

3.2 RANLJIVOST VODNIH VIROV NA VPLIVNIH OBMOČJIH PEHOTNIH STRELIŠČ

mag. Mojca Bole¹, univ. dipl. inž. kem. tehn.

Polonca Druks Gajšek¹, univ. dipl. inž. kem. inž.

dr. Metka Petrič², univ. dipl. inž. geol.

mag. Janja Kogovšek², univ. dipl. kem.

¹ERICo Velenje, Inštitut za ekološke raziskave d.o.o., Koroška 58, 3320 Velenje

²Inštitut za raziskovanje krasa, Znanstveno raziskovalni center Slovenske akademije znanosti in umetnosti, Titov trg 2, 6230 Postojna

3.2 RANLJIVOST VODNIH VIROV NA VPLIVNIH OBMOČJIH PEHOTNIH STRELIŠČ

3.2.1 Uvod

Vojaške aktivnosti, ki se vršijo na določenem vojaškem območju, ne onesnažujejo le tal, ampak tudi vodna telesa. Onesnaženje vod s težkimi kovinami, naftnimi derivati in mazivi ter njihovimi produkti je zelo pereč okoljski problem. Mnogi kemijski elementi se kopičijo v tleh in v rečnih sedimentih. Od tu nato prehajajo v površinske in podzemne vode ter se razpršijo na velike razdalje. Vstopajo v prehranjevalne verige in zastrupljajo žive organizme. Zato je zelo pomembno raziskati posamezna pehotna strelišča in ovrednotiti onesnaženje na njih, določiti vpliv teh strelišč na okolje ter vodna telesa in izvesti ustrezne sanacijske ukrepe.

Vojaški poligoni in druga vadbena območja ter pripadajoča infrastruktura bodo obstajala toliko časa, kolikor bodo obstajale oborožene sile. Vzdrževanje usposobljenosti oboroženih sil zahteva nenehno preverjanje v obliki najrazličnejših vaj. Uporaba različnih vrst smodnika in streliva bistveno zmanjša kvaliteto tal ter tako negativno vpliva na floro in favno območja, kjer se izvaja vojaško usposabljanje. Pogosto predvsem delovanje težkih oklepnikov in artilerije spremljajo izlitja nafte ter drugih naftnih derivatov in maziv. Tovrstna onesnaženja je najtežje odpraviti in ponovno zagotoviti neoporečnost zemlje. Onesnažena tla pa vplivajo tudi na onesnaženje vod, saj se onesnažila spirajo v površinske in podzemne vode.

Najpogostejša onesnažila, ki so odvisna predvsem od tipa oziroma namembnosti posameznega vojaškega poligona, so:

- vse vrste naftnih derivatov,
- sulfati in nitrati, kot posledica eksplozij in detonacij različnih vrst eksplozivnih polnjenj,
- težke kovine (tulci različnih kalibrov izstreljenih nabojev ter svinca),
- težko razkrajajoča plastika manevrskih nabojev, topovskih udarcev ter ostalih simulatorjev pehotnih in protiklepnih min ter pirotehničnih sredstev (Prebilič, 2001).

Med vojaška območja, ki onesnažujejo okolje, uvrščamo tudi vojaške baze. Intenziteto onesnaženja določata količina in vrsta onesnažil, ki sta v tesni povezavi s tipom vojaške baze. Vojaške baze, kjer so vojaki predvsem zgolj prebivali, so največkrat močno onesnažene z različnimi oblikami in velikimi količinami smeti ter odpadkov, predvsem organskega izvora. Bistveno bolj nevarne so letalske in raketne baze, baze za vzdrževanje ter popraviljanje oborožitvenih sistemov in skladišča naftnih derivatov ter kemičnih spojin. Najpogostejša onesnažila so naftni derivati (nafta, olje, bencini, kerozin, maziva) (46 %), prisotnost težkih kovin in različnih topil (15 %), halogeni elementi (12 %), benzeni, tolueni in etilni benzeni (12 %) in močnih oksidantov ter poliaromatični ogljikovi karbonati, ki se nahajajo v tekočih in trdnih gorivih raketnih motorjev (9 %). Hudo obremenitev za okolje pomenijo tudi številni vojaški tabori – onesnaževanje s fekalijami in odpadki (Prebilič, 2002).

Glavni problem na pehotnih streliščih je prenos kovin iz ostankov krogel v tla, kjer se le-te kopičijo. Primarno onesnažilo je svinec (Pb), ki tvori zrno izstrelka; zaščitni ovoji krogel pa so iz bakra (Cu). Prisotnost bakra vpliva na porast galvanskega korozijskega potenciala, kar lahko sproži povečanje mobilnosti svinca (Pb). Ugotovili so, da prisotnost Cu poveča topnost Pb ob naraščanju korozijskega potenciala (Dermatas in sod., 2004). Pri koroziji Pb se tvorijo

hidrokerusiti ($\text{Pb}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$ z manjšimi primesmi PbO in kerusita PbCO_3 . Te spojine so zmerno topne, njihovo topnost pa kontrolirajo kemijske lastnosti tal in atmosferski pogoji, katerim so obravnavana tla izpostavljena (Chen in sod, 2002). Deževnica deluje kot elektrolit, simulira izmenjavo elektronov med dvema kovinama, rezultat tega pa je galvanska korozija. Narava korozijskega procesa kovinskega Pb in obnašanje raztopljenega Pb je zelo odvisna od mikro okolja, predvsem na mestu stika s površino kovine. Galvanska korozija Pb v prisotnosti Cu povzroči sproščanje Pb v okolje (Bundy in sod., 1996). Raztapljanje Pb je večje v prisotnosti Cu , tvorba sekundarnih mineralov pri koroziji Pb , kot sta hidrokerusit ($\text{Pb}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$ in kerusit PbCO_3 , pa pojasni omejeno vertikalno mobilnost Pb v okolje (Bricka in sod., 1998).

Kovine, ki so raztopljene v vodnih telesih, se običajno usedejo na rečno dno in se kopičijo v rečnih sedimentih. V onesnaženem vodnem telesu niso le visoke koncentracije kovin, ampak so povečane tudi vsebnosti ostankov nafte in drugih naftnih derivatov ter maziv. Vendar so ti produkti lažji od vode, zato plavajo na površini vode in se manj kopičijo v sediment (Idzelis in sod., 2006).

V tej raziskavi smo se osredotočili na preiskave površinskih vod in rečnih sedimentov na vplivnem območju posameznih pehotnih streljšč v Sloveniji, v odvzetih vzorcih pa smo analizirali nekatere kovine in organske spojine z namenom, da se ugotovi, ali posamezno streljšče s svojo dejavnostjo vpliva na vodno okolje.

3.2.2 Metode dela

Vzorčenje površinskih vod na vplivnem območju pehotnih streljšč Bloška polica, Crngrob, Pečovnik in Mlake je bilo izvedeno po akreditirani metodi (akreditacija laboratorija po SIST EN ISO/IEC 17025 - št. akreditacijske listine ERICo Velenje LP-018) in v skladu s standardom SIST ISO 5667-6 (Navodilo za vzorčenje iz rek in vodnih tokov). Pri vzorčenju smo smiselno upoštevali tudi standard SIST EN 5667-2 (Navodilo o tehnikah vzorčenja). Priprava vzorcev na terenu, transport in skladiščenje odvzetih vzorcev vode je potekalo v skladu s standardom SIST ISO 5667-3 (Navodilo za shranjevanje in ravnanje z vodnimi vzorci).

Vzorčenje izcednih vod na vplivnem območju pehotnega streljšča Mlake je bilo izvedeno po akreditirani metodi (akreditacija laboratorija po SIST EN ISO/IEC 17025 - št. akreditacijske listine ERICo Velenje LP-018) in v skladu s standardom SIST ISO 5667-10 (Navodilo za vzorčenje iz rek in vodnih tokov). Pri vzorčenju smo smiselno upoštevali tudi standarda SIST EN ISO 5667-1 (Navodilo za načrtovanje programa vzorčenja za odpadne vode) in SIST EN 5667-2 (Navodilo o tehnikah vzorčenja). Priprava vzorcev na terenu, transport in skladiščenje odvzetih vzorcev vode je potekalo v skladu s standardom SIST ISO 5667-3 (Navodilo za shranjevanje in ravnanje z vodnimi vzorci).

Vzorčenje sedimenta je bilo izvedeno sočasno z vzorčenjem površinskih vod in je potekalo po akreditirani metodi (akreditacija laboratorija po SIST EN ISO/IEC 17025 - št. akreditacijske listine ERICo Velenje LP-018) ter v skladu s standardom SIST ISO 5667-12 (Navodilo za vzorčenje mulja). Priprava vzorcev za nadaljnje preiskave je potekala v skladu s standardom SIST ISO 11464 (Priprava vzorcev za fizikalno-kemijske analize).

3.2.2.1 Lokacije vzorčenja vod in sedimenta

Mesta vzorčenja vode in sedimenta na vplivnem območju pehotnih strelišč so bila določena na podlagi aktivnosti, ki potekajo na streliščih ter bi lahko bile potencialno vir onesnaženja vod in sedimenta v povezavi z reliefom terena (smer tokov površinskih vod). Na vseh izbranih lokacijah vzorčenja so bili odvzeti povprečni vzorci vode in sedimenta.

Preglednica 3.2-1: Lokacije vzorčenja (voda in sediment).

Lokacije vzorčenja vod in sedimenta		
Bloška polica - 02.10.2008		
Šteberščica - izvir	N 45°44,683'	E 14°26,748'
Mrzla jama pri Bločicah - izvir	N 45°45,316'	E 14°27,230'
Crngrob – 13.10.2008		
potok na strelišču (po združitvi 2 potokov, preden gre voda v kanal)	N 46°12,025'	E 14°18,938'
kanal pred iztokom v potok Suha (združena potoka s strelišča)	N 46°11,877'	E 14°18,963'
potok Suha – pred streliščem	N 46°11,877'	E 14°18,963'
potok Suha – za streliščem	N 46°11,854'	E 14°18,947'
Mlake – 27.11.2008		
iztok izcednih vod iz usedalnika	N 45°48,878'	E 13°58,050'
iztok ob rampi		
potok Gacko – pri mostu		
Pečovnik – 31.07.2009		
potok Ločnica – pred streliščem	N 46°12'654	E 15°16'542
potok Ločnica – za streliščem	N 46°12,550'	E 15°16,469'



Slika 3.2-1:

Lokacije vzorčenja vod in sedimenta – izvir Štebersčice (zgoraj levo), potok Ločnica – pred streliščem Pečovnik (zgoraj desno), iztok iz usedalnika – strelišče Mlake (sredina levo), potok na strelišču Crngrob (sredina), kanal pred iztokom v potok Suha (sredina desno), potok Suha – pred streliščem (spodaj levo), potok Suha – za streliščem (spodaj desno) (foto: P. Druks Gajšek, 2008, 2009).

3.2.2.2 Analizne metode za fizikalno kemijske analize vode in sedimenta

Za vzorčenje in fizikalno-kemijske analize odvzetih vzorcev površinskih vod in sedimenta so se uporabile analizne metode, ki so določene s standardi iz priloge 1 Pravilnika o monitoringu kemijskega stanja površinskih voda (Ur. l. RS, št. 42/02) in ustrezajo vsem evropskim standardom iz tega področja. Omenjeni pravilnik je s 24.02.2009 nadomestil Pravilnik o monitoringu stanja površinskih voda (Ur. l. RS, št. 10/09).

Za vzorčenje in fizikalno-kemijske analize odvzetih vzorcev izcednih vod so se uporabile analizne metode, ki so določene s standardi iz priloge 2 Pravilnika o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu odpadnih vod ter o pogojih za njegovo izvajanje (Ur. l. RS, št. 74/07).

Preglednica 3.2-2: Analitske metode in oprema za fizikalno – kemijske preiskave vode.

Parameter	Metoda	Oprema
vzorčenje	SIST ISO 5667-6: 2007, SIST ISO 6557-10: 1996	zajemalka, plastična posoda, steklenice
pH	SIST ISO 10523: 1996	prenosni merilnik pH, T, SEP in kisika WTW
T	SIST DIN 38404 del 4: 2000	prenosni merilnik pH, T, SEP in kisika WTW
redoks potencial#	DIN 38404-6: 2000	pH meter - Mettler Toledo
motnost#	SIST EN ISO 7027: 2000	spektrofotometer - Hach
baker celotni - Cu	SIST EN ISO 17294-2: 2005	ICP-MS 7500c Agilent
cink celotni - Zn	SIST EN ISO 17294-2: 2005	ICP-MS 7500c Agilent
nikelj celotni - Ni	SIST EN ISO 17294-2: 2005	ICP-MS 7500c Agilent
svinec celotni - Pb	SIST EN ISO 17294-2: 2005	ICP-MS 7500c Agilent
krom celotni - Cr	SIST EN ISO 17294-2: 2005	ICP-MS 7500c Agilent
arzen celotni - As	SIST EN ISO 17294-2: 2005	ICP-MS 7500c Agilent
selen celotni - Se	SIST EN ISO 17294-2: 2005	ICP-MS 7500c Agilent
kadmij celotni - Cd	SIST EN ISO 17294-2: 2005	ICP-MS 7500c Agilent
živo srebro - Hg	ISO 5666: 1999, Pogl. 5	ETAAS – hidridna tehnika Perkin Elmer
kemijska potreba po kisiku - KPKd#	DIN 38409-44: 1992	KPK razklopna enota Gerhardt, avtomatski titrator Behr
biokemijska potreba po kisiku - BPK ₅	ISO 5815-1: 2003	merilni aparat BPK Mikropolo
lahkohlapni aromatski CH - BTX#	SIST ISO 11423-1: 1998	plinski kromatograf MS/ECD -Hewlett Packard
celotni ogljikovodiki	ISO 9377-2: 2000	Ikema Ptuj

OPOMBE

Rezultati, označeni z #, ne spadajo v obseg akreditacije laboratorija po SIST EN ISO/IEC 17025.

Št. akreditacijske listine ERICo d.o.o. LP-018.

Št. akreditacijske listine Ikema d.o.o. LP-048.

Preglednica 3.2-3: Analitske metode in oprema za fizikalno – kemijske preiskave sedimenta.

Parameter	Metoda	Oprema
vzorčenje	SIST ISO 5667-12: 1996	plastična lopatka
suha snov	SIST ISO 11465: 1996/Cor1: 2005	splošna laboratorijska oprema
pH - H ₂ O#	SIST ISO 10390 mod.: 2006	pH meter Mettler Toledo
svinec – Pb	SIST EN ISO 17294-2: 2005 mod.	ICP-MS 7500c Agilent
arzen – As	SIST EN ISO 17294-2: 2005 mod.	ICP-MS 7500c Agilent
nikelj – Ni	SIST EN ISO 17294-2: 2005 mod.	ICP-MS 7500c Agilent
kadmij – Cd	SIST EN ISO 17294-2: 2005 mod.	ICP-MS 7500c Agilent
selen – Se#	SIST EN ISO 17294-2: 2005 mod.	ICP-MS 7500c Agilent
baker – Cu	SIST EN ISO 17294-2: 2005 mod.	ICP-MS 7500c Agilent
cink – Zn	SIST EN ISO 17294-2: 2005 mod.	ICP-MS 7500c Agilent
krom – Cr	SIST EN ISO 17294-2: 2005 mod.	ICP-MS 7500c Agilent
živo srebro – Hg	SIST ISO 5666-5: 2000 mod.	ETAAS – hidridna tehnika Perkin Elmer

OPOMBE

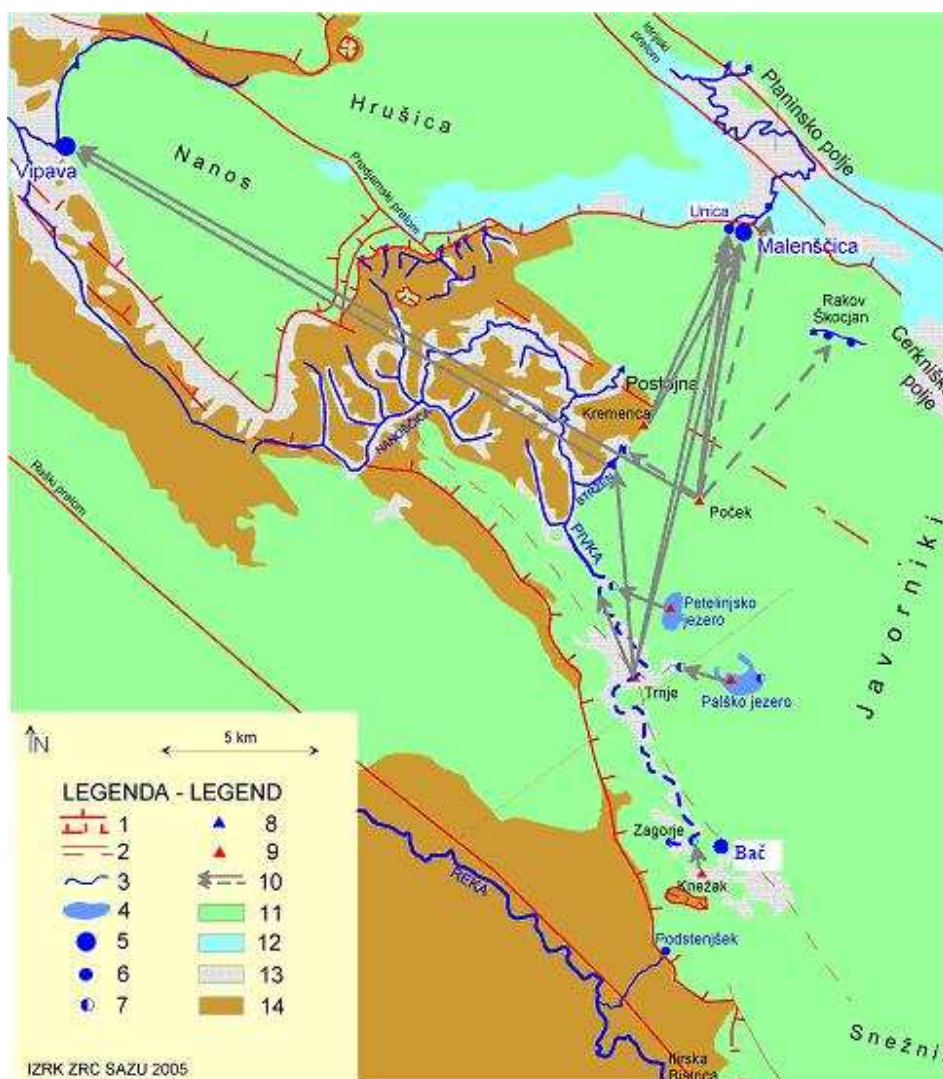
Rezultati, označeni z #, ne spadajo v obseg akreditacije laboratorija po SIST EN ISO/IEC 17025.

Št. akreditacijske listine ERICo d.o.o. LP-018.

3.2.3 Hidrogeološke značilnosti pehotnih strelišč

Bač

Strelišče Bač leži na območju Zgornje Pivke, za katerega je značilno prepletanje med površinskimi in podzemnimi tokovi (Petrič in sod., 2005). Osrednji vodni tok je reka Pivka, ki izvira pri vasi Zagorje (slika 3.2-2). V izvirnem območju je več izvirov, ki dajejo skupaj do 3,5 m³ vode na sekundo, ob nizkem vodostaju pa pretoka ni. Kot glavni vir pogosto navajajo izvir Pivščica (552 m n.m.) s pretokom do 1,5 m³/s, dobro poznan pa je tudi izvir Videmščica (565 m n.m.). Ob prvem je obzidan 9 m globok vodnjak, v katerem je zajeta stalna kraška voda.



Slika 3.2-2:

Hidrogeološka karta širšega območja Pivke (legenda: 1. vidna in pokrita naravnica, 2. viden in pokrit prelom, 3. površinski tok, 4. presihajoče jezero, 5. večji izvir, 6. stalni izvir, 7. občasni izvir, 8. ponor, 9. točka injiciranja sledila, 10. s sledenjem dokazana glavna in stranska podzemna vodna zveza, 11. kraški vodonosnik, 12. razpoklinski vodonosnik, 13. medzrnski vodonosnik, 14. zelo slabo prepustne plasti).

Približno 1 km dolvodno je občasni izvir Kljunov ribnik s pretoki do 2 m³/s. Ob izviru je bila izvrtana kaptažna vrtina K-1, ki pa trenutno ni v uporabi. Ob visokem vodostaju iz nje bruha voda. Severno od vasi Parje so Parski studenec ter izvira Mlaka pri Parju in Mišnik (537 m n.m.), ki je po trajnosti in izdatnosti drugi najpomembnejši ob Pivki. Aktiven je do nekaj mesecev na leto (slika 3.2-3).



Slika 3.2-3: Hidogeološka karta ožjega vplivnega območja strelišča Bač (legenda: 1. kraški vodonosnik, 2. zelo slabo prepustne plasti, 3. medzrnski vodonosnik, 4. občasni površinski tok, 5. s sledilnim poskusom ugotovljena glavna smer podzemnega pretakanja, 6. s sledilnim poskusom ugotovljena stranska smer podzemnega pretakanja, 7. meja območja strelišča).

V zgornjem toku se Pivka pretaka površinsko le občasno ob višjih vodostajih, stalna pa je v spodnjem toku do ponora v Postojnsko jamo. Napajajo jo številni kraški izviri, skozi katere izteka podzemna voda kraškega vodonosnika Javornikov in Snežnika. Območje Zgornje Pivke gradijo predvsem dobro zakraseli kredni apnenci, ki imajo značilnosti dobro prepustnih kamnin s kraško-razpoklinsko poroznostjo. Prsti na apnencih je relativno malo in še ta je pogosto nezvezna, zato je ponekod površje precej kamnito. Padavine s površja neposredno prenikajo v bolj ali manj vertikalni smeri skozi razpokane, zakrasele apnenice vadozne cone globlje v kras, v stalno zaliti coni vodonosnika pa se nato raztekajo v različnih smereh proti izvirom na obrobju kraškega masiva. V kraškem vodonosniku se vode pretakajo večinoma podzemno, ob močnejših in dolgotrajnejših padavinah pa se nivo podzemne vode dvigne in voda se na številnih mestih preliva na površje. Tako postanejo aktivni občasni kraški izviri ob zgornjem toku reke Pivke, z

vodo pa se napolnijo tudi kraške depresije in nastane večje število presihajočih kraških jezer (Kovačič in sod., 2005).

V dolini reke Pivke so na apnencih odložene kvartarne aluvialne naplavine, ki so relativno slabše prepustne in predstavljajo lokalno hidrogeološko pregrado. Ob njih se ob visokem vodostaju, ko se gladina podzemne vode v krasu dvigne nad nivo kontakta, pojavljajo občasni kraški izviri, iz katerih voda napaja površinski tok reke Pivke. V daljših obdobjih brez padavin pa se nivo podzemne vode spusti pod ta prelivni rob in izviri presušijo. Voda iz površinske Pivke se izgublja v podzemlje skozi številne ponore v strugi.

V strukturnem smislu pripada območje Zgornje Pivke Snežniški narivni grudi, ki je narinjena na Komensko narivno grudo (Placer, 1981). Eocenski fliš slednje predstavlja neprepustno podlago kraškega vodonosnika. Na površje se izpod apnenca prikaže v tektonskem oknu pri Knežaku. Fliš v podlagi omejuje podzemno odtekanje proti reki Reki in njenim pretokom. Tako se večji del plitvega kraškega vodonosnika drenira proti izvirom ob Pivki. Južno od izvirov pri Zagorju je kraška razvodnica med Pivko in Reko, torej med črnomořskim in jadranskim povodjem. Zaradi spreminjanja njenega položaja ob različnih hidroloških pogojih, pa tudi zaradi pomanjkanja ustreznih hidrogeoloških podatkov, njene natančne lege ne moremo zanesljivo določiti. Pomembne informacije so dali sledilni poskusi, ki so bili v preteklosti opravljeni na širšem območju (sliki 3.2-2 in 3.2-3). V Kneške ponikve so 26. februarja 1968 ob pretoku 5 l/s injicirali 1 kg uranina in ugotovili povezavo z izvirom Videmščica z navidezno hitrostjo pretakanja 1,2 cm/s (Habič, 1975). Pri raziskavah zaledja izvira Podstenjšek je dve kombinirani sledenji izvedla Nataša Ravbar (Ravbar, 2007). V marcu 2006 je ob višjem vodostaju na apnenčasto površje s škrapljami pod Milanko injicirala 0,5 kg eozina, v estavelo na Šembijskem jezeru pa 94 g sulforodamina B. Prvo sledilo se je z navidezno dominantno hitrostjo (izračunana glede na zračno razdaljo med točko injiciranja in točko pojava sledila ter časom od injiciranja do dosežene maksimalne koncentracije sledila v točki pojava) 0,6 cm/s pretakalo predvsem proti izviru Bistrica pri Ilirski Bistrici, v manjšem delu pa z navidezno dominantno hitrostjo 1,1 cm/s proti izviru Podstenjšek. Oba izvira sta v porečju Reke. Drugo sledilo je z navidezno dominantno hitrostjo 0,6 cm/s potovalo proti izviru Podstenjšek. V novembru 2006 ob nizkem vodostaju je pri kombiniranem poskusu sledila injicirala razpršeno po površju. Na Pušlem hribu je uporabila 5 kg litijevega klorida, severovzhodno od Šembij pa 5 kg kalijevega jodida. Prvi se je z navidezno dominantno hitrostjo 2,6 cm/s pojavil v izviru Pivščice, drugi pa v zelo majhnem deležu z navidezno dominantno hitrostjo 0,5 cm/s v izviru Podstenjšek.

Pivka ponika v Postojnsko jamo in podzemno teče predvsem proti izviru Unice na Planinskem polju. S sledilnim poskusom pa je bila ugotovljena tudi smer odtekanja vode iz ponorov v strugi Pivke gorvodno od Postojnske jame. Tako je bil v avgustu 1988 z uraninom obarvan ponor v strugi Pivke pri Trnju (slika 3.2-2). Z navidezno hitrostjo 0,5 cm/s se je sledilo ob nizkem vodostaju pretakalo proti izviroma Malenščice in Unice na Planinskem polju (Habič, 1989).

Na osnovi poznane hidrogeološke zgradbe in rezultatov opravljenih sledilnih poskusov lahko torej zaključimo, da se **vode z območja strelišča Bač podzemno stekajo proti izvirom ob reki Pivki. Je pa strelišče tudi znotraj zaledja (na južnem robu) izvira Malenščice, ki je zajet za vodooskrbo občin Postojne in Pivke.**

Območje strelišča prekriva tanka plast prsti, številni so kamniti izdanki. Površje je preoblikovano in ponekod nasuto. To sicer lokalno lahko pomeni nekoliko manjšo prepustnost, za celotno

območje strelišča pa lahko rečemo, **da se padavine hitro infiltrirajo skozi prst in vadozno cono krasa v podzemlje in odtekajo proti izvirov ob Pivki. Ni pa možno zanesljivo določiti, proti kateremu izmed izvirov je usmerjen glavni tok.** Glede na naše poznavanje kraških hidrogeoloških sistemov lahko sklepamo, da se smer pretakanja spreminja v odvisnosti od hidroloških pogojev in da bi sledilo verjetno zaznali v več izvirov ob Pivki. Na območju Zgornje Pivke je ob nizkem vodostaju podzemna voda dostopna v vodnjaku pri Pivščicah in v vrtini K-1 pri Kljunovem ribniku. Vendar pa bi bilo tam zaradi občasnosti ugodnih hidroloških razmer vzorčenje za zajem reprezentativnih vzorcev zahtevno. Druge točke s stalno vodo dolvodno so že zelo oddaljene in imajo veliko prispevno zaledje, zato bi bil v njih morebitni vpliv strelišča zakrit z drugimi vplivi in ga ne bi bilo možno ustrezno interpretirati. To še posebej velja za izvir Malenščice, ki se napaja iz zaledja velikosti 726 km². Ob visokih vodostajih pa bi bilo zanimivo opazovati poleg izvirov Pivščice in Kljunov ribnik tudi izvir Mišnik in površinski tok Pivke nad Parjem.

Bloška polica

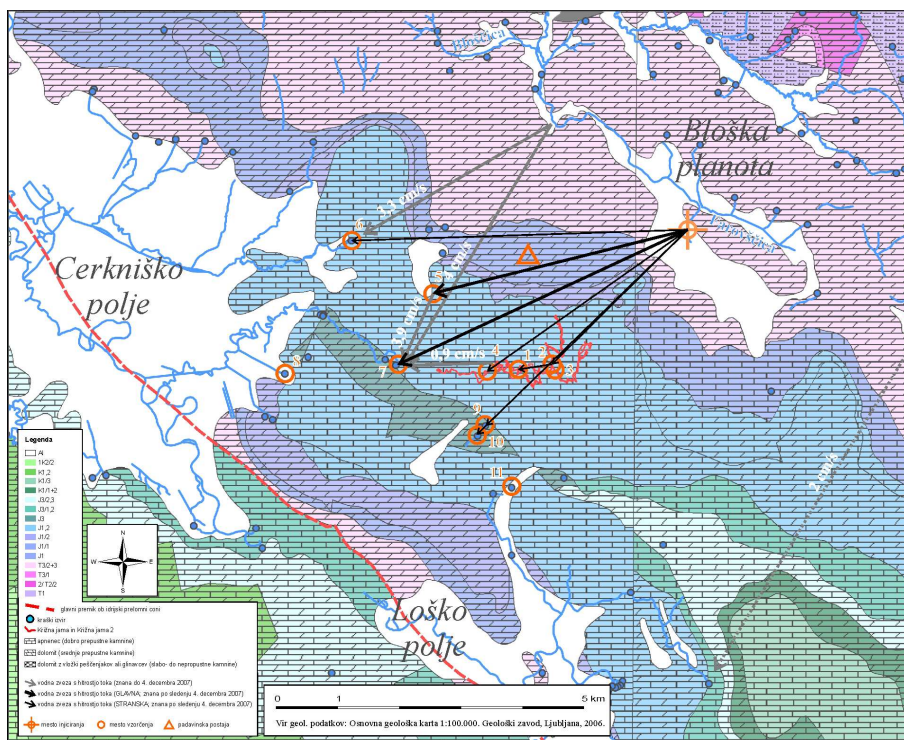
Pri opisu hidrogeoloških značilnosti območja strelišča pri Bloški polici se v splošnem lahko omejimo na trikotnik med Bloško planoto, Loškim poljem in Cerknjskim poljem (slika 3.2-4). V osrednjem delu ležita Križna jama in Križna jama 2, ki sta pomembni naravni vrednoti. Območje v celoti gradijo karbonatne kamnine, zato se obnaša izrazito in povsem kraško. Nahaja se v severovzhodnem krilu izrazite sinklinale s smerjo osi severozahod-jugovzhod. To je razlog, da ležijo na površju neposredno ob osi sinklinale najmlajše jurske kamnine, pri večji oddaljenosti od osi pa jurske kamnine postopno prehajajo v starejše zgornjetriasne. Kamnine iz obdobja zgornjega triasa sestavljajo izključno dolomiti, dolomit je značilen tudi za spodnjo juro, na katero so odloženi spodnje in srednejurski apnenci. Kamnine zgornje jure zopet sestavljajo dolomiti. Zaradi bližine idrijske prelomne cone je območje (vsaj okoli Križne jame) relativno dobro pretrto z razpokami v smereh sever-jug in vzhod zahod (Gospodarič, 1974). Vodno aktivni rovi v Križni jami so usmerjeni po dinarski (SZ-JV) ali prečno dinarski smeri (SV-VZ).

Regionalno gledano gradijo triasni dolomiti večji del Bloške planote ter del njenega severozahodnega hribovitnega obrobja. Na jugozahodni strani jih obrobajo jurski dolomiti, tako da tvorijo podlago severnemu delu Bločškega polja, celotnem polju pod Bloško polico, od tu pa zavijejo plasti proti Metuljam na Blokah. Srednje in spodnejurski apnenci so značilni za bližnjo okolico izvira Žerovniščice, južni del Bločškega polja ter širše območje okoli obeh Križnih jam. Na zgornjejurski dolomit prehajajo pri izviru Šteberščice.

Zaradi majhnega hidravličnega gradienta in bližine podzemne vode je kljub kraškim kamninam površinski vodni tok značilen le za obrobje, to je Bloško planoto, Loško polje in Cerknjsko polje. Ker na dolvodni strani planote oz. polj ležijo ponori, na gorvodni strani pa izviri, gre za tipičen primer pretočnega krasa, ki se zaradi svoje obširnosti ne napaja le z alohtono vodo, temveč tudi avtohtono. To pomeni, da na nižje ležečih izvirov sledimo tako vodo s ponorov kakor tudi preniklo vodo znotraj trikotnika Bloška planota-Loško polje-Cerknjsko polje.

Na Bloški planoti je pomembnejši vodotok le Bloščica, ki običajno ponika pri Velikih Blokah. Pri višjem vodostaju ponori ne prevajajo vse vode, zato se je del preliva proti Fari na Blokah, kjer skupaj s Farovščico in Sušico ponikajo na polju južno od Fare. Približno 3,5 km jugovzhodno od Fare ležijo ponori Studenca na Ravnah.

Kraški izviri, ki dokazano ali pa potencialno odvajajo vodo z jugozahodnega dela Bloške planote, ležijo na vzhodnem robu Cerkniškega polja (npr. Žerovniščica, Šteberščica, Obrh in Cemun) ter na severnem in vzhodnem robu Loškega polja (npr. Veliki Obrh pri Vrhniki). V izviru Šteberščice prihaja voda na površje iz sifona, katerega dolžina je raziskana v dolžini 80 m in globini 18 m (Arhiv katastra IZRK). Povprečni pretok Šteberščice (imenujejo jo tudi Lipsenjščica) je na merilnem mestu pod mostom Žerovnica-Lipsenj med leti 1972 in 1975 znašal $1,3 \text{ m}^3/\text{s}$, minimalni pretok $0,01 \text{ m}^3/\text{s}$ in maksimalni $16,0 \text{ m}^3/\text{s}$ (Gospodarič in sod., 1976). Žerovniščica izvira iz 420 m dolge Veselove jame. Med leti 1972 in 1975 je imela pri Žerovnici povprečni pretok $0,21 \text{ m}^3/\text{s}$, minimalni $0,01 \text{ m}^3/\text{s}$ in maksimalni $7,59 \text{ m}^3/\text{s}$ (Gospodarič s sod., 1976). Pretok v Mrzli jami pri Bločicah je z današnjimi metodami težko izmeriti, saj se voda deloma pretaka skozi grušč, vodni tok pa je brez potapljaške opreme dostopen le v dolžini okoli 10 m. Po oceni se v njej pretaka od nekaj 10 do nekaj 100 l/s vode. Pri tem se voda ob letnih poplavah dvigne do 2 metrov, ob izjemnih poplavah pa naraste tudi prek 5 m in se po pripovedovanju domačinov prelije na Bločiško polje.



Hidrogeološka karta širšega vplivnega območja strelišča Bloška polica (legenda: rdeč krogec: izvir (1-Križna jama (1. jezero), 2-Križna jama (Blata), 3-Križna jama (Pisani rov), 4-Dihalni v Grdem dolu/Križna jama 2, 5-Mrzla jama pri Bločicah, 6-Žerovniščica, 7-Šteberščica), rdeč trikotnik: Bloška polica.

Križno jamo sestavljajo trije glavni rovi. Blatni rov ali Blata in Pisani rov predstavljata dva dotočna kraka, ki se združita in skupaj tečeta v Jezerski rov. Ta jamski vodni tok potem ponika na različnih lokacijah v odvisnosti od vodostaja in najverjetneje odteka v Križno jamo 2, zagotovo pa se na površju pojavi v izviru Šteberščice. Ob dolgotrajnejši suši potok v Križni jami presahne, ob visokem vodostaju pa dosega nekaj m^3/s . Križna jama je večinoma razvita v apnencu z vložki dolomita spodnje in srednjejurske starosti. Končnih 400 m Blat je v celoti razvitih v spodnjejurskem dolomitu, pri čemer se spremeni le presek rova iz prvotnih 20 m v apnencu na 10 m v dolomitu. Dimenzija rova v dolomitu bi lahko brez težav prevajala več 10 m^3 vode. To kaže, da je lahko prepustnost v dolomitu v določenih pogojih ravno tako dobra kakor v apnencu. Apnenci so različno razpokani, ponekod tako močno, da se na več mestih pojavljajo podori, deloma pa tako izredno slabo, da več 100 metrov ne sledimo nobenega dotoka s stropa.

Smeri odtekanja podzemne vode lahko določimo na osnovi opravljenih sledilnih poskusov. Za nekatera med njimi ni natančnih poročil, zato uporabljeni podatki niso povsem zanesljivi. Prva sledenja so bila opravljena leta 1939, ko naj bi se voda Bločice pri Velikih Blokah po 83 urah pojavila v izviri Žerovniščice in Šteberščice, kasneje pa še v izviru Lisjak (Novak, 1969). Voda je do izvira Žerovniščice potovala s hitrostjo 3,3 cm/s, do izvira Šteberščice pa 4 cm/s. Voda v Križni jami takrat ni bila opazovana. Z Bloške planote so leta 1946 sledili tudi Studenec na Ravnah (Novak, 1969). Barvilo naj bi se po 10 dneh pojavilo v Velikem Obrhu v Loški dolini. Hitrost toka bi znašala okoli 2 cm/s. Pri sledenju v Mrzli jami pri Bločicah naj bi se sledilo po 22 urah (navidezna hitrost toka 3,9 cm/s) pojavilo v Šteberščici (Novak, 1969). Leta 1965 je Novak (1969) izvedel sledenje vode v Križni jami ob srednjem do visokem vodostaju. Sledilo se je po 130 urah pojavilo v izviru Šteberščice, kar pomeni navidezno maksimalno hitrost 4,1 cm/s. Maksimalna koncentracija se je na izviru Šteberščice pojavila šele drugi in tretji dan, obarvanje izvira je bilo opazno še 10 dni po prvem opažanju. Krivulja koncentracije barve v odvisnosti od časa pa je bila zelo razvlečena. Sledilo se kljub opazovanju ni pojavilo v drugih izviri (tudi Mrzli jami pri Bločicah in Žerovniščici). Pol leta kasneje je bila ob drugem sledenju v Križni jami spet ugotovljena zveza z izvirom Šteberščice (Novak, 1969). Hitrosti podzemeljskega toka so bile takrat nekoliko manjše.

Na Inštitutu za raziskovanje krasa ZRC SAZU je bilo 04.12.2007 izvedeno sledenje ponora Farovščice ob srednjih do nizkih pretokih. Ugotovljena je bila glavna povezava z vodnim tokom v Mrzli jami pri Bločicah in dalje z izviri Šteberščice (v dveh mesecih je izteklo 72,6 % injiciranega sledila), nekoliko slabšo z izvirom Žerovniščice (15 %) in z Blatnim rovom v Križni jami (1,3 %). Le v nizkih koncentracijah pa se je sledilo pojavilo tudi v Križni jami 2 (Kogovšek in sod., 2008).

Za oceno značilnosti odtekanja vode z območja strelišča pri Bloški polici (slika 3.2-4) so pomembni predvsem rezultati zadnjega sledenja. Strelišče se namreč nahaja na površju neposredno nad temi podzemnimi vodnimi tokovi. Geološko podlago predstavlja spodnjejurski dolomit, vendar se je pri terenskem ogledu pokazalo, da je površje v veliki meri antropogeno spremenjeno. Površje je v različnih debelinah nasuto z neavtohtonimi materiali, urejene pa so drenaže. Na dnu pobočja je večja vrtača in glede na videno sklepamo, da se površinske vode z območja strelišča v veliki meri stekajo proti tej vrtači. Zato lahko kljub verjetno slabši prepustnosti nasutih materialov sklepamo, **da se površinska voda, ki spira površje strelišča, na obrobju hitro infiltrira skozi kraško površje in odteka skozi vadozno cono. Po naši oceni ta vadozna cona, ki je debela okrog 100 m, omogoča relativno hitro vertikalno pretakanje vode proti prej omenjenim podzemnim tokovom, ki so usmerjeni predvsem proti Mrzli jami pri Bločicah in izviru Šteberščice, pa tudi proti izviru Žerovniščice in Križni jami.**

Crngrob

Geološko podlago območja strelišča Crngrob predstavlja kvartarni deluvij, ki ga sestavlja pretežno glina s kosi različnih kamnin (slika 3.2-5). Vzhodno od roba strelišča izdanja oligocenski apnenčevo-dolomitni konglomerat. Površje strelišča je antropogeno preoblikovano in zanj je značilna zelo slaba prepustnost. **Delež vode, ki se infiltrira v podlago, je zelo majhen, zato prevladuje površinski odtok v kanale, ki sekajo strelišče ali so speljani po njegovem obrobju.** Naklon površja je majhen in pred iztokom v kanale se lahko voda dalj časa zadržuje na površju (po pripovedovanju med terenskim ogledom prisotnih pripadnikov Slovenske vojske lahko tudi nekaj mesecev). Voda iz treh kanalov, v katerih se zbira voda z območja strelišča, se steka v potok Suho. Ta že pred mostom dobi še pritok iz zahodne smeri z območja apnenčevo-dolomitnih konglomeratov, na katerega strelišče nima neposrednega vpliva.

Podatkov o pretokih površinskih tokov nimamo. Ob vzorčenju v oktobru 2008 so bili kanali ob robu strelišča praktično suhi. Nekoliko višji vodostaj je bil ugotovljen ob terenskem ogledu 21. aprila 2009, ko smo skupni pretok Suhe pod mostom ocenili na približno 15 l/s, vodni tok pa je bil aktiven v vseh kanalih na in ob strelišču.

Vode z območja strelišča se **torej pretakajo pretežno površinsko po kanalih proti potoku Suhi**. Skupen iztok lahko opazujemo v potoku pred mostom na jugozahodnem robu strelišča.



Slika 3.2-5:

Hidrogeološka skica območja strelišča Crngrob (legenda: 1. deluvij kvartarne starosti, pretežno glina s kosi različnih kamnin, 2. oligocenski apnenčevo-dolomitni konglomerat, 3. meja območja strelišča, 4. površinski tok, 5. umetni podzemni kanal, 6. smer površinskega toka).

Mačkovec

Strelišče Mačkovec leži v okljuku Save Bohinjke severovzhodno od Bohinjske Bele (slika 3.2-6). Geološko podlago predstavlja v jugozahodnem delu strelišča aluvij kvartarne starosti, ki ga sestavljajo prod, pesek, melj in glina, v severovzhodnem delu pa nesprijeti rečni sediment (prod, pesek, melj, glina) v terasah kvartarne starosti. Glede na hidrogeološke značilnosti lahko obe enoti opredelimo kot vodonosnik z medzrnsko poroznostjo, je pa za aluvij značilna nekoliko slabša prepustnost. Na območju strelišča Mačkovec ni klasičnih površinskih vod. Kot površinske vode z območja strelišča se odvajajo le padavinske vode, ki se infiltrirajo v vodonosnik, ki je hidravlično povezan z reko. **To pomeni, da se snovi z območja strelišča počasi spirajo le s padavinskimi vodami v Savo Bohinjko, ki teče v oddaljenosti okoli 200 m od onesnaženega območja tal na strelišču.**

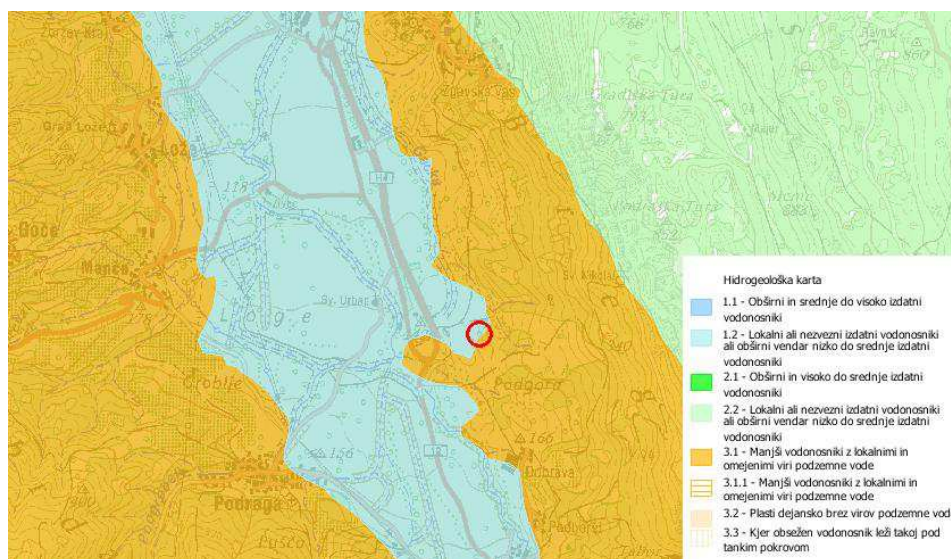


Slika 3.2-6:

Hidrogeološka skica območja strelišča Mačkovec (Legenda: 1. aluvij kvartarne starosti (prod, pesek, melj, glina), 2. nesprijeti rečni sediment v terasah kvartarne starosti (prod, pesek, melj, glina), 3. meja območja strelišča, 4. reka, 5. smer toka reke, 6. pot).

Mlake

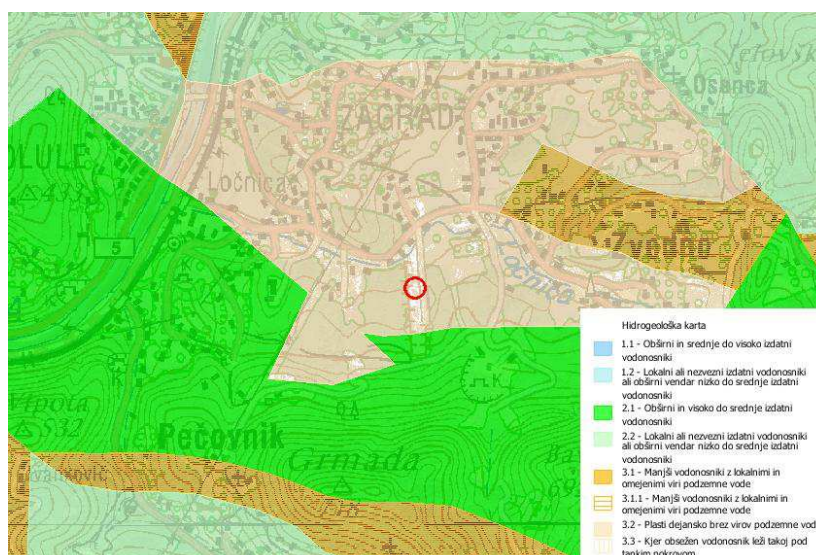
V geološki podlagi širšega območja strelišča Mlake je zelo slabo prepusten eocenski fliš Vipavske doline. Ob površinskih vodotokih Gacka in Močilnik je prekrit s kvartarnimi aluvialnimi sedimenti, v katerih je razvit lokalni medzrnski vodonosnik. Na taki podlagi je locirano tudi strelišče Mlake, ki pa je urejeno v skladu s sodobnimi smernicami. Prekrito je z neprepustnimi folijami in ima drenažo speljano do usedalnika na obrobju. **V naravnih pogojih bi lahko z območja strelišča pričakovali pretakanja vode skozi medzrnski vodonosnik proti potoku Gacki. Glede na sedanjo urejenost pa so izcedne vode preko usedalnika in kanala speljane površinsko v potok Gacko.**



Slika 3.2-7: Hidrogeološka karta, območje strelišča Mlake – rdeč krog (vir: Atlas okolja, MOP-ARSO).

Pečovnik

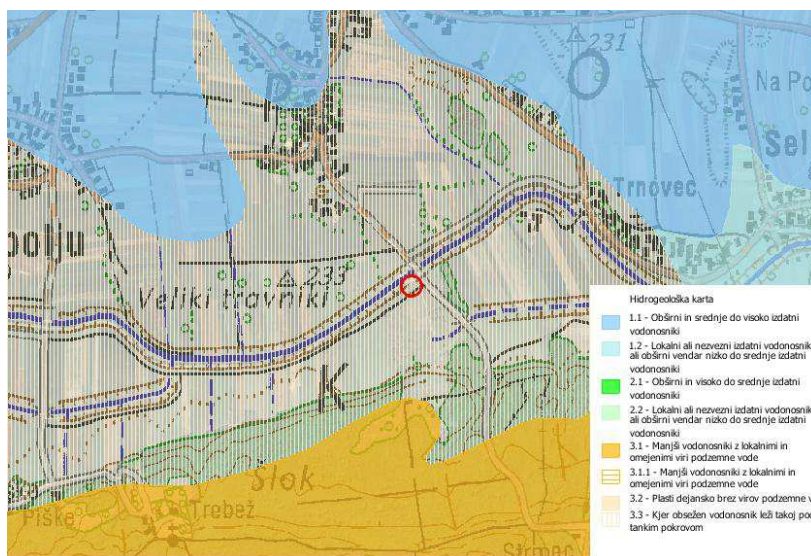
Širše območje strelišča Pečovnik gradijo zgornjeoligocenski prod, pesek, lapor, peščenjak in glina, izpod njih pa ponekod izdanjata srednjetriasni apnenec in dolomit. Strelišče na nagnjenem pobočju (z dviganjem naklona proti jugu) je antropogeno preoblikovano z nasutim materialom. Na obeh straneh pobočja se voda zbira v površinskih tokovih, ki se na spodnjem robu stekata v potok Ločnice, ki je pritok reke Savinje. **Vode z območja strelišča se pretakajo pretežno površinsko proti potoku Ločnici, ki z severovzhodne strani priteče na območje strelišča in skozi kanal odteče v smeri proti jugozahodu.**



Slika 3.2-8: Hidrogeološka karta, območje strelišča Pečovnik – rdeč krog (vir: Atlas okolja, MOP-ARSO).

Apače

Podlago strelišča Apače gradi kvartarni rečni sediment v terasah, ki ga po hidrogeološki funkciji lahko opredelimo kot vodonosnik z medzrnsko poroznostjo. **Vode z območja strelišča se skozi ta vodonosnik počasi precejajo proti potoku Polskava, ki teče približno 500 m jugovzhodno.**



Slika 3.2-9: Hidrogeološka karta, območje strelišča Apače – rdeč krog (vir: Atlas okolja, MOP-ARSO).

3.2.3.1 Vpliv strelišča na Počku na izvir Malenščice (sledilni poskus - podrobno opazovanje vodnih valov Malenščice po padavinah)

Območje vojaškega poligona Poček leži na kraškem svetu. Glavna značilnost apnenčastega območja je podzemno pretakanje kraške vode. Površinskih vodnih tokov je malo, izjema so kraška polja, ki so pokrita s slabše prepustnimi sedimenti. Propustne karbonatne kamnine omogočajo neposredno odtekanje deževnice v notranjost, kjer se zbirajo večje količine vode. Tako je podzemna voda v neposrednem stiku s površinskimi vodami, kar lahko ogroža zaloge pitne vode, saj ravno kraški izviri predstavljajo osnovni vir pitne vode za prebivalce kraškega območja (Pribilič, 2004).

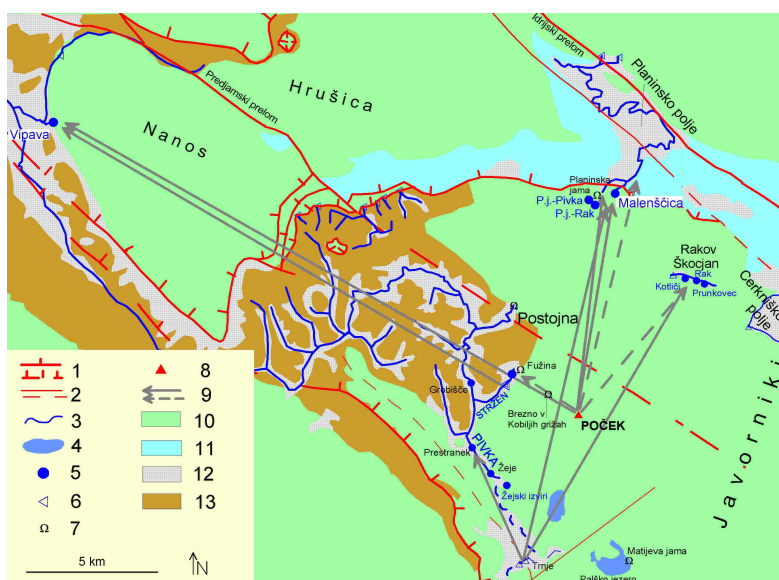
Samo območje poligona se nahaja v neposrednem zaledju izvira Malnov, ki je vir za oskrbo z vodo na območju Postojne z okolico (Jankovič in sod., 2000). Ker je hidrogeološko območje vojaškega poligona Poček zelo občutljivo območje kraškega vodonosnika, je zaradi vojaških dejavnosti, ki se na vadbišču odvijajo, še posebej izpostavljeno nevarnostim onesnaževanja. Tanka plast prsti na kraških tleh namreč ni učinkovit filter in za pronicanje padavinske vode v globino je dovolj 10 do 15 minut. Sanacija v primeru razlitja nevarnih snovi na kraškem terenu je zato praktično nemogoča. Vse napore je zato potrebno usmeriti v preventivo (Plut 2000, Novak 1985). Poleg omenjenega razlitja nevarnih snovi (predvsem naftnih derivatov in olj) je nujno upoštevati tudi potencialno onesnaženost voda, ki lahko nastane zaradi aktivnosti, ki spremljajo nastanitev in oskrbo vojaških enot na vadbišču (npr. komunalne odpadne vode) in zaradi spiranja onesnaženih tal s padavinami. **Vojaški poligon Poček se nahaja na občutljivem kraškem območju, za katerega je značilna majhna samočistilna sposobnost, posledica tega pa je**

večja nevarnost širjenja onesnaženja. Rezultati sledilnega poskusa, ki ga je Inštitut za raziskovanje krasa ZRC SAZU izvedel poleti 1997, **nakazujejo zelo dobro povezavo vojaškega poligona Poček z izviri Malenščice in Vipave, kot tudi dobro povezavo s Pivko v Planinski jami ter z izviri v Rakovem Škocjanu (Rak pred Prunkovcem, Prunkovec, Kotliči) ter z izvirom Stržena pri Stari vasi.**

O rezultatih raziskave vpliva strelišča na Počku na izvir Malenščice je bilo že izdelano poročilo (Al Sayegh Petkovšek in sod., 2006). V raziskavi so bile izmerjene **povečane vsebnosti določenih kovin (svinec, nikelj, baker, krom, kadmij) v odvzetih vzorcih sedimenta v izviri, ki so zelo verjetno posledica spiranja onesnaženih tal s padavinami na območju vojaškega poligona Poček;** še zlasti zato, ker so bile v talnih vzorcih s tega območja določene povečane vsebnosti omenjenih težkih kovin, ki so presegale mejne, opozorilne in nekatere celo kritične imisijske vrednosti.

a) Podrobno opazovanje vodnih valov Malenščice po padavinah in pretakanje voda v zaledju Malenščice

V sklopu pričujočega projekta smo podrobno spremljali kakovost dveh zaporednih vodnih valov Malenščice septembra 2007 in sicer po padavinah, ki so sledile poletni suši. Nad Postojnsko jamo pri Postojni in na območju Javornikov (Koren) so se merile padavine. Meritve pretokov Malenščice so se dopolnile z zveznimi meritvami temperature in spec. el. prevodnosti (SEP). Vzoredno so se zajemali vodni vzorci Malenščice v 2-urnem intervalu za kemijske analize. V laboratoriju IZRK so se določili naslednji parametri: kalcij, magnezij, klorid, nitrati, o-fosfati, sulfati, v laboratoriju ERICo d.o.o. pa kovine: aluminij (Al), antimon (Sb), arzen (As), baker (Cu), barij (Ba), berilij (Be), bor (B), cink (Zn), kadmij (Cd), kobalt (Co), kositer (Sn), krom (Cr), mangan (Mn), molibden (Mo), nikelj (Ni), selen (Se), srebro (Ag), stroncij (Sr), svinec (Pb), talij (Tl), telur (Te) in vanadij (V).



Slika 3.2-10:

Pregledna hidrogeološka karta širšega območja strelišča Poček z rezultati sledenja (legenda: 1. vidna in pokrita narivnica; 2. viden in pokrit prelom; 3. površinski tok; 4. presihajoče kraško jezero; 5. izvir, vzorčevalno mesto za analize; 6. ponor; 7. večja kraška jama; 8. točka injiciranja sledila na Počku; 9. s sledenjem dokazana glavna in stranska podzemna vodna zveza; 10. kraški vodonosnik; 11. razpokliniski vodonosnik; 12. medzrnski vodonosnik; 13. zelo slabo prepustne kamnine).

S številnimi raziskavami je bilo dokazano, da je zaledje kraškega izvira Malenščice zelo kompleksno (slika 3.2-10). Za pravilno razumevanje prenosa onesnažil je nujno poznavanje dinamike različnih dotokov z območja celotnega zaledja. **Del vode dobiva izvir prek infiltracije padavin z obsežnega območja Javornikov, kar je pokazal sledilni poskus s Počka (Kogovšek, 1999), kjer je tudi strelišče.** Zato smo skušali razpoznati, kdaj je delež te vode v izviru Malenščice večji.

Rakov rokav Planinske jame, kjer naj bi se mešale javorniške vode in vode s Cerkniskega polja, je ob nizkih vodostajih suh, vode pa naj bi odtekale proti Malenščici. Ta zveza je bila dokazana s sledenjem (Michler, 1955), kasneje pa potrjena s hidrokemijskimi in temperaturnimi meritvami (Gams, 1966; Habič, 1987). Z več sledenji so bile ugotovljene vodne povezave Malenščice s ponori v Jamskem zalivu na Cerkniskem polju in s ponori v Rakovem Škocjanu (Habič, 1987). Vendar pa je velikost dotoka voda iz te smeri zelo odvisna od vsakokratnih hidroloških razmer, ki pa v okviru starejših sledenj niso bile podrobno spremljane.

Sledenje z injiciranjem v Mali Karloviči 20.05.2008, ki ga je izvedel IZRK ob dokaj stabilnem pretoku Malenščice okoli $6,4 \text{ m}^3/\text{s}$, je pokazalo hitro pretakanje glavnine injiciranega sledila do Kotličev, ne pa tudi v izvir Raka v Rakovem Škocjanu. Sledilo se je hitro pretakalo naprej do Malenščice ter nekoliko počasnejše in v manjšem deležu v Rakov rokav v Planinski jami, ki je dosegal v času glavnega prehoda uranina pretok okoli $4,4 \text{ m}^3/\text{s}$. Do Kotličev v Rakovem Škocjanu se je voda s sledilom pretakala z dominantno hitrostjo $v_{\text{dom}} = 109 \text{ m/h}$, do Malenščice pa z $v_{\text{dom}} = 103 \text{ m/h}$. Pretakanje do Rakovega rokava v Planinski jami (pred sotočjem) je bilo počasnejše ($v_{\text{dom}} = 86 \text{ m/h}$). Maksimalna koncentracija sledila je bila v Kotličih skoraj 4-krat večja kot v Malenščici, razmerje Ca/Mg Malenščice pa je bilo visoko (6,5), kar nakazuje, da je tedaj dobivala tudi pomemben delež vode z območja Javornikov.

S sledilnim poskusom (Habič, 1989) je bilo tudi dokazano, da voda iz požiralnika Pivke med Trnjem in Pivko, kamor se stekajo tudi neočiščene odpadne vode naselja Pivka, odteka pod Javorniki v Malenščico in Unico na Planinskem polju. Injiciranje je bilo 9.8.1989, v sušnem obdobju ob splošnem upadanju gladine podzemne vode. Zato je na prenos sledila vplival izdatnejši dež konec avgusta (prek 60 mm) in v začetku septembra 1989 (prek 100 mm). Krivulji prehoda sledila skozi oba izvira (Malenščico in Unico) sta bili podobni in z dvema sledilnima valovom, kar je vodilo k sklepu, da gre za skupno hidrološko zaledje oz. da se napajata iz javorniškega toka. Upad koncentracij tako v Malenščici kot v Unici med obema sledilnima valoma je bil pripisan povečanemu dotoku voda iz javorniškega zaledja. Nižje koncentracije sledila v Malenščici v drugem sledilnem valu odražajo verjetno dotok cerkniskih voda v Malenščico, ki odrivajo javorniške vode v Rakov rokav Planinske jame. V Pivškem rokavu Planinske jame se je verjetno pojavil tudi uranin (v opazno nižjih koncentracijah), ki je površinsko odtekal skozi Postojnsko jamo.

Na osnovi znanega sklepamo **ob nizkem vodostaju na pomemben dotok vode v Malenščico z območja Javornikov** (Kogovšek, 2001). Tedaj je Pivka suha, na Cerkniskem polju pa ponika le majhna količina Cerkniske. Po izdatnih padavinah v vodnih valovih skozi Malenščico izteka najprej shranjena voda iz zalite cone v zaledju izvira, nato sledi naraščanje SEP ob nespremenjeni temperaturi, ko sklepamo na povečan dotok infiltrirane vode iz Javornikov. Ob povišanih vrednostih temperature in SEP se nato odrazi spiranje zaledja Cerkniske, hkrati pa se vse bolj povečuje tudi dotok z območja Javornikov (upad temperature in večje razmerje Ca/Mg), kjer se na območju strelišča zadržujejo tudi onesnažila, predvsem težke kovine. Temu sledi

naraščanje temperature in upadanje Ca/Mg, kar zelo verjetno odraža povečan dotok s Cerkniškega polja, predvsem Stržena. Vpliv Pivke na osnovi dosedanjega znanja težko prepoznamo, verjetno pa visoke vrednosti Ca/Mg nakazujejo ta dotok.

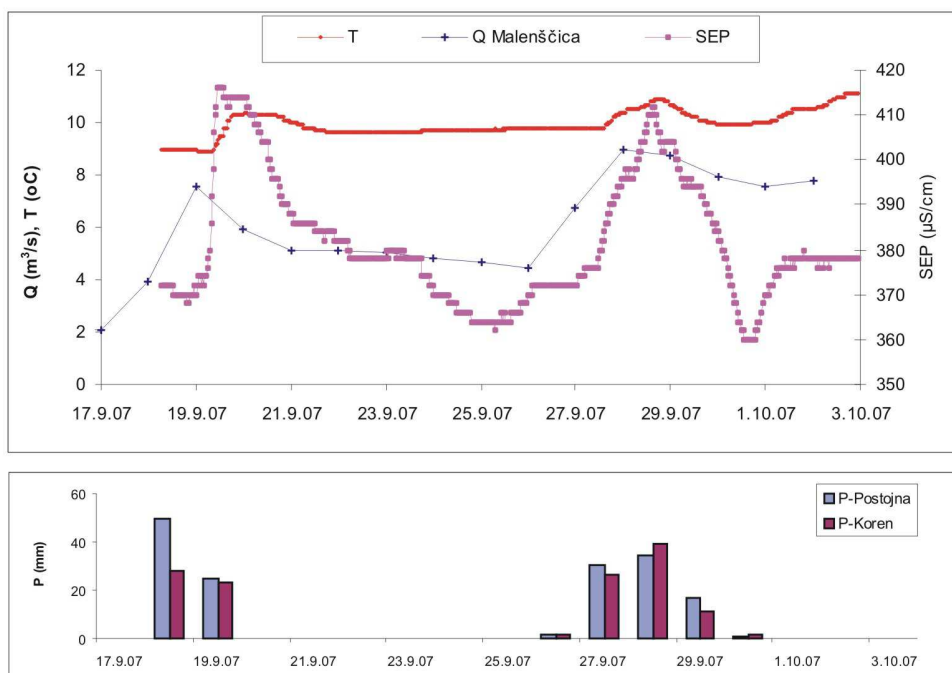
b) Padavinske in hidrološke razmere pred in v času opazovanih vodnih valov

V začetku julija 2007 je pretok Malenščice po nekoliko izdatnejših padavinah še zadnjič v hidrološkem letu 2006 - 2007 porasel, a ni presegel vrednosti $4 \text{ m}^3/\text{s}$, nato pa hitro upadel in od srede julija z $1,7 \text{ m}^3/\text{s}$ upadal do minimalne letne vrednosti $1,4 \text{ m}^3/\text{s}$, ki jo je dosegel 3.9.2007. Po skoraj 60 mm dežja v začetku septembra 2007, ki je padel na območju Javornikov (padavinska postaja Koren), v Postojni pa le 43 mm (padavinska postaja pri vojašnici Postojna), je pretok Malenščice oblikoval majhen vodni val z maksimalnim pretokom $2,8 \text{ m}^3/\text{s}$ (slika 3.2-11).

Po nadaljnjih 25 mm padavin čez teden dni se je oblikoval drug podoben vodni val, a z maksimalnim pretokom $3,2 \text{ m}^3/\text{s}$. V tako skromnih vodnih valovih prihaja pretežno do iztiskanja shranjene vode iz zalite cone v zaledju izvira, saj se večina infiltriranih padavin po poletnem sušnem obdobju porablja za zapolnjevanje dokaj spraznjene vadozne cone. Le minimalen porast temperature (za $0,3 \text{ }^{\circ}\text{C}$) in SEP (za $12 \text{ }\mu\text{S}/\text{cm}$) Malenščice nakazuje, da je bil tudi dotok ponikalnic minimalen.

V takih razmerah ne pride do bistvene spremembe sestave vode oz. do bistvenih povečanj koncentracij onesnažil (Kogovšek, 2001). Zato smo spiranje zaledja izvira (tako območja Javornikov, kjer je strelišče, kot tudi strug ponikalnic s Cerkniškega polja in z območja pri kraju Pivka) pričakovali šele ob kasnejših izdatnejših in intenzivnejših padavinah, ko pride tudi do iztekanja nove vode in do prenosa onesnažil.

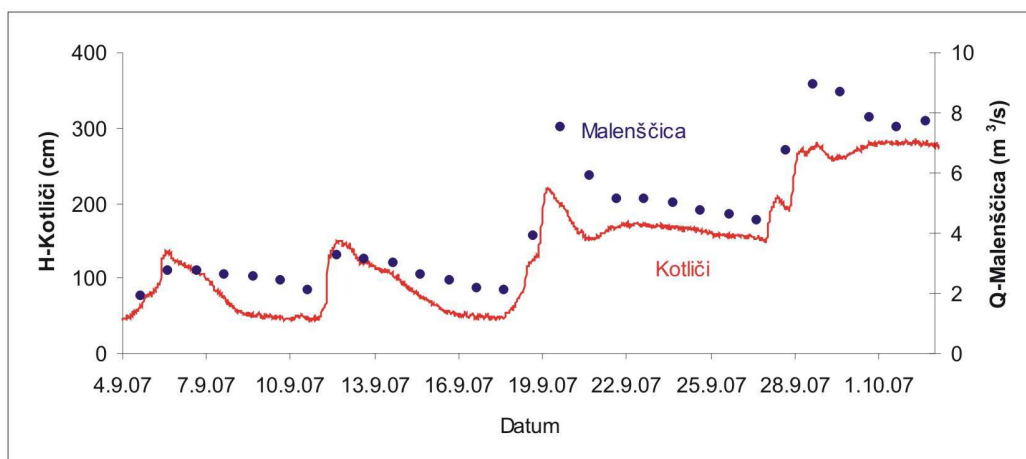
Dne 18. in 19.9.2007 je na območju Javornikov padlo 51 mm, v Postojni pa 75 mm dežja (slika 3.2-11). Ta dež je sprožil naraščanje pretoka Malenščice, ki je oblikoval prvi vodni val z maksimalnim pretokom $7,56 \text{ m}^3/\text{s}$ 19.9.2007. Nadaljnjih 80 mm dežja, ki je padel na območju Javornikov in 82 mm, ki je padel v Postojni od 26. do 30.9.2007, je povzročilo oblikovanje drugega večjega vodnega vala, ki je 28.9.2007 dosegel maksimalni pretok $8,95 \text{ m}^3/\text{s}$.



Slika 3.2-11: Padavine na območju Javornikov (Koren) in Postojne, pretok, SEP in temperatura Malenščice v času opazovanih vodnih valov.

Prvi vodni val

Ob naraščanju pretoka do maksimalne vrednosti v prvem vodnem valu sta ostali temperatura (8,9 °C) in SEP (370 µS/cm) Malenščice nespremenjeni. Temperatura je pred svojim naraščanjem celo za 6 ur upadla za 0,1 °C. Sklepamo, da je iztekala v zaledju shranjena voda, predvsem infiltrirana voda z območja Javornikov. Tedaj je bil pretok Cerknishčice v Jamskem zalivu na Cerknishkem polju zelo nizek, saj je ponikala le v Nartih pod Svinjsko jamo, Mala Karlovica je bila suha, Stržen pa ni tekkel. Iz hidrogramov Kotličev in Malenščice je razvidno, da pretok obeh izvirov na padavine reagira praktično sočasno (slika 3.2-12). Tudi to govori v prid začetnega dotoka shranjene, pretežno infiltrirane vode z območja Javornikov. **Tedaj izstopa povečana vrednost kositra v prvem (39,6 µg/l) in drugem (5,8 µg/l) vzorcu. Sočasno je bil nekoliko povečan molibden (0,6 µg/l).** Od kovin smo ves čas meritev beležili povišane vrednosti barija (okoli 6 µg/l) in stroncija (113 µg/l), ki verjetno odražata naravne značilnosti zaledja izvira, kar pa bi bilo potrebno še preveriti. Vse ostale merjene kovine so bile pod mejo določljivosti uporabljenih metod.



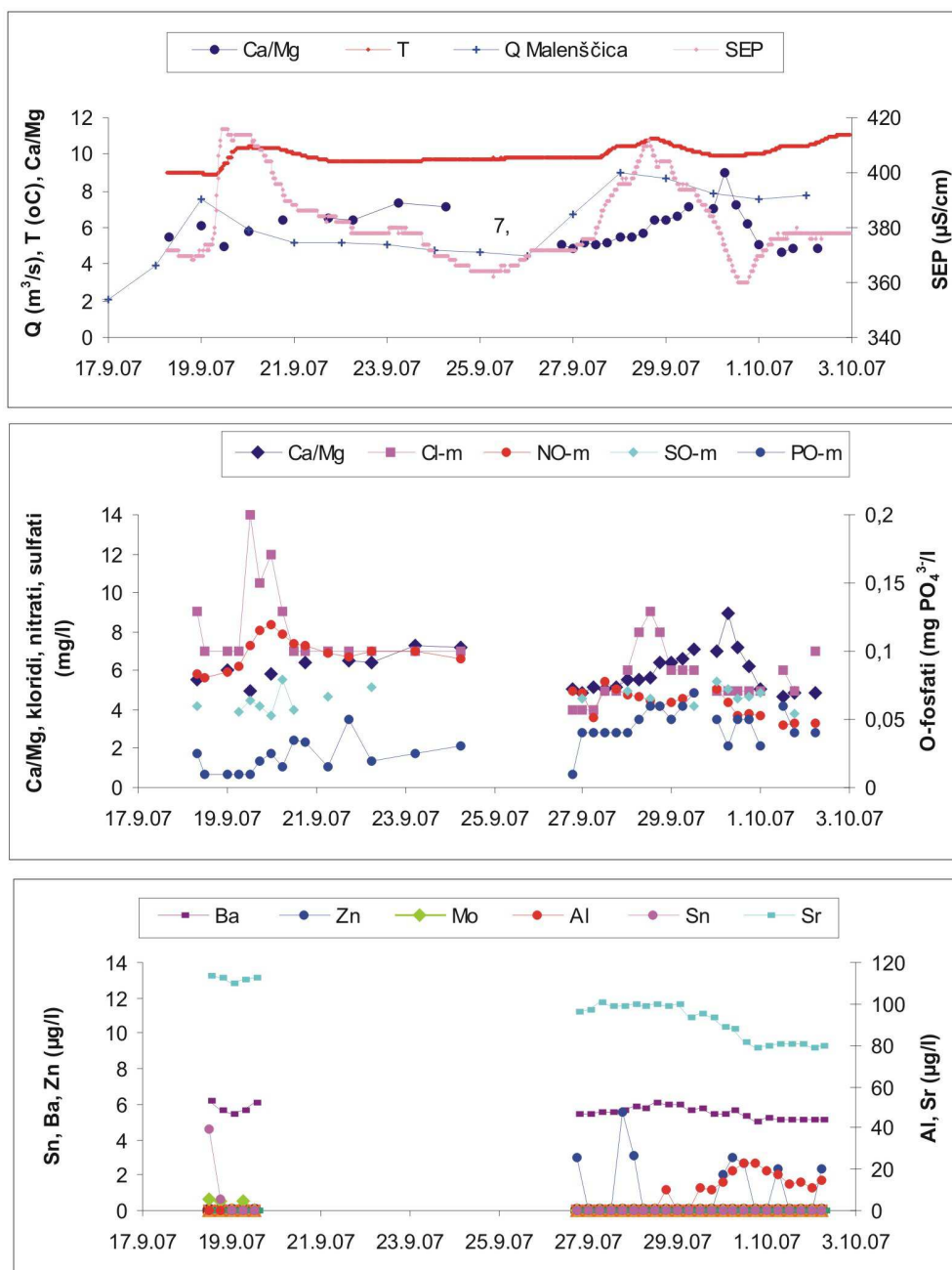
Slika 3.2-12: Hidrograma izvirov Malenščice in Kotličev.

Ko je pretok dosegel vrh vodnega vala, je začela SEP hitro naraščati in je 19.9.2007 ob 13:00 dosegla vrednost 415 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (slika 3.2-13). Hkrati smo določili izrazito povečanje kloridov (na 14 mg/l) in manjše povečanje nitratov, kar pripisujemo povečanemu dotoku z Javornikov. Z zamikom nekaj ur je začela naraščati tudi temperatura, ki je 20.9.2007 ob 2:00 dosegla maksimalno vrednost 10,4 °C, kar si razlagamo s povečanim dotokanjem toplejše vode s Cerkniskega polja (maksimalna dnevna temperatura zraka je presegala 20 °C). Hkrati so dosegli maksimalno koncentracijo nitrati (8,4 mg NO_3^-/l), kloridi so se ponovno povečali na 12 mg Cl^-/l , začeli pa so naraščati tudi o-fosfati.

Upadanju SEP je sledil tudi upad temperature, a z določenim časovnim zamikom. Sklepamo, da je začetnemu intenzivnemu spiranju onesnaženja, ki se je akumuliralo v predhodnem sušnem obdobju, sledil dotok čistejše vode s Cerkniskega polja. Tudi delež vode z območja Javornikov se je povečeval, saj je razmerje Ca/Mg naraščalo. Temperatura je bila ob koncu opazovanega vodnega vala 9,7 °C, kar pomeni, da je tedaj pritekalo v izvir Malenščice tudi nekaj vode s Cerkniskega polja. Vsebnost kloridov se je vrnila na vrednost pred začetkom vodnega vala, medtem, ko so bili nitrati in o-fosfati nekoliko višji. Tedaj vzorcev nismo analizirali tudi na kovine.

Drugi vodni val

Izrazitejše dogajanje je bilo v sledečem vodnem valu, konec septembra (slika 3.2-13), ko so padle izdatnejše padavine in je bila prst omočena, vadozna cona vodosnika na območju Javornikov pa bolje zapolnjena z vodo kot v predhodnem vodnem valu. V takih razmerah prihaja po padavinah do spiranja prsti in do pretakanja vode po celotni hierarhiji razpok skozi vadozno cono in nato po sklenjenih kanalih do izvira. Nekoliko višja temperatura Malenščice pred začetkom naraščanja pretoka v drugem vodnem valu je nakazovala tudi dotok toplejše vode s Cerkniskega polja v primerjavi z začetkom prvega vala. V začetku drugega vodnega vala je dotekal v Jamski zaliv tudi Stržen.



Slika 3.2-13: Potek merjenih parametrov: Ca/Mg, kloridov, nitratov, sulfatov in o-fosfatov ter kovin (Ba, Zn, Mo, Al, Sn in Sr) v opazovanih vodnih valovih.

Koncentracija nitratov je bila ves čas v upadanju, a je nekoliko nihala. Kloridi so sočasno s povečanjem temperature in SEP dosegli maksimalno vrednost (9 mg Cl⁻/l), kar verjetno odraža povečan dotok s Cerkljiškega polja in spiranje onesnaženja. Tudi o-fosfati so porasli in nihali do 0,07 mg PO₄³⁻/l.

Ob upadanju temperature v upadajočem delu vodnega vala je naraščalo razmerje Ca/Mg, iz česar sklepamo na povečan dotok vode iz območja Javornikov, morda pa gre tudi za vpliv Pivke s ponora pri naselju Pivka. Upadala je tudi koncentracija kloridov, medtem ko so nitriti in o-

fosfati malo porasli. Povečanje koncentracij kovin (Pb, Cr, Cd, Ni, Cu in Co), ki so prisotne v prsti na strelišču, pa v vodnih vzorcih nismo določili oz. so bile koncentracije pod mejo določljivosti metod. Lahko zaključimo, **da smo od vseh analiziranih kovin v vodi Malenščice zaznali le povišane vrednosti kositra (do 39,6 µg/l) in molibdena (do 0,6 µg/l) v dveh vzorcih ob prvem iztekanju shranjene vode iz zalite cone izvira v začetku prvega vala. Tedaj izteka skozi izvir shranjena voda, predvsem z območja Javornikov, dotok Cerkniščice pa je bil minimalen.**

V drugem vodnem valu smo zaznali večkratna **občasna povečanja cinka (do 5,6 µg/l) ter zvezno pojavljanje aluminija z maksimalno vrednostjo 22,5 µg/l, ki je bila dosežena v času največjih vrednosti Ca/Mg in ob upadu temperature.** Sklepamo, da je tedaj dotekala v večjem deležu voda z Javornikov, možen pa je tudi dotok Pivke s ponora pri naselju Pivka. Tudi ob enkratnem vzorčenju vode Malenščice 13.12.2005 po izdatnem deževju (od 26.11. do 9.12.2005 je padlo 180 mm dežja) je bila ugotovljena prisotnost aluminija (8,8 µg/l), pa tudi celokupnega fosforja (0,08 mg/l) (Al Sayegh Petkovšek in sod., 2006). Velja opozoriti, da v tleh pehotnega strelišča vsebnosti molibdena niso povečane, medtem ko v večini analiziranih talnih vzorcih vsebnosti Zn prekoračujejo opozorilne oz. mejne vrednosti (glej poglavje 3.1).

Dodatne informacije nam podajo primerjave rezultatov analiz vode z rezultati analiz sedimenta, podane v poročilu *Določitev vpliva vojaškega poligona na okolje kot modelna študija za varovanje in sanacijo okolja na območjih delovanja Slovenske vojske* (Al Sayegh Petkovšek in sod., 2006). V sedimentu Malenščice so bile po izdatnih padavinah (13.12.2005) ugotovljene **visoke vrednosti svinca (81,7 mg/kg s.s.) in kroma (62,4 mg/kg s.s.),** ki so presegale normativ za 1. kakovostni razred, nikelj (37,6 mg/kg s.s.), baker (33,1 mg/kg s.s.) in kadmij (0,75 mg/kg s.s.) pa so bili blizu mejnih vrednosti. Prisotno je bilo tudi živo srebro (0,13 mg/kg s.s.). Vedeti moramo, da bi bile ob koncu sušnega obdobja pred padavinami te vrednosti zelo verjetno še višje.

Živo srebro je povečano tudi v izviri Kotlič in Prunkovec v Rakovem Škocjanu, ki del vode dobivata z Javornikov, pa tudi v Pivki, kjer se verjetno odraža vpliv strelišča na Baču. Krom je dosegal celo višje vrednosti (2. kakovostni razred) tudi v vseh izviri v Rakovem Škocjanu, kar lahko odraža vpliv dejavnosti na Počku, možno pa je tudi, da priteka s Cerkniškega polja, kamor Stržen dovaja vode z Babnega in Loškega polja s poselitvijo in industrijo, tudi kovinsko. Enako velja za nikelj. Možen vpliv s Cerkniškega polja bi se dalo preveriti z ustreznimi referenčnimi vzorci sedimenta in vode na Cerkniškem polju izven vplivnega območja Počka.

Izvir Vipave v primerjavi z Malenščico dosega celo višje vrednosti kroma in niklja ter nekoliko nižje bakra, kadmija in svinca, kar nakazuje veliko verjetnost vpliva strelišča na Počku, saj se tudi Vipava napaja z območja Počka. Višje vrednosti kroma in niklja v Vipavi morda pojasnjuje znana vodna povezava Stržena z Vipavo, saj je Stržen dosegal višje vrednostmi teh kovin. V Stržen priteka voda s Počka, pa tudi očiščene odpadne vode Postojne, tudi iz obrata kovinske industrije. Da bi preverili ta možen vpliv, bi bilo smiselno preveriti sestavo sedimenta za čistilno napravo.

Tako krom kot nikelj sta se v vzorcih Pivke (pri Žejskih izviri in nižje) pojavljala v višjih koncentracijah kot v Malenščici. Sklepamo, da gre verjetno za vpliv strelišča na Baču. Ker pa so možni še drugi viri, bi bilo vzorec sedimenta dobro vzeti še na izviru Pivščice in izviru Mišnik ter nižje v strugi Pivke, kjer še ni možnosti onesnaženja iz drugih virov. Še boljša rešitev

pa bi bilo sledenje s strelišča Bač, ki bi konkretno pokazalo, kateri izviri so neposredno povezani z njim in katere so smeri prenosa onesnažil.

Glede na to, da so kovine (Pb, Cr, Ni, Cu, Cd), ki so v sedimentu izvirov Malenščice in Vipave v sorazmerno visokih koncentracijah (2. kakovostni razred, ali blizu mejne vrednosti), tudi kovine, ki so v tleh na pehotnem strelišču Poček presegajo mejne koncentracije (Cr in Ni), opozorilnih koncentracijah (Cd in Cu), ali pa celo močno presegajo kritično imisijsko vrednost (Pb) in to tudi v globini 60 cm (Al Sayegh Petkovšek in sod., 2006), lahko sklepamo na zelo verjeten pomemben vpliv na oba izvira, ki sta zajeta za oskrbo prebivalstva s pitno vodo. Ker pa obstaja možnost vplivov tudi iz drugih virov, bi bilo potrebno napraviti še nekaj referenčnih preiskav na Cerkniškem polju in na ponoru Pivke med Trnjem in Pivko. Tako bi ugotovili morebiten vpliv drugih dejavnosti pred vplivnim območjem Počka. Glede na znano vodno povezavo med ponorom pri Trnju in izvirom Malenščice ugotavljamo, da bi v primeru potrjenega vpliva strelišča Bač na Pivko in ob izključitvi vpliva drugih dejavnosti na območju od izvira Pivščice do ponora v Trnju, morali tudi strelišče Bač obravnavati znotraj območja vpliva na Malenščico.

Vsekakor pa bi bilo v tako občutljivem okolju kot je kras in še posebno če gre za zaledje izvirov, ki so zajeti za oskrbo prebivalstva s pitno vodo, **nujna sodobna gradnja strelišč**, kot je na strelišču Mlake, ki onemogoča nekontroliran vstop onesnažil v kras.

3.2.4 Rezultati meritev na terenu in fizikalno kemijskih analiz vode in sedimentov

3.2.4.1 Rezultati meritev na terenu in fizikalno-kemijskih analiz vode

V preglednicah 3.2-4 do 3.2-12 so podani rezultati meritev, opravljenih na terenu in rezultati fizikalno-kemijskih preiskav vzorcev vod s vplivnega območja pehotnih strelišč Bloška polica, Crngrob, Mlake in Pečovnik. Zaradi hidrogeoloških značilnosti vplivnega območja strelišč Mačkovec in Apače na teh dveh streliščih ni bilo možno odvzeti reprezentativnih vzorcev vod in sedimenta, ki bi pokazali na eventuelen vpliv posameznega strelišča. Kvaliteto površinske vode smo ovrednotili na podlagi Uredbe o stanju površinskih voda (Ur. l. RS, št. 14/09), medtem ko smo kvaliteto izcedne vode ovrednotili na podlagi Uredbe o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih vod v vode in javno kanalizacijo (Ur. l. RS, št. 47/05 in št. 45/07).

Preglednica 3.2-4: Rezultati terenskih meritev na vplivnem območju pehotnega strelišča Bloška polica (02.10.2008).

Parameter	Enota	Lokacija vzorčenja	
		Šteberščica - izvir	Mrzla jama pri Bločicah - izvir
време об взорченју		oblačno	oblačno
T zrak	°C	15	15
T voda	°C	11,9	12,0
pH		8,15	7,92
konc. O ₂	mg O ₂ /l	9,70	10,0
nas. z O ₂	%	95	100

Preglednica 3.2-5: Rezultati fizikalno-kemijskih preiskav vzorcev vod s vplivnega območja pehotnega strelišča Bloška polica (02.10.2008).

Parameter	Enota	Lokacija vzorčenja		Mejna vrednost	
		Šteberščica - izvir	Mrzla jama pri Bločicah - izvir	LP-OSK	NDK-OSK
motnost	FTU	0	0		
redoks potencial	mV	427	504		
KPKd	mg O ₂ /l	13	8		
BPK ₅	mg O ₂ /l	<9	<9	1,6-2,4**** ^a	2-5,4**** ^a
baker (Cu)	µg/l	<1,0	<1,0	8,2*	73*
cink (Zn)	µg/l	<10,0	<10,0	100*	
nikelj (Ni)	µg/l	<1,0	<1,0	20*** ^e	
svinec (Pb)	µg/l	<0,5	<0,5	7,2*** ^e	
krom (Cr)	µg/l	<5,0	<5,0	12*	160*
arzen (As)	µg/l	<1,0	<1,0	7*	21*
selen (Se)	µg/l	<10,0	<10,0	6*	72*
živo srebro (Hg)	µg/l	<0,20	<0,20	0,05*** ^e	0,07*** ^e
kadmij (Cd)	µg/l	<0,5	<0,5	max. 0,25*** ^{e,f}	max. 1,5*** ^{e,f}
BTX	µg/l	<0,5	<0,5		
benzen	µg/l	<0,5	<0,5	10**	50**
etilbenzen	µg/l	<0,5	<0,5		
ksilen	µg/l	<0,5	<0,5	185*	1850*
toluen	µg/l	<0,5	<0,5	74*	740*
trimetilbenzen	µg/l	<0,5	<0,5		
celotni ogljikovodiki	mg/l	<0,2	<0,2	0,05*	

Opombe:

Mejna vrednost (Ur.l. RS, št. 14/09, Uredba o stanju površinskih voda).

LP – OSK: letna povprečna vrednost parametra kemijskega stanja v vodi.

NDK – OSK: največja dovoljena koncentracija parametra kemijskega stanja v vodi.

* Priloga 8: Meje vrednosti razredov ekološkega stanja za posebna onesnaževala.

** Priloga 2: Okoljski standardi kakovosti za parametre kemijskega stanja (OSK).

(a) Splošni fizikalno-kemijski parameter se vrednoti na podlagi izračuna 90-tega percentila, če je na voljo vsaj 10 podatkov; sicer se splošni fizikalno-kemijski parameter vrednoti na podlagi največje izmerjene vrednosti.

(e) Pri vrednotenju rezultatov monitoringa glede na letno povprečno vrednost se lahko upoštevajo koncentracije naravnega ozadja, trdota vode, pH ali drugi parametri; način njihovega upoštevanja se obrazloži v poročilu o monitoringu v skladu s predpisom, ki ureja monitoring stanja površinskih voda.

(f) Za Cd in njegove spojine se vrednosti OSK razlikujejo glede na trdoto vode, ki je določena v 5 razredih (razred 1: < 40 mg CaCO₃/l, razred 2: 40 do < 50 mg CaCO₃/l, razred 3: 50 do < 100 mg CaCO₃/l, razred 4: 100 do < 200 mg CaCO₃/l, razred 5: ≥ 200 mg CaCO₃/l).

*** Priloga 7: Meje vrednosti parametrov ekološkega stanja za splošno fizikalno-kemijske parametre; spodnja meja razreda za zelo dobro z. dobro ekološko stanje.

Preglednica 3.2-6: Rezultati terenskih meritev na vplivnem območju pehotnega strelišča Crngrob (13.10.2008).

Parameter	Enota	Lokacija vzorčenja			
		potok Suha – pred streliščem	potok na strelišču – pred iztokom v kanal	kanal pred iztokom v potok Suha	potok Suha – za streliščem
vreme ob vzorčenju		sončno	sončno	sončno	sončno
Tzrak	°C	17	15	15	17
Tvoda	°C	11,1	10,9	11,0	11,2
pH		7,75	7,29	8,02	7,90
konc. O ₂	mg O ₂ /l	9,45	3,70	11,0	10,0
nas. s O ₂	%	87	35	101	93

Preglednica 3.2-7: Rezultati fizikalno - kemijskih preiskav vzorcev vod s vplivnega območja pehotnega strelišča Crngrob (13.10.2008).

Parameter	Enota	Lokacija vzorčenja				Mejna vrednost	
		potok Suha – pred streliščem	potok na strelišču – pred iztokom v kanal	kanal pred iztokom v potok Suha	potok Suha – za streliščem	LP-OSK	NDK-OSK
motnost	FTU	2	48	4	2		
redoks potencial	mV	505	544	498	499		
KPKd	mg O ₂ /l	5	11	13	8		
BPK ₅	mg O ₂ /l	<9	<9	<9	<9	1,6-2,4*** ^a	2-5,4*** ^a
baker (Cu)	µg/l	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	8,2*	73*
cink (Zn)	µg/l	210	1442	<2,0	2,7	100*	
nikelj (Ni)	µg/l	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	20*** ^e	
svinec (Pb)	µg/l	<0,5	0,9	<0,5	<0,5	7,2*** ^e	
krom (Cr)	µg/l	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	12*	160*
arzen (As)	µg/l	<1,0	1,4	<1,0	<1,0	7*	21*
selen (Se)	µg/l	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	6*	72*
živo srebro (Hg)	µg/l	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	0,05*** ^e	0,07*** ^e
kadmij (Cd)	µg/l	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	max. 0,25*** ^{e,f}	max. 1,5*** ^{e,f}
BTX	µg/l	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5		
benzen	µg/l	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	10**	50**
etilbenzen	µg/l	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5		
ksilen	µg/l	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	185*	1850*
toluen	µg/l	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	74*	740*
trimetilbenzen	µg/l	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5		
celotni ogljikovodiki	mg/l	0,3	<0,2	<0,2	<0,2	0,05*	

Opombe:

Mejna vrednost (Ur.l. RS, št. 14/09, Uredba o stanju površinskih voda).

LP – OSK: letna povprečna vrednost parametra kemijskega stanja v vodi.

NDK – OSK: največja dovoljena koncentracija parametra kemijskega stanja v vodi.

* Priloga 8: Mejne vrednosti razredov ekološkega stanja za posebna onesnaževala.

*** Priloga 2: Okoljski standardi kakovosti za parametre kemijskega stanja (OSK).

(a) Splošni fizikalno-kemijski parameter se vrednoti na podlagi izračuna 90-tega percentila, če je na voljo vsaj 10 podatkov; sicer se splošni fizikalno-kemijski parameter vrednoti na podlagi največje izmerjene vrednosti.

(e) Pri vrednotenju rezultatov monitoringa glede na letno povprečno vrednost se lahko upoštevajo koncentracije naravnega ozadja, trdota vode, pH ali drugi parametri; način njihovega upoštevanja se obrazloži v poročilu o monitoringu v skladu s predpisom, ki ureja monitoring stanja površinskih voda.

(f) Za Cd in njegove spojine se vrednosti OSK razlikujejo glede na trdoto vode, ki je določena v 5 razredih (razred 1: < 40 mg CaCO₃/l, razred 2: 40 do < 50 mg CaCO₃/l, razred 3: 50 do < 100 mg CaCO₃/l, razred 4: 100 do < 200 mg CaCO₃/l, razred 5: >= 200 mg CaCO₃/l).

*** Priloga 7: Mejne vrednosti parametrov ekološkega stanja za splošno fizikalno-kemijske parametre; spodnja meja razreda za zelo dobro z. dobro ekološko stanje.

Preglednica 3.2-8: Rezultati terenskih meritev na vplivnem območju pehotnega strelišča Mlake (27.11.2008).

Parameter	Enota	Lokacija vzorčenja		
		iztok iz usedalnika	iztok ob rampi	potok Gacko – pri mostu
vreme ob vzorčenju		sončno	sončno	sončno
Tzrak	°C	4	4	4
Tvoda	°C	12,7	13,1	10,0
pH		8,62	8,22	7,77
konc. O ₂	mg O ₂ /l	10,5	12,6	10,1
nas. s O ₂	%	100	120	90

Preglednica 3.2-9: Rezultati fizikalno - kemijskih preiskav vzorcev izcednih vod s vplivnega območja pehotnega strelišča Mlake (27.11.2008).

Parameter	Enota	Lokacija vzorčenja		Mejna vrednost
		iztok iz usedalnika	iztok ob rampi	
motnost	FTU	1	8	
redoks potencial	mV	484	492	
KPKd	mg O ₂ /l	6	<5	120
BPK ₅	mg O ₂ /l	<9	<9	25
baker (Cu)	µg/l	<1,0	<1,0	0,5
cink (Zn)	µg/l	<2,0	<2,0	2,0
nikelj (Ni)	µg/l	<1,0	<1,0	0,5
svinec (Pb)	µg/l	<0,5	0,5	0,5
krom (Cr)	µg/l	<5,0	<5,0	0,5
arzen (As)	µg/l	<1,0	<1,0	0,1
selen (Se)	µg/l	<10,0	<10,0	
živo srebro (Hg)	µg/l	<0,20	<0,20	0,01
kadmij (Cd)	µg/l	<0,5	<0,5	0,1
BTX	µg/l	<0,5	<0,5	0,1
benzen	µg/l	<0,5	<0,5	
etilbenzen	µg/l	<0,5	<0,5	
ksilen	µg/l	<0,5	<0,5	
toluen	µg/l	<0,5	<0,5	
trimetilbenzen	µg/l	<0,5	<0,5	
celotni ogljikovodiki	mg/l	<0,2	<0,2	10

Opombe: Mejna vrednost (MDK) - maksimalne dovoljene koncentracije za izcedno vodo, ki se izteka v vodotok, Priloga 2 (Ur.l. RS št. 47/05 in št. 45/07, Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih vod v vode in javno kanalizacijo).

Preglednica 3.2-10: Rezultati fizikalno - kemijskih preiskav vzorca vode s vplivnega območja pehotnega strelišča Mlake (27.11.2008).

Parameter	Enota	Lokacija vzorčenja	Mejna vrednost	
		potok Gacko – pri mostu	LP-OSK	NDK-OSK
motnost	FTU	4		
redoks potencial	mV	494		
KPKd	mg O ₂ /l	6		
BPK ₅	mg O ₂ /l	<9	1,6-2,4**** ^a	2-5,4**** ^a
baker (Cu)	µg/l	<1,0	8,2*	73*
cink (Zn)	µg/l	<2,0	100*	
nikelj (Ni)	µg/l	1,1	20*** ^e	
svinec (Pb)	µg/l	0,5	7,2*** ^e	
krom (Cr)	µg/l	<5,0	12*	160*
arzen (As)	µg/l	<1,0	7*	21*
selen (Se)	µg/l	<10,0	6*	72*
živo srebro (Hg)	µg/l	<0,20	0,05*** ^e	0,07*** ^e
kadmij (Cd)	µg/l	<0,5	max. 0,25*** ^{e,f}	max. 1,5*** ^{e,f}
BTX	µg/l	<0,5		
benzen	µg/l	<0,5	10**	50**
etilbenzen	µg/l	<0,5		
ksilen	µg/l	<0,5	185*	1850*
toluen	µg/l	<0,5	74*	740*
trimetilbenzen	µg/l	<0,5		
celotni ogljikovodiki	mg/l	<0,2	0,05*	

Opombe

mejna vrednost (Ur.l. RS št. 14/09, Uredba o stanju površinskih voda)

LP – OSK: letna povprečna vrednost parametra kemijskega stanja v vodi

NDK – OSK: največja dovoljena koncentracija parametra kemijskega stanja v vodi

* Priloga 8: Mejne vrednosti razredov ekološkega stanja za posebna onesnaževala

** Priloga 2: Okoljski standardi kakovosti za parametre kemijskega stanja (OSK)

(e) Pri vrednotenju rezultatov monitoringa glede na letno povprečno vrednost se lahko upoštevajo koncentracije naravnega ozadja, trdota vode, pH ali drugi parametri; način njihovega upoštevanja se obrazloži v poročilu o monitoringu v skladu s predpisom, ki ureja monitoring stanja površinskih voda.

(f) Za Cd in njegove spojine se vrednosti OSK razlikujejo glede na trdoto vode, ki je določena v 5 razredih (razred 1: < 40 mg CaCO₃/l, razred 2: 40 do < 50 mg CaCO₃/l, razred 3: 50 do < 100 mg CaCO₃/l, razred 4: 100 do < 200 mg CaCO₃/l, razred 5: >= 200 mg CaCO₃/l).

*** Priloga 7: Mejne vrednosti parametrov ekološkega stanja za splošno fizikalno-kemijske parametre; spodnja meja razreda za zelo dobro z. dobro ekološko stanje.

(a) Splošni fizikalno-kemijski parameter se vrednoti na podlagi izračuna 90-tega percentila, če je na voljo vsaj 10 podatkov; sicer se splošni fizikalno-kemijski parameter vrednoti na podlagi največje izmerjene vrednosti.

Preglednica 3.2- 11: Rezultati terenskih meritev na vplivnem območju pehotnega strelišča Pečovnik (31.07.2009).

Parameter	Enota	Lokacija vzorčenja	
		potok Ločnica – pred streliščem	potok Ločnica – za streliščem
vreme ob vzorčenju		sončno	sončno
Tzrak	°C	23	23
Tvoda	°C	18,7	18,4
pH		8,24	8,20
konc. O ₂	mg O ₂ /l	8,5	8,1
nas. z O ₂	%	92	85

Preglednica 3.2-12: Rezultati fizikalno - kemijskih preiskav vzorcev vod potoka Ločnica s vplivnega območja pehotnega strelišča Pečovnik (31.07.2009).

Parameter	Enota	Lokacija vzorčenja		Mejna vrednost	
		potok Ločnica – pred streliščem	potok Ločnica – za streliščem	LP-OSK	NDK-OSK
baker (Cu)	µg/l	6,6	3,9	8,2*	73*
cink (Zn)	µg/l	14,7	13,7	100*	
nikelj (Ni)	µg/l	2,0	2,3	20***e	
svinec (Pb)	µg/l	1,4	1,3	7,2***e	
krom (Cr)	µg/l	10,3	21,6	12*	160*
arzen (As)	µg/l	<1,0	<1,0	7*	21*
selen (Se)	µg/l	<10,0	<10,0	6*	72*
živo srebro (Hg)	µg/l	<0,20	<0,20	0,05***e	0,07***e
kadmij (Cd)	µg/l	<0,5	<0,5	max. 0,25***e,f	max. 1,5***e,f

Opombe:

Mejna vrednost (Ur.l. RS, št. 14/09, Uredba o stanju površinskih voda).

LP – OSK: letna povprečna vrednost parametra kemijskega stanja v vodi.

NDK – OSK: največja dovoljena koncentracija parametra kemijskega stanja v vodi.

* Priloga 8: Mejne vrednosti razredov ekološkega stanja za posebna onesnaževala.

** Priloga 2: Okoljski standardi kakovosti za parametre kemijskega stanja (OSK).

(a) Splošni fizikalno-kemijski parameter se vrednoti na podlagi izračuna 90-tega percentila, če je na voljo vsaj 10 podatkov; sicer se splošni fizikalno-kemijski parameter vrednoti na podlagi največje izmerjene vrednosti.

(e) Pri vrednotenju rezultatov monitoringa glede na letno povprečno vrednost se lahko upoštevajo koncentracije naravnega ozadja, trdota vode, pH ali drugi parametri; način njihovega upoštevanja se obrazloži v poročilu o monitoringu v skladu s predpisom, ki ureja monitoring stanja površinskih voda.

(f) Za Cd in njegove spojine se vrednosti OSK razlikujejo glede na trdoto vode, ki je določena v 5 razredih (razred 1: < 40 mg CaCO₃/l, razred 2: 40 do < 50 mg CaCO₃/l, razred 3: 50 do < 100 mg CaCO₃/l, razred 4: 100 do < 200 mg CaCO₃/l, razred 5: >= 200 mg CaCO₃/l).

*** Priloga 7: Mejne vrednosti parametrov ekološkega stanja za splošno fizikalno-kemijske parametre; spodnja meja razreda za zelo dobro z. dobro ekološko stanje.

V odvzetih vzorcih vode so bile na splošno izmerjene zelo nizke koncentracije posameznih kovin (z izjemo cinka na območju pehotnega strelišča Crngrob), BTX in celotnih ogljikovodikov, ki so bile pod mejo določljivosti metode za posamezni parameter oziroma blizu te meje.

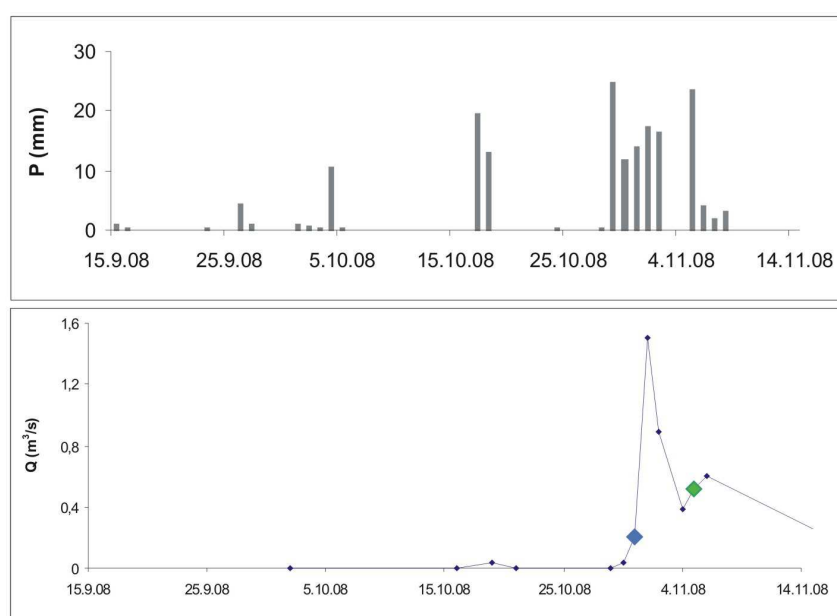
Bač

Ob ogledu 2.10.2008 je bil vodostaj Pivščice v vodnjaku zelo nizek in vzorca nismo zajeli. V dneh od 28.20.2008 do 2.11.2008 je padlo kar 107,8 mm dežja (padavinska postaja Koren na Javornikih), na dan vzorčenja 3.11.2008 pa do jutranjih ur še 12,6 mm. Dne 3.11.2008 je voda iz vodnjaka iztekala s pretokom 29 l/s (na deski ob iztoku iz vodnjaka smo odčitali H = 19 cm). Verjetno je bil maksimalni pretok dosežen že dan prej. V času zajema vodnih vzorcev 5. novembra je bil pretok Pivščice v upadanju (H = 5 cm) in je znašal okoli 7 l/s, z majhnim pretokom pa je iztekala tudi voda iz vrtine K-1 v Kljunovem ribniku.

Vzorci vode smo tako zajeli ob sorazmerno nizkem pretoku, a po predhodnem spiranju zaledja. Analize merjenih kovin (baker, cink, nikelj, svinec, krom, arzen, selen, živo srebro in kadmij) v vodi so pokazale v obeh vzorcih vrednosti pod mejo določljivosti metod. Žal ni bil možen odvzem vzorca sedimenta, ki je verjetno na dnu ozkega vodnjaka in bi lahko potrdil oz. ovrgel to ugotovitev. Na širšem območju tudi ni stalnih izvirov, ki bi lahko pokazali možen vpliv, Pivka dolvodno, ki teče le občasno, pa sprejema vodo več občasnih izvirov.

Bloška polica

V času prvega vzorčenja 2.10.2008 so bili vodostaji nizki, saj so zadnje izdatnejše padavine padle sredi septembra 2008 (slika 3.2-14). Drugo vzorčenje vode je bilo 30.10.2008 zvečer ob naraščanju pretoka, vzorčenje sedimenta pa 5.11.2008 ob upadanju pretoka.



Slika 3.2-14: Padavine na območju Bloške police in pretok vodnega toka v Križni jami (meritve v 2. jezeru) v času zajema vodnega vzorca (modra točka) in sedimenta (zeleni točka).

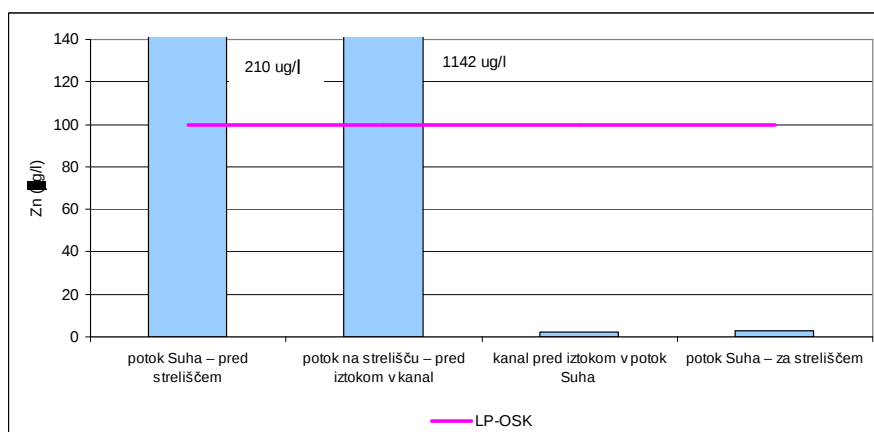
V Križni jami potekajo v okviru raziskav Inštituta za raziskovanje krasi tudi meritve nivojev vodnega toka v 2. jezeru. Dne 1.11.2008 je po 84 mm dežja, ki je padel od 29.10.2008 do 2.11.2008, pretok narasel na 1,5 m³/s. Vodni vzorci so bili zajeti zvečer 30.11.2008, ko je pretok začel naraščati. Dne 2.11.2008 je dosegel okoli 0,9 m³/s in je bil v upadanju. V času vzorčenja sedimenta 5.11.2008 je bil pretok ponovno v manjšem naraščanju po 23 mm dežja, ki je padel do jutra tistega dne (slika 3.2-14). Zajem vodnih vzorcev je bil v času začetnega naraščanja pretoka in predvidevamo, da je bil ob nadaljnjem naraščanju pretoka prenos še intenzivnejši. Zaradi visokih pretokov pred zajemom sedimenta predvidevamo, da je prišlo do delnega spiranja kovin iz sedimenta.

Analiza vodnega toka v Mrzli jami pri Bločicah in izvira Šteberšice je 2.11.2008 ob nizkem vodostaju pokazala kemijsko potrebo po kisiku (KPK_d) v Mrzli jami 8 mg O₂/l, v Šteberšici pa 13 mg O₂/l, biokemijska potreba po kisiku (BPK₅) pa je bila v obeh pod 9 mg O₂/l. Vsi ostali merjeni parametri: benzen, etilbenzen, ksilen, toluen, trimetilbenzen, lahkohlapni aromatski CH-BTX ter kovine (Hg, Pb, As, Ni, Cd, Se, Cu, Zn, in Cr) so bili pod mejo določljivosti uporabljenih metod. Po padavinah, ob prvem naraščanju vodostajev 30.11.2008 po 21.00, so bili

zajeti vzorci vode v izviroh Žerovniščica in Šteberščica ter v Križni jami v 2. jezeru ter pri Kalvariji in ponovno v Mrzli jami. Ob zajemu vzorca je bil pretok Šteberščice velik, okoli $2 \text{ m}^3/\text{s}$ ($H = 71 \text{ cm}$). **Opravljene analize kovin v vodi so v Mrzli jami pokazale prisotnost Cu ($2,2 \text{ } \mu\text{g/l}$), Pb ($0,6 \text{ } \mu\text{g/l}$) in Hg ($0,4 \text{ } \mu\text{g/l}$). V Križni jami v 2. jezeru je bil določen le povišan Cu ($1,1 \text{ } \mu\text{g/l}$).** Vse ostale kovine so bile v vzorcih vode pod mejo določljivosti metod. Glede na to, da so bili vzorci zajeti ob prvem naraščanju pretoka, sklepamo, da bi nekoliko kasneje, po dobri omočitvi tal in po zapolnitvi vadozne cone, verjetno prišlo do večjega prenosa onesnažil.

Crngrob

Vodni vzorci in sediment so bili zajeti 13.10.2008 ob nizkem vodostaju, ko so bili nekateri občasni dotoki Suhe brez vode. Na padavinski postaji Škofja Loka je v septembru padlo skupaj le 31,4 mm padavin, potem pa v oktobru pred vzorčenjem le 4.10.2008 21 mm. V takih razmerah ne prihaja do spiranja površja in so zato koncentracije onesnažil v vodi nizke oz. pod mejo določljivosti metode za posamezen parameter. Rezultati analize odvzetih vzorcev vode so pokazali, da so bile koncentracije vseh merjenih kovin pod mejo določljivosti uporabljenih metod, z izjemo cinka. Iz preglednice 3.2-7 je razvidno, da je bila na sami lokaciji pehotnega strelišča Crngrob (potok na strelišču – pred iztokom v kanal) **izmerjena povišana koncentracija cinka v odvzetem vzorcu vode, ki je znašala 1442 $\mu\text{g/l}$ in je bila višja od dovoljene letne povprečne vrednosti za cink, ki znaša 100 $\mu\text{g/l}$** (Ur. l. RS, št. 14/09, Uredba o stanju površinskih voda, Priloga 8). Na tem mernem mestu je voda stala in ni bilo pretoka naprej v kanal in nato v potok Suha. Na samem iztoku iz kanala v potok Suha se je pojavil pretok vode, ki pa ni bila v povezavi z vodo na mernem mestu na strelišču pred iztokom v kanal. Na iztoku iz kanala v potok Suha je bila izmerjena koncentracija cinka pod mejo določljivosti za cink, ki znaša 2 $\mu\text{g/l}$, verjetno so bili aktivni podzemni dotoki na strelišču, ki se izteka v kanal.



Slika 3.2-15: Koncentracija Zn v odvzetih vzorcih vode na območju pehotnega strelišča Crngrob (13.10.2008).

Pečovnik

Vode z območja strelišča se pretakajo pretežno površinsko proti potoku Ločnici, ki z severovzhodne strani priteče na območje strelišča in skozi kanal odteče v smeri proti jugozahodu. Vzorci vode so bili odvzeti v potoku Ločnica pred streliščem in za streliščem 31.7. 2009. Vsebnosti kovin v vzorcih vode so bile nizke. Vsebnosti As, Se, Hg in Cd so bile pod mejo določljivosti metode za posamezni parameter, vsebnosti ostalih analiziranih kovin pa blizu te meje. Vsebnosti Ni in Cr so bile v vzorcu vode, odvzetem v potoku Ločnica za streliščem, nekoliko višje kot v vzorcu vode, odvzetem v potoku pred streliščem Pečovnik.

Mlake

Na strelišču Mlake se vse vode s strelišča zbirajo in se stekajo v usedalnik. Vzorci za analizo so bili odvzeti 27.11.2008 v obdobju nižjega vodostaja. Na najbližji padavinski postaji Podraga je pred tem v oktobru padlo skupaj le 78 mm padavin. Nekoliko bolj namočena je bila prva polovica novembra s skupaj 88,4 mm padavin, potem pa so se do dneva vzorčenja pojavljale le občasne, neintenzivne padavine. Tako je 25.11.2008 padlo 10,8 mm dežja. Na podlagi rezultatov ugotavljamo, da tudi izcedna voda s pehotnega strelišča Mlake, ki se odvaja preko usedalnika v potok Gacko, ni bila v času vzorčenja obremenjena s posameznimi kovinami, celotnimi ogljikovodiki in BTX. Izmerjene koncentracije posameznih parametrov v izcedni vodi ne presegajo predpisanih mejnih vrednosti za iztok izcedne vode v vodotok iz Priloge 2 Uredbe o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih vod v vode in javno kanalizacijo (Ur. l. RS, št. 45/07 in št. 45/07).



Slika 3.2-16: Kanal v katerega se stekajo izcedne vode z območja pehotnega strelišča Mlake (Foto: P. Druks Gajšek, 2008).

3.2.4.2 Rezultati fizikalno-kemijskih analiz sedimentov

V nadaljevanju so podani rezultati fizikalno-kemijskih preiskav vzorcev sedimentov z vplivnih območij pehotnih strelišč Bloška polica, Crngrob, Mlake in Pečovnik. Zaradi hidrogeoloških značilnosti vplivnih območij ostalih strelišč le-tam ni bilo možno odvzeti reprezentativnih vzorcev sedimenta, ki bi pokazali na možen vpliv posameznega strelišča.

Preglednica 3.2-13: Rezultati fizikalno - kemijskih preiskav vzorcev sedimenta s vplivnega območja pehotnega strelišča Bloška polica (02.10.2008 in 05.11.2008).

Parameter	Enota	Lokacija vzorčenja				Mejna vrednost ^{1, 2}
		02.10.2008		05.11.2008		
		Šteberščica - izvir	Mrzla jama pri Bločicah - izvir	Križna jama	Mrzla jama pri Bločicah - izvir	
pH _{H2O}		8,00	8,75	8,34	8,35	
živo srebro (Hg)	mg/kg _{s.s.}	0,10	<0,10	<0,10	<0,10	
svinec (Pb)	mg/kg _{s.s.}	27,4	28,2	27,6	24,8	I.: <50 neonesnažen: <40
arzen (As)	mg/kg _{s.s.}	10,0	14,2	13,2	11,0	
nikelj (Ni)	mg/kg _{s.s.}	30,5	27,8	67,2	20,2	I.: <50 II.: 50 - 100 neonesnažen: <20 srednje onesnažen: 20 – 50 močno onesnažen: >50
kadmij (Cd)	mg/kg _{s.s.}	0,83	0,61	0,73	0,53	I.: <1 neonesnažen: - srednje onesnažen: - močno onesnažen: >6
selen (Se)	mg/kg _{s.s.}	0,57	0,25	<33,3	<33,3	
baker (Cu)	mg/kg _{s.s.}	11,9	12,3	13,3	9,49	I.: <40 neonesnažen: <25
cink (Zn)	mg/kg _{s.s.}	61,6	58,7	60,5	54,4	I.: <200 neonesnažen: <90
krom (Cr)	mg/kg _{s.s.}	44,5	40,5	43,5	35,9	I.: <50 neonesnažen: <25 srednje onesnažen: 25 – 75
suha snov	%	98,0	98,7	99,7	99,4	

¹Kriteriji za razporeditev vodotokov v kakovostne razrede glede na vsebnost kovin v sedimentu (MOP, 1997).

²Priporočila za klasificiranje sedimentov v ZDA - onesnažen, srednje onesnažen, močno onesnažen sediment (Cotman, 1995).

Preglednica 3.2-14: Rezultati fizikalno - kemijskih preiskav vzorcev sedimenta s vplivnega območja pehotnega strelišča Crngrob (13.10.2008).

Parameter	Enota	Lokacija vzorčenja				Mejna vrednost ^{1,2}
		potok Suha – pred streliščem	potok na strelišču – pred iztokom v kanal	kanal pred iztokom v Suha	potok Suha – za streliščem	
pH _{H2O}		8,06	6,61	6,78	7,61	
živo srebro (Hg)	mg/kg _{s.s.}	0,16	0,22	0,12	0,12	
svinec (Pb)	mg/kg _{s.s.}	24,1	36,0	32,8	31,2	I.: <50 neonesnažen: <40
arzen (As)	mg/kg _{s.s.}	13,0	18,4	14,8	16,2	
nikelj (Ni)	mg/kg _{s.s.}	27,5	30,5	35,7	29,1	I.: <50 neonesnažen: <20 srednje onesnažen: 20 – 50
kadmij (Cd)	mg/kg _{s.s.}	0,21	0,10	0,23	0,43	I.: <1 neonesnažen: - srednje onesnažen: - močno onesnažen: >6
selen (Se)	mg/kg _{s.s.}	0,23	0,67	1,00	0,05	
baker (Cu)	mg/kg _{s.s.}	14,3	19,3	21,6	20,2	I.: <40 neonesnažen: <25
cink (Zn)	mg/kg _{s.s.}	77,9	89,7	101	87,6	I.: <200 neonesnažen: <90 srednje onesnažen: 90 – 200
krom (Cr)	mg/kg _{s.s.}	41,0	58,6	51,6	38,4	I.: <50 II.: 50 - 150 neonesnažen: <25 srednje onesnažen: 25 – 75
suha snov	%	99,7	99,3	99,1	99,4	

OPOMBA

¹ Kriteriji za razporeditev vodotokov v kakovostne razrede glede na vsebnost kovin v sedimentu (MOP, 1997).

² Priporočila za klasificiranje sedimentov v ZDA - onesnažen, srednje onesnažen, močno onesnažen sediment (Cotman, 1995).

Preglednica 3.2-15: Rezultati fizikalno - kemijskih preiskav vzorca sedimenta s vplivnega območja pehotnega strelišča Mlake (27.11.2008).

Parameter	Enota	Lokacija vzorčenja	Mejna vrednost ^{1,2}
		potok Gacko – pri mostu	
pH _{H2O}		7,77	
živo srebro (Hg)	mg/kg _{s.s.}	<0,10	
svinec (Pb)	mg/kg _{s.s.}	29,5	I.: <50 neonesnažen: <40
arzen (As)	mg/kg _{s.s.}	9,48	
nikelj (Ni)	mg/kg _{s.s.}	35,9	I.: <50 neonesnažen: <20 srednje onesnažen: 20 – 50
kadmij (Cd)	mg/kg _{s.s.}	0,42	I.: <1 neonesnažen: - srednje onesnažen: - močno onesnažen: >6
selen (Se)	mg/kg _{s.s.}	<33,3	
baker (Cu)	mg/kg _{s.s.}	28,1	I.: <40 neonesnažen: <25 srednje onesnažen: 25 – 50
cink (Zn)	mg/kg _{s.s.}	111	I.: <200 neonesnažen: <90 srednje onesnažen: 90 – 200
krom (Cr)	mg/kg _{s.s.}	61,0	I.: <50 II.: 50 - 150 neonesnažen: <25 srednje onesnažen: 25 – 75
suha snov	%	98,1	

OPOMBA

¹ Kriteriji za razporeditev vodotokov v kakovostne razrede glede na vsebnost kovin v sedimentu (MOP, 1997).

² Priporočila za klasificiranje sedimentov v ZDA - onesnažen, srednje onesnažen, močno onesnažen sediment (Cotman, 1995).

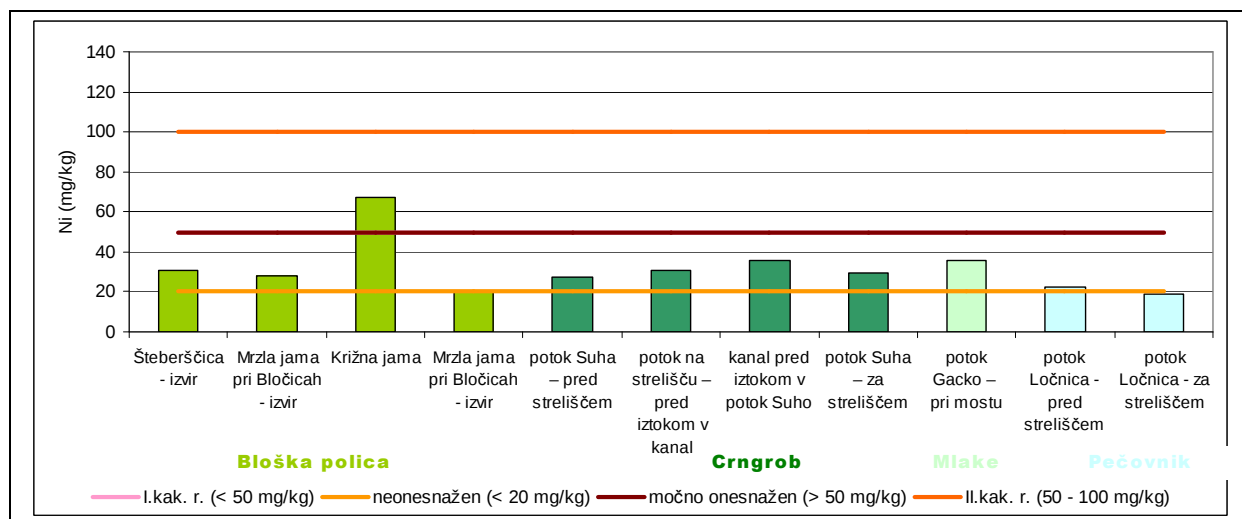
Preglednica 3.2-16: Rezultati fizikalno - kemijskih preiskav vzorca sedimenta s vplivnega območja pehotnega strelišča Pečovnik (31.07.2009).

Parameter	Enota	Lokacija vzorčenja		Mejna vrednost ^{1, 2}
		potok Ločnica – pred streliščem	potok Ločnica – za streliščem	
živo srebro (Hg)	mg/kg _{s.s.}	0,16	0,13	
svinec (Pb)	mg/kg _{s.s.}	63,2	45,3	I.: <50 II.: 50 - 120 neonesnažen: <40 srednje neonesnažen: 40 - 60 močno onesnažen: >60
arzen (As)	mg/kg _{s.s.}	12,7	8,90	
nikelj (Ni)	mg/kg _{s.s.}	22,2	19,1	I.: <50 neonesnažen: <20 srednje onesnažen: 20 – 50
kadmij (Cd)	mg/kg _{s.s.}	0,75	0,52	I.: <1 neonesnažen: - srednje onesnažen: - močno onesnažen: >6
selen (Se)	mg/kg _{s.s.}	<33,3	<33,3	
baker (Cu)	mg/kg _{s.s.}	50,8	19,0	I.: <40 II.: 40 - 100 neonesnažen: <25 srednje onesnažen: 25 – 50 močno onesnažen: >50
cink (Zn)	mg/kg _{s.s.}	222	130	I.: <200 II.: 200 – 1300 neonesnažen: <90 srednje onesnažen: 90 – 200 močno onesnažen: >200
krom (Cr)	mg/kg _{s.s.}	35,8	28,8	I.: <50 II.: 50 - 150 neonesnažen: <25 srednje onesnažen: 25 – 75

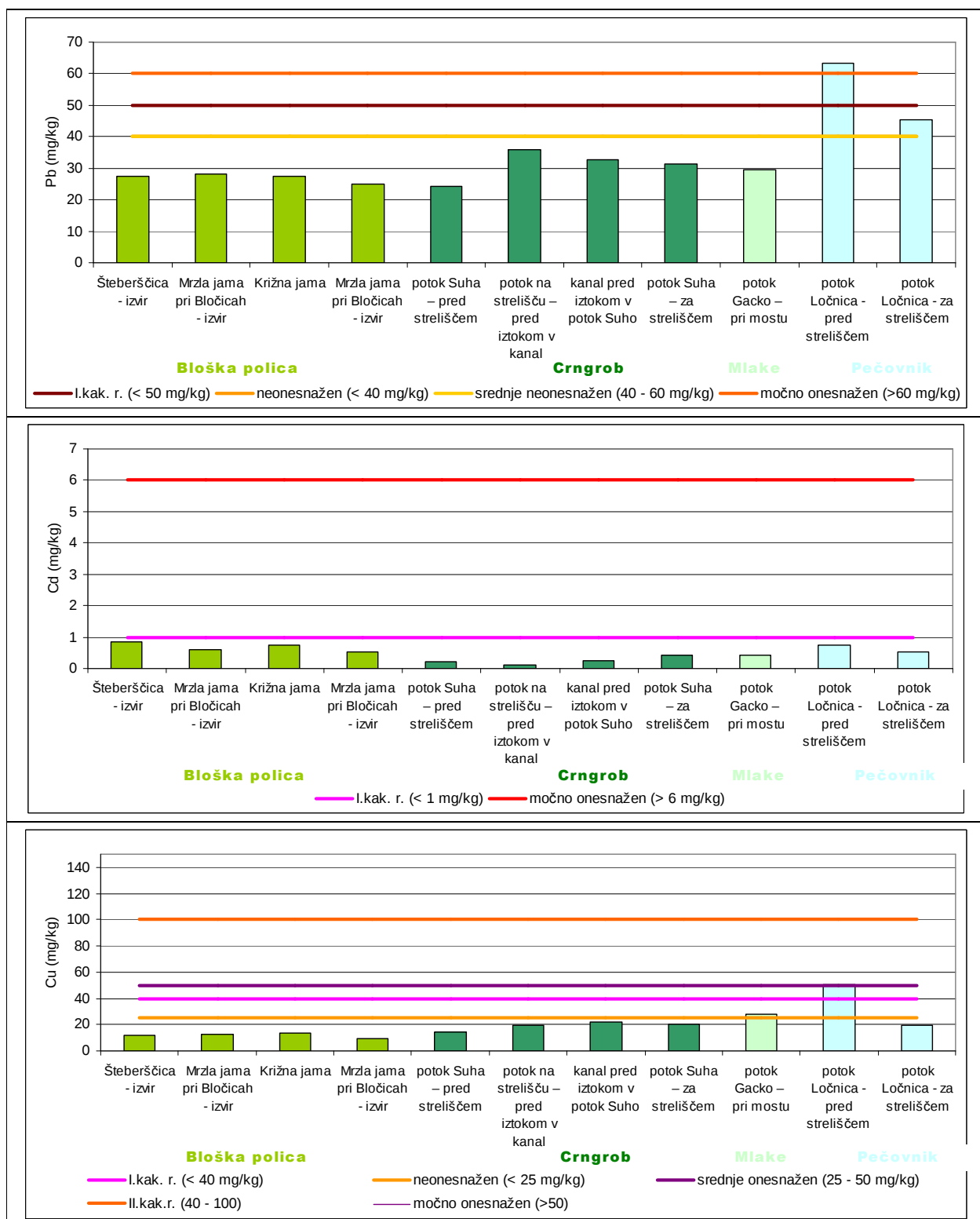
OPOMBA

¹ Kriteriji za razporeditev vodotokov v kakovostne razrede glede na vsebnost kovin v sedimentu (MOP, 1997).

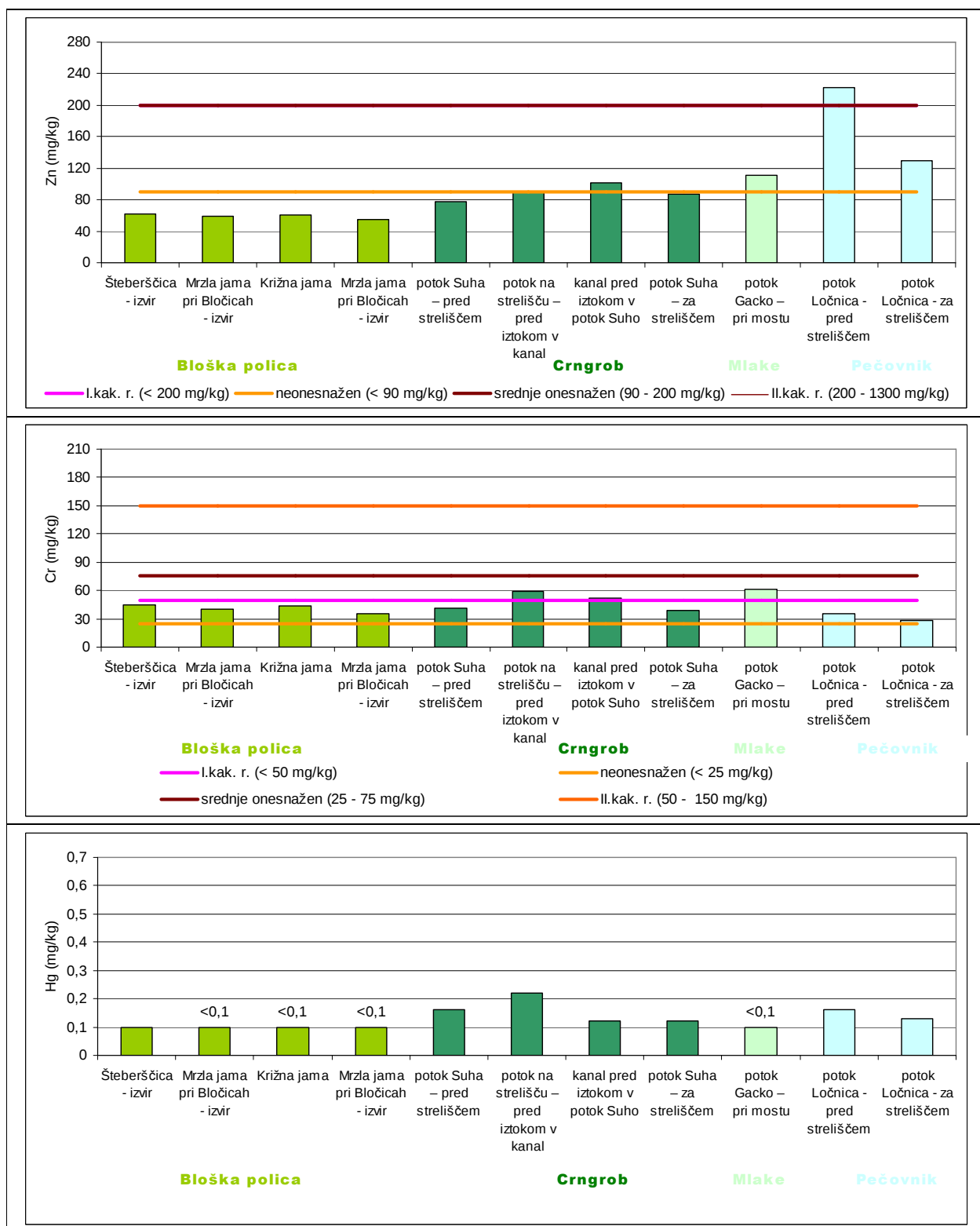
² Priporočila za klasificiranje sedimentov v ZDA - onesnažen, srednje onesnažen, močno onesnažen sediment (Cotman, 1995).



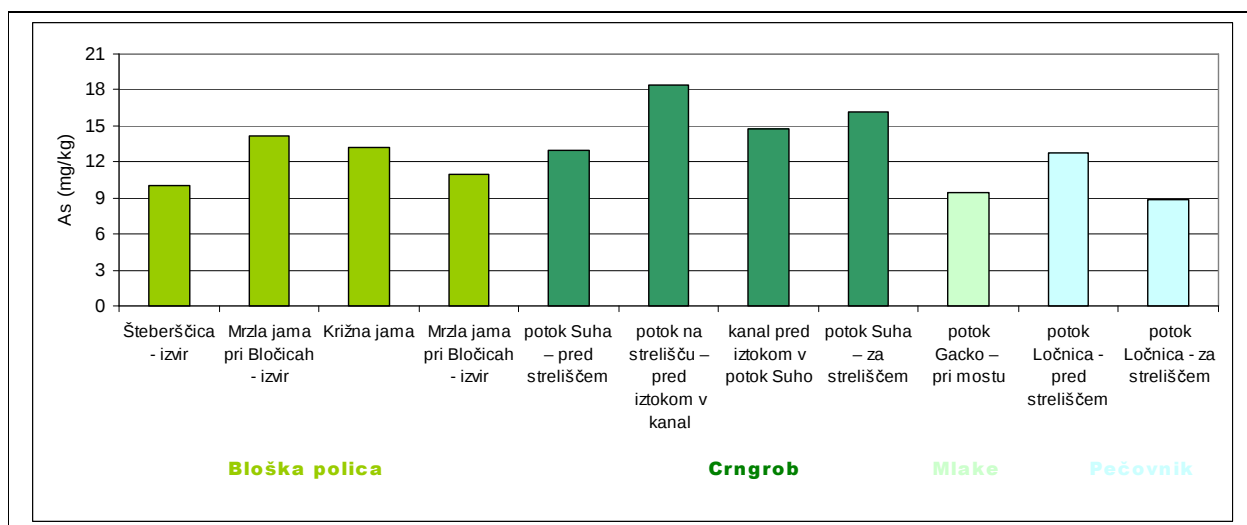
Slika 3.2-17: Vsebnosti Ni v sedimentu.



Slika 3.2-18: Vsebnosti Pb, Cd in Cu v sedimentu.



Slika 3.2-19: Vsebnosti Zn, Cr in Hg v sedimentu.

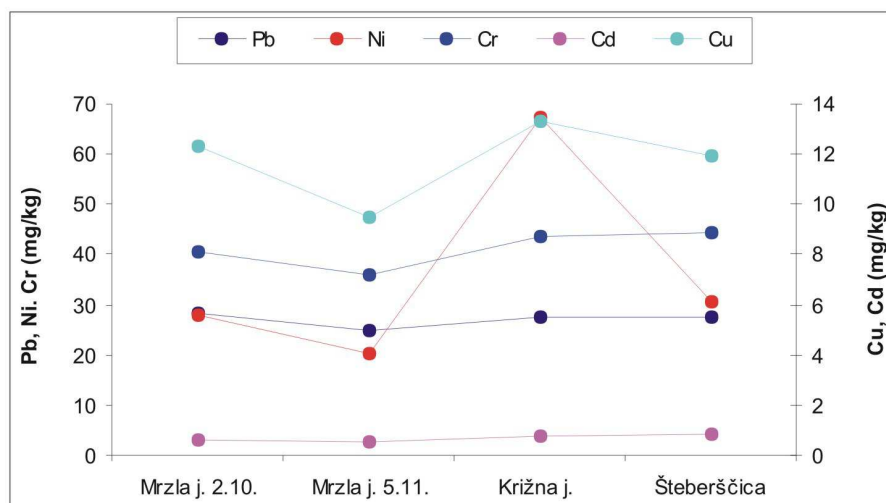


Slika 3.2-20: Vsebnosti As v sedimentu.

Iz rezultatov analiz vsebnosti posameznih kovin v odvzetih vzorcih sedimentov in iz primerjave s klasifikacijo sedimentov po MOP 1997 je razvidno, da so bile v odvzetih vzorcih sedimenta na posameznih lokacijah znotraj vplivnih območij pehotnih strelišč Bloška polica, Crngrob in Mlake izmerjene nizke vrednosti posameznih težkih kovin. Glede na klasifikacijo sedimentov, ki se uporablja v ZDA, je bil sediment na **lokaciji Križna jama močno onesnažen z nikljem ter srednje onesnažen na ostalih lokacijah. Prav tako je bil sediment srednje onesnažen s kromom na vseh lokacijah. V odvzetem vzorcu sedimenta, odvzetega iz potoka Gacko (po iztoku izcednih vod iz pehotnega strelišča Mlake), je bil sediment srednje onesnažen z bakrom, na lokaciji pehotnega strelišča Crngrob (kanal pred iztokom v potok Suha) pa s cinkom.**

Bloška polica

Sediment v Mrzli jami je bil odvzet ob nizkem in visokem vodostaju, v Šteberščici ob nizkem in v Križni jami (Otok) ob visokem vodostaju. Sediment v Križni jami je bil glinen, v Mrzli jami izrazito peščen, v Šteberščici pa mešan. Verjetno ta sestava delno vpliva na vsebnost posameznih kovin v sedimentu.

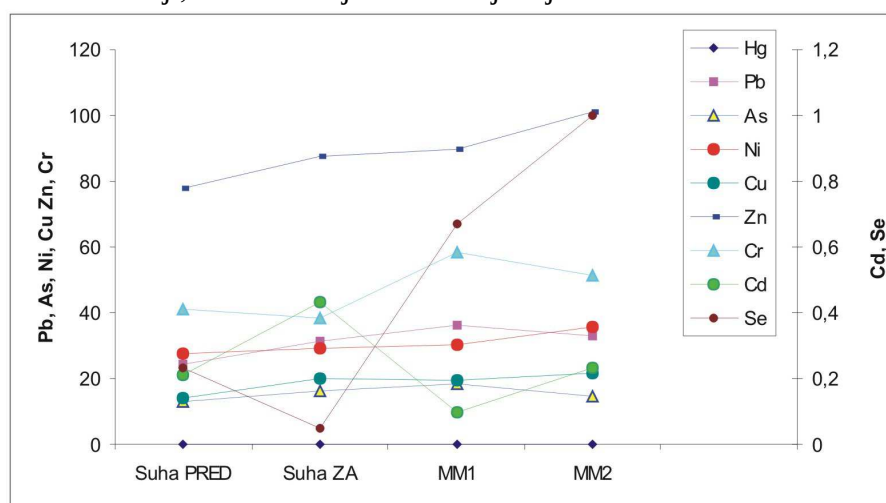


Slika 3.2-21: Vsebnosti kovin v sedimentu v Mrzli jami, Križni jami in Šteberščici.

Analize kovin v sedimentu Mrzle jame, Šteberščice in Križne jame (Otok) so pokazale prisotnost vseh analiziranih kovin (Pb, As, Ni, Cd, Se, Cu, Zn), razen Hg, ki je bil prisoten le v Šteberščici in še to le v koncentraciji 0,10 mg/kg (slika 3.2-21). Koncentracije kovin so na vseh zajetih mestih zelo podobne, odstopa le nikelj, ki ga je največ v Križni jami (67,2 mg/kg), v Šteberščici pa ga je nekoliko več kot v Mrzli jami. V Mrzli jami so vrednosti vseh kovin višje ob nizkem vodostaju v primerjavi z višjim, ko je očitno prihajalo ob visokih pretokih do delnega spiranja kovin iz izrazito peščenega sedimenta.

Crngrob

Izmerjene vsebnosti kovin v odvzetem vzorcu sedimenta iz potoka Suha – pred streliščem so bile le nekoliko nižje kot na lokaciji potoka Suha – za streliščem, v primeru selena in kroma pa so bile izmerjene celo višje vsebnosti (slika 3.2-22). Na lokacijah potok na strelišču – pred iztokom v kanal (MM1) in kanal pred iztokom v potok Suha (MM2) so bile izmerjene vsebnosti kovin le nekoliko višje kot na lokaciji potoka Suha – pred streliščem. Izmerjene vsebnosti kroma, selena in cinka so bile izrazito višji, medtem ko je bil kadmij nižji.



Slika 3.2-22: Vsebnosti kovin v sedimentu na območju pehotnega strelišča Crngrob.

Mlake

Na strelišču Mlake so vse vode s strelišča kanalizirane in se stekajo v usedalnik. Sediment v potoku Gacka (pri mostu) je dosegal najvišjo vrednost cinka, sledijo krom, nikelj, svinec, baker in kadmij. Le krom ne zadošča kriterijem 1. kakovostnega razreda. Višje vrednosti v sedimentu so verjetno delno posledica spiranja kovin pred sodobno ureditvijo strelišča, ko je potok Gacka izviral na zamočvirjenem delu obstoječega vojaškega poligona, v manjši meri pa verjetno tudi zaradi odlaganja iz vode, ki preko usedalnika priteka s strelišča danes. Nova lokacija urejenega strelišča je pomaknjena gorvodno od smeri toka površinske vode in se je s tem nekoliko umaknila iz zamočvirjenega predela, kjer izvira potok Gacka in je ta lokacija v primerjavi s prejšnjo ugodnejša glede onesnaževanja površinskih vod (Janež in sod., 2005). Zaradi spiranja z meteorno vodo bi v prihodnosti pričakovali upadanje vsebnosti posameznih kovin v sedimentu.

Pečovnik

Vode z območja strelišča se pretakajo pretežno površinsko proti potoku Ločnici, ki z severovzhodne strani priteče na območje strelišča in skozi kanal odteče v smeri proti jugozahodu. Vzorci sedimenta so bili odvzeti v potoku Ločnica pred streliščem in za streliščem 31.7.2009. Vsebnosti kovin v vzorcih sedimenta, odvzetem v potoku Ločnica pred vplivnim območjem strelišča, so bile nekoliko višje kot v vzorcu sedimenta, odvzetem v potoku za streliščem Pečovnik.

3.2.5 Ocena ranljivosti vodnih virov na vplivnih območjih pehotnih strelišč

Obravnavana pehotna strelišča bi glede na njihove hidrogeološke značilnosti lahko razdelili v tri skupine. V prvi so pehotna strelišča Bač, Bloška polica in Poček na kraškem območju, v drugi Mačkovec, Mlake in Apače na območju medzrnskih vodonosnikov ter v tretji Crngrob in Pečovnik, ki imata v podlagi zelo slabo prepustne kamnine.

Najbolj ranljivi so vodni viri na vplivnem območju strelišč na kraških območjih. Zaradi zelo dobre prepustnosti karbonatnih kamnin se padavinska voda hitro infiltrira v podzemlje in po dobro prepustnih kanalih proti kraškim izvirom. Pri tem naj posebej izpostavimo posebne značilnosti kraških vodonosnikov: velika hitrost podzemnega toka z majhno samoočiščevalno sposobnostjo, odtekanje proti različnim izvirom ob različnih hidroloških pogojih, lahko tudi velike razdalje podzemnega pretakanja in pogosto ne dovolj zanesljivo poznavanje smeri tega pretakanja. Zaradi vseh naštetih značilnosti so kraški vodonosniki zelo ranljivi na različne vire onesnaženja, težavno pa je tudi načrtovanje njihove zaščite.

V vplivnem območju strelišča Bač smo kot najbolj ranljiva izpostavili izvira Pivščice in Kljunov ribnik, ki sta oddaljena le 3 oz. 2 km od Bača. Predpostavljamo, da se s tega strelišča voda steka tudi proti drugim izvirom ob Pivki, vendar pa je lahko morebitni vpliv onesnaženja zakrit zaradi dotokov iz drugih delov zaledja teh izvirov. Z gotovostjo lahko trdimo, da vode z območja strelišča Bač iztekajo tudi skozi izvir Malenščice, ki je zajet za vodooskrbo občin Postojne in Pivke. Ker pa gre za izvir z zelo velikim zaledjem z različnimi viri onesnaževanja, je morebitni vpliv strelišča Bač nemogoče zaznati in ovrednotiti.

Tudi z območja strelišča Bloška polica se padavinske vode po infiltraciji s površja hitro pretakajo skozi podzemlje proti izvirom ob vznožju Bloške planote. Glavna smer pretakanja je proti Mrzli jami pri Bločicah in izviru Štebersčice, v manjšem deležu pa se vode stekajo tudi proti izviru Žerovniščice in Križni jami. Nobeden od teh vodnih virov sicer ni zajet za vodooskrbo, je pa predvsem Križna jama pomembna naravna vrednota.

Na pehotnih streliščih na vodonosnikih z medzrnsko poroznostjo se padavinska voda s površja prav tako infiltrira v podzemlje, precejanje skozi vodonosnik pa je počasnejše kot v kraških sistemih in usmerjeno proti površinskim vodotokom, ki sekajo vodonosnik. Ob strelišču Mačkovec je to Sava Bohinjka, ob Mlakah potok Gacka in ob strelišču Apače potok Polskava.

Na območju pehotnih strelišč Crngrob in Pečovnik zaradi zelo slabo prepustne geološke podlage prevladuje površinski odtok proti površinskim tokovom na obrobju. S pehotnega strelišča Crngrob se tako padavinske vode spirajo proti potoku Suha, s strelišča Pečovnik pa proti potoku Ločnica. Manjša je ranljivost prvega, saj je zaradi manjšega nagiba pobočja spiranje počasnejše in zadrževanje vode na površju daljše.

3.2.6 Ukrepi za zaščito vod

Za zmanjšanje možnih vplivov na vodne vire v okolici posameznih strelišč predlagamo naslednje ukrepe:

- Sanacija posameznih strelišč v skladu s sodobnimi smernicami (urediti ustrezno odvodnjavanje vseh vod (padavinskih vod, izcednih vod, itd. preko oljnih lovilcev in usedalnikov).
- Greznice morajo biti nepropustne, greznične odplake se morajo redno odvažati in ustrezno oskrbeti; namesto greznic izgradnja malih bioloških čistilnih naprav, ki pa morajo biti ravno tako redno vzdrževane.
- Pretakanje goriva ni dovoljeno.
- Potrebno je organizirati odstranjevanje ostankov streliv in razstreliv z območij strelišč.
- Pod vojaška vozila, ki dlje časa stojijo na neutrjenih površinah, je potrebno postaviti nepropustne lovilne posode, da se prepreči onesnaževanje tal z olji in naftnimi derivati, zaradi morebitne netesnosti vozil.
- Vsaj enkrat letno pred spomladanskim deževjem morajo biti peskolovi in lovilci olj spraznjeni, olja in druge usedline odstranjene in ustrezno oskrbljene.
- Vsa kanalizacija mora biti redno vzdrževana.
- Ponikovalnike je potrebno vsaj dvakrat letno (pred spomladanskim in pred jesenskim dežjem) pregledati in očistiti.
- Predvideti je potrebno ukrepe za primere razlitij olj in goriv ali drugih nevarnih in škodljivih snovi. Ti ukrepi morajo vključevati tudi ukrepe za premestitev kontaminiranih zemljin na za to ustrezne lokacije (ali predvideti drug ustrezen način ravnanja z njimi).
- V vodotok se ne smejo direktno, brez ustreznega predčiščenja (usedalnik in lovilec olj), speljati obremenjene vode iz posameznega strelišča.
- Vzpostaviti reden monitoring vod na vplivnem območju posameznega strelišča.
- Na površini onesnaženih tal strelišča imobilizacija težkih kovin z zasajanjem rastlin, ki akumulirajo težke kovine.

Pri načrtovanju aktivnosti na območju posameznega strelišča so smiselni/potrebni določeni zaščitni in varovalni ukrepi za zaščito voda. Pri tem je potrebno upoštevati vse vodovarstvene predpise.

3.2.7 Predlog za pripravo načrtov monitoringov

Za spremljanje negativnih vplivov pehotnih strelišč na vodne vire je potrebno vzpostaviti ustrezen monitoring. Dokaj enostavno je načrtovanje monitoringa na območjih, kjer se izcedne vode stekajo v površinske tokove na obrobju. S primerjavo kakovosti teh vodotokov v delih gorvodno in dolvodno od posameznega pehotnega strelišča lahko ocenimo morebitne negativne vplive. Bolj težavno pa je načrtovanje monitoringa na kraških območjih, saj se vode pretakajo podzemno na večjih razdaljah, preden jih lahko zajamemo v kraškem izviru ali vodotoku na površju. Bolj podrobno poznavanje hidrogeoloških značilnosti je potrebno tako za določitev ustreznih točk monitoringa, vključno z referenčno točko, kot tudi za izbiro najbolj učinkovitega režima vzorčenja. V primeru vzorčenja voda je smiselno vzorčenje po padavinah ob naraščanju pretokov, saj v sušnih obdobjih ta prenos skoraj popolnoma izostane. V nadaljevanju so povzeti predlogi za pripravo načrtov monitoringa na vseh obravnavanih pehotnih streliščih. Opravljene raziskave so dobra podlaga za to, vendar pa so tudi pokazale, da bo pred izdelavo natančnih načrtov, ki bodo omogočali učinkovit in reprezentativen monitoring, potrebno opraviti še nekaj dodatnih raziskav.

Bač

Ker na območju strelišča še ni bil izveden sledilni poskus, ne moremo zanesljivo trditi, v katerih smereh se podzemno pretakajo padavine, ki spirajo onesnažila s strelišča. Zelo verjeten se zdi odtok v smeri izvira Pivščice, vendar pa bi bilo najbolj smiselno vzorčna mesta za monitoring vpliva pehotnega strelišča določiti z ustreznim sledilnim poskusom. Možnosti podzemnega raztekanja vode so namreč v zelo širokem območju, tudi neposredno v izvir Malenščice, ki je zajet za vodooskrbo občin Postojna in Pivka. Delne rešitve bi morda podale že analize sedimenta Pivščice, pa tudi izvira Mišnik in površinskega toka Pivke nad Parjem. V prejšnjih raziskavah (Al Sayegh Petkovšek in sod., 2006) opravljene analize sedimenta Pivke na različnih točkah (pri Žejških izviroh, pri Prestranku in Grobiščah) so pokazale visoke vrednosti kroma, niklja in bakra (2. kakovostni razred), pa tudi svinca in kadmija. Ker pa na to sestavo lahko vplivajo različne dejavnosti na tem območju, težko z gotovostjo sklepamo le na vpliv pehotnega strelišča na Baču. Pred izdelavo podrobnega načrta monitoringa so torej potrebne še dodatne raziskave za določitev najbolj primernih in reprezentativnih točk za monitoring.

Bloška polica

Z raziskavo je bilo ugotovljen vpliv pehotnega strelišča predvsem na podzemni tok v Mrzli jami pri Bločicah, na izvir Šteberščice ter na vodni tok v Križni jami. S ponora Farovščice na Bloški planoti, od koder odtekajo vode skozi Mrzlo jamo in Križno jamo dalje predvsem v izvir Šteberščice ter v izvir Žerovniščice, kar je pokazalo sledenje Farovščice (Kogovšek in sod., 2008), ni znanih drugih virov onesnaženja s kovinami. Vendar pa bi v okviru izvajanja monitoringa predlagali tudi zajem vzorcev (sedimenta, v kolikor bi bile tu povišane vrednosti, pa tudi vode) na ponoru Farovščice kot referenčnem mestu. Najprimernejši mesti za spremljanje vpliva pehotnega strelišča bi bila izvir Šteberščice ter vodni tok v Križni jami. Zaradi velikega pomena Križne jame bi bilo z analizo sedimenta v obeh rovih (Pisani in Blatni rov) potrebno preveriti, ali gre za vpliv na oba ali le na en rov. Dobro bi bilo preveriti tudi sestavo sedimenta v Žerovniščici. Zajemanje vodnih vzorcev naj ne bo v sušnih obdobjih, temveč ob naraščanju pretoka po izdatnejših padavinah.

Crngrob

V okviru monitoringa vode bi bilo smiselno vzorčiti na istih vzorčnih mestih tudi ob nekoliko višjem vodostaju po padavinah, ki spirajo onesnažila iz prsti. V takih razmerah bi bili aktivni tudi občasni dotoki Suhe.

Mlake

V potoku Gacka pri mostu je bila ugotovljena slabša kakovost vode kot v iztoku iz usedalnika, kar je verjetno posledica spiranje zaostalega starega onesnaženja, ko je potok Gacka izviral na zamočvirjenem delu prvotnega vojaškega poligona pred sanacijo. Zato se s časom pričakuje, da se bo kakovost vode in sedimenta na tem mernem mestu izboljšalo. Predlagamo občasno merjenje kvalitete iztoka izcedne vode iz usedalnika ter potok Gacka na tem mernem mestu (voda in sediment).

Pečovnik

V okviru monitoringa je potrebno zajeti referenčni vzorec potoka (sediment) pred pehotnim streliščem, ko še ni stranskih dotokov z roba pehotnega strelišča ter vzorec potoka (sediment) za pehotnim streliščem. Pri vzorčenju voda pa je potrebno upoštevati hidrološke razmere in vzorčiti po padavinah, ko sta aktivna tudi stranska vodna tokova ob pehotnem strelišču.

3.2.8 Povzetek

Aktivnosti, ki potekajo na vojaških pehotnih streliščih, predstavljajo razpršen vir onesnaženja okolja in med drugim vplivajo tudi na vodne vire. Potencialno onesnaževanje vod je odvisno predvsem od obremenjenosti in ranljivosti vodnega podtalja ter mobilnosti onesnažil v tleh. Z opravljeno raziskavo vod in sedimentov na vplivnem območju posameznih strelišč smo ocenili tveganje, ki ga pehotna strelišča Slovenske vojske predstavljajo za vodno okolje. V raziskavo je bilo vključenih osem aktivnih pehotnih strelišč - Bač, Poček, Apače, Pečovnik, Mačkovec, Bloška polica, Crngrob in Mlake.

Izdelana je bila **ocena ranljivosti vodnih virov** na vplivnem območju pehotnih strelišč. Obravnavana pehotna strelišča lahko glede na njihove hidrogeološke značilnosti razdelimo v tri skupine. V prvi so strelišča **Bač, Bloška polica in Poček** na kraškem območju, v drugi Mačkovec, Mlake in Apače na območju medzrnskih vodonosnikov ter v tretji Crngrob in Pečovnik, ki imata v podlagi zelo slabo prepustne kamnine. Najbolj ranljivi so vodni viri na vplivnem območju strelišč na kraških območjih. Zaradi zelo dobre prepustnosti karbonatnih kamnin se padavinska voda hitro infiltrira v podzemlje in po dobro prepustnih kanalih proti kraškemu izviru. Pri tem naj posebej izpostavimo posebne značilnosti kraških vodonosnikov: velika hitrost podzemnega toka z majhno samoočiščevalno sposobnostjo, odtekanje proti različnim izvirov ob različnih hidroloških pogojih, lahko tudi velike razdalje podzemnega pretakanja in pogosto ne dovolj zanesljivo poznavanje smeri tega pretakanja. Zaradi vseh naštetih značilnosti so kraški vodonosniki zelo ranljivi na različne vire onesnaženja, težavno pa je tudi načrtovanje njihove zaščite. Precejanje vode skozi medzrnski vodonosnik je počasnejše in usmerjeno proti površinskim vodotokom (**Mačkovec**: reka Sava Bohinjka, **Apače**: potok Polskava; **Mlake**: potok Gacka). Najmanj ranljivi vodni viri so na območju **Crngroba** in **Pečovnika**, kjer je geološka podlaga zelo slabo propustna, površinske vode pa se spirajo proti potoku Suha oziroma Ločnica.

Območje vojaškega poligona **Poček** (jugozahodno vznožje Javornikov) je zelo občutljivo območje kraškega vodonosnika; dokazana je bila dobra povezava tega območja z izviri Malenščice, Vipave in Pivke v Planinski jami, z izviri v Rakovem Škocjanu ter z izviri Stržena pri Stari vasi. Že v okviru predhodne študije (Al Sayegh Petkovšek in sod., 2006) so bile ugotovljene povečane vsebnosti nekaterih kovin v sedimentu Malenščice, zato smo v septembru 2007 izvedli sledilni poskus za natančnejšo določitev vpliva pehotnega strelišča na Počku na zajetje pitne vode izvira Malenščice. S podrobnim opazovanjem dveh vodnih valov Malenščice po padavinah so bile ugotovljene značilnosti pretakanja voda v zaledju Malenščice. V začetku prvega vala je iztekala v zaledju shranjena voda, predvsem infiltrirana voda z območja Javornikov. Ko je pretok dosegel vrh vodnega vala, je bil zaznan povečan dotok iz Javornikov. Sklepamo, da je začetnemu intenzivnemu spiranju onesnaženja, ki se je akumuliralo v predhodnem sušnem obdobju, sledil dotok čistejšje vode s Cerkniškega polja, pa tudi delež vode z območja Javornikov se je povečeval. Ob koncu opazovanega vodnega vala je pritekalo v izvir Malenščice tudi nekaj vode s Cerkniškega polja. Izrazitejše dogajanje je bilo v drugem vodnem valu, konec septembra 2007, ko so padle izdatnejše padavine in je bila prst omočena, vadozna cona vodnosnika na območju Javornikov pa bolje zapolnjena z vodo kot v predhodnem vodnem valu. V takih razmerah prihaja po padavinah do spiranja prsti in do pretakanja vode po celotni hierarhiji razpok skozi vadozno cono in nato po sklenjenih kanalih do izvira. Zaznan je bil dotok toplejše vode s Cerkniškega polja. V začetku drugega vodnega vala je dotekal v Jamski zaliv tudi

Stržen. V upadajočem delu vodnega vala je bil povečan dotok vode iz območja Javornikov, morda pa gre tudi za vpliv Pivke s ponora pri naselju Pivka. Kljub temu, da so bile koncentracije kovin (Pb, Cu, Cr, Cd, Ni in Co), ki so bile v tleh pehotnega strelišča na Počku izmerjene v povečanih vsebnostih, v vodnih vzorcih pod mejo določljivosti analitske metode, pa lahko sklepamo na zelo verjeten pomemben vpliv pehotnega strelišča **Poček** na izvira Malenščice in Vipave, ki sta zajeta za oskrbo prebivalstva s pitno vodo. Vsebnosti kovin (Pb, Cr, Ni, Cu, Cd) so bile v preteklosti v sedimentu izvirov Malenščice in Vipave izmerjene v sorazmerno visokih koncentracijah (2. kakovostni razred, ali blizu mejne vrednosti). Omenjene kovine v talnih vzorcih, vzorčenih na pehotnem strelišču Poček, prekoračujejo mejno (Cr, Ni), opozorilno (Cd, Cu) in kritično imisijsko vrednost (Pb) (Al Sayegh Petkovšek in sod., 2006). Ker pa obstaja možnost vplivov tudi iz drugih virov, bi bilo potrebno napraviti še nekaj referenčnih preiskav na Cerkniškem polju in na ponoru Pivke med Trnjem in Pivko. Tako bi ugotovili morebiten vpliv drugih dejavnosti pred vplivnim območjem Počka. Glede na znano vodno povezavo med ponorom pri Trnju in izvirom Malenščice ugotavljamo, da bi v primeru potrjenega vpliva strelišča Bač na Pivko in ob izključitvi vpliva drugih dejavnosti na območju od izvira Pivščice do ponora v Trnju, morali tudi strelišče Bač obravnavati znotraj območja vpliva na Malenščico.

Vode z območja pehotnega strelišča **Bač**, ki leži na območju Zgornje Pivke, se podzemno stekajo proti izvirom ob reki Pivki. Povsem zanesljivo še ne vemo, v katerih smereh se podzemno pretakajo padavine, ki spirajo onesnažila s strelišča. Na tem območju do sedaj še ni bil izveden sledilni poskus, možnosti podzemnega raztekanja vode pa so v zelo širokem območju, tudi neposredno v izvir Malenščice, ki je zajet za vodooskrbo občin Postojna in Pivka. Ker je območje izrazito kraško in le z občasnim pojavljanjem vode, pa bi le sledilni poskus v deževnem obdobju pokazal smeri odtoka vode s tega območja in s tem tudi smer širjenja onesnažil s strelišča. To je še posebej pomembno zaradi možnosti, da vpliva tudi na kakovost Malenščice.

Za pehotno strelišče **Bloška polica**, ki se nahaja na območju med Bloško planoto, Loškimi in Cerkniškim poljem, je bil z raziskavo (izvedba sledilnega poskusa v decembru 2007) ugotovljen vpliv predvsem na podzemni tok v Mrzli jami pri Bločicah, na izvir Šteberščice ter na vodni tok v Križni jami. Analize kovin v sedimentu Mrzle jame, Šteberščice in Križne jame (Otok) so pokazale prisotnost vseh analiziranih kovin (Pb, As, Ni, Cd, Se, Cu, Zn), razen Hg, ki je bil prisoten le v Šteberščici in še to le v koncentraciji 0,10 mg/kg. Koncentracije kovin so na vseh zajetih mestih zelo podobne, odstopa le nikelj, ki ga je največ v Križni jami (67,2 mg/kg), v Šteberščici pa ga je nekoliko več kot v Mrzli jami. V Mrzli jami so vrednosti vseh kovin višje ob nizkem vodostaju v primerjavi z višjim, ko je očitno prihajalo ob visokih pretokih do delnega spiranja kovin iz izrazito peščenega sedimenta.

Pehotno strelišče **Mlake** je urejeno v skladu s sodobnimi smernicami. Prekrto je z neprepustnimi folijami, vse vode s strelišča so preko usedalnika in kanala speljane površinsko v potok Gacko. Kljub sodobni urejenosti so bile zaznane povišane vsebnosti nekaterih kovin v sedimentu (Zn, Cr, Ni, Pb, Cu, Cd) v potoku Gacka (pri mostu), vendar le vsebnost Cr ne zadošča kriterijem 1. kakovostnega razreda. Višje vrednosti v sedimentu so verjetno delno posledica spiranja kovin pred sodobno ureditvijo strelišča, ko je potok Gacka izviral na zamočvirjenem delu obstoječega vojaškega poligona, v manjši meri pa verjetno tudi zaradi odlaganja iz vode, ki preko usedalnika priteka s strelišča danes. Nova lokacija urejenega strelišča je pomaknjena gorvodno od smeri toka površinske vode in se je s tem nekoliko umaknila iz zamočvirjenega predela, kjer izvira potok Gacka in je ta lokacija v primerjavi s prejšnjo ugodnejša glede onesnaževanja površinskih

vod. Zaradi spiranja z meteorno vodo bi v prihodnosti pričakovali upadanje vsebnosti posameznih kovin v sedimentu.

Vode z območja strelišča **Crngrob** se pretakajo pretežno površinsko po kanalih proti potoku Suhi. Rezultati analize odvzetih vzorcev vode so pokazali, da so bile koncentracije vseh merjenih kovin pod mejo določljivosti uporabljenih metod, z izjemo cinka. Na sami lokaciji pehotnega strelišča Crngrob (potok na strelišču – pred iztokom v kanal) je bila izmerjena povišana koncentracija Zn v odvzetem vzorcu vode, ki je znašala 1442 $\mu\text{g/l}$ in je bila višja od dovoljene letne povprečne vrednosti za cink, ki znaša 100 $\mu\text{g/l}$. Izmerjene vsebnosti kovin v odvzetem vzorcu sedimenta iz potoka Suha – pred streliščem so bile le nekoliko nižje kot na lokaciji potoka Suha – za streliščem, v primeru Se in Cr pa so bile izmerjene celo višje vsebnosti. Na lokacijah potok na strelišču (pred iztokom v kanal) in kanal pred iztokom v potok Suha so bile izmerjene vsebnosti kovin le nekoliko višje kot na lokaciji potoka Suha – pred streliščem. Izmerjene vsebnosti Cr, Se in Zn so bile izrazito višje, medtem ko je bila vsebnost Cd nižja. Vse izmerjene vsebnosti kovin v sedimentih so primerljive z naravnim ozadjem.

Širše območje strelišča **Pečovnik** gradijo zgornjeoligocenski prod, pesek, lapor, peščenjak in glina, izpod njih pa ponekod izdanjata srednjetriasni apnenec in dolomit. Strelišče na nagnjenem pobočju (z dviganjem naklona proti jugu) je antropogeno preoblikovano z nasutim materialom. Na obeh straneh pobočja se voda zbira v površinskih tokovih, ki se na spodnjem robu stekata v potok Ločnica, ki je pritok reke Savinje. Vode z območja strelišča se pretakajo pretežno površinsko proti potoku Ločnica, ki s severovzhodne strani priteče na območje strelišča in skozi kanal odteče v smeri proti jugozahodu. Vsebnosti kovin v vzorcih vode so bile nizke. Vsebnosti As, Se, Hg in Cd so bile pod mejo določljivosti metode za posamezni parameter, vsebnosti ostalih analiziranih kovin pa blizu te meje. Vpliva strelišča na vode ni bilo zaznati.

Kljub visokim vsebnostim kovin v tleh na posameznih streliščih (predvsem Pb) le-teh ni bilo zaslediti v povečanih koncentracijah v odvzetih vzorcih vode in sedimenta na vplivnih območjih posameznih strelišč (z izjemo sedimenta v izviri Malenščice in v sedimentih reke Pivke). Raziskava mobilnosti Pb, ki smo jo opravili v sklopu pričujočega projekta, je pokazala, da so vrednosti mobilnega dela Pb relativno nizke (deleži mobilnega Pb nikjer ne presegajo 0,1 % celotne vsebnosti Pb v tleh na posamezni lokaciji), kar se ujema s pridobljenimi podatki o vsebnosti Pb v vodnih vzorcih in sedimentih. **Rezultati sledilnih poskusov, fizikalno-kemijskih preiskav odvzetih vzorcev površinskih vod in sedimenta so pokazali, da vojaška strelišča lahko samo na območju krasa vplivajo na kakovost vodnih virov (Poček, Bloška polica, Bač). Vsekakor je v tako občutljivem okolju kot je kras, še posebej, če gre za zaledje izvirov, ki so zajeti za oskrbo prebivalstva s pitno vodo, nujna sodobna gradnja strelišč, ki onemogoča nekontroliran vstop onesnažil v vodne vire. Rezultati analiz vode in sedimenta na vplivnih območjih ostalih strelišč kažejo na to, da vojaške aktivnosti, ki potekajo na posameznem pehotnem strelišču, nimajo bistvenega vpliva na kakovost površinskih vod in sedimentov.** Predvidevamo, da vpliva ni zaradi hidrogeoloških značilnosti območja pehotnih strelišč in zaradi majhne razpoložljivosti (mobilnosti) kovin (zlasti Pb, ki je daleč najbolj problematičen) v onesnaženih tleh.

Viri

- Al Sayegh Petkovšek, S., Pokorny, B., Bole, M., Kugonič, N., Končnik, D., Špeh N., Flis J., Pavšek Z., Šešerko M., Druks Gajšek P., Zaluberšek M., Petrič M., Kogovšek J., Grebenc T., Kraigher H., 2006: Določitev vpliva vojaškega poligona kot modelna študija za varovanje in sanacijo okolja na območjih delovanja Slovenske vojske: poročilo. Velenje: ERICo, XIII, 273 f.
- Bricka R. M., Rivera Y. B., Deliman P. N., 1998: Vertical Migration Potential of Metal Contaminants at Small Arms Firing Ranges, Camp Edwards Military Reservation, Massachusetts, Technical Report IRRP-98-3, U.S. Army Corps of Engineers Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS.
- Bundy K. J., Bricka M., Morales A., 1996: An Electrochemical Approach for Investigations in Firing Ranges, In: Proceedings of the HSRC/WERC Joint Conference on the Environment, Albuquerque, NM.
- Chen M., Daroub S. H., 2002: Characterisation of Lead in Soils of a Rifle/Pistol Shooting Range in central Florida, Soil and Sediment Journal, 11, 1-17.
- Cotman, M.: Izdelava metodologije za ugotavljanje emisijskih vrednosti industrijskih izpustov glede na tehnologijo čiščenja in značilnosti odvodnika, magistrsko delo, Univerza v Ljubljani, FNT- Oddelek za kemijo in kemijsko tehnologijo, Ljubljana 1995.
- Dermatas D., Menouno N., Dutko P., Dadahov M., Arienti P., Tsaneva V., 2004: Lead and Copper Contamination in small Arms Firing Ranges, Global Nest: the Int. J. Vol.6, No.2, pp 141-148.
- Gams I., 1966: K hidrologiji ozemlja med Postojnskim, Planinskim in Cerkniškim poljem. Acta carsologica, 4, 5-50, Ljubljana.
- Gospodarič R., 1974: Fluvialni sedimenti v Križni jami (Fluvial sediments in Križna jama).- Acta carsologica, 4, 325-366, Ljubljana.
- Gospodarič R., Habič P., 1976 (ed.): Underground Water Tracing. Investigations in Slovenia 1972-1975.- Institute for Karst Research SAZU, p. 312, Ljubljana.
- Habič P., 1975: Pivka in njena kraška jezera.- Ljudje in kraji ob Pivki, 41-50, Kulturna skupnost Postojna.
- Habič P., 1987: Sledilni poskus na kraškem razvodju med Idrijco, Vipavo in Ljubljano. Acta carsologica, 16, 105-118, Ljubljana.
- Habič P., 1989: Kraška bifurkacija Pivke na jadransko črnemorskem razvodju.- Acta carsologica, 18, 233-264, Ljubljana.
- <http://gis.arso.gov.si/atlasokolja>.
- Idzelis R. L., Greičiute K., Paliulis D., 2006: Investigation and Evaluation of Surface Water Pollution with Heavy Metals and Oil products in Kairiai Military Ground Territory, Journal of Environmental Engineering and Landscape Management, Vol XIV, No.4, (183-190) (16-18).
- Janež J., Zagoda B., 2005: Vojaški poligon na Mlakah. Presoja vplivov na vode- dopolnitev, št. projekta1174-065/2005/4, Geologija d.o.o. Idrija.
- Jankovič K., Mlakar K., Simoneti M., Volavšek S., Polak S., Seliškar A., Knez M., Lapajne S., Rakovec J., Habič Š., Berce M., Gosak, Š., 2000: Okoljevarstvena oceba za vojaško vadbišče Bile, Ljubljanski urbanistični zavod, d.d., 52 str.
- Kogovšek J., 1999: Nova spoznanja o podzemnem pretakanju vode v severnem delu Javornikov (Visoki kras). Acta carsologica, 28/1, 161-200, Ljubljana.
- Kogovšek J., 2001: Monitoring the Malenščica water pulse by several parameters in November 1997 = Večparametersko spremljanje vodnega vala Malenščice novembra 1997. Acta carsologica, 30/1, 9-53, Ljubljana.
- Kogovšek J., Prelovšek M., Pertič M., 2008: Podzemni tok med. Bloško planoto in Cerkniškim poljem in hidrološka funkcija Križne jame, Slovenija.- Acta carsologica, 37/2-3, 213-225, Postojna.
- Kovačič G., Habič Š., 2005: Kraška presihajoča jezera Pivke (JZ Slovenija) ob visokih vodah novembra 2000.- Acta carsologica, 34/3, 619-649, Ljubljana.
- Michler I., 1955: Rakov rokav Planinske jame. Acta carsologica, 1, 73-90, Ljubljana.
- Pravilnik o monitoringu stanja površinskih voda, Ur.l. RS št. 10/09.
- Pravilnika o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu odpadnih vod ter o pogojih za njegovo izvajanje, Ur.l. RS 74/07.

- Prebilič V., 2001: Conversion and Disposal Process of Military Sites in the United Kingdom. University of Ljubljana, Faculty of Social Science, Institute of Social Science. Defence Research Centre and Premiere Ltd., Ljubljana, 4-33.
- Prebilič V., 2002: Zavezniške vojaške baze v Republiki Sloveniji, Teorija in praksa, XXXIX (3), 442-453.
- Prebilič V., 2004: Vojska kot dejavnik obremenjevanja okolja.- Znanstveno delo podiplomskih študentov v Sloveniji, s. 511-519.
- Petrič M., Kogovšek J., 2005: Hidrogeološke značilnosti območja presihajočih Pivških jezer.- Acta carsologica, 34/3, 599-618, Ljubljana.
- Placer L., 1981: Geološka zgradba JZ Slovenije.- Geologija 24/1, 27-60, Ljubljana.
- Ravbar N. 2007: The protection of karst waters, a comprehensive Slovene approach to vulnerability and contamination risk mapping. Založba ZRC, 254 pp, Ljubljana.
- Plut D., 2000: Geostrateški pomen vodnih virov Slovenije. V. Bratun, Z., (ur.), Vojaška geografija v Sloveniji, Dela 15, Oddelek za geografijo, Filozofska fakulteta, Ljubljana, 41-52.
- Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih vod v vode in javno kanalizacijo, Ur.l. RS št. 47/05 in št. 45/07.
- Uredba o stanju površinskih voda, Ur.l. RS št. 14/09.