
6. Izvedba geomehanskih vrtin (druga faza) (180 dni od uvedbe v delo)
7. Izvedba GPR meritev (210 dni od uvedbe v delo)
8. Ocena odpadka (270 dni od uvedbe v delo)
9. Predaja elaborata v recenzijo (300 dni od uvedbe v delo)
10. Predaja elaborata po recenziji (365 dni od uvedbe v delo)

5.7.1. Poročanje o izvedenih delih

GG/HG elaborat mora biti izdelan po načelih Poročila o raziskavah, kot ga določa Evrokod 7. Hkrati mora upoštevati zahteve, kot jih za potrebe sanacij degradiranih območij priporoča ameriška agencija EPA.

Elaborat mora biti izdelan v ločenih zvezkih, zbranih v enotni mapi (fasciklu) s sledljivimi oznakami. Vsebine zvezkov morajo biti smiselno razdeljene po vsebinah:

- Zvezek 1: Poročilo o raziskavah z analizami rezultatov in povzetki ugotovitev.
- Zvezek 2: Grafične priloge, ki se nanašajo na poročila in ugotovitve iz zvezka 1 (karte, prerezi, konceptualne sheme dogajanj, karte širjenja oblaka onesnaženja, če je ta ugotovljen).
- Zvezki 3 in dalje: Poročila o posameznih, vsebinsko zaokroženih sklopih raziskav (geofizikalne meritve, vrtanja z vgradnjo piezometrov, XRF analize).

Tehnično poročilo (Zvezek 1) mora vsebovati:

- Projektno nalogo
- Uvod z opisom namena in ciljev naloge
- Faktografsko poročilo o vseh izvedenih raziskavah
- V smiselno razporejenih poglavjih podane opise ugotovitev, tako kot se to zahteva s projektno nalogo.

Izogibati se je treba nepotrebnemu prepisovanju osnovnih dejstev o regionalni geološki zgradbi prostora in drugih nepotrebnih, splošno dostopnih podatkih, ki za projekt niso relevantni in zmanjšujejo preglednost elaborata. Osredotočiti se je treba na naslednja bistvena poglavja:

- Izris merodajne IG in HG karte v M 1:1000 in zanesljivih prerezov v M 1:1000/200.
- Kvalitetno izdelavo prerezov vrtin in piezometrov v M 1:50.
- Izris zanesljivih mejnic med umetnimi nasutji in podlago ter med različno starimi nasutji.
- Določitev merjenih podatkov prepustnosti plasti.
- Določitev vplivov onesnaženja, ki izvira iz nasutij na kvartarne sedimente in predkvartarno podlago.
- Določitev fizikalno mehanskih lastnosti plasti.

Ponudnik mora projektno dokumentacijo izdelati z uporabo računalniške tehnologije (grafični in atributni podatki) in jo predati naročniku v elaborirani in digitalni obliki:

aktivna oblika:

- tekstualne vsebine: Microsoft Word,
- tabelarične prikaze, popis del in predračun: Microsoft Excel,
- podatkovne baze: Microsoft Access,
- terminske plane: Microsoft Project,
- slike: v formatu tiff, jpeg ali jpg,
- načrte: Autodesk AutoCad,
- prostorski podatki: GIS;

pasivna oblika:

- tekstualne vsebine: v pdf zapisu,
- tabelarične prikaze, popis del in predračun: v pdf zapisu,
- slike: v pdf zapisu,
- načrte: v dwf zapisu,
- prostorski podatki: v dwf zapisu.

6. RECENZIJA

Glede na to, da gre za izvedbo zahtevnega projekta, bo naročnik izvedel recenzijo projekta. Izbrani izvajalec mora sodelovati v postopku izvedbe pregleda dokumentacije ter odpraviti napake in pomanjkljivosti, ugotovljene s strani recenzentov. Po odpravi napak in korekciji projektne dokumentacije mora pridobiti potrdila o upoštevanju pripomb in korekciji projektne dokumentacije s strani vseh recenzentov.

6.1. Reference za izvedbo del

Izvedene geološko-geomehanske ter hidrogeološke raziskave na degradiranih območjih oz. na podobnih območjih (npr. odlagališčih) v Sloveniji v zadnjih šestih letih. Višino najmanjše zahtevane vrednosti opravljenih raziskav, ki se upošteva kot dokazilo o usposobljenosti izvajalca, prepuščamo odločitvi naročnika.

7. ZAKLJUČEK

Na območju Stare Cinkarne onesnaženje najverjetneje mestoma sega tudi v matično podlago (sedimente) pod umetnimi nasutji. Predhodne raziskave so potrdile lateralno razširjanje onesnaževal v tleh, dodatne raziskave pa morajo natančneje opredeliti vertikalno razporeditev onesnaževal. Potrebno je izvesti tudi analize onesnaženosti podzemne vode gorvodno od obravnavanega območja, da se oceni vpliv industrijskih virov in starih okoljskih bremen v zaledju. Prav tako je treba razširiti mrežo merilnih mest za spremljanje podzemne vode znotraj obravnavanega območja. Poleg tega je treba izvesti tudi analizo kemijskega stanja reke Voglajne v vplivnem območju Stare Cinkarne. Na podlagi izvedenih raziskav bo mogoče natančneje določiti volumen in globinsko razširjenost onesnaženih umetnih nasutij, oceniti morebiten vpliv onesnaženja na matično podlago ter razmejiti vire onesnaženja podzemne in površinske vode med območjem Stare Cinkarne in njegovim zaledjem.

Skladno z odlokom o določitvi degradiranega okolja in programa ukrepov za izboljšanje kakovosti okolja na območju Stare Cinkarne v Mestni občini Celje se morajo vsi novi posegi v območju degradiranega okolja načrtovati tako, da se zaradi njihove dejavnosti ne bo povečala stopnja obremenjenosti okolja. Pred načrtovanjem novega posega v območje degradiranega okolja mora biti predhodno izvedena ocena tveganja za področje voda, tal, zraka in zdravja ljudi.

Če se bo k sanaciji obravnavanega območja pristopilo parcialno in nesistematično, lahko to povzroči dodatno širjenje onesnaženja zaradi nepremišljenega premeščanja onesnažene zemljine. Takšen pristop bi še poslabšal že tako neugodno stanje okolja ter povečal tveganja za zdravje ljudi. Zato je nujno, da se problematiki onesnaženosti območja Stare Cinkarne pristopi celovito in usklajeno. S sanacijo izvedeno v ustreznem postopku, ki bo ustrezno načrtovan.