

**POROČILO O MONITORINGU KAKOVOSTI PODTALNICE IN
POVRŠINSKIH VODOTOKOV NA OBMOČJU MESTNE OBČINE
LJUBLJANA V LETU 1999/2000
(Zaključno poročilo)**



Ljubljana, julij 2000



1 UVOD

Od začetka marca leta 1999 do konca februarja 2000 smo v okviru pogodbe št. ZVO 11/99 izvajali monitoring kakovosti podtalnice in površinskih vodotokov na območju Mestne občine Ljubljana (MOL). Monitoring kakovosti podtalnice smo za naročnika Mestno Občino Ljubljana začeli izvajati že v letu 1997 [1], v letu 1998 pa smo zaradi slabše raziskanosti kakovosti manjših vodotokov na območju MOL začeli izvajati tudi monitoring kakovosti površinskih vodotokov [2]. Tako zastavljen monitoring voda na območju MOL se je z manjšimi spremembami nadaljeval tudi v obdobju od začetka marca 1999 do konca februarja 2000 [3-6]. Podtalnico Ljubljanskega polja smo vzorčevali na desetih različnih mestih 6 do 24 krat letno. Zajemna mesta so bila ista kot v letih 1997 in 1998. Pogostost vzorčevanja je bila večja na črpališčih Ljubljanskega vodovoda, predvsem na tistih zajemnih mestih, na katerih smo v okviru državnega monitoringa podtalnice ugotovili povišane vsebnosti kazalcev onesnaženja. Opazovana mesta so bila razporejena po vsem polju s podtalnico in so vključena tudi v državni monitoring.

Monitoring kakovosti površinskih vodotokov na območju Mestne občine Ljubljana je enako kot podtalnica dopolnitev državnega monitoringa. V program je bila vključena Ljubljanica in njeni pritoki. Tako kot prvo leto preiskav smo tudi v letu 1999 vključili osem zajemnih mest in širok spekter parametrov z namenom, da bi dobili podatke o kritičnih vrstah onesnaženja. V program smo vključili tudi analizo težkih kovin in identifikacijo organskih spojin v sedimentu. Velik poudarek je bil na bakterioloških analizah. Glavna kriterija za izbiro zajemnih mest sta bila:

- vpliv onesnaževalcev, predvsem deponije odpadkov na Barju, ki jih v okviru državnega monitoringa ne spremljamo;
- manjši vodotoki, ki niso vključeni v državni monitoring, se pa ljudje (predvsem otroci) v njih kopajo.

Poročilo o monitoringu kakovosti podtalnice in površinskih vodotokov na območju mestne občine Ljubljana v letu 1999/2000 (v nadaljevanju Poročilo) vključuje vse rezultate analiz vzorcev podtalnice in površinskih vodotokov, odvzetih od začetka marca 1999 do konca februarja 2000. Rezultatom površinskih vodotokov smo dodali tudi povprečno letno vrednost preiskovanih parametrov na zajemnem mestu Ljubljanica Livada, ki ga spremljamo v okviru državnega monitoringa. Rezultati za navedeno obdobje so podani v tabelah in v slikah.

2 PROGRAM PREISKAV

2.1 PROGRAM MONITORINGA KAKOVOSTI PODTALNICE LJUBLJANSKEGA POLJA

Od začetka marca 1999 do konca februarja 2000 smo v okviru monitoringa kakovosti podtalnice in površinskih vodotokov na območju MOL podtalnico vzorčevali na petih črpališčih Ljubljanskega vodovoda, treh industrijskih vodnjakih in dveh vrtinah. V tabeli 1 so navedena zajemna mesta s koordinatami, številom vzorcev in načinom vzorčevanja. Karta z vrisanimi zajemnimi mesti za podtalnico na Ljubljanskem polju je v prilogi 1. Program monitoringa kakovosti podtalnice za vsa zajemna mesta je v prilogi 3, datumi vzorčevanj pa v prilogah 4 do 8 (tabele z rezultati).

Obseg analiz podtalnice:



Osnovne fizikalno kemijske analize: temperatura vode, pH vrednost, električna prevodnost, raztopljeni kisik, nasičenost s kisikom, kemijska potreba po kisiku - KPK (permanganatna metoda), amonij, nitrit, nitrat

Skupinski parametri onesnaženja: anionaktivni detergenti, mineralna olja, fenolne snovi in AOX

Kovine: baker, cink, kadmij, krom (skupni in šest-valentni), nikelj, svinec in živo srebro

Triazinski pesticidi: atrazin, desetilatrazin, desizopropilatrazin, simazin, propazin, prometrin, cianazin, terbutilazin, terbutrin in bromacil

Organoklorni pesticidi: aldrin, DDT(p,p), DDE(p,p), DDD(o,p), TDE(p,p), dieldrin, endrin, hepraklor, heptaklorepoksid, α -HCH, β -HCH, γ -HCH (lindan), δ -HCH, heksaklorobenzen

Lahkohlapni halogenirani ogljikovodiki: triklorometan, tribromometan, bromdiklorometan, dibromoklorometan, trikloronitrometan, tetraklorometan, diklorometan, 1,1-dikloroetan, 1,2-dikloroetan, 1,1-dikloroetilen, 1,2-dikloroetilen, 1,1,2,2-tetrakloroetilen, 1,1,2-trikloroetilen, 1,1,1-trikloroetan, 1,1,2-trikloroetan, 1,1,2,2-tetrakloroetan, triklorofluorometan, difluorodiklorometan

Bakteriološke analize:

Skupne koliformne bakterije MPN /100 ml

Koliformne bakterije fekalnega izvora MPN / 100 ml

Aerobne mezofilne bakterije (22°C) CFU/1 ml

Aerobne mezofilne bakterije (37°C) CFU/1 ml

Streptokoki fekalnega izvora MPN / 100 ml

Sulfidreducirajoči klostridiji št. /20 ml

Tabela 1: Zajemna mesta za spremljanje kakovosti podtalnice s šiframi ter koordinatami, številom vzorcev in načinom vzorčevanja v letu 1999/2000

	Zajemno mesto	Šifra zaj.mesta	Opis	Geodetske koordinate		Štev. vzor.	Način vzorčenja
				X	Y		
1	Kleče (VIII a) 0543	P54380	črpališče	5104775	5461280	24	iz pipe za odvzem vzor.
2	Hrastje (I a) 0344	P54720	črpališče	5102960	5466525	24	iz pipe za odvzem vzor.
3	Šentvid (II a) 0581	P54280	črpališče	5106480	5460300	12	iz pipe za odvzem vzor.
4	Jarški prod (III)JA 3	P50420	črpališče	5105040	5465805	12	iz pipe za odvzem vzor.
5	Iški vršaj (Ia) IŠ-2	P58060	črpališče	5090870	5461320	6	iz pipe za odvzem vzor.
6	Roje LV-0377	P54220	vertina	5106930	541270	6	potopna črpalka
7	Stožice LV-0277	P54460	vertina	5104730	5462960	6	potopna črpalka
8	Koteks- Zalog 0371	P54900	ind.vodnjak	5102810	5470260	6	iz pipe za odvzem vzor.
9	Elok-Zalog 0251	P54860	ind.vodnjak	5101650	5466260	6	iz pipe za odvzem vzor.
10	Dekorativna 0641	P54340	ind.vodnjak	5105000	5459840	5	potopna črpalka

2.2 PROGRAM MONITORINGA KAKOVOSTI POVRŠINSKIH VODOTOKOV

Program monitoringa kakovosti površinskih vodotokov je bil v celoti realiziran v poletnih mesecih, ko se na manjših vodotokih kopa več ljudi. Zajemna mesta, vrsta, obseg in pogostost analiz je prikazana v tabeli 2, karta z vrisanimi zajemnimi mesti za površinske vodotoke pa v prilogi 2.

Vzorci za fizikalno kemijsko analizo so bili zajeti na sedmih zajemnih mestih enkrat v avgustu v času nizkih vodostajev, za bakteriološko analizo pa na šestih zajemnih mestih štirikrat v juliju in avgustu, to je v času kopalne sezone.



Obseg analiz površinskih vodotokov:

Osnovne fizikalno kemijske analize: temperatura vode, pH vrednost, električna prevodnost pri 25°C, raztopljeni kisik, suspendirane snovi, biokemijska potreba po kisiku - BPK₅, kemijska potreba po kisiku - KPK (permanganatna in bikromatna metoda), amonij, nitrit, nitrat, ortofosfat, celokupni fosfat, totalni organski ogljik - TOC, totalni dušik - TN, mineralna olja, fenolne snovi, detergenti, klorid, sulfat, bikarbonat, kalcij, magnezij, natrij, kalij.

Kovine: baker, cink, kadmij, krom, nikelj, svinec in živo srebro v vodi, suspendiranih delcih in sedimentu.

Bakteriološke analize:

Skupne koliformne bakterije MPN v 1 l

Koliformne bakterije fekalnega izvora MPN v 100 ml

Posnetek spektra GC/MSD v vodi in sedimentu

Tabela 2: Zajemna mesta za spremljanje kakovosti površinskih vodotokov, geodetske koordinate zajemnih mest ter vrsta, obseg in pogostost analiz v letu 1999

	VODOTOK	ZAJEMNO MESTO	Geodetske koordinate		POGOSTOST VZORČEVANJA				
			X	Y	F,K (v)	KO (v,ss,s)	Bor (v)	GC/MS (v,s)	B
1	Ljubljana	nad izlivom Bežan. grabna	5459380	5095450	1	1	1	1	4
2*	Ljubljana	Livada	5462340	5099160	4	/	/	/	4
3	Ljubljana	pod izl. M. grabna v višini Špice	5462510	5099440	1	1	1	1	4
4	Bežanov graben	pred izlivom v Ljubljano	5459380	5097280	1	1	1	1	/
5	Curnovec	pred izlivom v Ljubljano	5459850	5097970	1	1	1	1	/
6	Mali graben	pred izlivom v Ljubljano	5461490	5098770	1	1	1	1	4
7	Gradaščica	nad Ljubljano	5456670	5101020	1	1	/	1	4
8	Gradaščica	pred izlivom v Ljubljano	5461820	5100050	1	1	/	1	4
9	Ižica	pred izlivom v Ljubljano	5462480	5097510	/	/	/	/	4

Legenda:

F,K - fizikalno kemijske analize

KO - analize težkih kovin Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, Cd, Hg v vodi, suspendiranih delcih in sedimentu

GC/MS - posnetek spektra na plinskem kromatografu z masnim detektorjem

B - bakteriološka analiza

v - voda

s - sediment

ss - suspendirane snovi

Opomba:

* Program državnega monitoringa kakovosti površinskih vodotokov



3 METODE DELA

3.1 VZORČEVANJE

3.1.1 VZORČEVANJE PODTALNICE

Vzorčevanja so potekala drugi in četrti teden v mesecu. Datumi vzorčevanj so navedeni v tabelah z rezultati (priloge 4-8).

Vzorčenja podtalnice so potekala po zastavljenem programu in bila v obdobju od začetka marca 1999 do konca februarja 2000 v celoti izvedena. Redka odstopanja od načrtovanih datumov vzorčevanj podtalnice v obdobju od začetka marca 1999 do konca februarja 2000 so navedena v delnih poročilih [3-6]. Vsi vzorci podtalnice so bili odvzeti v skladu s predpisi ISO 5667-1,2,3,5,11. Ob vzorčevanju je bila temperatura in elektroprevodnost stabilizirana skladno s predpisom ISO 5667-11. Vzorčevanja podtalnice so potekala na naslednje načine:

Vzorčevanje podtalnice iz pipe za odvzem vzorcev (Kleče, Hrastje, Šentvid, Jarški prod, Iški vršaj, Koteks, Elok):

Podtalnico smo vzorčevali iz posebnih pip za vzorčevanje, kjer voda še ni obdelana. Vzorčevali smo po 30 minutnem pretoku podtalnice iz pipe, da se je voda v ceveh nadomestila s svežo podtalnico. To smo kontrolirali tudi z meritvami temperature, pH in električne prevodnosti.

Prečrpavanje in vzorčevanje podtalnice iz vrtin s potopno črpalko (Roje, Stožice):

Pred vzorčevanjem smo podtalnico iz vrtin eno uro prečrpavali s potopno črpalko "Grundfos", tip MP-1. V tem času se je v vrtini zamenjal 3- do 6-kratni volumen vode. Potek izmenjave s svežo podtalnico smo kontrolirali z meritvami temperature, pH in električne prevodnosti.

Prečrpavanje in vzorčevanje podtalnice iz vodnjaka (Dekoratívna):

Vodnjak Dekoratívna, ki vsebuje približno 10 m³ vode (odvisno od nivoja podtalnice), je v neposredni bližini novega nakupovalnega centra Mercator, ki je bil do avgusta 1999 v izgradnji. Mercator je vodnjak primerno uredil za odvzem vzorcev, MOP-HMZ pa je v vodnjak namestil črpalko "Grundfos", tipa JS4-08 (pretok približno 1 l/sek). Na ta način je zagotovljeno neovirano vzorčevanje na tej lokaciji. Pred vzorčenjem smo prečrpali 15-20 m³ podtalnice. Dotok sveže podtalnice v vodnjak smo ugotavljali z meritvami temperature podtalnice, pH in električne prevodnosti s sondami WTW, tip MultiLine P4. Podtalnico smo vzorčevali 2 m pod gladino vode. Ob vzorčevanju sta bili temperatura in električna prevodnost stabilizirani skladno s predpisom ISO 5667-11.

Na terenu smo določili temperaturo vode, pH, električno prevodnost in vsebnost kisika. Ostali parametri so bili analizirani v laboratorijih Inštituta za varovanje zdravja (IVZ-RS) in Hidrometeorološkega zavoda (MOP-HMZ).

Na terenu smo stabilizirali vzorce za KPK (KMnO₄) s H₂SO₄ (1:3) in za nitrit s kloroformom. Vse vzorce smo takoj po vzorčenju dostavili v laboratorij, kjer smo jih do analize hranili v temnem prostoru pri 4°C.

Datumi vzorčevanj so zbrani v štirih delnih poročilih [3-6] in v tabelah z rezultati (priloge 4 do 8).

3.1.2 VZORČEVANJE POVRŠINSKIH VODOTOKOV

Zajem vzorcev vode in sedimentov smo opravili v skladu z določili mednarodnih standardov ISO 5667 - 6 in ISO 5667 - 12. Konzerviranje, stabilizacijo, transport in hranjenje odvzetih vzorcev vode in sedimenta za kemijske in bakteriološke preiskave smo izvedli po predpisih ISO 5667 - 3.



Vzorci so bili vzeti na polovici gladine. Ob zajemu vzorca so izmerili temperaturo zraka in vode, pH vrednost, električno prevodnost, prosti ogljikov dioksid in raztopljeni kisik. Ostali parametri so bili analizirani v laboratorijih Inštituta za varovanje zdravja (IVZ-RS), Zavoda za zdravstveno varstvo Maribor (ZZV MB -IVO) in Hidrometeorološkega zavoda (MOP-HMZ). Vzorce za analizo nitrita, kemijske potrebe po kisiku in barve smo konzervirali, za analizo ostalih parametrov pa ohladili.

3.2 FIZIKALNO KEMIJSKA ANALIZA

3.2.1 PRIPRAVA LABORATORIJSKEGA VZORCA

3.2.1.1 Podtalnica

Osnovne fizikalno kemijske parametre in mineralna olja so določili v nefiltriranem, premešanem vzorcu.

Za določanje mikroelementov smo vodo filtrirali skozi membranski filter 0,45 µm.

Za analizo vzorcev na vsebnost organskih spojin smo uporabili nefiltrirani vzorec, ki smo ga ekstrahirali z organskimi topili.

3.2.1.2 Površinski vodotoki

Voda in suspendirani delci

V nefiltriranem, premešanem vzorcu so določili suspendirane snovi, kemijsko in biokemijsko potrebo po kisiku, fenolne snovi in detergente. Iz nefiltriranega, usedenega vzorca so določili amonijev in nitritni ion, stvarno barvo in mineralna olja. Ostale analize so naredili iz vzorca, filtriranega skozi filter Schleicher & Schüll 589/1. Vzorce so analizirali v čim krajšem možnem času.

Za določitev topnih oblik kovin so vzorce na terenu filtrirali skozi membranski filter 0,45 µm ter filtrat nakisali s HNO₃ (konc.) na pH pod 2. Za določitev koncentracije kovin v suspendiranih delcih so filter s suspendiranimi snovmi razkrojili s HNO₃ v mikrovalovni peči CEM-MDS 2000 pri optimiziranih pogojih.

Za analizo vzorcev na vsebnost organskih spojin z metodo GC/MS smo uporabili nefiltrirani vzorec vode. Vzorec vode smo homogenizirali in nato ekstrahirali z diklormetanom.

Sediment

Za kemijsko analizo smo uporabili granulacijsko frakcijo sedimenta z velikostjo delcev pod 63 µm. V ta namen so vzorce sedimenta v prvi fazi sejali mokro do velikosti delcev pod 200 µm in nato pod 63 µm. Spirali so z vodo iz istega vodotoka. Za sejanje so uporabili standardizirano sito iz visokokvalitetnega nerjavnega jekla. Vse izmerjene koncentracije so izražene na zračno suh vzorec z velikostjo delcev pod 63 µm.

Laboratorijski vzorec za analizo kovin so pripravili z mokrim razklopom s kislinsko mešanico HNO₃/HCl za analizo na Hg pa s kislinskim razklopom s kislinsko mešanico HNO₃/H₂SO₄ in z dodatkom KMnO₄. Vse razklope so naredili v mikrovalovni pečici pri optimalnih pogojih. Po razklopu so raztopine filtrirali skozi filter moder trak.

Za posnetek GC/MS smo znano količino presejanega sedimenta ekstrahirali v ultrazvočni kopeli z diklormetanom. Analizo z GC/MS so naredili s koncentriranim ekstraktom.



3.2.2 OPIS ANALIZNIH METOD

Merilni principi in referenčne metode za parametre so zbrani skupaj za podtalnice in za površinske vodotoke v tabeli 3.

Tabela 3: Merilni principi in referenčne metode za posamezne parametre

Parameter	Enota	Merilni princip	Referenčna metoda
Temperatura	°C	Elektrometrija	
pH		Elektrometrija	ISO 10523
Električna prevodnost	µS/cm (25°)	Elektrometrija	ISO 7888
Raztopljeni kisik	mg O ₂ /l	Titrimetrija Elektrometrija - sonda	SIST EN 25813 SIST EN 25814
Stvarna barva	mg Pt/l	Spektrofotometrija	ISO 7887
Suspendirane snovi	mg/l	Gravimetrija	ISO 6107
KPK (K ₂ Cr ₂ O ₇)	mg O ₂ /l	Titrimetrija	SIST ISO 6060
KPK (KMnO ₄)	mg O ₂ /l	Titrimetrija	SIST ISO 6060 -mod.
BPK ₅	mg O ₂ /l	Titrimetrija	EN 1899-2:1995E
Amonij	mg NH ₄ /l	Spektrofotometrija	ISO 7150/1
Nitrit	mg NO ₂ /l	Spektrofotometrija	SIST EN 26777 - mod.
Nitrat	mg NO ₃ /l	Spektrofotometrija	SM 4500 NO ₃ - B
Orto fosfat	mg PO ₄ /l	Spektrofotometrija	SIST EN 1189(mod.)
Celotni fosfat	mg PO ₄ /l	Spektrofotometrija	SIST EN 1189(mod.)
Klorid	mg/l	Titrimetrija	SM 4500 C. lit. [7]
Sulfat	mg/l	Titrimetrija	literatura [8]
Silicijev dioksid	mg/l	Spektrofotometrija	SM 4500 D. lit. [7]
Alkaliteta	mg/l	Titrimetrija	ISO 9963-1
Kalcij	mg/l	Titrimetrija	ISO 6058
Magnezij	mg/l	Titrimetrija	SM 3500 E. lit.[7]
Natrij in kalij	mg/l	Emisijska spektrom.	ISO 9964-3
Aluminij	mg/l	Spektrofotometrija	DIN 38406-E9
Železo	mg/l	Spektrofotometrija	SM 3500 D. lit.[7]
Anionaktivni detergenti	mg MBAS/l	Spektrofotometrija	SIST EN 903 - mod.
Mineralna olja	mg/l	SSFS	UNESCO 13/84 [9]
Fenolne snovi (indeks)	mg C ₆ H ₅ OH/l	Spektrofotometrija	SIST ISO 6439
Fenolne snovi	µg/l	Spektrofotometrija	DIN 38409-H16
TOC	mg C/l	IR	SIST ISO 8245
TOC - sediment	%	IR	DIN 38409 - 3
TN	mg N/l	Kemoluminiscenca	interna po ENV 12260:1996
AOX	µg Cl/l	Kulometrija	SIST ISO 9562
Baker	µg/l	Elektrotermična AAS	DIN 38406-T7
Cink	µg/l	Plamenska AAS	ISO 8288
Kadmij	µg/l	Elektrotermična AAS	ISO 5961
Krom (celokupni)	µg/l	Elektrotermična AAS	SIST ISO 9174
Krom (šest-valentni)	µg/l	spektrofotometrija	SIST ISO 11083
Nikelj	µg/l	Elektrotermična AAS	DIN 38406-T21
Svinec	µg/l	Elektrotermična AAS	SIST ISO 8288
Živo srebro	µg/l	AAS-metoda hladnih par	ISO 5666/1
Baker - sediment	mg/kg	ICP-MS	DIN 38406 - 29
Cink - sediment	mg/kg	ICP-MS	DIN 38406 - 29
Kadmij - sediment	mg/kg	ICP-MS	DIN 38406 - 29
Krom - sediment	mg/kg	ICP-MS	DIN 38406 - 29
Nikelj - sediment	mg/kg	ICP-MS	DIN 38406 - 29
Svinec - sediment	mg/kg	ICP-MS	DIN 38406 - 29



Parameter	Enota	Merilni princip	Referenčna metoda
Živo srebro - sediment	mg/kg	ICP-MS	DIN 38406 - 29

Tabela 3: Merilni principi in referenčne metode za posamezne parametre

Parameter	Enota	Merilni princip	Referenčna metoda
Pesticidi (triazini)	µg/l	GC - MS	interna metoda
Pesticidi (organoklorni)	µg/l	GC - ECD	SIST EN ISO 6468
LKCH	µg/l	GC - ECD	SIST EN ISO 10301
Skup.kolifor. bakterije	MPN/100ml	MPN	ISO 9308-2
Kolif.bak.fek.izvora (E. coli)	MPN/100ml	MPN	ISO 9308-2
Aer.mez. bakterije (22°C)	CFU/1ml	štetje kolonij	ISO 6222
Aer.mez. bakterije (37°C)	CFU/1ml	štetje kolonij	ISO 6222
Streptokoki fek. izvora	MPN/100ml	MPN	ISO 7899
Sulfitreducir. klostridiji	MF/20ml	MF	SIST EN ISO 26461-2

AAS:	atomska absorpcijska spektrofotometrija	
IR	infra rdeča spektrometrija	
ICP - MS	induktivno sklopljena plazma, masno selektivni detektor	
GC - MS	plinska kromatografija, masno selektivni detektor	
GC - ECD	plinska kromatografija, "Electron-Capture Detector" (detektor na zajetje elektronov)	
MBAS:	"methylene-blue active substances" (substanc, ki reagirajo z metilenmodrim indikatorjem)	
KPK:	kemijska potreba po kisiku	
SSFS:	sinhrona fluorescenčna spektrofotometrija (Synchronous Scan Fluorescence Spectrometry)	
AOX:	adsorbirani organski halogeni	
LKCH:	lahkohlapni halogenirani ogljikovodiki	
Skup.kolifor.:	skupne koliformne	
Kolif.bak.fek.izv.:		koliformne
bakterije fekalnega izvora		
Aer.mez.bakterije:	Aerobne mezofilne bakterije	
Štetje kolonij:	štetje kolonij z nasajanjem na hranljivi agar	
Sulfitred.:	sulfitreducirajoči	
MPN	Most probable number	
MF	mikrofiltracija	

Posnetek spektra GC/MS (površinski vodotoki)

Voda

Za identifikacijo organskih spojin v vodah smo posneli kromatograme združenih nevtralnokisljih (pH<2) ekstraktov vzorcev na instrumentu GC/MS (HP 6890 Series) s 30 m kolono HP-5MS. Spojine smo identificirali na osnovi knjižnice masnih spektrov NIST MS Chemstation Library HP 41033A, ki vsebuje 75000 masnih spektrov. Nekaj spojin na podlagi te knjižnice ni bilo mogoče identificirati, spektri le-teh so priloženi. Vrhovi v kromatogramu, ki niso označeni, se ujemajo z vrhovi v kromatogramu slepega vzorca (namesto vzorca smo ekstrahirali MiliQ deionizirano vodo).

Sediment

Po ekstrakciji sedimenta in koncentriranju ekstrakta je postopek za posnetke GC/MS sedimentov enak kot za vode. Posnetki GC/MS v sedimentu so prikazani primerjalno z zmesjo organskih polutantov, ki se pogosto pojavljajo v sedimentu (zgoraj je prikazana analiza vzorca, spodaj pa analiza primerjalne zmesi).



4 NORMATIVI

4.1. PODTALNICA

Kakovost podtalnice vrednotimo po normativih za pitno vodo, ki so v Sloveniji v veljavi od začetka avgusta 1997 [10] ter po smernicah Evropske skupnosti [11]. V tabeli 4 so iz slovenskih in evropskih normativov povzete mejne vrednosti (MDK), iz evropskih smernic pa tudi priporočene vrednosti (PK) za parametre, ki jih določamo pri monitoringu podtalnice Ljubljanskega polja v letu 1999/2000. Pri vrednotenju rezultatov smo upoštevali tisti normativ, ki za določen parameter vsebuje strožji kriterij. Ta normativ je v tabeli označen s poudarjenim tiskom.

Tabela 4: Slovenski in evropski normativi za pitno vodo

Parameter	Enota	Slov. normativ ¹⁰⁾	Smernice ES ¹¹⁾	
		MDK	MDK	PK
Temperatura vode	°C	25	25	12
pH		6.5-8.5	6.5-9.5	6.5-8.5
Elektr. prevodnost (20°C)	µS/cm	2500	2500	400
Nasičenost s O ₂	%	50	/	/
KPK (KMnO ₄)	mg O ₂ /l	2.5	5	2
Amonij	mg NH ₄ ⁺ /l	0.1	0.5	0.05
Nitrit	mg NO ₂ /l	0.1	0.1	/
Nitrat	mg NO ₃ /l	50	50	25
Mineralna olja	mg/l	0.01	0.01	/
Fenolne snovi	µg C ₆ H ₅ OH/l	0.5	0.5	/
Detergenti	mg TBS/l	0.2	0.2	/
AOX	µg Cl/l	/	/	/
Baker	µg/l	2000	/	100
Cink	µg/l	3000	/	100
Kadmij	µg/l	3	5	/
Krom	µg/l	50	50	/
Nikelj	µg/l	20	50	/
Svinec	µg/l	10	50	/
Živo srebro	µg/l	1	1	/
Posamezni pesticid	µg/l	0.1*	0.1	/
Atrazin	µg/l	0.1*	0.1	/
Vsota pesticidov	µg/l	0.5*	0.5	/
Triklorometan	µg/l	/	/	1
Tetrakloroetilen	µg/l	10	/	1
Trikloroetilen	µg/l	30	/	1
Trikloroetan	µg/l	/	/	1
Trihalometani	µg/l	20	/	/
Skupne kolifor. bakt.	MPN/100ml	0	0	/
Kolif. bakt. fekal. izv.	MPN/100ml	0	0	/
Aerob. pri 22°C	MPN/1ml	100	/	100
Aerob. pri 37°C	MPN/1ml	100	/	10
Fekalni streptokoki	MPN/100ml	0	0	/
Sulfired. klostridiji	MPN/20ml	0	0	/

* veljavnost od 1.1.2003 (Ur.l. RS 54/98, 3.čl.)

MDK: maksimalna dopustna koncentracija

PK: priporočena koncentracija (GL - guide level)

KPK: kemijska potreba po kisiku

TBS: tetrapropilen benzen sulfonat

Kolif. bakt. fekal. izv.: koliformne bakterije fekalnega izvora

Aerob.: aerobne mezofilne bakterije

Sulfired. klostridiji: sulfitreducirajoči klostridiji



4.2. POVRŠINSKI VODOTOKI

4.2.1 VODA

Kakovost površinskih vodotokov vrednotimo glede na še veljavne uredbe SFRJ [12,13], ki na podlagi rezultatov osnovnih fizikalno-kemijskih, mikrobioloških in saprobioloških analiz površinske vodotoke razvršča v štiri kakovostne razrede. Zaradi zastarelosti in pomankljivosti omenjenih predpisov smo pri ocenjevanju glede vsebnosti težkih kovin upoštevali tudi dopolnitve s tujimi predpisi [11,14,15]. Upoštewane mejne vrednosti parametrov za posamezne kakovostne razrede so navedene v tabeli 5, pri čemer so tuji predpisi [11,14,15] označeni osenčeno.

Tabela 5: Mejne vrednosti fizikalno-kemijskih in mikrobioloških parametrov ter saprobnega indeksa za štiri kakovostne razrede površinskih vodotokov

Parameter	Enota	Kakovostni razredi			
		1	2	3	4
pH		6.8-8.5	6.8-8.5	6.0-9.0	6.0-9.0
O ₂ nasičenost	%	90-105	75-90 105 - 115	50-75 115 - 125	30-50 125 - 130
Suspendirane snovi po sušenju	mg/l	10	30	80	100
KPK _{Cr}	mg O ₂ /l	3.0	10.0	30.0	>30.0
BPK ₅	mg O ₂ /l	2.0	4.0	7.0	>10.0
Nitrit	mg NO ₂ /l	0.01	0.02	0.20	>0.20
Nitrat	mg NO ₃ /l	5.0	9.0	>9.0	
Amonij	mg NH ₄ ⁺ /l	0.05	0.14	1.00	>1.00
Orto-fosfat	PO ₄ ³⁻ /l	0.09	0.46	>0.46	
Mineralna olja	mg/l	0	<0.01	>0.01	
Fenolne snovi	mg/l	0	0.002	0.010	>0.010
Detergenti	mg TBS/l	0	0.1	0.2	
Baker	µg/l	< 30	100	140	> 140
Krom	µg/l	< 45	150	800	> 800
Nikelj	µg/l	< 15	50	140	> 140
Zink	µg/l	< 50	200	1400	> 1400
Svinec	µg/l	< 15	50	140	> 140
Kadmij	µg/l	< 1,5	5	15	> 15
Živo srebro	µg/l	< 0,5	1	1,4	> 1,4
Skupne koliform. bakterije	MPN/l	2000	100000	200000	>200000
Saprobní indeks		1.0-1.5	1.51-2.3	2.31-3.2	3.21-4.0

Primernost vode za kopanje smo vrednotili po Pravilniku o higienskih zahtevah za kopalne vode [16]. Maksimalne dopustne vrednosti parametrov za kopalne vode so navedene v tabeli 6.

Tabela 6: Maksimalne dopustne vrednosti parametrov za kopalne vode

Parameter	Enota	MDK
Skupne koliformne bakterije	100 ml	2000
Koliformne bakterije fekalnega izvora	100 ml	500
pH		6,8 – 8,5
O ₂ nasičenost	%	75 – 90 in 105 - 115
Vsebnost amonija	mg NH ₄ /l	0,26



4.2.2 SEDIMENT

Za oceno vsebnosti kovin v sedimentu smo uporabili vrednosti, ki smo jih dobili na osnovi podatkov o geološki sestavi tal v Sloveniji (predstavljajo naravno ozadje) [17] in drugih strokovnih virov [18, 19], dopoljenih z rezultati preiskav nekaterih površinskih vodotokov Slovenije na izviri ali na onesnaženih odsekih [20]. V tabeli 7 so z debelim tiskom poudarjene vrednosti, ki pomenijo razmejitev med naravnimi vrednostmi in onesnaženjem.

Tabela 7: Normativi in smernice za uvrstitev vodotokov v kakovostne razrede po vsebnosti kovin v rečnem sedimentu [17-19]

Parameter	Enota	Kakovostni razredi			
		1	2	3	4
Baker	mg/kg	< 40	100	340	> 340
Krom	mg/kg	< 50	150	540	> 540
Nikelj	mg/kg	< 50	100	360	> 360
Zink	mg/kg	< 200	1300	4600	> 4600
Svinec	mg/kg	< 50	120	1000	> 1000
Kadmij	mg/kg	< 1	12	40	> 40
Živo srebro	mg/kg	< 0.05	0.2	1	> 1



5 REZULTATI ANALIZ

Vzorke podtalnice sta analizirala laboratorija MOP-HMZ in IVZ-RS, vzorce površinskih vodotokov pa so analizirali v laboratorijih MOP-HMZ, IVZ- RS in IVO-MB.

5.1 PODTALNICA

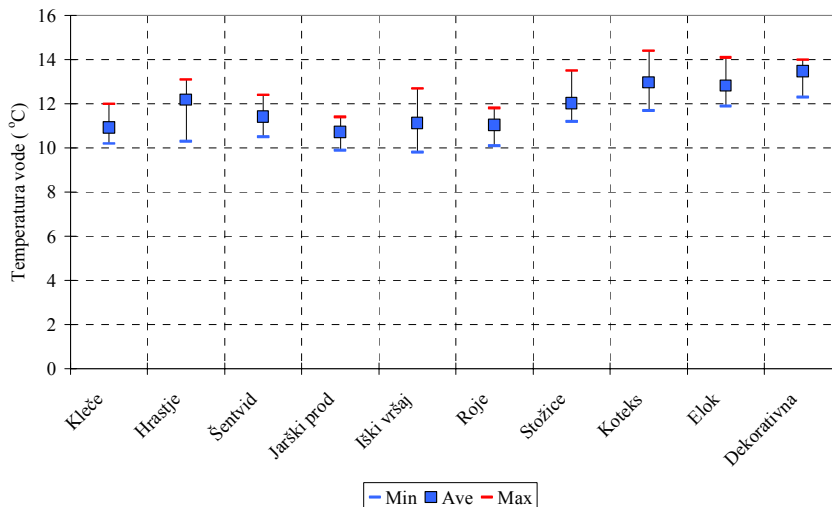
Vsi rezultati analiz vzorcev podtalnice za obdobje od začetka marca 1999 do konca februarja 2000 so zbrani v prilogah 4-8.

5.1.1 ANALIZA REZULTATOV ZA POSAMEZNE PARAMETRE

Rezultate za posamezne parametre podajamo kot letna povprečja za vsako zajemno mesto v tabeli 8 in na grafičnih prikazih.

Temperatura

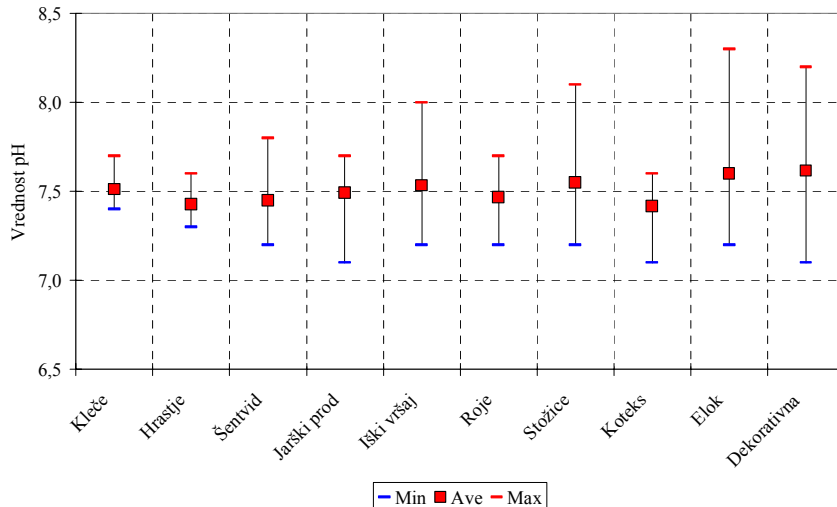
Temperatura podtalnice je bila v obdobju od začetka marca 1999 do konca februarja 2000 na vseh opazovanih mestih med 9,8 in 14,4 °C. Na sliki 1.1 je prikazana povprečna letna temperatura ter najnižja in najvišja izmerjena vrednost na posameznih zajemnih mestih. Najvišje povprečne temperature smo določili v industrijskih vodnjakih Koteks, Elok in Dekorativna. Najvišje razlike med najvišjo in najnižjo temperaturo smo ugotovili v Iškem vršaju (2,9 °C), Hrastju (2,8 °C) in Koteksu (2,7 °C). Najnižje povprečne temperature podtalnice z najmanjšim nihanjem smo določili v črpališčih Kleče in Jarški prod. Povprečje vseh rezultatov meritev temperature podtalnice je bilo tako kot v obdobju 1998/99 11,7 °C.



Slika 1.1: Povprečne, najnižje in najvišje temperature podtalnice na vseh zajemnih mestih v obdobju od začetka marca 1999 do konca februarja 2000

Vrednost pH

Vse meritve vrednosti pH so bile v obdobju od začetka marca 1999 do konca februarja 2000 v dopustnem območju za pitno vodo (6,5 do 8,5) in sicer v razponu med 7,1 (Dekorativna) in 8,3 (Elok). Povprečje na vseh zajemnih mestih je bilo tako kot v obdobju 1998/99 7,5. Letna povprečja na posameznih zajemnih mestih so bila med 7,4 in 7,6. Največjo razliko med maksimalno in minimalno izmerjeno vrednostjo pH smo ugotovili v Eloku in v Dekorativni (1,1), najnižjo razliko pa v Klečah in v Hrastju (0,3) (slika 1.2).



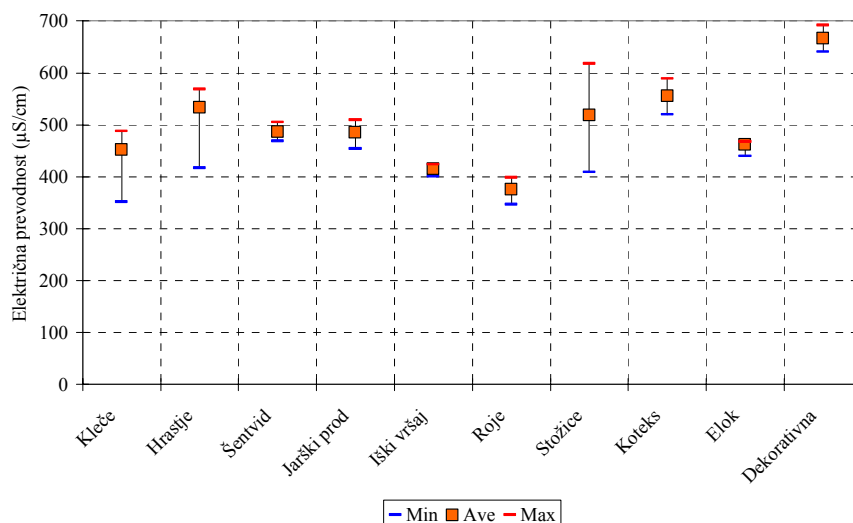
Slika 1.2: Povprečne, najnižje in najvišje vrednosti pH v podtalnici na vseh zajemnih mestih v obdobju od začetka marca 1999 do konca februarja 2000

Električna prevodnost pri 25 °C

Električna prevodnost je sorazmerna vsebnosti ionov v podtalnici. Rezultati meritev električne prevodnosti so odraz geološke osnove vodonosnika, režima toka podzemne vode in vpliva onesnaženja.

Povprečna vrednost električne prevodnosti vseh meritev v obdobju marec 1999 / marec 2000 je 494 $\mu\text{S/cm}$, najnižjo vrednost smo izmerili v Rojah aprila (347 $\mu\text{S/cm}$), najvišjo pa junija v Dekorativni (692 $\mu\text{S/cm}$).

Večina meritev električne prevodnosti, z izjemo Roj, je bila višja od priporočene vrednosti EU 400 $\mu\text{S/cm}$. Sorazmerno nizko električno prevodnost smo izmerili tudi v Iškem vršaju, ki se delno napaja z dotoki iz kraškega zaledja. Najvišjo električno prevodnost smo v vsem obdobju merili v Dekorativni. Najmanjša spreminjanja električne prevodnosti ugotavljamo v Iškem vršaju (23 $\mu\text{S/cm}$) in Eloku (28 $\mu\text{S/cm}$), največja pa v Stožicah, kjer je bila razlika med najvišjo in najnižjo vrednostjo celo 209 $\mu\text{S/cm}$ (slika 1.3). Najvišjo električno prevodnost smo v Stožicah izmerili avgusta. V istem vzorcu podtalnice je bila določena tudi najvišja vsebnost nitrata. V okviru monitoringa za MOL ostalih ionskih zvrsti, značilnih za onesnaženje, ne določamo.

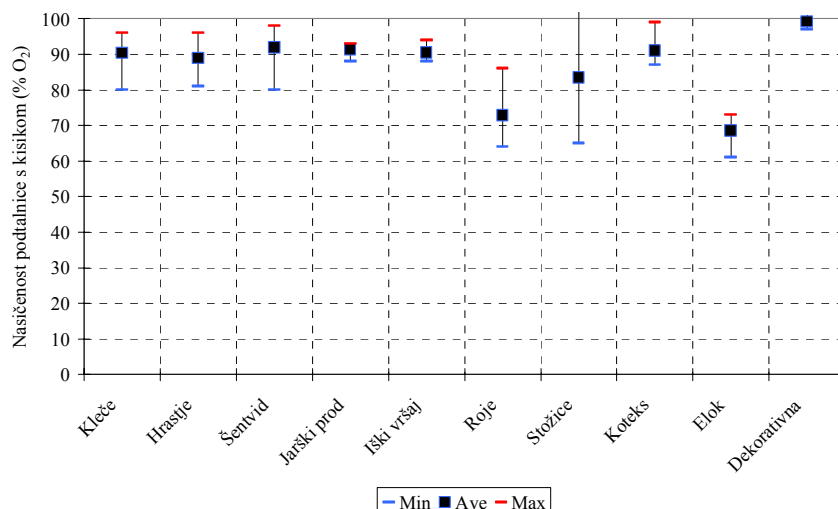


Slika 1.3: Povprečne, najnižje in najvišje vrednosti električne prevodnosti v podtalnici na vseh zajemnih mestih v obdobju od začetka marca 1999 do konca februarja 2000



Nasičenost podtalnice s kisikom

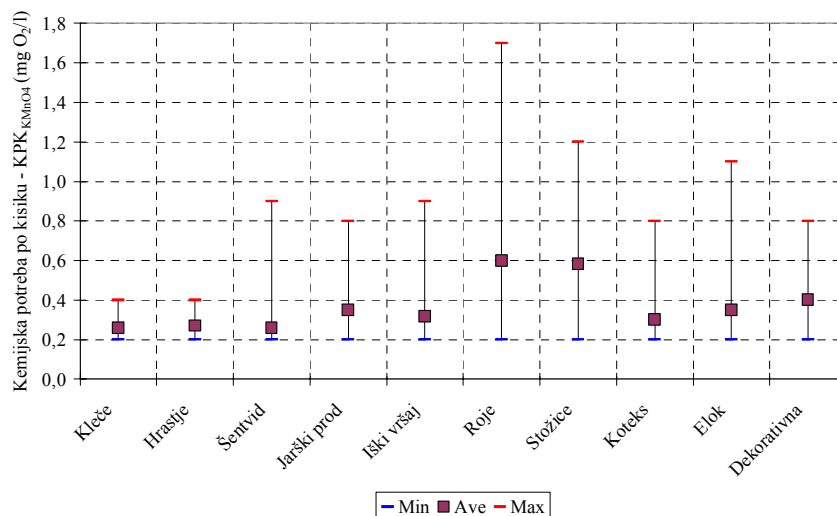
V vseh vzorcih podtalnice smo glede na veljavni slovenski normativ izmerili zadostno nasičenost podtalnice s kisikom. Podtalnica je vsebovala manj kisika v Rojah, občasno v Stožicah, najnižje vsebnosti pa smo izmerili v Eloku (slika 1.4).



Slika 1.4: Povprečne, najnižje in najvišje vrednosti nasičenosti podtalnice s kisikom na vseh zajemnih mestih v obdobju od začetka marca 1999 do konca februarja 2000

Kemijska potreba po kisiku (KPK_{KMnO₄})

Kemijska potreba po kisiku je merilo za vsebnost organskih primesi v vodi. Vrednost KPK, določena po permanganatni metodi, je bila na vseh zajemnih mestih v vseh analiziranih vzorcih nižja od dopustnih 2 mg O₂/l. Povprečje vseh analiziranih vrednosti KPK je 0,33 mg O₂/l. Najvišje vrednosti in največje sipanje rezultatov KPK ugotavljamo v Rojah in Stožicah (slika 1.5).



Slika 1.5: Povprečne, minimalne in maksimalne vrednosti kemijske potrebe po kisiku (metoda s KMnO₄) na vseh zajemnih mestih v obdobju od začetka marca 1999 do konca februarja 2000



Amonij

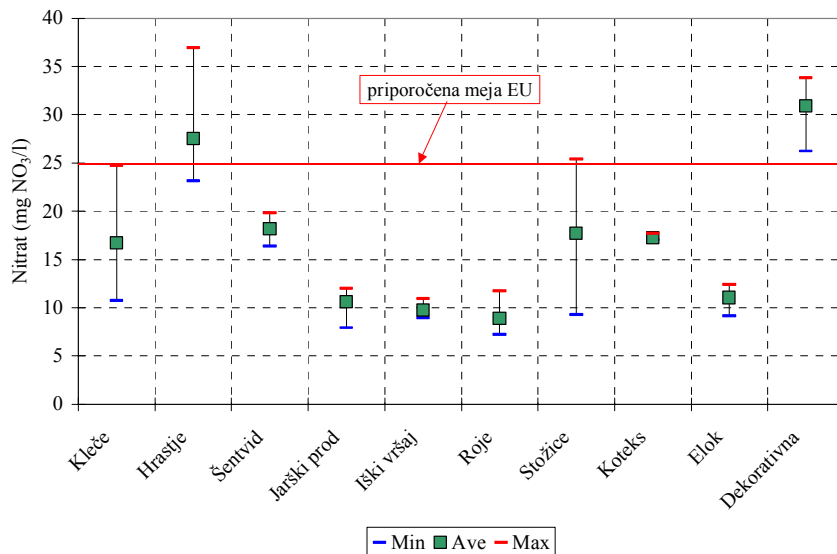
Vsebnost amonija je bila v obdobju od marca 1999 do marca 2000 v vseh analiziranih vzorcih pod mejo določljivosti analitske metode, ki je nižja od priporočene koncentracije EU.

Nitrit

V obdobju od marca 1999 do marca 2000 v nobenem analiziranem vzorcu nismo določili nitrita nad mejo določljivosti analitske metode, torej je bila vsebnost nitrita v vseh preiskanih vzorcih najmanj 20 krat nižja od dopustne koncentracije.

Nitrat

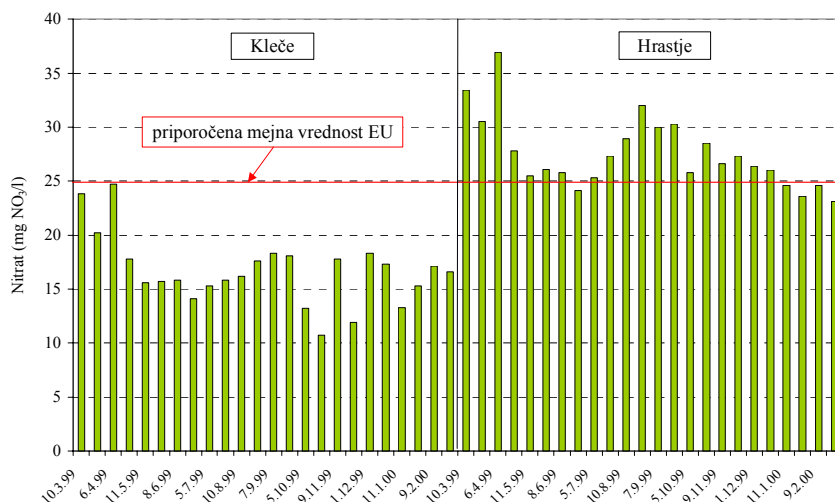
Vsebnosti nitrata v nobenem analiziranem vzorcu niso presegle maksimalnih dopustnih vsebnosti (50 mg NO₃/l), na nekaterih zajemnih mestih pa so bile višje od priporočene vrednosti EU (25 mg NO₃/l). Povprečne letne vsebnosti nitrata na posameznih zajemnih mestih so prikazane na sliki 1.6, vsi rezultati vsebnosti nitrata pa na slikah 1.7- 1.9.



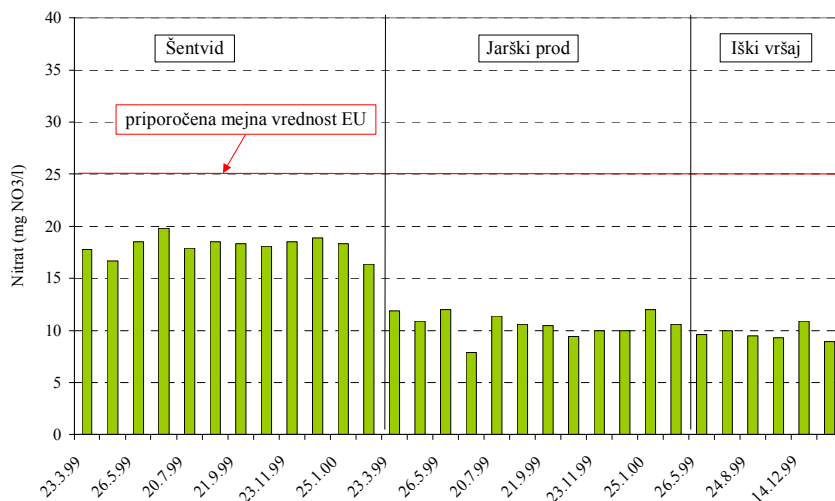
Slika 1.6:

Povprečne, najnižje in najvišje vsebnosti nitrata na vseh zajemnih mestih v obdobju od začetka marca 1999 do konca februarja 2000

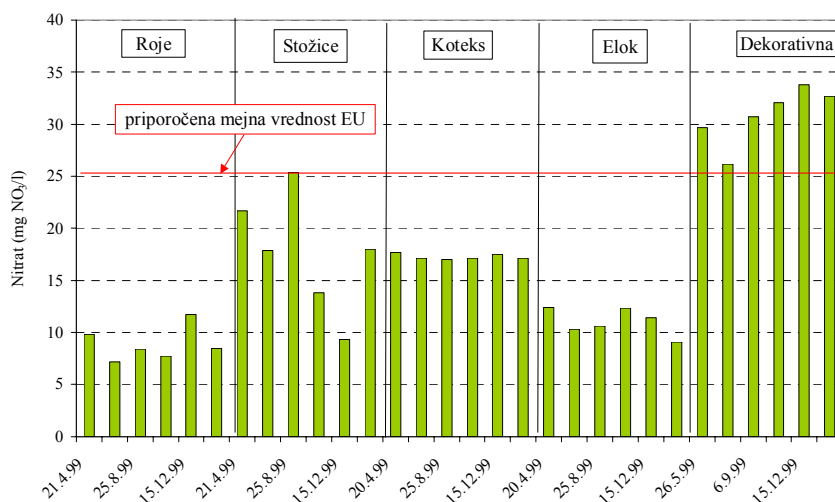
V obdobju marec 1999 / marec 2000 se je povprečna vrednost vseh rezultatov glede na obdobje marec 1998 / marec 1999 dvignila z 16,8 na 18,3 mg NO₃/l, najvišja izmerjena vsebnost nitrata pa z 28,5 na 36,9 mg NO₃/l. Vsebnosti nitrata so se v obdobju marec 1999 / marec 2000 najbolj povečale v Hrastju in Dekorativni. V Dekorativni so bile vse izmerjene vsebnosti nitrata višje od priporočene vrednosti EU, v Hrastju je 19 od 24 izmerjenih vsebnosti nitrata preseglo priporočeno mejo (sliki 1.7 in 1.9). Najnižje vsebnosti nitrata smo določili tako kot v predhodnih obdobjih v črpališčih Iški vršaj (povprečna vsebnost 9,7 mg NO₃/l) in Jarški prod (povprečna vsebnost 10,6 mg NO₃/l), v vrtini Roje (povprečna vsebnost 8,9 mg NO₃/l) in industrijskem vodnjaku Elok (povprečna vsebnost 11,0 mg NO₃/l). Vsebnost nitrata se je v opazovanem obdobju, predvidoma zaradi različne količine dotoka Save v podtalnico, najbolj spreminjala v vrtini Stožice (od 9,3 do 25,4 mg NO₃/l) (slika 1.9). Najmanjše nihanje vsebnosti nitrata ugotavljamo v Iškem vršaju in Koteksu (sliki 1.8 in 1.9).



Slika 1.7:
Vsebnost nitrata v podtalnici vodnjakov Kleče in Hrastje za obdobje marec 1999 - marec 2000



Slika 1.8:
Vsebnost nitrata v podtalnici vodnjakov Šentvid, Jarški prod in Iški vršaj v obdobju marec 1999 – marec 2000



Slika 1.9:
Vsebnost nitrata v podtalnici v vrtinah Roje in Stožice ter v industrijskih vodnjakih Koteks, Elok in Dekorativna v obdobju marec 1999 – marec 2000

Anionaktivni detergenti

Vsebnost anionaktivnih detergentov je bila v obdobju od začetka marca 1999 do konca februarja 2000 v vseh analiziranih vzorcih pod mejo določljivosti analitske metode, torej najmanj štiri krat nižja od dopustne meje.

Mineralna olja

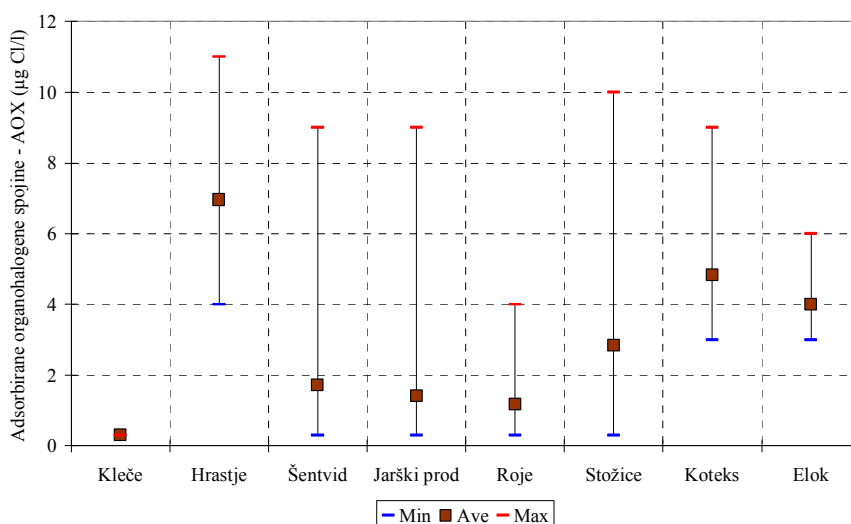
Mineralna olja smo analizirali v Klečah in v Hrastju (1 x mesečno), v Šentvidu in v Jarškemrodu (kvartalno) in v Dekorativni v vseh vzorcih, torej vsaka dva meseca. Rezultati analiz mineralnih olj so bili v obdobju od začetka marca 1999 do konca februarja 2000 v vseh vzorcih pod mejo določljivosti analitske metode.

Fenolne snovi

Vsebnost fenolnih snovi, izražena kot fenolni indeks, je bila v obdobju od začetka marca 1999 do konca februarja 2000 v vseh preiskanih vzorcih nižja od meje določljivosti analitske metode ($< 0,5 \mu\text{g C}_6\text{H}_5\text{OH/l}$), ki je identična maksimalni dopustni vrednosti v pitni vodi.

Adsorbirane halogenirane organske spojine (AOX)

AOX smo analizirali v vseh vzorcih, odvzetih v Klečah, Hrastju, Šentvidu, Jarškemrodu, Rojah, Stožicah, Koteksu in Eloku. Na sliki 10 so prikazane povprečne, najnižje in najvišje vrednosti AOX na omenjenih zajemnih mestih za obdobje od začetka marca 1999 do konca februarja 2000. Vrednosti so bile stalno povišane v Hrastju, nekoliko nižje so bile v Koteksu in Eloku, medtem ko so bile v Šentvidu, Jarškemrodu, Rojah in Stožicah povišane občasno. V Klečah so bile vrednosti AOX v vseh vzorcih pod mejo določljivosti analitske metode. Značilno je veliko nihanje vrednosti AOX na vseh zajemnih mestih, razen v Klečah, kjer je



Slika 1.10:

Povprečne, najnižje in najvišje vrednosti AOX v podtalnici na zajemnih mestih Kleče, Hrastje, Šentvid, Jarški prod, Roje, Stožice, Koteks in Elok v obdobju od začetka marca 1999 do konca februarja 2000

bila vrednost vedno nižja od meje določljivosti (slika 1.10).



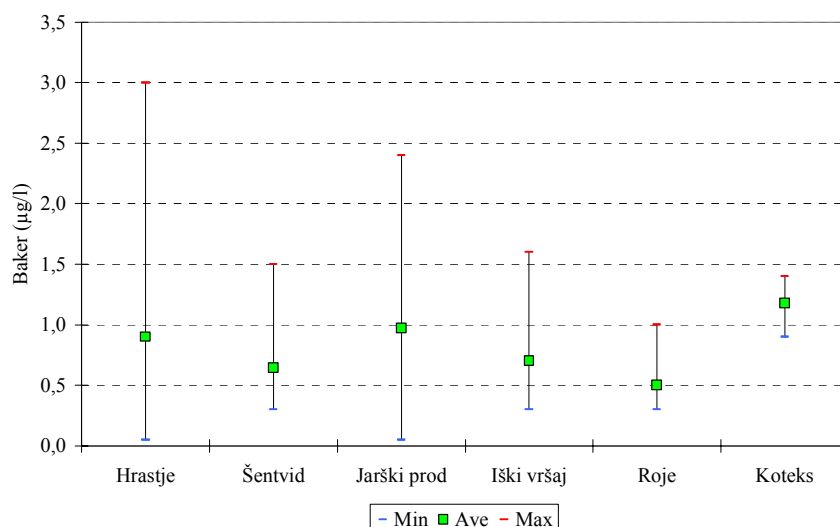
Težke kovine

V razpredelnici (tabela 9) je seznam težkih kovin in zajemnih mest, kjer smo posamezne kovine analizirali.

Tabela 9: Seznam zajemnih mest podtalnice, kjer smo v obdobju od začetka marca 1999 do konca februarja 2000 določali težke kovine

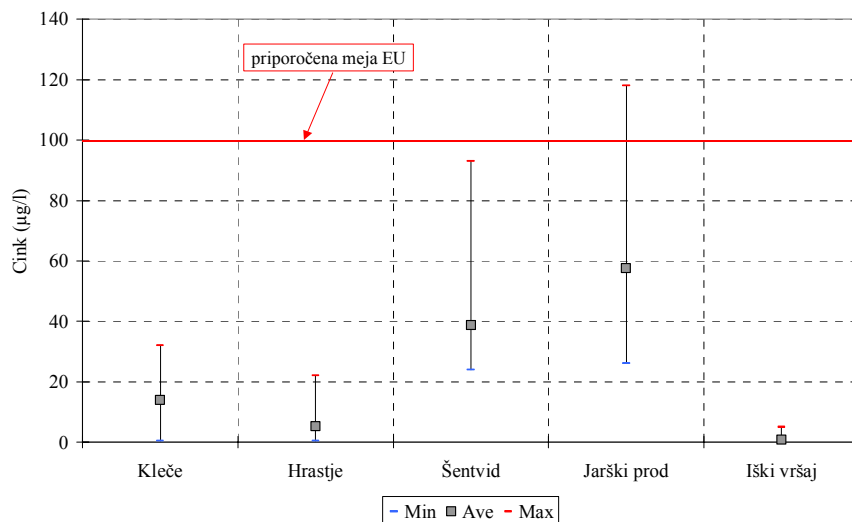
	Baker	Cink	Kadmij	Krom	Nikelj	Svinec	Živo srebro
Kleče	/	Zn	/	Cr ⁶⁺ , Cr _{tot}	Ni	Pb	/
Hrastje	Cu	Zn	/	Cr ⁶⁺ , Cr _{tot}	Ni	Pb	/
Šentvid	Cu	Zn	/	/	/	/	/
Jarški prod	Cu	Zn	/	Cr ⁶⁺ , Cr _{tot}	Ni	Pb	/
Iški vršaj	Cu	Zn	/	/	/	Pb	/
Roje	Cu	/	/	/	Ni	Pb	/
Stožice	/	/	/	/	/	Pb	/
Koteks	Cu	/	/	Cr ⁶⁺ , Cr _{tot}	Ni	Pb	/
Elok	/	/	Cd	/	/	Pb	/
Dekorativna	/	/	/	/	Ni	Pb	Hg

Povprečne, najnižje in najvišje vsebnosti posamezne kovine na vseh mestih, kjer smo v obdobju marec 1999 / marec 2000 določene kovine analizirali, so prikazane v slikah 1.11-14.

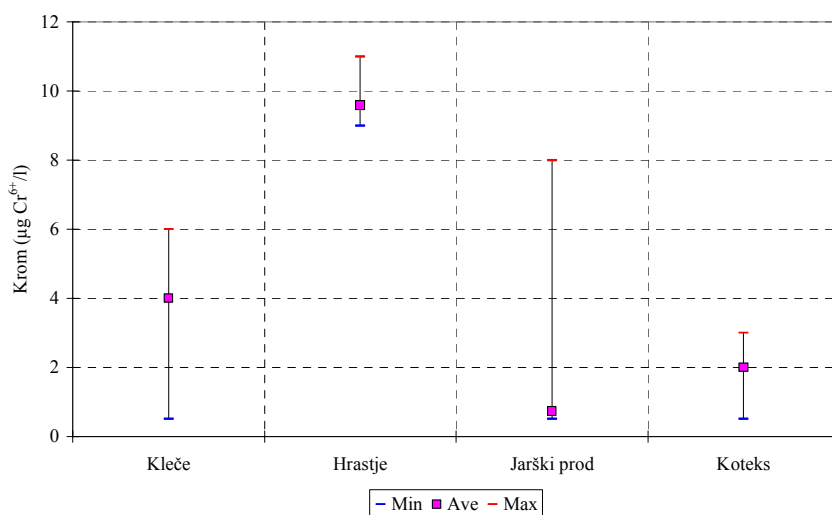


Slika 1.11: Povprečne, najnižje in najvišje vsebnosti bakra v obdobju od začetka marca 1999 do konca februarja 2000

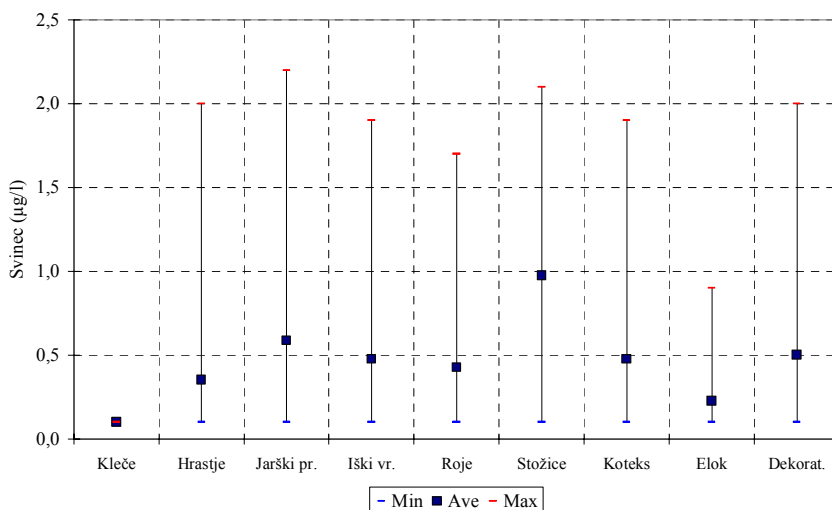
Vsebnosti bakra so bile na vseh zajemnih mestih, na katerih smo ga analizirali, dosti nižje od priporočenih vsebnosti za to kovino. Najvišje vrednosti smo določili v Hrastju in Jarškemrodu, kjer se je vsebnost med letom najbolj spreminjala. Najvišjo povprečno koncentracijo smo določili v Koteksu, kjer je bila vsebnost bakra sorazmerno stalna.



Slika 1.12: Povprečne, najnižje in najvišje vsebnosti cinka v obdobju od začetka marca 1999 do konca februarja 2000



Slika 1.13: Povprečne, najnižje in najvišje vsebnosti šest-valentnega kroma v obdobju od začetka marca 1999 do konca februarja 2000



Slika 1.14: Povprečne, najnižje in najvišje vsebnosti svinca v obdobju od začetka marca 1999 do konca februarja 2000



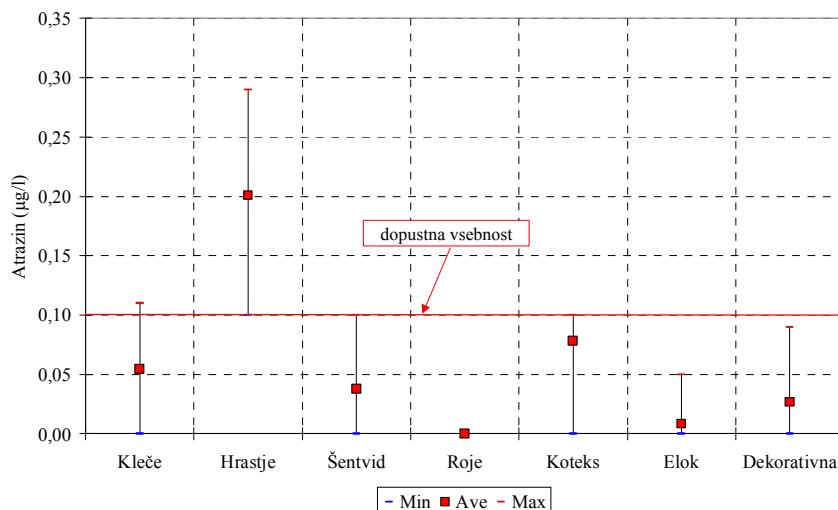
Vsebnosti cinka so bile v dopustnih mejah za pitno vodo. Povprečne vsebnosti cinka so bile najvišje v Jarškemrodu. Septembra so presegle priporočeno mejo EU. Najnižje vsebnosti cinka pa smo analizirali v Hrastju in Iškem vršaju (slika 1.12).

Najvišje vsebnosti šestvalentnega kroma ves čas monitoringa določamo v Hrastju (slika 1.13). Za šest-valentni krom v pravilniku za pitno vodo ni posebne zahteve. Analizirane vsebnosti šest-valentnega kroma ne presegajo dopustne meje za celokupni krom, vendar je šest-valentni krom rakotvoren, zato je pomembno, da ga je v pitni vodi čimmanj. Povprečna vsebnost šest-valentnega kroma se je v Hrastju v obdobju od začetka marca 1999 do konca februarja 2000 glede na predhodno obdobje dvignila z 8 na 10 $\mu\text{g Cr}^{6+}/\text{l}$, na ostalih zajemnih mestih pa je povprečna vsebnost šest-valentnega kroma v opazovanem obdobju glede na predhodno obdobje ostala ista.

Vsebnost svinca je bila na vseh zajemnih mestih, kjer smo ga analizirali, nižja od dopustne meje za pitno vodo, v povprečju pa je bila najvišja v Stožicah (slika 1.14).

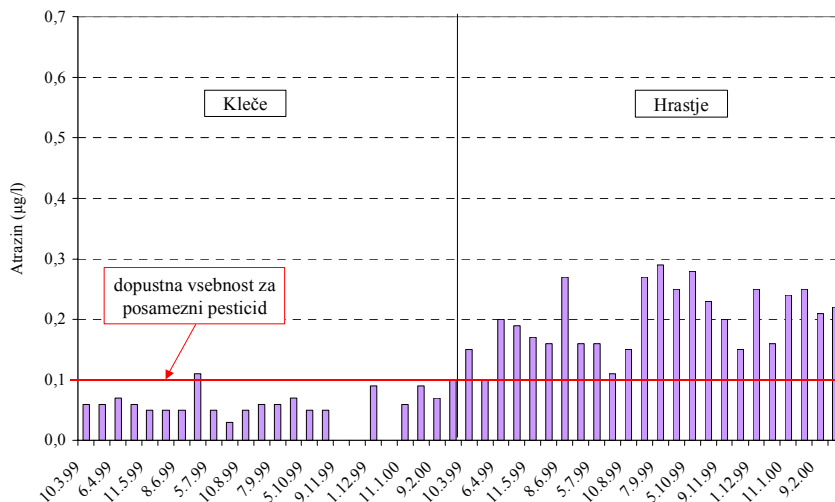
Pesticidi

Od pesticidov smo v obdobju od začetka marca 1999 do konca februarja 2000 določali dve skupini pesticidov in sicer triazine ter organoklorne pesticide. Organoklorne pesticide (lindan in druge HCH izomere, drini, DDT in njegovi derivati, heptaklor in heptaklorepoksid) smo v Klečah, Hrastju in Šentvidu v obravnavanem obdobju analizirali dvakrat. Koncentracije naštetih pesticidov so bile v vseh vzorcih pod mejo določljivosti analitske metode. Triazine smo določali v vseh vzorcih iz Kleč, Hrastja, Šentvida, Roj, Koteksa, Eloka in Dekorativne. Na sliki 1.15 so prikazane povprečne letne koncentracije atrazina, na slikah 1.16 in 1.17 pa vsi rezultati analiz atrazina na vseh zajemnih mestih v navedenem obdobju. Vsi rezultati so v prilogah 4-8.

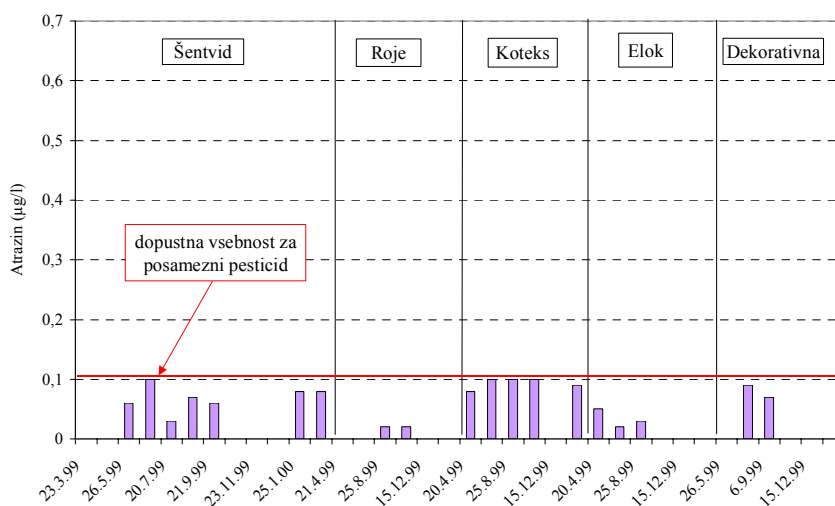


Slika 1.15: Povprečne, najnižje in najvišje vsebnosti atrazina v podtalnici na zajemnih mestih Kleče, Hrastje, Šentvid, Roje, Koteks, Elok in Dekorativna v obdobju od začetka marca 1999 do konca februarja 2000

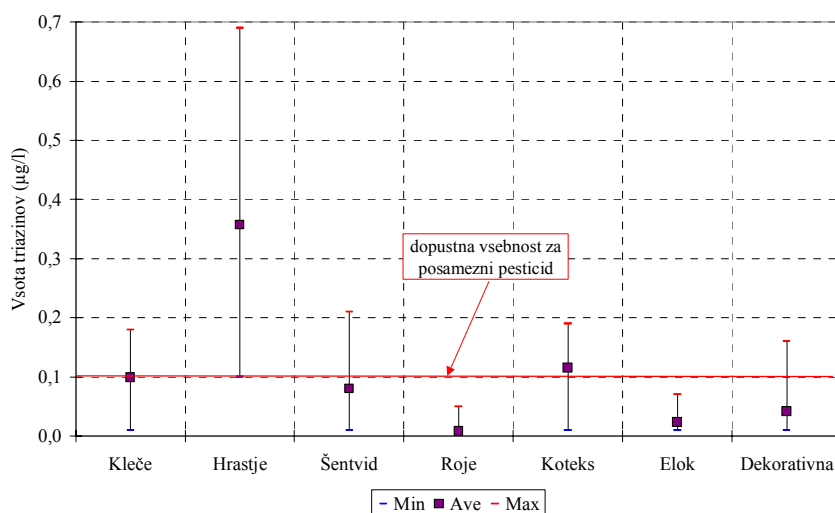
V obdobju od začetka marca 1999 do konca februarja 2000 smo tako kot ves čas spremljanja kakovosti podtalnice Ljubljanskega polja doslej najvišje vsebnosti atrazina določili v Hrastju, kjer je vsebnost v vseh analiziranih vzorcih presegla dopustno mejo za pitno vodo. Povprečje vseh rezultatov za atrazin je dvakrat višje od dopustne meje (tabela 8). Vsebnosti atrazina na drugih zajemnih mestih, kjer smo ga analizirali, je bila v dopustnem območju z izjemo vzorca, vzetega 22.6.1999 v Klečah (0,11 $\mu\text{g}/\text{l}$). Dopustno mejo 0,1 μg atrazina /l so dosegli še štirje vzorci (eden v Šentvidu in trije v Koteksu). V Rojah je bila vsebnost atrazina pod mejo določljivosti analitske metode, v Eloku pa malo nad mejo določljivosti.



Slika 1.16: Vsebnosti atrazina v podtalnici na zajemnih mestih Kleče in Hrastje v obdobju od začetka marca 1999 do konca februarja 2000



Slika 1.17: Vsebnosti atrazina v podtalnici na zajemnih mestih Šentvid, Roje, Koteks, Elok in Dekorativna v obdobju od začetka marca 1999 do konca februarja 2000

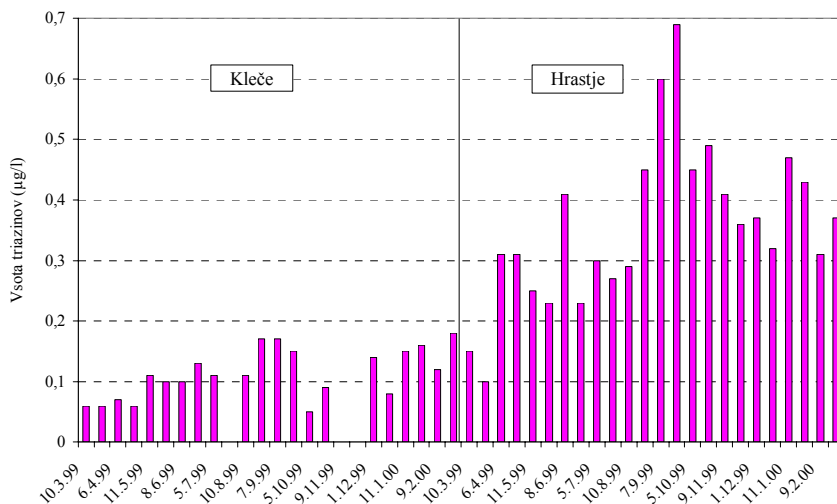


Slika 1.18: Povprečne, minimalne in maksimalne vsebnosti vsote triazinov v podtalnici na zajemnih mestih Kleče, Hrastje, Šentvid, Roje, Koteks, Elok in Dekorativna v obdobju od začetka marca 1999 do konca februarja 2000

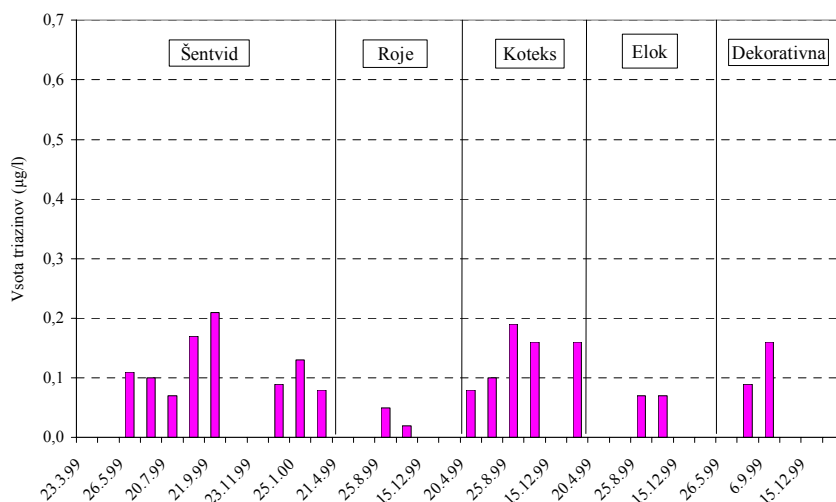


Na sliki 1.18 so prikazane povprečne, najnižje in najvišje vsebnosti vsote vseh analiziranih triazinov na vseh zajemnih mestih v obdobju od začetka marca 1999 do konca februarja 2000, na slikah 1.19 in 1.20 pa vsi rezultati vsote triazinov v navedenem obdobju.

Največje vsebnosti triazinov smo pravtako določili v Hrastju. Poleg atrazina je bil na tem mestu stalno prisoten tudi atrazinov metabolit desetilatrazin, ki je v 18 od 24 vzorcev presegel dopustne koncentracije, v še dopustnih mejah pa smo občasno analizirali tudi simazin in bromacil. V Šentvidu je dopustno vsebnost dvakrat presegel metabolit desetilatrazin.



Slika 1.19: Vsebnosti vsote triazinov v podtalnici na zajemnih mestih Kleče in Hrastje v obdobju od začetka marca 1999 do konca februarja 2000

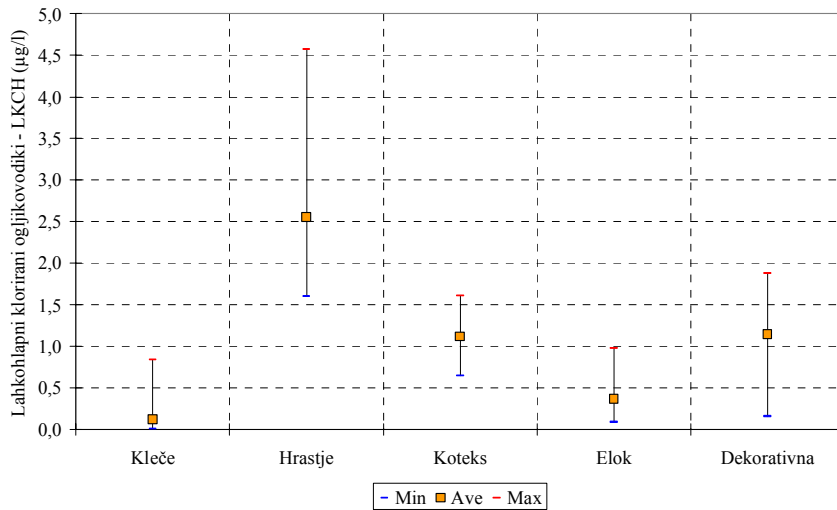


Slika 1.20: Vsebnosti vsote triazinov v podtalnici na zajemnih mestih Šentvid, Roje, Koteks, Elok in Dekorativna v obdobju od začetka marca 1999 do konca februarja 2000



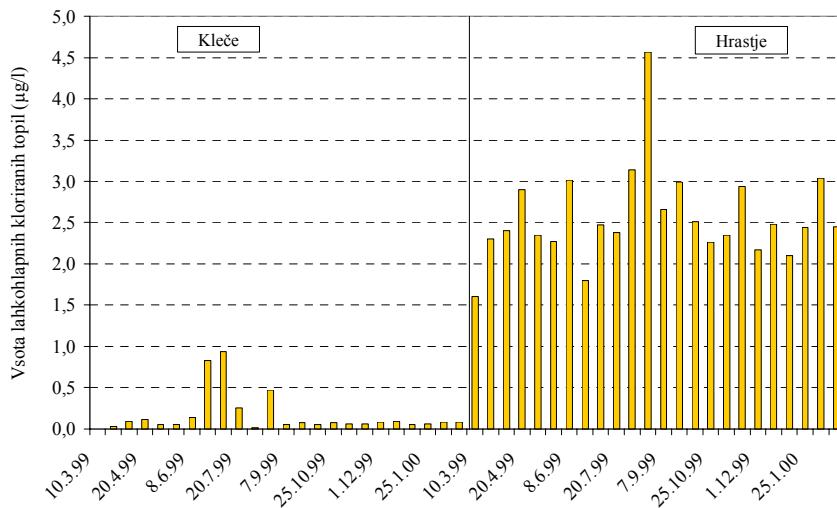
Lahkohlapni klorirani ogljikovodiki (LKCH)

LKCH smo določali v Klečah, Hrastju, Koteksu, Eloku in Dekorativni. Na sliki 1.21 so prikazane povprečne, najnižje in najvišje vsebnosti vsote LKCH za navedena mesta v obdobju od začetka marca 1999 do konca februarja 2000, na slikah 1.22 in 1.23 pa vsi rezultati LKCH v opazovanem obdobju.

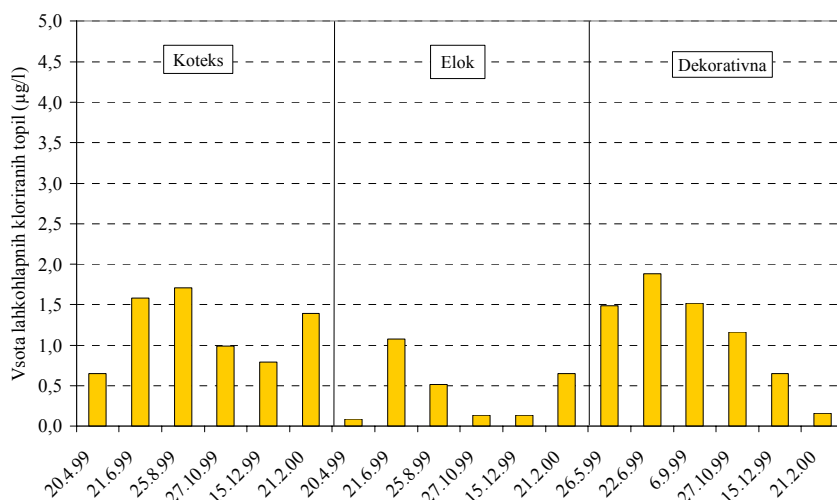


Slika 1.21: Povprečne, najnižje in najvišje vsebnosti vsote lahkohlapnih kloriranih ogljikovodikov v Klečah, Hrastju, Koteksu, Eloku in Dekorativni v obdobju od začetka marca 1999 do konca februarja 2000

Iz slike 1.21 je razvidno, da je bila v obdobju od začetka marca 1999 do konca februarja 2000 z lahkohlapnimi kloriranimi ogljikovodiki najbolj onesažena podtalnica v Hrastju, manj v Koteksu in Dekorativni. Vsebnosti v Klečah in Eloku so bile nižje. Priporočena meja za posamezno spojino je po še veljavni EU direktivi 1 µg/l. V primerjavi z letom 1998/1999 so se vsebnosti lahkohlapnih kloriranih ogljikovodikov v obravnavanem obdobju na vseh opazovanih mestih dvignile, najbolj v Hrastju, kjer se je povprečna vsebnost z 0,37 µg/l dvignila na 2,55 µg/l. Iz slike 1.22 je razvidno, da so bile visoke vsebnosti LKCH vse leto na istem nivoju.



Slika 1.22: Vsebnosti vsote lahkohlapnih kloriranih ogljikovodikov v Klečah in Hrastju v obdobju od začetka marca 1999 do konca februarja 2000



Slika 1.23:
Vsebnosti vsote lahkihlahapnih kloriranih ogljikovodikov v Koteksu, Eloku in Dekorativni v obdobju od začetka marca 1999 do konca februarja 2000

V industrijskih vodnjakih, predvsem v Koteksu in Dekorativni pravtako ugotavljamo povišanje lahkihlahapnih kloriranih ogljikovodikov.

Mikrobiološki parametri

Od mikrobioloških parametrov smo določali skupne koliformne bakterije, koliformne bakterije fekalnega izvora, aerobne mezofilne bakterije (pri 22 in 37 °C), streptokoke fekalnega izvora in sulfitreducirajoče klostridije. Preiskani vzorci, odvzeti v času od začetka marca 1999 do konca februarja 2000, so bili v večini mikrobiološko neoporečni. Rezultati mikrobioloških analiz so v prilogah 4-8.

Koliformnih bakterij, tako skupnih kot tudi koliformnih bakterij fekalnega izvora, kot tudi streptokokov fekalnega izvora in sulfitreducirajočih klostridijev nismo določili v nobenem od preiskanih vzorcev. Nekateri vzorci so vsebovali aerobne mezofilne bakterije (pri 22°C in pri 37°C). Preseženo količino teh bakterij smo določili v enem vzorcu podtalnice iz Iškega vršaja in dveh vzorcih podtalnice iz Koteksa.

5.1.2 ANALIZA REZULTATOV ZA POSAMEZNA ZAJEMNA MESTA V OBDOBJU OD ZAČETKA MARCA 1999 DO KONCA FEBRUARJA 2000

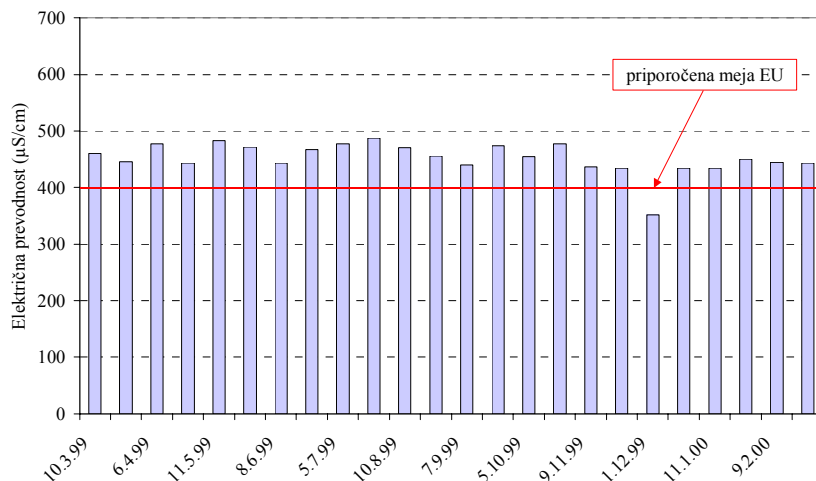
KLEČE

V Klečah je najpomembnejše črpališče ljubljanskega vodovoda. Na tem mestu smo v obdobju od začetka marca 1999 do konca februarja 2000 vzorčevali podtalnico iz vodnjaka VIIIa dvakrat mesečno (skupaj 24 odvzemov vzorcev ter analiz) in v njej določali naslednje parametre (priloga 3):

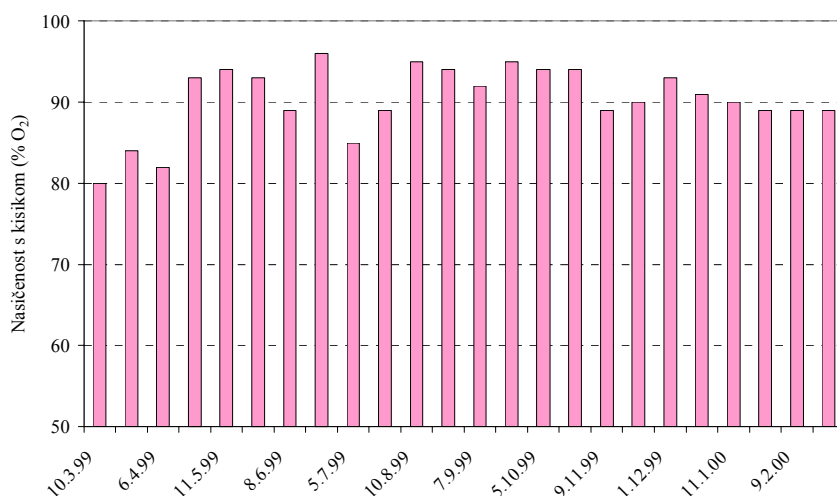
- Osnovne fizikalno-kemijske parametre: temperaturo vode, pH vrednost, električno prevodnost, raztopljeni kisik ter nasičenost podtalnice s kisikom, amonij, nitrit in nitrat
- Skupinske parametre onesnaženj: anionaktivne detergente, mineralna olja (enkrat mesečno), fenolne snovi in AOX
- Kovine: cink, krom (šest-valentni in celokupni), nikelj in svinec
- Organoklorne pesticide (dvakrat letno)
- Triazinske pesticide
- Lahkohlapne klorirane ogljikovodike (LKCH)
- Mikrobiološke parametre

Rezultati vseh analiz podtalnice v Klečah za obdobje od začetka marca 1999 do konca februarja 2000 so zbrani v prilogi 4.

Temperatura podtalnice v Klečah se je od začetka marca 1998 do konca februarja 1999 spreminjala v ozkem temperaturnem območju od 10,2 do 12,0 °C in bila v povprečju najnižja na Ljubljanskem polju (tabela 8, slika 1.1). Razpon vrednosti pH je bil v obravnavanem obdobju med 7,4 in 7,7 (tabela 8, slika 1.2). Električna prevodnost podtalnice na tem zajemnem mestu je bila glede na ostala zajemna mesta sorazmerno nizka (slika 1.3). Vrednost se je spustila najnižje decembra 1999 (slika 2.1). Vrednosti električne prevodnosti, razen decemberske, presegajo priporočeno vrednost EU zaradi hidrogeoloških danosti zbiralnika, ne pa zaradi onesnaženja podtalnice. Nasičenost podtalnice s kisikom je bila dobra (slika 2.2), kemijska potreba po kisiku pa nizka (tabela 8, od 0,2 do 0,4 mg O₂/l). Podtalnica ni vsebovala amonija in nitrita, vsebnosti nitrata so bile v opazovanem obdobju pod 25 mg NO₃/l (sliki 1.6 in 1.7). Vsa onesnaženja, katera določamo preko skupinskih parametrov (anionaktivni detergentski, mineralna olja, fenolne snovi in AOX) so bila v Klečah ves čas od začetka marca 1999 do konca februarja 2000 pod mejo določljivosti analitske metode.

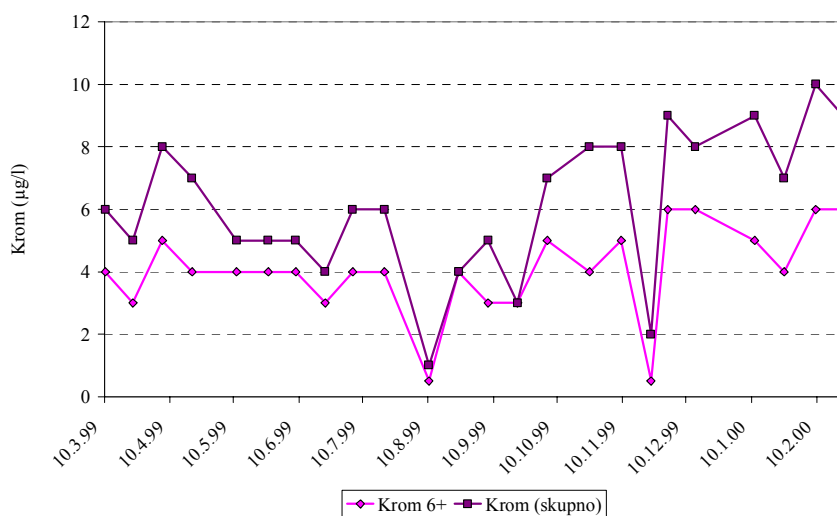


Slika 2.1:
Električna prevodnost podtalnice pri 25°C v Klečah v obdobju od začetka marca 1999 do konca februarja 2000



Slika 2.2:
Nasičenost podtalnice s kisikom v Klečah v obdobju od začetka marca 1999 do konca februarja 2000

Od težkih kovin smo v podtalnici v Klečah v obravnavanem obdobju določali krom (šest-valentni in skupni), od avgusta 1999 pa tudi cink, nikelj in svinec. Vsebnosti kroma so bile v obdobju marec 1999 / marec 2000 nekoliko nižje kot leta 1997 (sliki 2.3 in 3.23).



Slika 2.3:
Vsebnost šest-valentnega in celokupnega kroma v črpališču v Klečah v obdobju od začetka marca 1999 do konca februarja 2000

Organoklorne pesticide (lindan in druge HCH izomere, drini, DDT in njegovi derivati, heptaklor in heptaklorepksid) smo v opazovanem obdobju analizirali dvakrat. Vsi rezultati so nižji od meje določljivosti (priloga 4). Od analiziranih triazinov smo v Klečah določili atrazin in njegov metabolit desetilatrazin (slike 1.15, 1.16, 1.18 in 1.19). Dopustne vsebnosti je dvakrat presegel atrazin, vendar je bila najvišja določena koncentracija malo nad dopustno mejo (1,1 µg/l).



Vsebnosti vseh analiziranih lahkih ogljikovodikov v Klečah so bile v obdobju marec 1999 / marec 2000 nizke, vendar so bile višje od koncentracij, ki smo jih doslej analizirali na tem mestu. V Klečah opazamo predvsem povišano vsebnost triklorometana.

V Klečah je bila bakteriološka slika vseh vzorcev dobra. Vsi vzorci so ustrezali mikrobiološkim zahtevam za pitno vodo. Od preiskanih bakterij smo v 8 od 24 preiskanih vzorcev določili le aerobne mezofilne bakterije pri 22°C v še dopustni količini.

HRASTJE

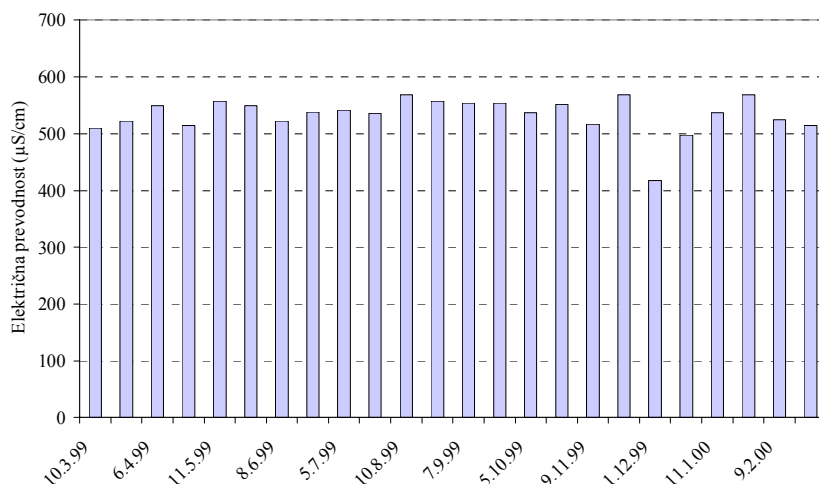
V Hrastju je črpališče ljubljanskega vodovoda. Na tem mestu smo v obdobju od začetka marca 1999 do konca februarja 2000 vzorčevali podtalnico iz vodnjaka Ia dvakrat mesečno (skupaj 24 odvzemov vzorcev ter analiz) in v njej določali naslednje parametre (priloga 3):

- Osnovne fizikalno-kemijske parametre: temperaturo vode, pH vrednost, električno prevodnost, raztopljeni kisik ter nasičenost podtalnice s kisikom, amonij, nitrit in nitrat
- Skupinske parametre onesnaženj: anionaktivne detergente, mineralna olja (enkrat mesečno), fenolne snovi in AOX
- Kovine: baker, cink, krom (šest-valentni in celokupni), nikelj in svinec (enkrat mesečno)
- Organoklorne pesticide (dvakrat letno)
- Triazinske pesticide
- Lahkohlapne klorirane ogljikovodike (LKCH)
- Mikrobiološke parametre

Vsi rezultati analiz podtalnice v Hrastju za obdobje od začetka marca 1999 do konca februarja 2000 so zbrani v prilogi 5.

V Hrastju ves čas spremljanja kakovosti podtalnice ugotavljamo največje onesnaženje podtalnice na Ljubljanskem polju in to za vse pomembne parametre.

Temperatura vode je bila v opazovanem obdobju višja kot na ostalih črpališčih vodovoda, vendar v mejah, ki jih dopušča normativ (slika 1.1). Tudi pH vrednosti so bile v dopustnih mejah (med 7,3 in 7,6) (tabela 8, slika 1.2). Povprečna letna električna prevodnost je bila najvišja med črpališči vodovoda na Ljubljanskem polju, najnižjo vrednost smo, tako kot v Klečah, izmerili v začetku decembra (sliki 1.3 in 2.4).



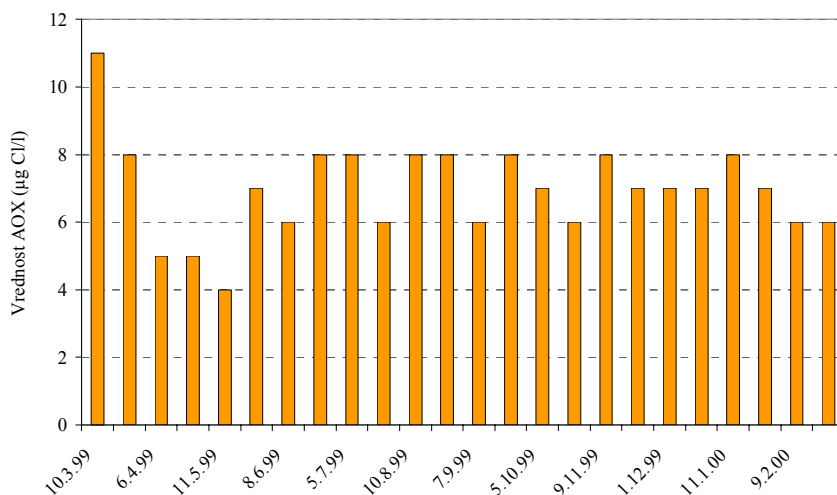
Slika 2.4:
Električna prevodnost, merjena pri 25 °C, v črpališču v Hrastju v obdobju od začetka marca 1999 do konca februarja 2000

Podtalnica je bila v opazovanem obdobju dobro nasičena s kisikom (slika 1.4) in imela nizko vrednost kemijske potrebe po kisiku (KPK_{KMnO_4}) (slika 1.5). Vsebnosti amonija in nitrita so bile



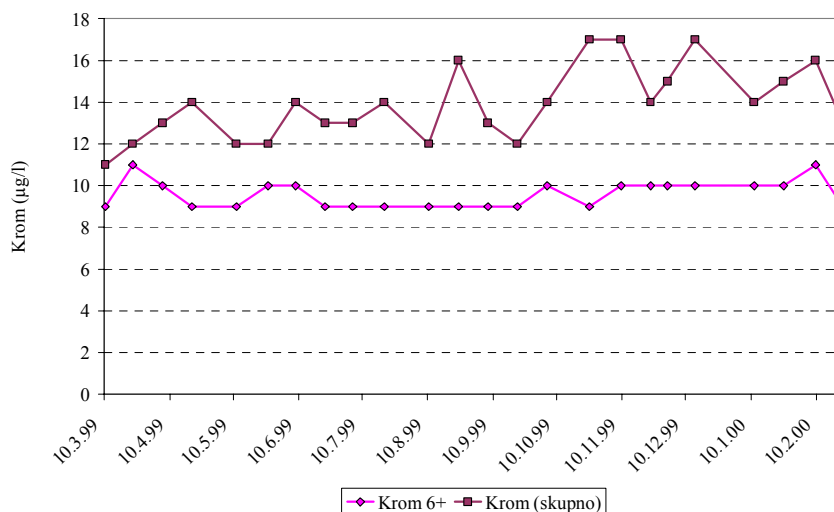
pod mejo določljivosti analitske metode. Vsebnosti nitrata v Hrastju so bile vse obdobje najvišje med vsemi črpališči na Ljubljanskem polju. Vsebnost nitrata je v Hrastju vse leto 1999 presežala priporočene vrednosti EU, januarja in februarja 2000 pa se je nekoliko spustila pod to mejo (sliki 1.6 in 1.7).

Med analiziranimi skupinskimi parametri onesnaženja (anionaktivni detergenti, mineralna olja, fenolne snovi, AOX) ugotavljamo stalno povišanje adsorbiranih halogeniranih organskih spojin (AOX) (slika 2.5). V Hrastju ugotavljamo, tako kot vsa leta monitoringa, najvišje vrednosti AOX v podtalnici Ljubljanskega polja (slika 1.10). Ta parameter nakazuje prisotnost strupenih halogeniranih organskih spojin, ki so posledica človekove dejavnosti.



Slika 2.5:
Vrednost AOX v črpališču v Hrastju v obdobju od začetka marca 1999 do konca februarja 2000

V črpališču Hrastje določamo v podtalnici tudi najvišje koncentracije šest-valentnega in celokupnega kroma (sliki 1.13 in 2.6). Vsebnosti se v obdobju marec 1999 / marec 2000 niso dosti spreminjale.



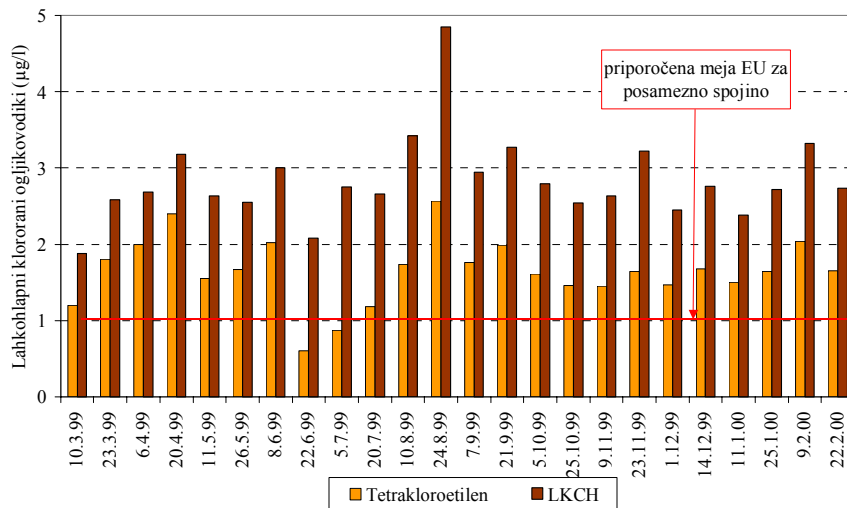
Slika 2.6:
Vsebnost šest-valentnega in celokupnega kroma v črpališču v Hrastju v obdobju od začetka marca 1999 do konca februarja 2000

Cink smo analizirali od avgusta 1999 dalje. Vsebnosti cinka so bile v tem obdobju nižje od priporočene meje EU.

Vsebnosti niklja in svinca so bile v obdobju marec 1999 / marec 2000 ali pod mejo določljivosti analitske metode ali pa zelo nizke (priloga 5).

Podtalnica v Hrastju je močno onesnažena s pesticidi, predvsem z atrazinom. Atrazin je v vseh preiskanih vzorcih presegel maksimalne dopustne koncentracije, najvišji vsebnosti smo ga določili avgusta (0,27 in 0,29 µg/l) (sliki 1.15 in 1.16). Med ostalimi triazini smo v Hrastju občasno določili še simazin in bromacil.

Od analiziranih lahkih ogljikovodikov smo v Hrastju v opazovanem obdobju določili tetrakloroetilen, trikloroetilen in triklorometan. Koncentracije so se gledena predhodna obdobja močno povišale. Tetrakloroetilen je stalno presegal priporočene meje EU, trikloroetilen in triklorometan pa občasno (priloga 5, sliki 1.21 in 2.7).



Slika 2.7:
Vsebnost tetrakloroetilena in vsote lahkih ogljikovodikov v Hrastju v obdobju od začetka marca 1999 do konca februarja 2000

Mikrobiološko so bili vsi preiskani vzorci podtalnice, vzeti v Hrastju v obdobju od začetka marca 1999 do konca februarja 2000, neoporečni in primerni kot pitna voda. V 3 od 24 vzorcev smo določili še dopustno količino aerobnih mezofilnih bakterij (22°C), vse ostale analize so bile negativne.

ŠENTVID

V Šentvidu je črpališče ljubljanskega vodovoda. Na tem mestu smo v obdobju od začetka marca 1999 do konca februarja 2000 vzorčevali podtalnico iz vodnjaka IIa enkrat mesečno (skupaj 12 odvzemov vzorcev ter analiz) in v njej določali naslednje parametre (priloga 3):

- Osnovne fizikalno-kemijske parametre: temperaturo vode, pH vrednost, električno prevodnost, raztopljeni kisik ter nasičenost podtalnice s kisikom, amonij, nitrit in nitrat
- Skupinske parametre onesnaženj: anionaktivne detergente, mineralna olja (4 krat letno), fenolne snovi in AOX
- Kovine: baker in cink
- Organoklorne pesticide (enkrat letno)
- Triazinske pesticide
- Mikrobiološke parametre

Vsi rezultati analiz podtalnice v Šentvidu za obdobje od začetka marca 1999 do konca februarja 2000 so zbrani v prilogi 6.



Temperatura podtalnice v Šentvidu se je spreminjala v ozkem območju med 10,5 in 11,4 °C (tabela 8, slika 1.1). Vrednost pH se je spreminjala med 7,2 in 7,8 (tabela 8, slika 1.2). Električna prevodnost je bila v povprečju 487 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (tabela 8, slika 1.3). Podtalnica v Šentvidu je bila dobro nasičena s kisikom (slika 1.4), vrednosti kemijske potrebe po kisiku so meje določljivosti analitske metode presegle samo januarja (priloga 6). Vsebnosti amonija in nitrita so bile pod mejo določljivosti analitske metode, vsebnost nitrata pa se je spreminjala v sorazmerno ozkem razponu od 16,4 do 19,8 mg NO_3/l (tabela 8, sliki 1.6 in 1.8).

Vsebnosti anionaktivnih detergentov, mineralnih olj in fenolnih snovi so bile v vseh preiskanih vzorcih pod mejo določljivosti analitske metode. Vrednost AOX, ki je bila vse obdobje pod ali ob meji določljivosti analitske metode, se je februarja dvignila na 9 $\mu\text{g Cl/l}$.

Vsebnosti analiziranih organoklornih pesticidov so bile v obeh vzorcih podtalnice v Šentvidu pod mejo določljivosti analitske metode. Triazinske pesticide smo v podtalnici v Šentvidu določali mesečno. Določili smo atrazin in njegov metabolit desetilatrazin. Vrednosti so bile v primerjavi s Klečami nižje (priloga 6, slike 1.15, 1.17, 1.18 in in 1.20).

Vsi preiskani vzorci podtalnice so bili mikrobiološko neoporečni in primerni kot pitna voda.

JARŠKI PROD

V Jarškemrodu, ki je na levem bregu Save, je črpališče ljubljanskega vodovoda. Na tem mestu smo v obdobju od začetka marca 1999 do konca februarja 2000 vzorčevali podtalnico iz vodnjaka JA3 enkrat mesečno (skupaj 12 odvzemov vzorcev ter analiz) in v njej določali naslednje parametre (priloga 3):

- Osnovne fizikalno-kemijske parametre: temperaturo vode, pH vrednost, električno prevodnost, raztopljeni kisik ter nasičenost podtalnice s kisikom, amonij, nitrit in nitrat
- Skupinske parametre onesnaženj: anionaktivne detergente, mineralna olja (4 krat letno), fenolne snovi in AOX
- Kovine: baker, cink, krom (šest-valentni in celokupni), nikelj in svinec
- Mikrobiološke parametre

Vsi rezultati analiz podtalnice v Jarškemrodu za obdobje od začetka marca 1999 do konca februarja 2000 so zbrani v prilogi 6.

Temperatura podtalnice v Jarškemrodu je bila med 9,9 in 11,4 °C, v povprečju 10,7 °C (tabela 8, slika 1.1). Vrednost pH je bila v opazovanem obdobju med 7,1 in 7,7 (tabela 8, slika 1.2), električna prevodnost pa med 454 in 510 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (tabela 8, slika 1.3). Podtalnica je bila dobro nasičena s kisikom (slika 1.4), kemijska potreba po kisiku ni presegala mej določljivosti. Vsebnosti amonija in nitrita so bile v obravnavanem obdobju pod mejo določljivosti analitskih metod, vsebnosti nitrata pa nizke (sliki 1.6 in 1.8).

Od skupinskih parametrov onesnaženj smo v podtalnici septembra določili AOX (priloga 6, slika 1.10).

Koncentracije analiziranih težkih kovin so bile nizke. Izjemi sta bila vzorca, vzeta marca, v katerem smo določili krom (šest-valentni 8 $\mu\text{g}/\text{l}$, celokupni 10 g/l) in septembra (baker 2,4 $\mu\text{g}/\text{l}$, cink 118 $\mu\text{g}/\text{l}$, nikelj 3,4 $\mu\text{g}/\text{l}$ in svinec 2,2 $\mu\text{g}/\text{l}$). Vse vrednosti so nižje od dopustnih meja za pitno vodo.

Mikrobiološko so bili vsi preiskani vzorci podtalnice neoporečni. V njih nismo določili nobenih mikroorganizmov.

IŠKI VRŠAJ (BREST)

V Iškem vršaju, črpališču ljubljanskega vodovoda, črpamo podtalnico ljubljanskega barja. Na tem mestu smo v obdobju od začetka marca 1999 do konca februarja 2000 vzorčevali podtalnico iz vodnjaka IŠ-2 enkrat na dva meseca (skupaj 6 odvzemov vzorcev ter analiz) in v njej določali naslednje parametre (priloga 3):



- Osnovne fizikalno-kemijske parametre: temperaturo vode, pH vrednost, električno prevodnost, raztopljeni kisik ter nasičenost podtalnice s kisikom, amonij, nitrit in nitrat
- Skupinske parametre onesnaženj: anionaktivne detergente, fenolne snovi
- Kovine: baker, cink in svinec
- Mikrobiološke parametre

Rezultati vseh analiz podtalnice v Iškem vršaju za obdobje od začetka marca 1999 do konca februarja 2000 so zbrani v prilogi 7.

Temperatura podtalnice v Iškem vršaju je bila med 9,8 in 12,7 °C (tabela 8, slika 1.1), vrednost pH med 7,2 in 8,0 (tabela 8, slika 1.2). Električna prevodnost podtalnice v Iškem vršaju je bila med 401 in 424 µS/cm in tako med najnižjimi od vseh zajemnih mestih (tabela 8, slika 1.3). Izmerili smo stalno dobro nasičenost podtalnice s kisikom (slika 1.4) in nizko kemijsko potrebo po kisiku (slika 1.5). Vsebnost amonija in nitrata je bila v vseh preiskanih vzorcih podtalnice Iškega vršaja pod mejo določljivosti, vsebnost nitrata se je v obravnavanem obdobju spreminjala v ozkem intervalu med 9,0 in 10,9 mg NO₃/l in bila med najnižjimi (sliki 1.6 in 1.8). Vsebnost anionaktivnih detergentov in fenolnih snovi je bila nižja od meje določljivosti analitskih metod za ta dva parametra.

V preteklih letih smo v Iškem vršaju večkrat določili cink v nekoliko povišanih koncentracijah. V obdobju od začetka marca 1999 do konca februarja 2000 so bile vsebnosti cinka v vseh analiziranih težkih kovin, tudi cinka nizke (priloga 7).

Mikrobiološko je bil oporečen vzorec podtalnice, vzet avgusta. Vseboval je aerobne mezofilne bakterije, katerih število je doseglo dopustno količino. Ostali vzorci so bili bakteriološko neoporečni in primerni za pitno vodo.

ROJE

V vrtini v Rojah smo v obdobju od začetka marca 1999 do konca februarja 2000 vzorčevali podtalnico enkrat na dva meseca (skupaj 6 odvzemov vzorcev ter analiz) in v njej določali naslednje parametre (priloga 3):

- Osnovne fizikalno-kemijske parametre: temperaturo vode, pH vrednost, električno prevodnost, raztopljeni kisik ter nasičenost podtalnice s kisikom, amonij, nitrit in nitrat
- Skupinske parametre onesnaženj: anionaktivne detergente, fenolne snovi in AOX
- Kovine: baker, nikelj in svinec
- Triazinske pesticide
- Mikrobiološke parametre

Rezultati vseh analiz podtalnice v Rojah za obdobje od začetka marca 1999 do konca februarja 2000 so zbrani v prilogi 7.

Temperatura podtalnice v Rojah je bila med 10,1 in 11,8 °C (tabela 8, slika 1.1), pH vrednost med 7,2 in 7,7 (tabela 8, slika 1.2). Električna prevodnost je bila nizka, med 347 in 399 µS/cm (slika 1.3). Nasičenost podtalnice s kisikom je v Rojah nihala med 68 in 84,5 % in bila med najnižjimi na Ljubljanskem polju (tabela 8, slika 1.4). Kemijska potreba po kisiku je bila v dopustnem območju, vendar so bile vrednosti med vsemi zajemnimi mesti najvišje (slika 1.5). Vsebnosti amonija in nitrata so bile ves opazovani čas pod mejo določljivosti analitskih metod, zelo nizka je bila tudi koncentracija nitrata, med 7,2 in 11,7 mg NO₃/l, v povprečju celo najnižja na Ljubljanskem polju (tabela 8, sliki 1.6 in 1.9).

Vsebnosti anionaktivnih detergentov in fenolnih snovi so bile v opazovanem obdobju pod mejo določljivosti, vrednost AOX je bila pod mejo določljivosti, decembra in februarja malo nad mejo določljivosti (priloga 7, slika 6). Aprila in junija 1998 smo v podtalnici v Rojah določili še dopustne vsebnosti atrazina (priloga 7, slika 1.10).

Mikrobiološko so vsi preiskani vzorci ustrezali zahtevam za pitno vodo.



STOŽICE

V vrtini v Stožicah smo v obdobju od začetka marca 1999 do konca februarja 2000 vzorčevali podtalnico enkrat na dva meseca (skupaj 6 odvzemov vzorcev ter analiz) in v njej določali naslednje parametre (priloga 3):

- Osnovne fizikalno-kemijske parametre: temperaturo vode, pH vrednost, električno prevodnost, raztopljeni kisik ter nasičenost podtalnice s kisikom, amonij, nitrit in nitrat
- Skupinske parametre onesnaženj: anionaktivne detergente, fenolne snovi in AOX
- Kovine: svinec
- Mikrobiološke parametre

Rezultati vseh analiz podtalnice v Stožicah za obdobje od začetka marca 1999 do konca februarja 2000 so zbrani v prilogi 7.

Temperatura podtalnice se je spreminjala od 11,2 do 13,5 °C (tabela 8, slika 1.1) in bila v povprečju višja kot v predhodnem obdobju. Vrednost pH je bila med 7,2 do 8,1 (slika 1.2). Električna prevodnost je bila najnižja decembra (409 µS/cm), kar je za 209 µS/cm nižja vrednost kot avgusta (slika 1.3). Decemberski rezultat je posledica infiltracije Save v podtalnico. Takrat smo določili tudi najnižjo vsebnost nitrata (9,3 mg NO₃/l) (sliki 1.6 in 1.9). od skupinskih parametrov onesnaženja so bili anionaktivni detergentski in fenolne snovi pod mejo določljivosti analitske metode, medtem ko smo februarja določili zvišano vrednost AOX (10 µg Cl/l), ki kaže na onesnaženje podtalnice s halogeniranimi organskimi spojinami (priloga 7). Mikrobiološko so vzorci podtalnice ustrezali zahtevam za pitno vodo. V vzorcu, vzetem decembra, smo določili še dopustno količino aerobnih mezofilnih bakterij (priloga 7).

KOTEKS

V industrijskem vodnjaku Koteks smo v obdobju od začetka marca 1999 do konca februarja 2000 vzorčevali podtalnico enkrat na dva meseca (skupaj 6 odvzemov vzorcev ter analiz) in v njej določali naslednje parametre (priloga 3):

- Osnovne fizikalno-kemijske parametre: temperaturo vode, pH vrednost, električno prevodnost, raztopljeni kisik ter nasičenost podtalnice s kisikom, amonij, nitrit in nitrat
- Skupinske parametre onesnaženj: anionaktivne detergente, fenolne snovi in AOX
- Kovine: baker, krom (šest-valentni in celokupni), nikelj in svinec
- Triazinske pesticide
- Lahkohlapne klorirane ogljikovodike (LKCH)
- Mikrobiološke parametre

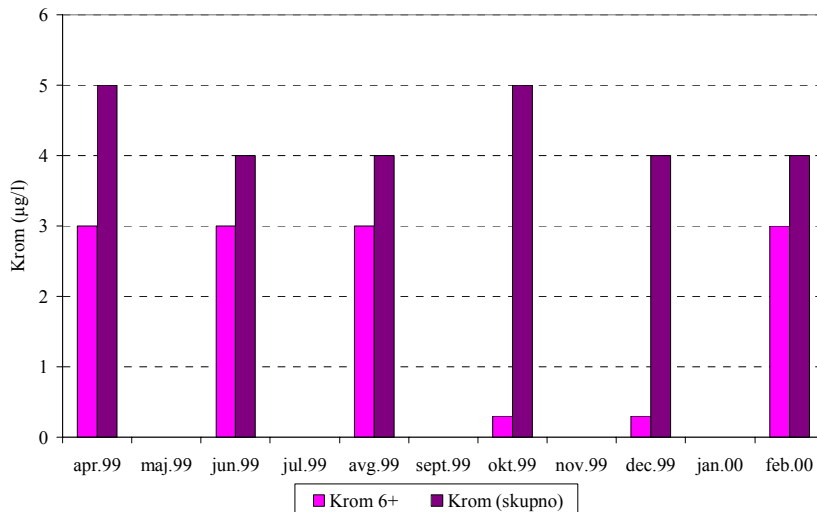
Rezultati vseh analiz podtalnice v Koteksu za obdobje od začetka marca 1999 do konca februarja 2000 so zbrani v prilogi 8.

Temperatura vode je bila v industrijskih vodnjakih najvišja. V Koteksu je bila od 11,7°C do 14,4°C (tabela 8, slika 1.1). Vrednost pH odvzetih vzorcev je bila med 7,1 in 7,6 (tabela 8, slika 1.2). Na tem odvzemnem mestu smo merili sorazmerno visoke električne prevodnosti podtalnice, med 520 in 589 µS/cm (tabela 8, slika 1.3). Podtalnica je bila dobro nasičena s kisikom (slika 1.4) in imela nizko kemijsko potrebo po kisiku (slika 1.5). Vsebnosti amonija in nitrata so bile tudi na tem mestu vse opazovano obdobje pod mejo določljivosti analitske metode. Vsebnost nitrata je bila med 17,0 in 17,7 mg NO₃/l (tabela 8, sliki 1.6 in 1.9). Od skupinskih parametrov onesnaženja smo stalno določali nekoliko povišane vrednosti AOX, najbolj februarja (9 µg Cl/l) (slika 1.10).

V podtalnici industrijskega vodnjaka nismo ugotovili povišanih vsebnosti težkih kovin. Nikelj je bil vse leto pod mejo določljivosti analitske metode. Vsebnosti bakra niso presegle 1,4 µg/l, vsebnosti svinca so bile nekoliko višje v vzorcu, vzetem oktobra (1,9 µg/l), v drugih vzorcih pa pod mejo določljivosti. Vsebnost kroma je v podtalnici Koteksa stalno višja (med 4 in 5 µg/l).



Meja določljivosti za šest-valentno obliko kroma je sorazmerno visoka (3 µg/l), določili smo ga v 4 od 6 vzorcev (slika 2.8).



Od triazinskih pesticidov smo v podtalnici v Koteksu določili atrazin in njegov metabolit desetilatrazin. Vsebnost atrazina je bila v vseh vzorcih, razen v decemberskem, ob dopustni meji (sliki 1.15 in 1.17).

Vsebnosti lahkoahlapnih halogeniranih ogljikovodikov, predvsem tetrakloroetilena in trikloroetilena, so se obdobju od začetka marca 1999 do konca februarja 2000 glede na predhodno obdobje povišale tudi v Koteksu (sliki 1.21 in 1.23).

Dva od šestih vzorcev sta bila mikrobiološko oporečna ker sta vsebovala previsoko količino aerobnih mezofilnih bakterij.

ELOK

V industrijskem vodnjaku Elok smo v obdobju od začetka marca 1999 do konca februarja 2000 vzorcevali podtalnico enkrat na dva meseca (skupaj 6 odvzemov vzorcev ter analiz) in v njej določali naslednje parametre (priloga 3):

- Osnovne fizikalno-kemijske parametre: temperaturo vode, pH vrednost, električno prevodnost, raztopljeni kisik ter nasičenost podtalnice s kisikom, amonij, nitrit in nitrat
- Skupinske parametre onesnaženj: anionaktivne detergente, fenolne snovi
- Kovine: kadmij in svinec
- Triazinske pesticide
- Lahkoahlapne klorirane ogljikovodike (LKCH)
- Mikrobiološke parametre

V treh od šestih vzorcev smo dodatno določili tudi vrednost AOX.

Rezultati vseh analiz podtalnice v Eloku za obdobje od začetka marca 1999 do konca februarja 2000 so zbrani v prilogi 8.

Temperatura podtalnice se je v opazovanem obdobju spreminjala med 11,9 in 14,1 °C (tabela 8, slika 1.1) in se glede na obdobje pred tem nekoliko dvignila. Vrednost pH je bila med 7,2 in 8,3, torej še v dopustnem območju za pitno vodo (tabela 8, slika 1.2). Električno prevodnost smo izmerili med 440 in 468 µS/cm, letno povprečje je bilo 462 µS/cm (tabela 8, slika 1.3). Na tem mestu je bila podtalnica med vsemi zajemnimi mesti najslabše nasičena s kisikom (med 61 in 73 %) (slika 1.4), kemijska potreba po kisiku pa ni bila visoka, najvišjo vrednost 1,1 mg O₂/l



smo določili oktobra (tabela 8, slika 1.5). Vsebnost amonija in nitrita je bila v vseh vzorcih nižja od meje določljivosti analitskih metod, nizke so bile tudi vsebnosti nitrata, med 9,1 in 12,4 mg NO₃/l (tabela 8, sliki 1.6 in 1.9). V podtalnici nismo določili detergentov in fenolnih snovi. Od triazinskih pesticidov smo v aprilskem vzorcu določili dopustno vsebnost atrazina, v vseh ostalih vzorcih so bile vsebnosti triazinov pod mejo določljivosti analitske metode (priloga 8).

Tudi v Eloku so se vsebnosti lahkihhalapnih halogeniranih ogljikovodikov glede na obdobje 1998/1999 povečale, vendar so bile nižje od priporočene meje EU. V vseh vzorcih smo določili tetrakloroetilen, v enem tudi trikloroetilen. Dodatno smo v Eloku trikrat določili vrednost AOX. Višjo vrednost smo določili februarja (priloga 8).

Mikrobiološko so bili vsi preiskani vzorci podtalnice iz Eloka neoporečni. Eden od šestih preiskanih vzorcev je vseboval dopustno količino aerobnih mezofilnih bakterij (priloga 8).

DEKORATIVNA

V industrijskem vodnjaku Dekorativna smo v obdobju od začetka marca 1999 do konca februarja 2000 vzorčevali podtalnico enkrat na dva meseca. V vzorcih smo določali naslednje parametre (priloga 3):

- Osnovne fizikalno-kemijske parametre: temperaturo vode, pH vrednost, električno prevodnost, raztopljeni kisik ter nasičenost podtalnice s kisikom, amonij, nitrit in nitrat
- Skupinske parametre onesnaženj: anionaktivne detergente, mineralna olja in fenolne snovi
- Kovine: nikelj, svinec in živo srebro
- Triazinske pesticide
- Lahkohlapne klorirane ogljikovodike (LKCH)
- Mikrobiološke parametre

Rezultati vseh analiz podtalnice v Dekorativni za obdobje od marca 1999 do konca februarja 2000 so zbrani v prilogi 8.

Na tem odvzemnem mestu smo izmerili sorazmerno visoke temperature podtalnice (med 12,3 in 14,0 °C) (tabela 8, slika 1.1), pH vrednost je bila med 7,1 in 8,2 (tabela 8, slika 1.2). Električna prevodnost je v Dekorativni stalno nekoliko višja, v obdobju marec 1999 / marec 2000 se je celo zvišala in je bila med 641 in 692 µS/cm (tabela 8, slika 1.3). Podtalnica je bila dobro nasičena s kisikom, vrednosti KPK niso presegale meje določljivosti. Vsebnosti amonija in nitrita so bile tudi v Dekorativni vse opazovano obdobje pod mejo določljivosti. Vsebnosti nitrata, ki so bile visoke že prej, so se v obdobju marec 1999 / marec 2000 zviševale in stalno presegale priporočeno mejo EU (sliki 1.6 in 1.9)

Od skupinskih parametrov onesnaženja smo v podtalnici v Dekorativni analizirali anionaktivne detergente, mineralna olja in fenolne snovi. Rezultati naštetih parametrov so bili v vseh vzorcih pod mejo določljivosti analitskih metod.

Vsebnosti vseh analiziranih kovin (niklja, svinca in živega srebra) so bile pod mejo določljivosti. Izjema je bil oktoberski vzorec podtalnice, kjer smo določili 2,0 µg/l svinca.

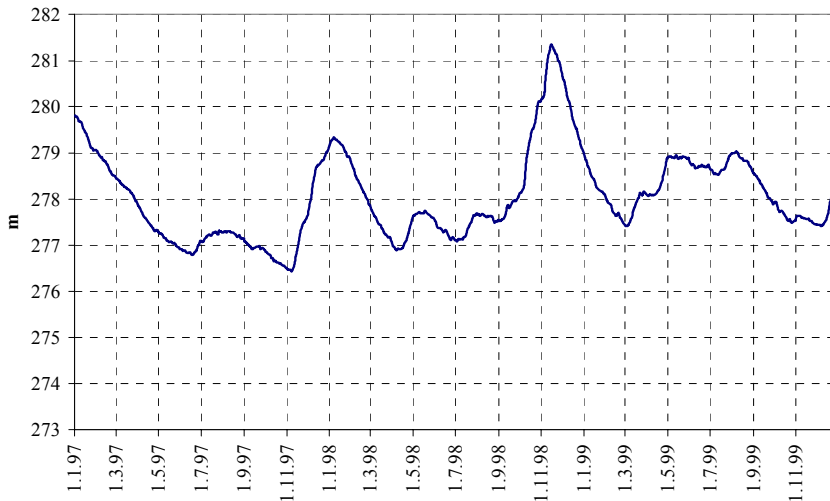
Podtalnica je v opazovanem obdobju občasno vsebovala atrazin in njegov metabolit desetilatrazin. Koncentracije so bile blizu dopustnim vrednostim (slike 1.15, 1.17, 1.18 in 1.20).

Trend zviševanja vsebnosti lahkihhalapnih kloriranih ogljikovodikov se kaže tudi v Dekorativni. Trikloroetilen je junija presegel priporočeno mejo EU, v ostalih vzorcih pa smo določili tetrakloroetilen in trikloroetilen v koncentracijah pod priporočeno mejo EU (sliki 1.21 in 1.23). Vsi preiskani vzorci podtalnice v Dekorativni so bili mikrobiološko neoporečni in primerni kot pitna voda.

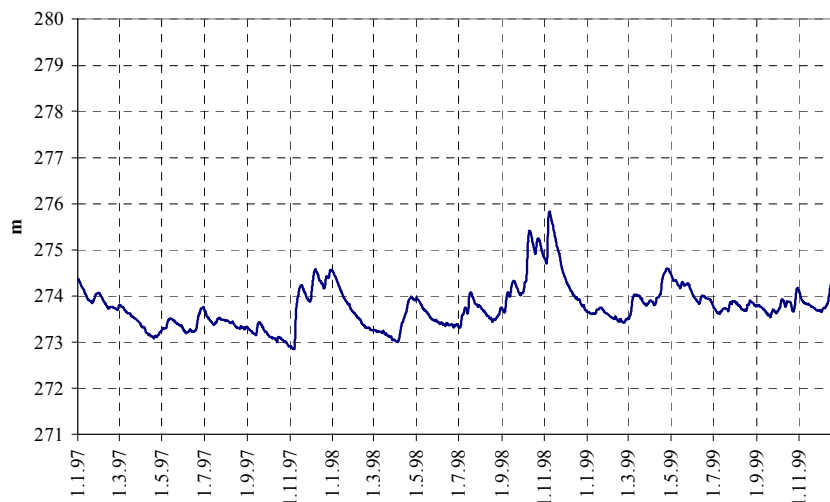


5.1.3 POMEMBNEJŠI PARAMETRI IZMERJENI V OBDOBJU JANUAR 1997 – MAREC 2000

Na slikah 3.1 in 3.2 je prikazano spreminjanje nivoja podtalnice v Klečah in v Hrastju v obdobju 1997 – 1999.



Slika 3.1:
Spreminjanje nivoja podtalnice v Klečah v obdobju od začetka januarja 1997 do konca decembra 1999



Slika 3.2:
Spreminjanje nivoja podtalnice v Hrastju v obdobju od začetka januarja 1997 do konca decembra 1999

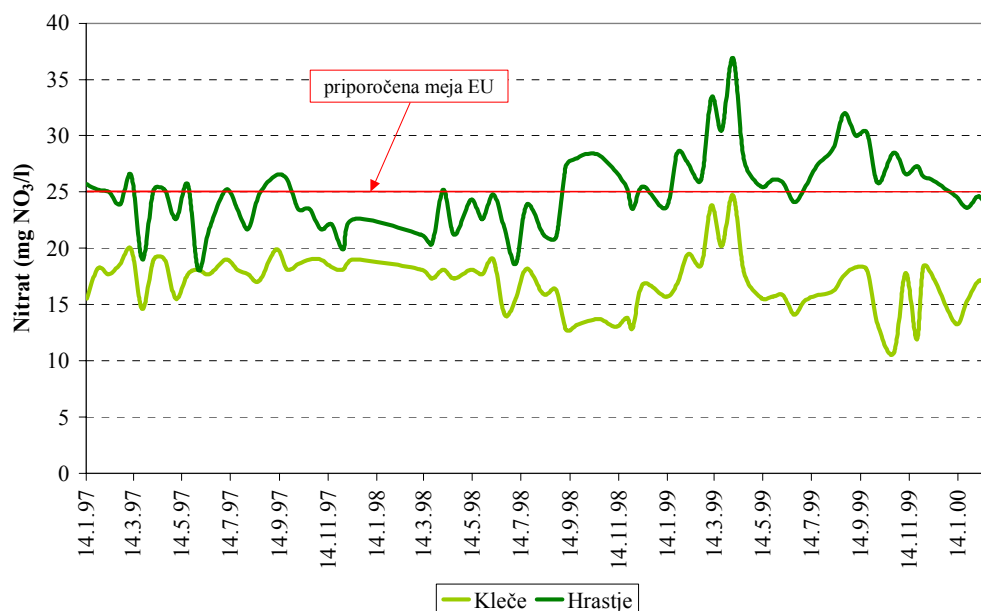
Povišani pretoki Save povzročijo večji dotok površinske vode v podtalnico. Nivo podtalnice v Hrastju se hitreje odziva na dotok Save kot nivo v Klečah. Razlika med najvišjim in najnižjim nivojem podtalnice za triletno obdobje je v Klečah večja kot v Hrastju (sliki 3.1 in 3.2). Sava je manj onesnažena z nitratom in pesticidi, zato dotok pomeni razredčitev teh onesnaženj v podtalnici.

Večina nitratov in pesticidov se v podtalnico spira ob večjih padavinah s površja.

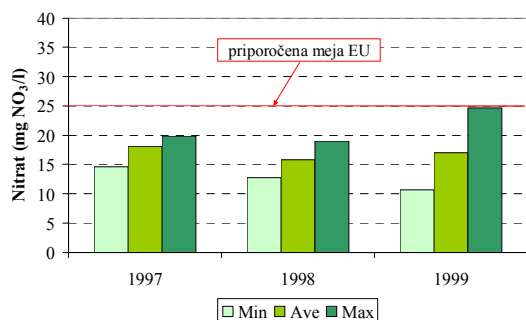


Nitrat

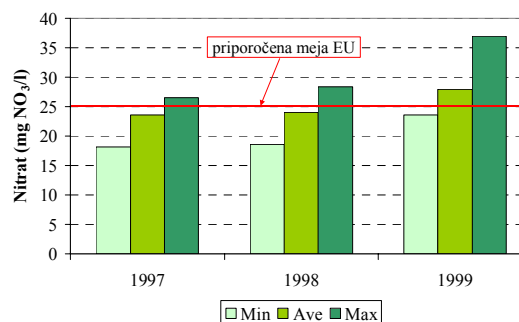
Na sliki 3.3 so prikazani vsi rezultati vsebnosti nitrata v Klečah in Hrastju v obdobju od začetka januarja 1997 do konca februarja 2000. Na grafu so razvidne podobnosti v nihanju vsebnosti nitrata v podtalnici na obeh črpališčih, kar je povezano tako s kmetijsko prakso kot s količino padavin ter dotokom površinskega vodotoka v podtalnico. Od poletja 1998 ugotavljamo večja spreminjanja koncentracije na obeh črpališčih v primerjavi s predhodnim obdobjem januar 1997 – julij 1998. Na slikah 3.4 in 3.5 je prikazano spreminjanje letnih povprečij vsebnosti nitrata v Klečah in Hrastju. V Klečah ugotavljamo, da je povprečna vsebnost nitrata ostala v triletnem obdobju monitoringa ista, povečevale pa so se razlike med najvišjo in najnižjo izmerjeno vrednostjo. V Hrastju pa poleg manjšega povečevanja razlik med najvišjo in najnižjo izmerjeno vsebnostjo ugotavljamo povečevanje povprečne vsebnosti nitrata.



Slika 3.3: Vsebnost nitrata v črpališčih Kleče in Hrastje v obdobju od januarja 1997 do konca februarja 2000



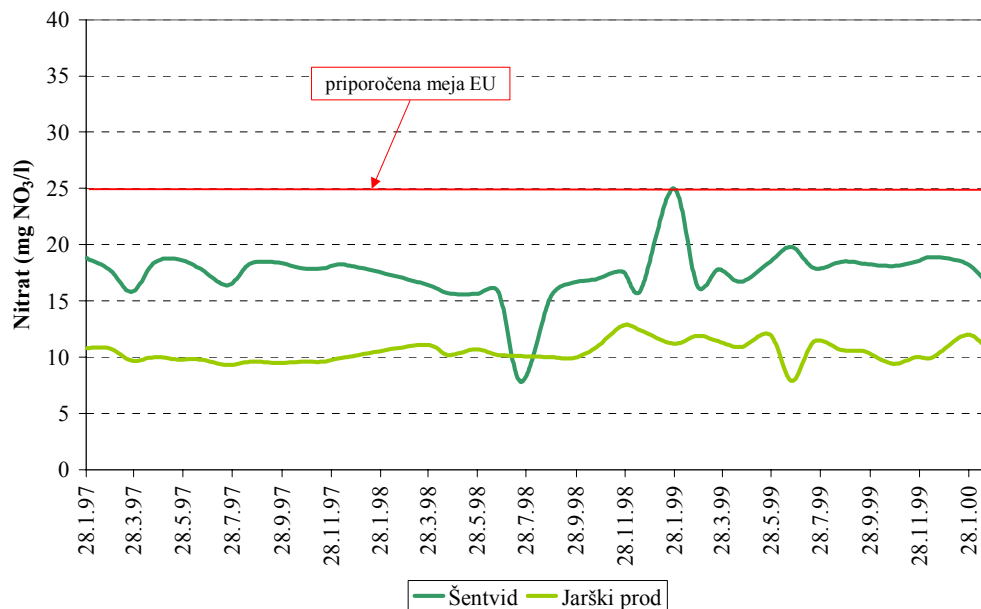
Slika 3.4: Povprečne, najvišje in najnižje vsebnosti nitrata v Klečah v obdobju 1997 - 1999



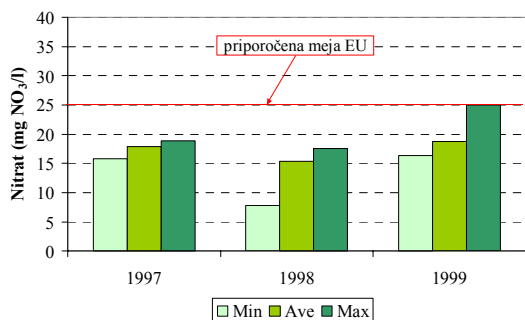
Slika 3.5: Povprečne, najvišje in najnižje vsebnosti nitrata v Hrastju v obdobju 1997 - 1999



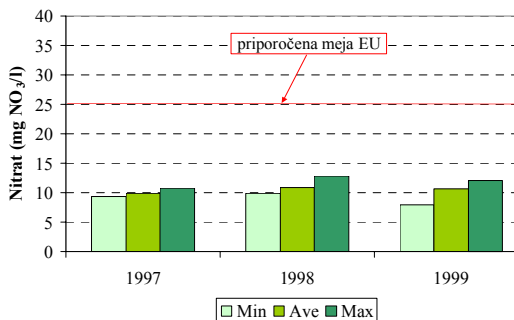
Na sliki 3.6 so prikazani rezultati vsebnosti nitrata v črpališčih Šentvid in Jarški prod od začetka januarja 1997 do konca februarja 2000. Na teh mestih ugotavljamo v primerjavi s Klečami in Hrastjem nižje koncentracije nitrata, ki so bile v Jarškem produ vse obdobje stabilne. V Šentvidu so se poleti 1998 vsebnosti znižale pod 10 mg NO₃/l, vendar so se do februarja 2000 dvignile do dopustne meje EU. Na slikah 3.7 in 3.8 so prikazana spreminjanja povprečnih vsebnosti nitrata v Šentvidu in v Jarškem produ v triletnem obdobju.



Slika 3.6: Vsebnost nitrata v črpališčih Šentvid in Jarški prod v obdobju od januarja 1997 do konca februarja 2000



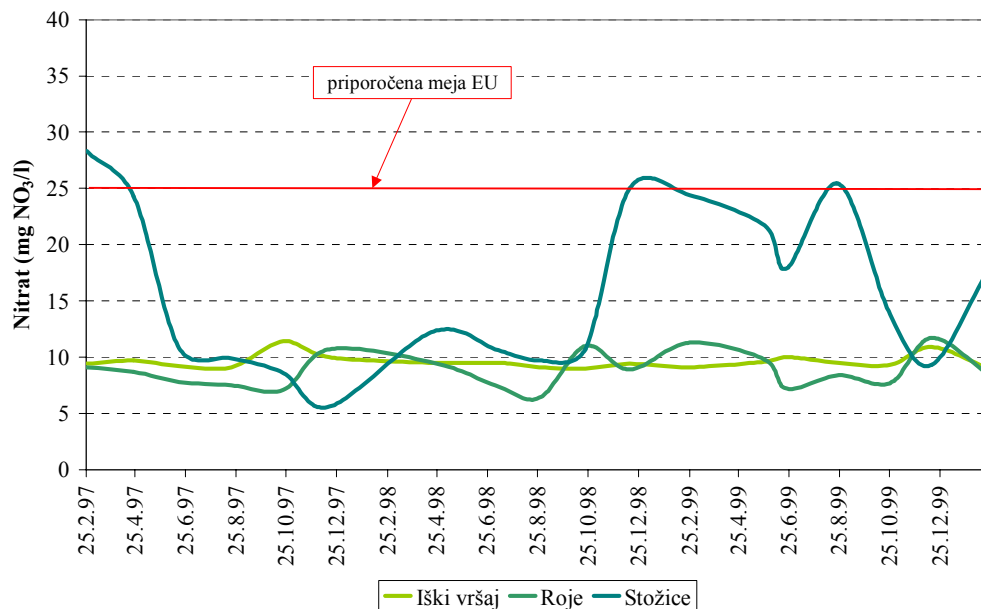
Slika 3.7: Povprečne, najvišje in najnižje vsebnosti nitrata v Šentvidu v obdobju 1997 - 1999



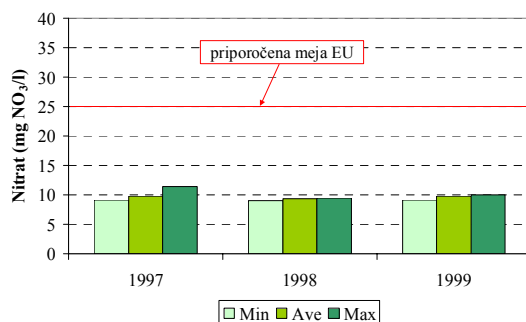
Slika 3.8: Povprečne, najvišje in najnižje vsebnosti nitrata v Jarškem produ v obdobju 1997 - 1999



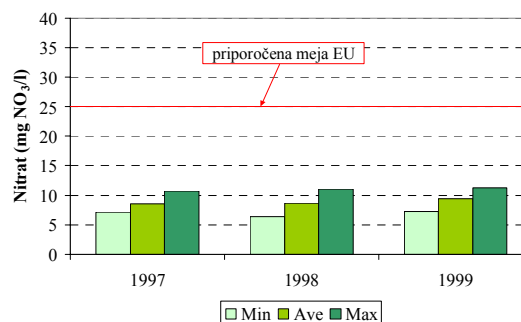
Na sliki 3.9 so prikazane vsebnosti nitrata v črpališču Iški vršaj ter v vrtinah Roje in Stožice v obdobju od januarja 1997 do konca februarja 2000. Iz poteka krivulj je razvidno, da je bila vsebnost nitrata v Iškem vršaju in Rojah stalno okrog 10 mg NO₃/l z razliko, da se je v Rojah bolj spreminjala. V Stožicah se je vsebnost spreminjala od 5 pa do 28 mg NO₃/l. Povprečne, najnižje in najvišje letne vrednosti so za Iški vršaj na sliki 3.10, za Roje na sliki 3.11, za Stožice pa na sliki 3.12.



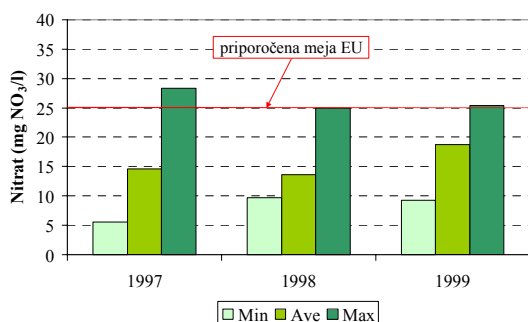
Slika 3.9: Vsebnost nitrata v črpališču Iški vršaj ter v vrtinah Roje in Stožice v obdobju od januarja 1997 do konca februarja 2000



Slika 3.10:
Povprečne, najvišje in najnižje vsebnosti nitrata v Iškem vršaju v obdobju 1997 - 1999

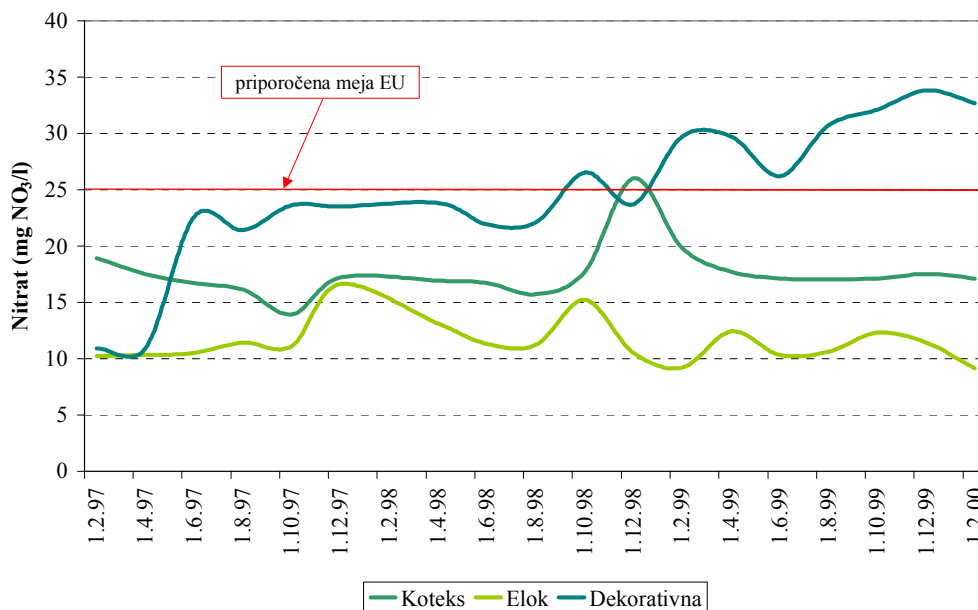


Slika 3.11:
Povprečne, najvišje in najnižje vsebnosti nitrata v Rojah v obdobju 1997 - 1999

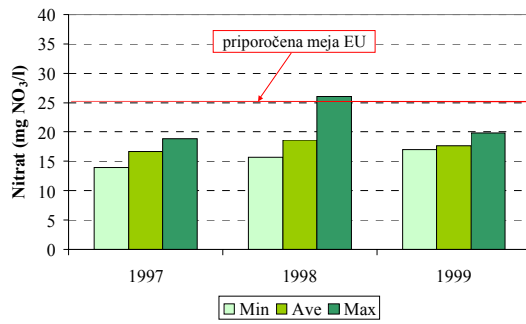


Slika 3.12:
Povprečne, najvišje in najnižje vsebnosti nitrata v Stožičah v obdobju 1997 - 1999

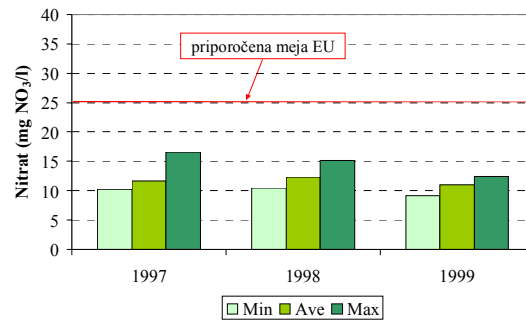
Vsebnosti nitrata v industrijskih vodnjakih Koteks, Elok in Dekorativna v obdobju od začetka januarja 1997 do konca februarja 2000 so prikazane na sliki 3.13. Vsebnosti so bile v Eloku sorazmerno nizke, večinoma pod 15 mg NO₃/l, v Koteksu pa malo višje. Povprečne, najnižje in najvišje vsebnosti so za Koteks prikazane na sliki 3.14, za Elok pa na sliki 3.15. V Koteksu ugotavljamo v letu 1998 večje nihanje vsebnosti nitrata v primerjavi z leti 1997 in 1999, medtem ko so povprečne vrednosti tako v Koteksu kot v Eloku konstantne. V Dekorativni v triletnem obdobju opažamo trend naraščanja vsebnosti nitrata, kar je razvidno iz slik 3.13 in 3.16.



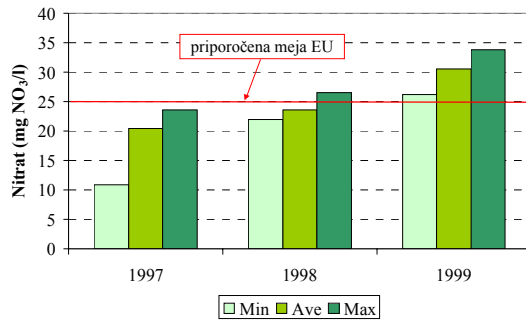
Slika 3.13: Vsebnost nitrata v industrijskih vodnjakih Koteks, Elok in Dekorativna v obdobju od januarja 1997 do konca februarja 2000



Slika 3.14:
Povprečne, najvišje in najnižje vsebnosti nitrata v Koteksu v obdobju 1997 - 1999



Slika 3.15:
Povprečne, najvišje in najnižje vsebnosti nitrata v Eloku v obdobju 1997 - 1999



Slika 3.16:
Povprečne, najvišje in najnižje vsebnosti nitrata v Dekorativni v obdobju 1997 - 1999

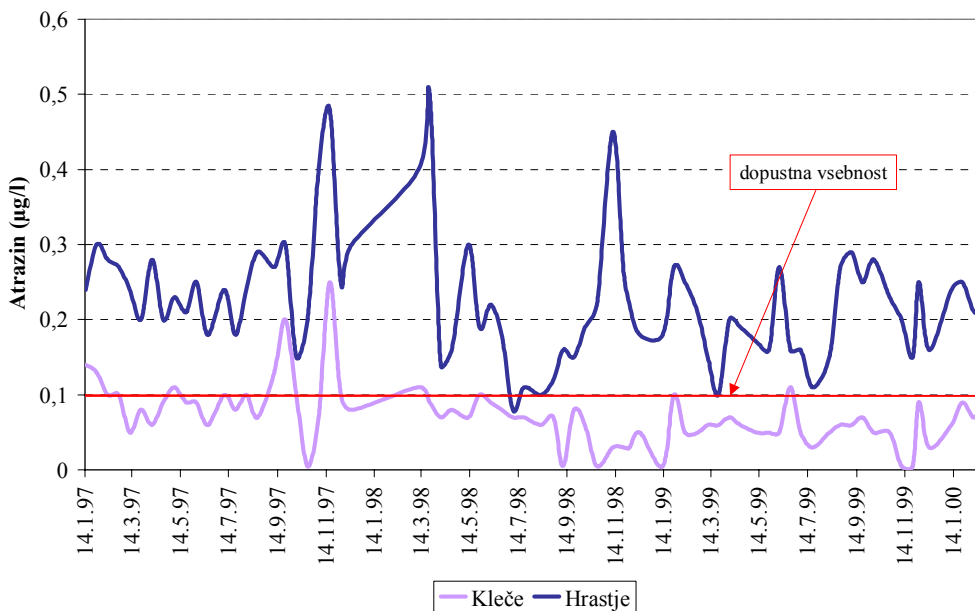


Pesticidi

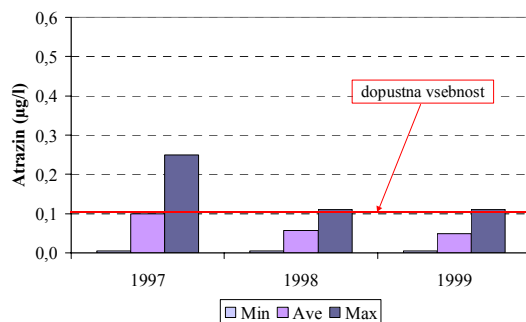
Od analiziranih pesticidov je za triletno obdobje prikazana vsebnost najbolj zastopanega pesticida atrazina na zajemnih mestih Kleče, Hrastje, Koteks in Dekorativna. Triazine smo analizirali še v Šentvidu, Rojah in Eloku, vendar so bile vsebnosti z redkimi izjemami v dopustnih mejah, zato ta mesta niso posebej obravnavana.

Najpogosteje, 24 krat letno, smo triazine določali v črpališčih pitne vode v Klečah in v Hrastju. Na sliki 3.17 so prikazane vsebnosti atrazina v obdobju od začetka januarja 1997 do konca februarja 2000. V Klečah so vsebnosti atrazina v letu 1997 pogosto presegle dopustno mejo, v letih 1998 in 1999 pa le nekajkrat. V Hrastju ugotovljamo stalno presežene vsebnosti atrazina, ki so dopustno mejo presegale tudi do 5 krat. Iz slike 3.17 je posebno v Hrastju razvidno intenzivno nihanje vsebnosti atrazina, ki ga razlagamo z meteorološkimi in hidrološkimi razmerami ter kmetijsko prakso na območju vodonosnika.

Na slikah 3.18 in 3.19 so prikazane povprečne, najvišje in najnižje vrednosti na omenjenjenih črpališčih. Ugotovljamo, da so se v triletnem obdobju koncentracije atrazina tako v Klečah kot v Hrastju nekoliko znižale, vseeno so v Hrastju ostale visoko nad dopustno mejo.

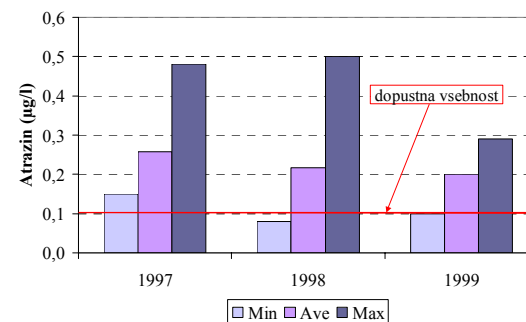


Slika 3.17: Vsebnost atrazina v črpališčih Kleče in Hrastje v obdobju od januarja 1997 do konca februarja 2000



Slika 3.18:

Povprečne, najvišje in najnižje vsebnosti atrazina v Klečah v obdobju 1997 - 1999

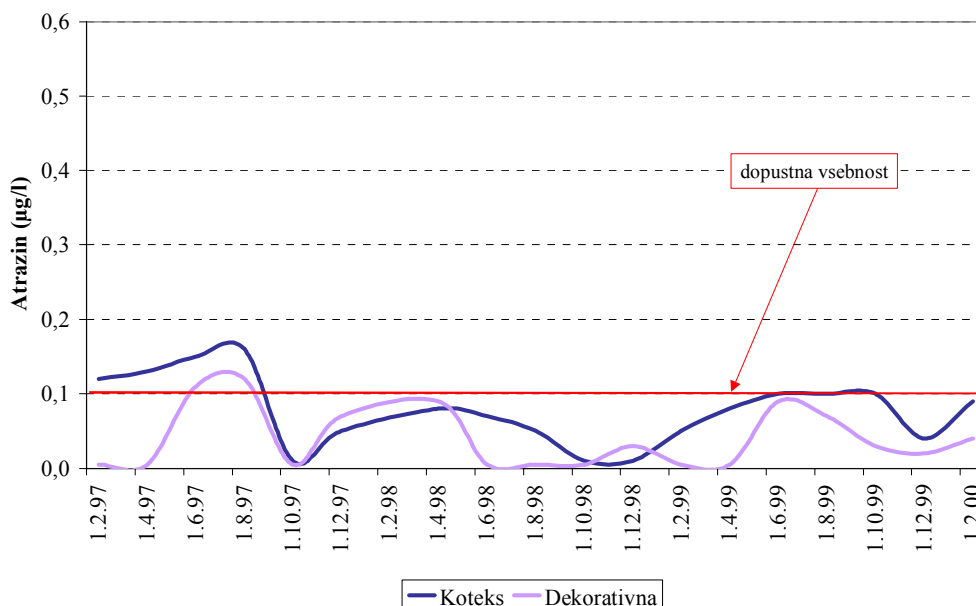


Slika 3.19:

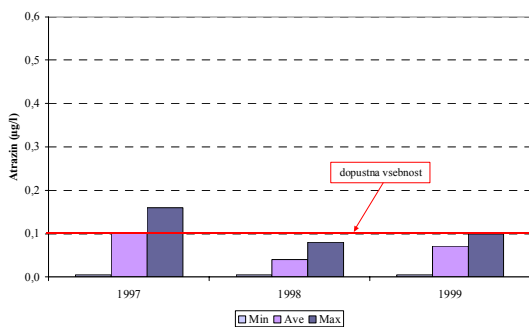
Povprečne, najvišje in najnižje vsebnosti atrazina v Hrastju v obdobju 1997 - 1999



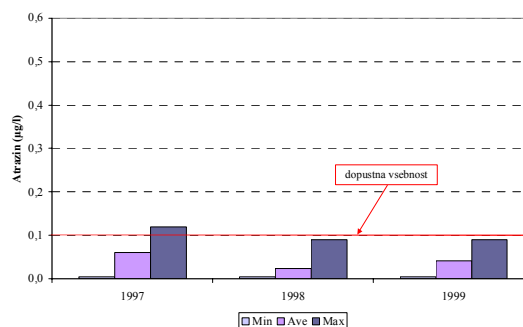
Na sliki 3.20 so prikazane vsebnosti atrazina v industrijskih vodnjakih Koteks v Zalogu in Dekorativna v Šentvidu v obdobju od začetka januarja 1997 do konca februarja 2000. Koncentracije tega pesticida so dopustne meje na obeh zajemnih mestih presegle v poletnih mesecih leta 1997, v Koteksu tudi leta 1999. Povprečne, najnižje in najvišje letne vsebnosti v Koteksu in Dekorativni za obdobje 1997 – 1999 so na slikah 3.21 in 3.22.



Slika 3.20: Vsebnost atrazina v industrijskih vodnjakih Koteks in Dekorativna v obdobju od januarja 1997 do konca februarja 2000



Slika 3.21: Povprečne, najvišje in najnižje vsebnosti atrazina v Koteksu v obdobju 1997 - 1999



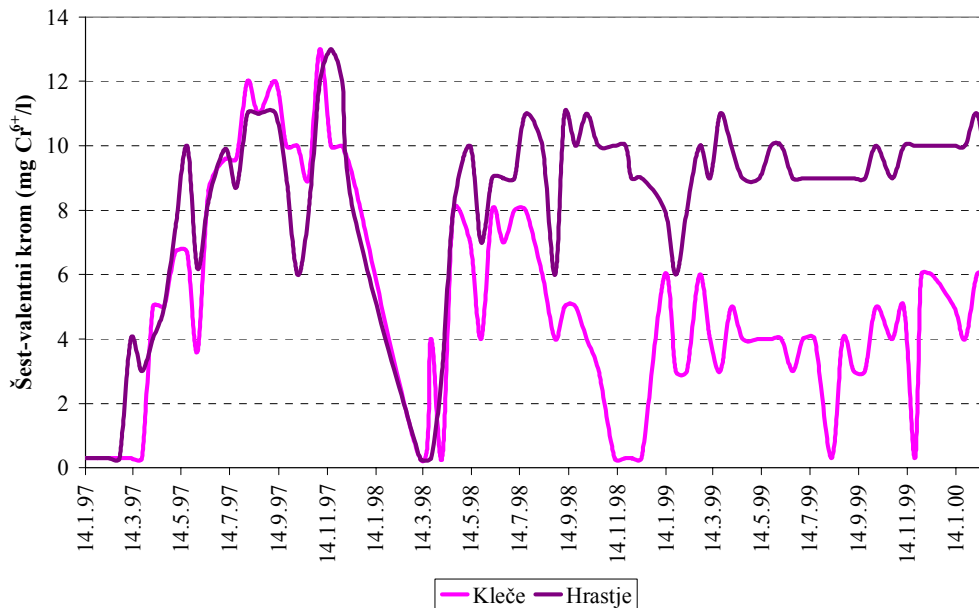
Slika 3.22: Povprečne, najvišje in najnižje vsebnosti atrazina v Dekorativni v obdobju 1997 - 1999



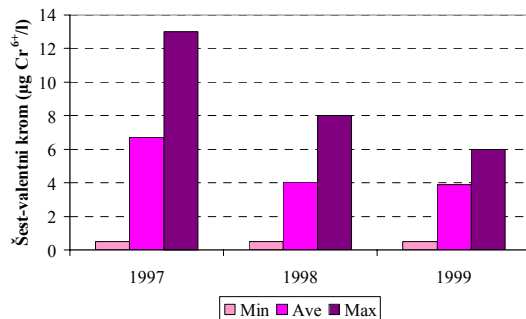
Krom

Celokupni in šest-valentni krom smo analizirali v črpališčih Kleče, Hrastje in Jarški prod ter v industrijskem vodnjaku Koteks.

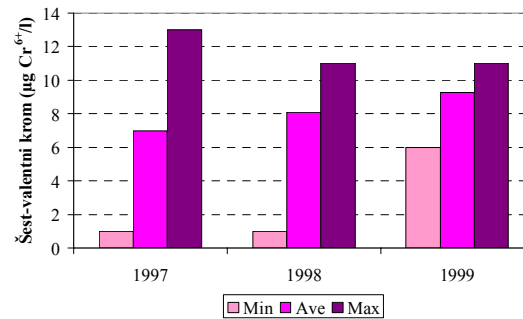
Spreminjanje koncentracije šest-valentnega kroma v črpališčih Kleče in Hrastje v obdobju od začetka januarja 1997 do konca februarja 2000 je prikazano na sliki 3.23. V letu 1997 so bile vsebnosti te zvrsti kroma na obeh črpališčih praktično enake, v drugi polovici 1998 so se vsebnosti v Klečah nekoliko znižale (sliki 3.23 in 3.24), medtem ko so se povprečne vsebnosti v Hrastju celo nekoliko dvignile (sliki 3.23 in 3.25).



Slika 3.23: Vsebnost šest-valentnega kroma v črpališčih Kleče in Hrastje v obdobju od začetka januarja 1997 do konca februarja 2000



Slika 3.24: Povprečne, najvišje in najnižje vsebnosti šestvalentnega kroma v Klečah v obdobju 1997 - 1999

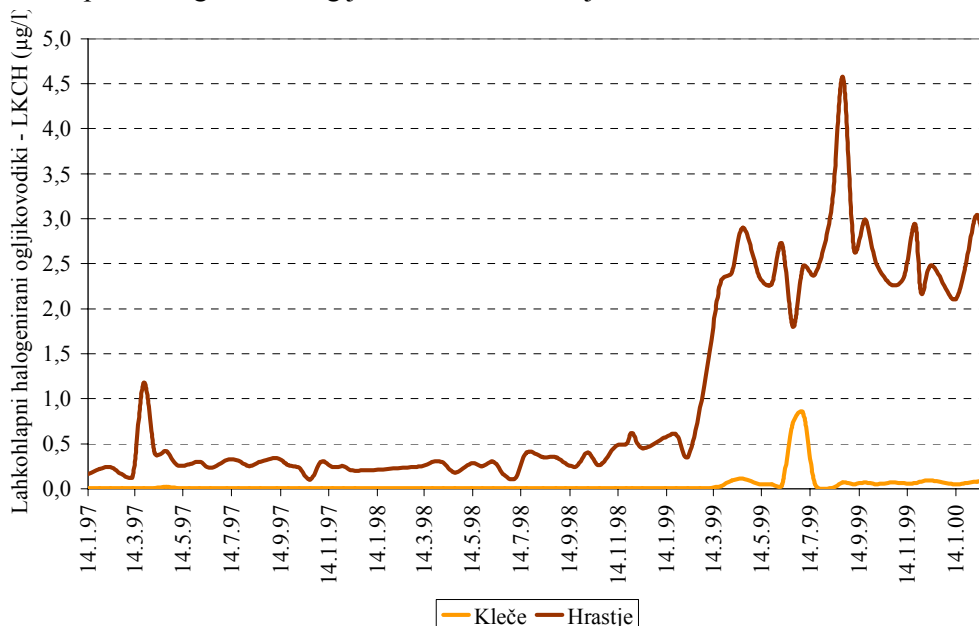


Slika 3.25: Povprečne, najvišje in najnižje vsebnosti šestvalentnega kroma v Hrastju v obdobju 1997 - 1999

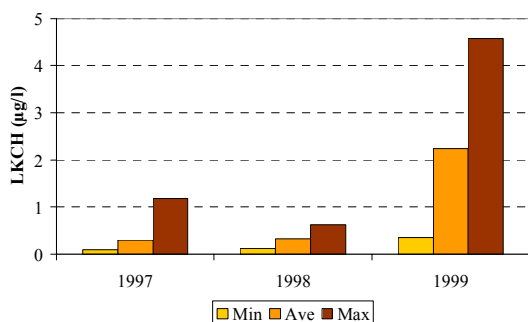


Lahkohlapni halogenirani ogljikovodiki (LKCH)

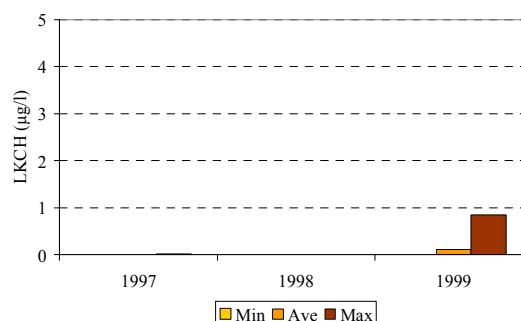
LKCH analiziramo v črpališčih Kleče in Hrastje ter v industrijskih vodnjakih Koteks, Elok in Dekorativna. Do leta 1999 smo jih v nižjih koncentracijah določali le v Hrastju. V letu 1999 pa so se vsebnosti v Hrastju nekajkrat zvišale, določili pa smo jih tudi na vseh ostalih mestih (priloge 4,5 in 8, slika 3.26). Povprečne, najnižje in najvišje letne vrednosti za vsoto lahkohlapnih halogeniranih ogljikovodikov v Hrastju in Klečah so na slikah 3.27 in 3.28.



Slika 3.26: Vsebnost lahkohlapnih halogeniranih ogljikovodikov v črpališčih Kleče in Hrastje v obdobju od začetka januarja 1997 do konca februarja 2000



Slika 3.27: Povprečne, najnižje in najvišje letne vrednosti lahkohlapnih halogeniranih ogljikovodikov v Hrastju za obdobje 1997 - 1999



Slika 3.28: Povprečne, najnižje in najvišje letne vrednosti lahkohlapnih halogeniranih ogljikovodikov v Klečah za obdobje 1997 - 1999

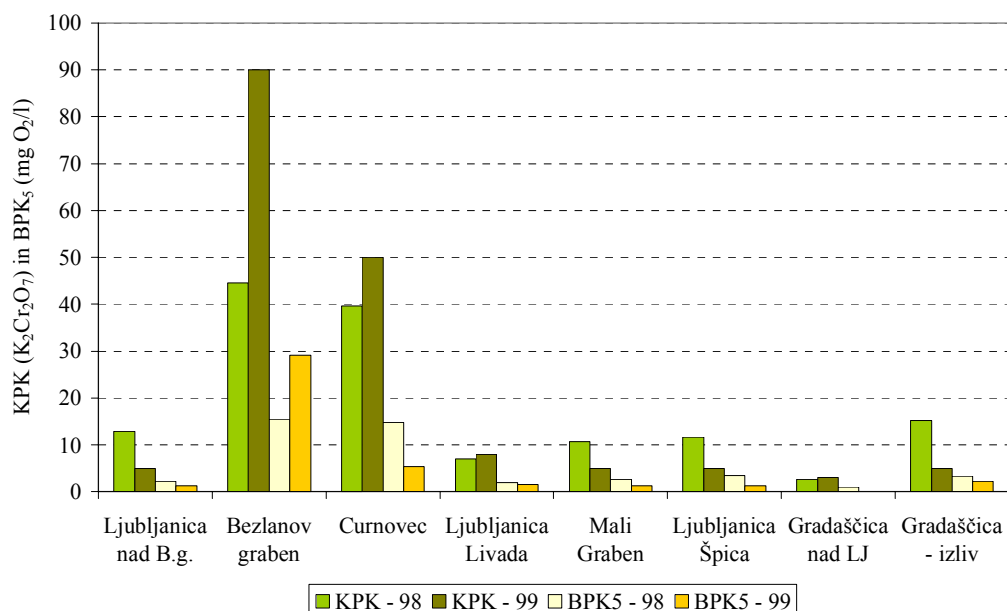


5.2 POVRŠINSKI VODOTOKI

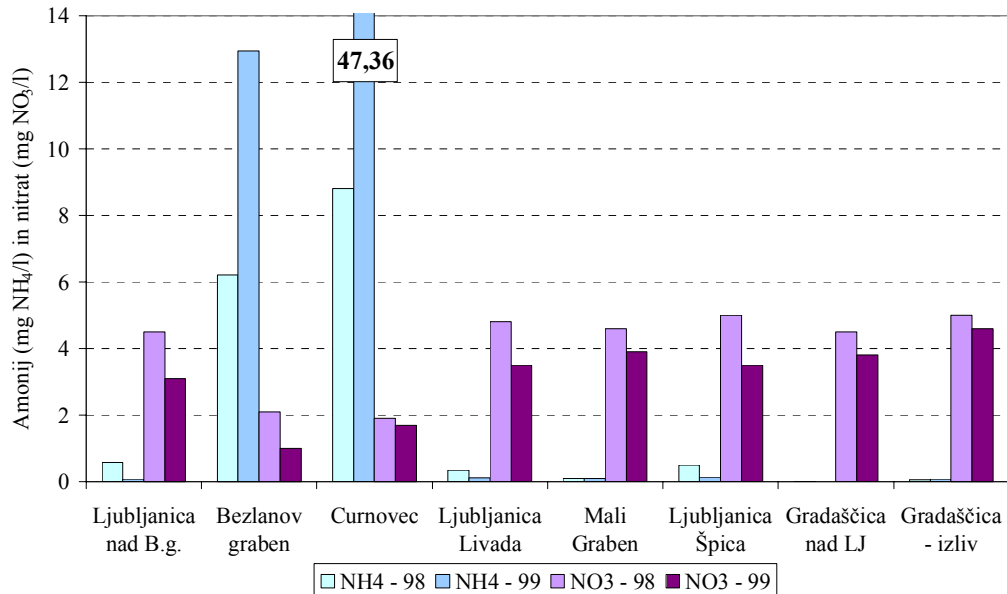
Vzorci površinskih vodotokov so analizirali laboratoriji MOP-HMZ, IVZ- RS in IVO-MB. Vsi rezultati analiz površinskih vodotokov so v prilogi 9, tabele 10-13. Rezultati osnovnih fizikalno-kemijskih analiz so v tabeli 10, rezultati vsebnosti kovin v vodi in suspendiranih delcih v tabeli 11, rezultati kovin v sedimentu v tabeli 12 in rezultati bakterioloških analiz v tabeli 13. V tabeli 14 so za merjene kemijske parametre ocene razredov kakovosti za površinske vodotoke na območju MOL v letu 1999. V prilogi 9 so za vodo in sediment zbrani tudi kromatogrami GC/MS s spektri neidentificiranih spojin.

5.2.1 Fizikalno-kemijske analize

Primerjava osnovnih kemijskih parametrov za vsa preiskana zajemna mesta površinskih vodotokov na območju MOL pokaže, da po onesnaženosti močno izstopata dva vodotoka, in sicer Bežanov graben in Curnovec, kamor se iztekajo odpadne vode iz deponije odpadkov Barje. Ljubljaničica, Mali graben in Gradaščica so manj onesnaženi vodotoki. Na osnovi primerjave rezultatov osnovnih parametrov dveh let v letu 1999 ugotavljamo glede na leto 1998 poslabšanje kakovosti Bežanovega grabna in Curnovca, medtem ko so bili na ostalih zajemnih mestih (Ljubljaničica, Gradaščica in Mali graben) osnovni parametri v letu 1999 nekoliko boljši (sliki 4.1 in 4.2).



Slika 4.1: Vsebnost kisika ter vrednosti kemijske (KPK, metoda s $K_2Cr_2O_4$) in biokemijske (BPK₅) potrebe po kisiku na vseh zajemnih mestih na območju MOL (dodatno mesto Ljubljaničica – Livada) v letih 1998 in 1999



Slika 4.2: Vsebnost amonija in nitrata na vseh zajemnih mestih na območju MOL (dodatno mesto Ljubljana – Livada) v letih 1998 in 1999

Vsebnost težkih kovin v sedimentu je grafično prikazana v slikah 4.3 do 4.5. Sedimenta Bezlanovega grabna in Curnovca sta najbolj obremenjena s cinkom, v Bezlanovem grabnu tudi z nikljem, vendar vsebnosti ne presegajo mejnih koncentracij za 2. kakovostni razred (tabela 14, slika 4.3). V sedimentu Ljubljance smo določili visoke vsebnosti kroma, niklja in živega srebra (slika 4.4), vsebnost težkih kovin v Gradaščici je bila nizka (slika 4.5).

Bezlanov graben in Curnovec

Osnovne fizikalno kemijske analize Bezlanovega grabna in Curnovca kažejo, da sta oba potoka močno onesnažena, kar je verjetno posledica vpliva izcednih voda iz deponije Barje. Po merilih za ocenjevanje kakovosti površinskih vodotokov [12-15] oba vodotoka glede na merjene kemijske parametre uvrščamo v najslabši, to je 4. kakovostni razred (tabela 14). Pravzaprav imata oba vodotoka po kemijski analizi prej karakteristike kanala z odpadno vodo kot naravnega vodotoka.

Na obeh zajemnih mestih, predvsem v Curnovcu, smo izmerili visoko električno prevodnost, značilno za odpadne vode in zelo nizko vsebnost kisika. Po vrednostih kemijske in biokemijske potrebe po kisiku obe zajemni mesti uvrščamo v najslabši, 4. kakovostni razred, saj je bilo onesnaženje z organsko maso izredno veliko. Primerjava rezultatov z letom 1998 pokaže, da se je v letu 1999 stanje na obeh vodotokih poslabšalo (sliki 4.1 in 4.2). Onesnaženje z organskimi snovmi je bilo v Bezlanovem grabnu večje kot v Curnovcu (slika 4.6), medtem ko smo v Curnovcu določili več nutrientov, predvsem amonija, kot v Bezlanovem grabnu (slika 4.7). Razmerje KPK / BPK₅ je bilo visoko za oba vodotoka. V Curnovcu je razmerje doseglo celo 10, kar pomeni, da je bilo prisotnih veliko biokemijsko težje razgradljivih snovi, oziroma toksičnih spojin, ki zavirajo biokemijsko razgradnjo (sliki 4.1 in 4.6). Visoka je bila vsebnost nutrientov, predvsem amonijevih spojin, v Bezlanovem grabnu pa tudi nitritov in fosfatov. Nitrati so bili na obeh mestih nizki, kar kaže na redukativne razmere medija (sliki 4.2 in 4.7). Zelo visoke so bile tudi vsebnosti celokupnega organskega ogljika in celokupnega dušika (slika 4.7). V Bezlanovem grabnu smo leta 1998 določili visoko vsebnost sulfatov, v vzorcu vzetem avgusta 1999 je bila vsebnost nižja več kot 250-krat. Visoke vsebnosti kalija (Bezlanov graben

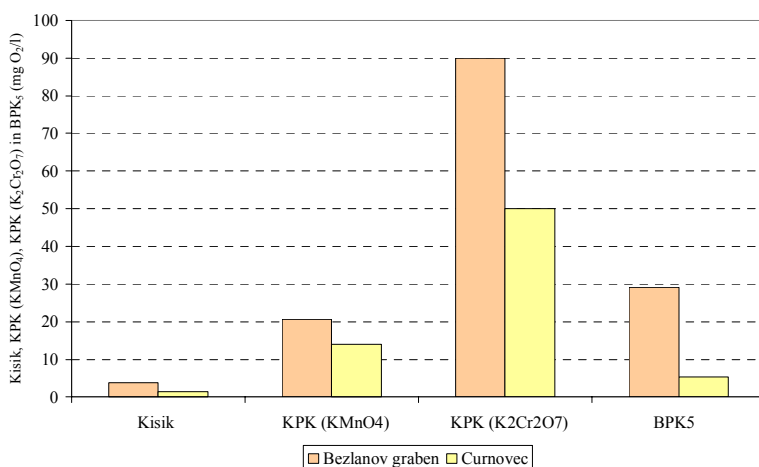


62,2 mg/l, Curnovec 48,7 mg/l) kažejo na onesnaženje s komunalnimi odpadki. Vsebnost bora je bila avgusta 1999 v Bezanovem grabnu 4 krat-, v Curnovcu celo 17-krat višja kot leto pred tem. Vsi rezultati analiz za omenjene parametre so v prilogi 9 (tabela 10).

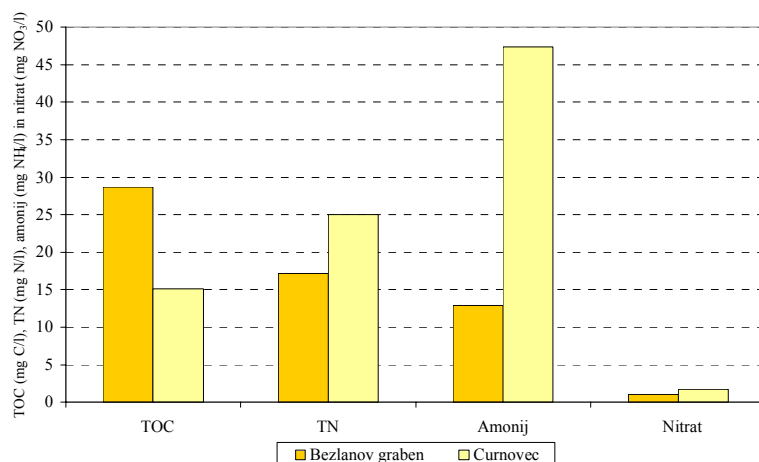
Vsebnost težkih kovin v vodi in suspendiranih delcih je bila tako v Bezanovem grabnu kot v Curnovcu nizka (priloga 9: tabela 11). V večini vzorcev so bile vsebnosti težkih kovin pod mejo detekcije, le vsebnost bakra, kroma, niklja in v Bezanovem grabnu tudi svinca so bile nad mejo detekcije [12-15].

Na posnetku GC/MS smo v vodi Curnovca in Bezanovega grabna ugotovili številne spojine, ki izhajajo iz kanalskih odpadkov (višje alkanske kisline, kofein), razne sestavine in razgradne produkte mineralnih olj, organsko vezane fosfate, derivate policikličnih aromatskih ogljikovodikov, derivate benzojske kisline in substituirane holesterole (priloga 9). Z metodo GC/MS smo v sedimentu Bezanovega grabna in Curnovca identificirali poleg elementarnega žvepla še številne organske spojine. Tako kot pri identifikaciji organskih spojin za vodo ugotavljamo, da je sediment v Bezanovem grabnu huje onesnažen kot v Curnovcu.

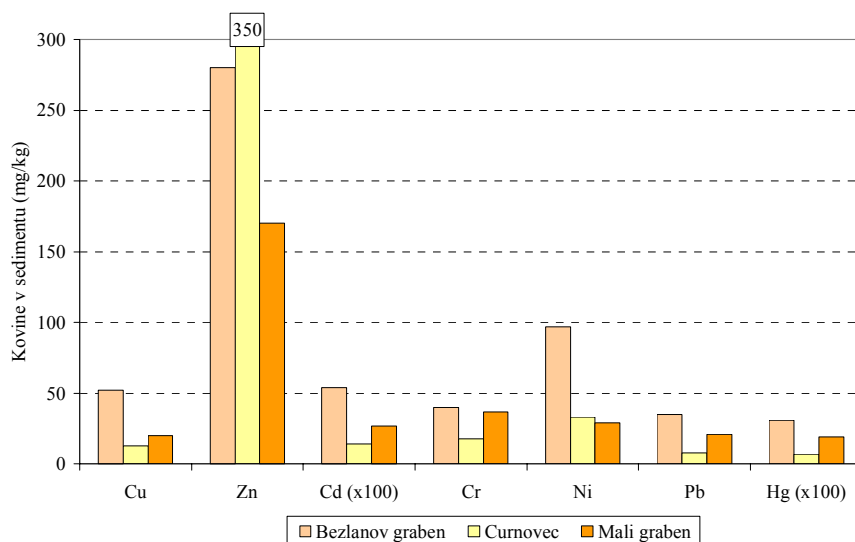
V sedimentu Bezanovega grabna smo določili nekoliko povišane vsebnosti bakra, cinka, niklja in živega srebra, v sedimentu Curnovca pa visoko vsebnost cinka, vendar vse še v dopustnih mejah za 2. kakovostni razred. Vsebnost živega srebra, katerega smo v sedimentu leta 1998 določili celo 2,00 mg/kg, je bila leta 1999 bistveno nižja, le 0,071 mg/kg (priloga 9: tabela 12, slika 4.3).



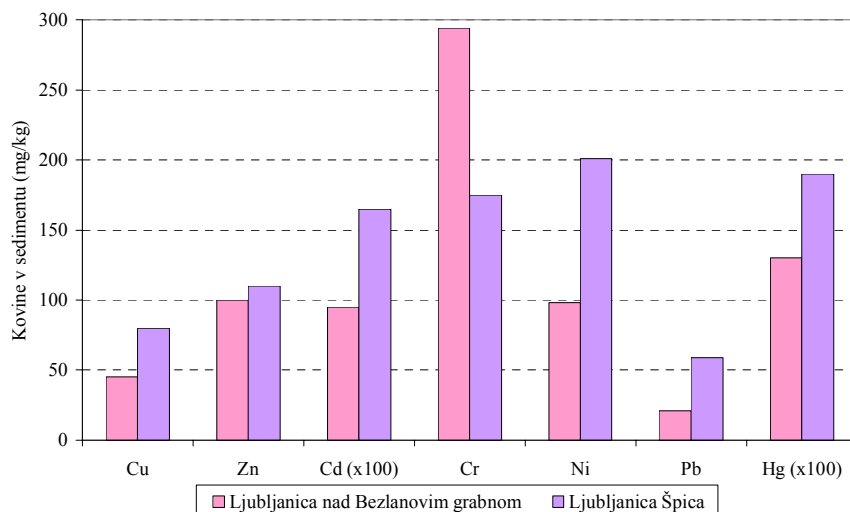
Slika 4.6: Vsebnost kisika ter vrednost kemijske (KPK, metodi s KMnO_4 in $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_4$) in biokemijske (BPK₅) potrebe po kisiku v Bezanovem grabnu in Curnovcu leta 1999



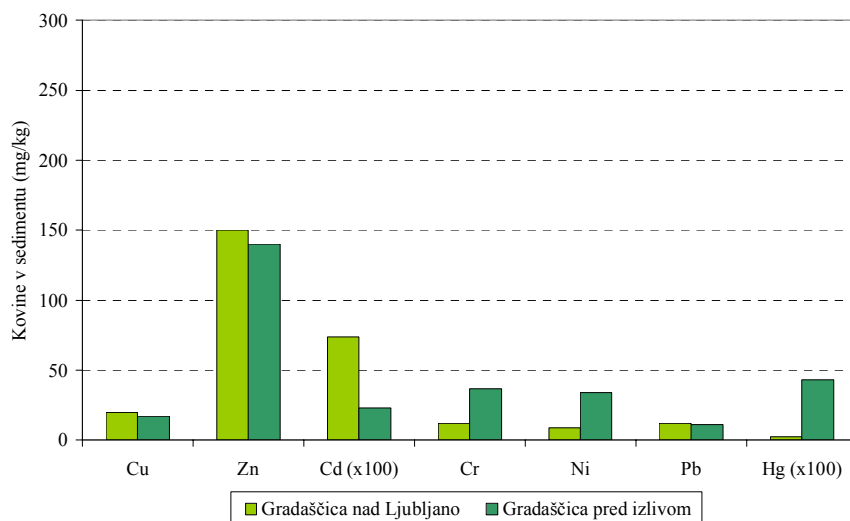
Slika 4.7: Vsebnost celokupnega organskega ogljika (TOC), celokupnega dušika (TN), amonija in nitrata v Bezanovem grabnu in v Curnovcu leta 1999



Slika 4.3:
Vsebnost težkih kovin v sedimentu Bezlanovega grabna, Curnovca in Malega grabna v letu 1999



Slika 4.4:
Vsebnost težkih kovin v sedimentu Ljubljanice v letu 1999



Slika 4.5:
Vsebnost težkih kovin v sedimentu



Gradaščica

Gradaščica nad Ljubljano je dokaj čist potok z ugodnimi kisikovimi razmerami in nizko obremenjenostjo z organsko maso (slika 4.1). Na poti skozi Ljubljano se kakovost nekoliko poslabša. Poslabšanje kakovosti Gradaščice med dvema zajemnim mestoma (nad Ljubljano in pred izlivom v Ljubljanico) je bilo v letu 1999 manjše kot leta 1998. Voda in suspendirane snovi Gradaščice niso obremenjene s težkimi kovinami. V sedimentih Gradaščice, vzetih na obeh zajemnih mestih, nismo določili povišanih vsebnosti težkih kovin, razen živega srebra v Gradaščici pred izlivom v Ljubljanico (slika 4.5).

Tudi na osnovi posnetka GC/MS ne ugotavljamo bistveno večje obremenjenosti Gradaščice z organskimi spojinami pred izlivom v Ljubljanico glede na zajemno mesto nad Ljubljano. Enaka ugotovitev velja tudi za sediment. Z metodo GC/MS smo na obeh vzorčevalnih mestih identificirali skoraj identične spojine: elementarno žveplo, ftalate, terpenski ogljikovodik, holesterol, dihidroholesterol ter frakcije mineralnih olj. Na izlivu Gradaščice v Ljubljanico onesnaženje ni bilo večje kot v Gradaščici nad Ljubljano (priloga 9).

Ocene razredov kakovosti za obe zajemni mesti: 2. razred za Gradaščico nad Ljubljano in 2-(3) razred za Gradaščico pred izlivom v Ljubljanico (tabela 14).

Ljubljanica

Kakovost Ljubljanice smo v okviru monitoringa za MOL analizirali na dveh zajemnih mestih in sicer pred izlivom Bezlanovega grabna in na Špici. V analizo kakovosti Ljubljanice smo v grafične prikaze vključili tudi rezultate analiz Ljubljanice na Livadi dne 6.8.1999. Vrednosti osnovnih fizikalno-kemijskih parametrov so bile v letu 1999 na obeh zajemnih mestih (pred izlivom Bezlanovega grabna in na Špici) praktično enake in so ustrezale zahtevam za 2-(3) razred kakovosti (priloga 9: tabela 10 in tabela 14). Koncentracije težkih kovin v vodi in v suspendirani fazi so bile na obeh zajemnih mestih nizke, najpogosteje pod mejo določljivosti analitske metode (priloga 9: tabela 11 in tabela 14). Na obeh zajemnih mestih tudi z metodo na GC/MS v vodi nismo ugotovili večjega onesnaženja z organskimi spojinami. Na osnovi kromatogramov GC/MS smo ugotovili prisotnost višjih alkanskih kislin in alkoholov ter holesterola in alkanov (priloga 9).

Dosti bolj kot voda je s težkimi kovinami onesnažen sediment Ljubljanice in sicer na obeh zajemnih mestih. Primerjava treh slik (4.3 do 4.5) pokaže, da so s težkimi kovinami med vsemi zajemnimi mesti na območju MOL najbolj onesnaženi prav sedimenti, odvzeti iz Ljubljanice. V njih smo na Špici določili preveč niklja, na obeh zajemnih mestih pa previsoke vsebnosti kroma in živega srebra (priloga 9: tabela 12, tabela 14 in slika 4.4). V sedimentu na obeh vzorčevalnih mestih nismo ugotovili onesnaženja z organskimi spojinami, z metodo GC/MS smo identificirali le sled elementarnega žvepla in estra ftalne kisline.

Ocene razredov kakovosti glede na merjene kemijske parametre za Ljubljanico: Ljubljanica nad Bezlanovim grabnom 2-3, Ljubljanica-Špica pa 3 (tabela 14).

Mali graben

Osnovni fizikalno-kemijski parametri so leta 1999 v Malem grabnu ustrezali zahtevam za drugi kakovostni razred (priloga 9: tabela 10, tabela 14 in sliki 4.1, 4.2). Od težkih kovin smo v vodi določili nižje vsebnosti bakra, v suspendirani fazi pa kadmija in niklja (priloga 9: tabela 11). Z metodo GC/MS smo v vodi ugotovili prisotnost višjih alkanskih kislin, holesterola, alkanov in alkenov (priloga 9). V sedimentu Gradaščice pred izlivom smo določili povišano vsebnost živega srebra (priloga 9: tabela 12, slika 4.5).

Ocena razreda kakovosti za merjene kemijske parametre za Mali graben je 2 (tabela 14).



5.2.2 Bakteriološke analize

Vzorci za bakteriološke analize smo zajeli štirikrat v juliju in avgustu, v času kopalne sezone. Izbrali smo tista zajemna mesta, kjer se ljudje kopajo.

V vzorcih smo analizirali dva parametra, predpisana v pravilniku o higienskih zahtevah za kopalne vode [16]:

1. skupne koliformne bakterije, MPN v 100 ml
2. koliformne bakterije fekalnega izvora MPN v 100 ml

Rezultati analiz, zbrani v tabeli 13 priloge 9, so bili ocenjeni po zgoraj navedenem pravilniku. Noben preiskan vzorec vode ni ustrezal zahtevam pravilnika, vsi preiskani vzorci so bili po bakteriološki analizi neprimerni za kopanje.



5.2.3 Ocena razredov kakovosti za površinske vodotoke na območju MOL v letu 1999

Zanesljivost določitve kakovostnega razreda za določeno zajemno mesto vodotoka je odvisna tako od pogostosti vzorčenja kakor od števila parametrov, ki jih določamo. Za ugotavljanje onesnaženosti površinskega vodotoka so pomembni tudi biološki parametri (saprobni indeks). V površinskih vodotokih na območju MOL nismo določali saprobnega indeksa in kvantitativno določali organskih mikropolutantov, zato so v tabeli 14 navedene ocene kakovostnih razredov za merjene kemijske parametre. Vrstni red ocen kakovostnih razredov v tabeli 14 je enak vrstnemu parametrov v glavi tabele. V oceni po kemijskih parametrih je upoštevana tudi vsebnost kovin v sedimentu.

Primernosti vodotoka za kopalne vode vrednotimo glede na normativ v pravilniku o higienskih zahtevah za kopalne vode [16]. Mikrobiološki normativi, upoštevani pri kakovostnih razredih površinskih vodotokov [12], upoštevajo le skupne koliformne bakterije, normativi za kopalne vode pa tudi koliformne bakterije fekalnega izvora [16].

V površinskih vodotokih smo v okviru monitoringa za MOL v letu 1999 analizirali:

- 4 krat mikrobiološke parametre
- 1 krat osnovne fizikalno-kemijske parametre, kovine v vodi in sedimentu
- 1 krat kvalitativno določili prisotnost organskih spojin z metodo GC/MS

Tabela 14: Ocena razredov kakovosti površinskih vodotokov za kemijske parametre na območju MOL za leto 1999

Vodotok	Osnovni fizikalno-kemijski parametri		Kovine (voda + susp)	Kovine-sediment		OCENA ZA KEMIJSKE PARAMETRE
	KPK, BPK ₅ , NH ₄ , NO ₂ , NO ₃ , PO ₄ , B	Skupaj		Cu, Zn, Cd, Cr, Ni, Pb, Hg	Skupaj	
Ljubljana nad B.grabnom	2,1,2,3,2,1,1	2-(3)	1	2,1,1,3,2,1,4	3	2-3
Ljubljana-Špica	2,1,2,3,1,2,1	2-(3)	1	2,1,2,3,4,2,4	4	3
Bezlanov graben	4,4,4,4,1,2,4 *	4	1	2,2,1,1,2,1,3	2	4
Curnovec	4,3,4,2,1,2,4 *	4	1	1,3,1,1,1,1,2	1	4
Mali graben	2,1,2,2,1,2,3	2	1	1,1,1,1,1,1,2	1	2
Gradaščica nad LJ	2,1,1,1,1,1,2	2	1	1,1,1,1,1,1,1	1	2
Gradaščica pred izlivom	2,2,2,3,1,2,1	2	1	1,1,1,1,1,1,3	2	2-(3)

* Zaradi reduktivnih razmer v vodotoku so vsebnosti NO₃ in NO₂ nižje, anorgansko vezani dušik predvsem kot NH₄ ; zelo visoke vsebnosti bora



6 ZAKLJUČKI

6.1 PODTALNICE

Na osnovi rezultatov meritev in analiz, katere smo izvedli v okviru monitoringa kakovosti podtalnice v obdobju od začetka marca 1999 do konca februarja 2000, ugotavljamo:

Črpališča pitne vode

Na območju MOL je bila tako kot v preteklih obdobjih tudi v obdobju od začetka marca 1999 do konca februarja 2000 najslabše kakovosti podtalnica v črpališču pitne vode v Hrastju. Podtalnica je bila onesnažena z naslednjimi parametri, ki kažejo na onesnaženje zaradi človekovih dejavnosti:

- Velik problem v Hrastju je onesnaženje podtalnice s pesticidi, posebno s triazini. Vsebnost atrazina je v vseh analiziranih vzorcih presegla najvišjo dopustno koncentracijo, najvišjo vsebnost 0,29 µg/l smo določili septembra (priloga 4). Metabolit desetilatrazin je dopustno koncentracijo presegel v 18 od 24 vzorcev.
- V letu 1998 se je v podtalnici Ljubljanskega polja pojavil tudi herbicid bromacil, katerega smo do takrat določali le v Homcu v dolini Kamniške Bistrice, sicer pa nikjer v Sloveniji. V opazovanem obdobju so se vsebnosti bromacila znižale. V dveh od 24 vzorcev smo določili še dopustne vsebnosti tega herbicida.
- Na tem mestu smo ugotovili tudi najvišje vrednosti AOX ter tetrakloroetilena v podtalnici na območju MOL.
- Vsebnosti lahkih halogeniranih ogljikovodikov, predvsem tetrakloroetilena so se glede na prejšnja obdobja močno povečale (slika 3.26, 3.27).
- V podtalnici v Hrastju smo določili najvišje koncentracije kroma, pa tudi sorazmerno visoke vsebnosti svinca, ki so dosegale do 20% dopustne koncentracije.
- Vsebnost nitratov je bila v opazovanem obdobju v 19 od 24 vzorcev nad priporočeno mejno koncentracijo EU, na tem mestu ugotavljamo trend rasti nitratov (slike 1.7, 3.3 in 3.5).

Na osrednjem črpališču ljubljanskega vodovoda v Klečah v obdobju od začetka marca 1999 do konca februarja 2000 še vedno ugotavljamo onesnaženje podtalnice s šest-valentnim kromom, ki se počasi znižuje. Herbicid atrazin je v opazovanem obdobju mejne dopustne koncentracije presegel v 2 od 24 vzorcev. Glede na predhodnja obdobja na tem mestu ugotavljamo manjše upadanje vsebnosti atrazina (sliki 3.17 in 3.18).

Tudi v črpališču v Šentvidu se je vsebnost atrazina v podtalnici v opazovanem obdobju nekoliko znižala. Mejno dopustno vrednost smo določili v 1 od 12 vzorcev, sicer so bile koncentracije nižje od dopustnih vrednosti.

Na ostalih črpališčih je bila podtalnica boljše kakovosti. Manj onesnaženja ugotavljamo v Jarškemrodu in Iškemvršaju (Brestu). Kljub temu pa smo v Jarškemrodu v 1 od 12 vzorcev analizirali cink nad priporočeno mejo EU in višjo vrednost AOX, v Iškemvršaju pa je bil 1 do 6 vzorcev neustrezen kot pitna voda zaradi višjega števila aerobnih mezofilnih bakterij. Vsi ostali parametri, analizirani na teh dveh črpališčih so bili pod normativnimi vrednostimi.



Vrtini

V Stožicah smo v 1 od 6 vzorcev določili nitrat nad priporočeno mejo. Vsebnosti nitrata so bile zelo spremenljive (slika 1.9), povprečne letne vsebnosti so se v triletnem obdobju malo povišale (sliki 3.9 in 3.12). Na obeh vrtinah v opazovanem obdobju nismo ugotovili drugih onesnaženj.

Industrijski vodnjaki

V Dekorativni ugotavljamo najvišjo električno prevodnost podtalnice na Ljubljanskem polju. Od leta 1997 se na tem mestu povečujejo vsebnosti nitrata (sliki 3.13 in 3.16). V opazovanem obdobju so v vseh vzorcih presegle priporočene vsebnosti EU (slika 1.9). Na tem mestu smo v 1 od 4 analiziranih vzorcev določili nekoliko višjo vsebnost svinca, v 2 od 6 vzorcev pa še dopustno vsebnost atrazina in njegovega metabolita desetilatrazina. Tudi v Dekorativni ugotavljamo v letu 1999 dvigovanje vsebnosti lahkih ogljikov, predvsem trikloroetilena (priloga 8).

V Koteksu so preiskani vzorci vsebovali atrazin in desetilatrazin, v 3 od 6 vzorcev je vrednost dosegla dopustno mejo. Tudi v tem industrijskem vodnjaku se vsebnosti lahkih ogljikov, predvsem tetrakloroetilena, zvišujejo, kar se dodatno kaže na povišanih vrednostih AOX. 2 od 6 preiskanih vzorcev sta bila mikrobiološko oporečna (priloga 8).

V Eloku v opazovanem obdobju ne ugotavljamo večjega onesnaženja.

Trendi zviševanja vsebnosti parametrov v triletnem obdobju

- Nitrat v Hrastju in Dekorativni (sliki 3.5 in 3.16)
- Veliko zvišanje lahkih ogljikov v Hrastju (slika 3.27), manjše na vseh ostalih merilnih mestih
- Šest-valentni krom v Hrastju (slika 3.25)

Trendi zniževanja vsebnosti parametrov v triletnem obdobju

- Zniževanje vsebnosti atrazina v Klečah in v Hrastju (sliki 3.18 in 3.19)
- Zniževanje vsebnosti šest-valentnega kroma v Klečah (slika 3.24)

6.2. POVRŠINSKI VODOTOKI

V okviru monitoringa kakovosti površinskih vodotokov na območju Mestne občine Ljubljana smo enako kot v letu 1998 tudi leta 1999 ugotavljali onesnaženost tistih vodotokov, ki jih v okviru državnega monitoringa ne spremljamo. V program je bilo vključenih osem zajemnih mest, glavna kriterija za izbiro zajemnih mest pa sta bila vpliv večjih onesnaževalcev in primernost vodotokov za kopanje.

Ugotovili smo, da sta potoka Curnovec in Bezlanov graben izredno močno onesnažena (za oba glede na merjene kemijske parametre ocena 4. razred), kar je verjetno posledica dotoka izcednih vod iz deponije Barje. Slaba kakovost omenjenih vodotokov po izlivu poslabša kakovost Ljubljanice kljub sorazmerno majhnih pretokom le-teh.

Mali graben ni močno onesnažen, ocenjen razred kakovosti glede na merjene kemijske parametre za leto 1999 je 2. Onesnaženja z organskimi spojinami smo z identifikacijsko metodo GC/MS ugotovili tako v vodi kot v sedimentu tega vodotoka.

Gradaščici se kakovost na poti skozi Ljubljano poslabša z 2. na 2-(3). razred. Na zajemnem mestu pred izlivom v Ljubljanico smo v vodi določili višje vsebnosti nitrata, v sedimentu pa živega srebra.



V Ljubljani ugotavljamo na obeh vzorčevalnih mestih v vodi višje vsebnosti nitrita, v sedimentu pa zelo veliko živega srebra in kroma, v Ljubljani na Špici pa tudi niklja. Med obema zajemnimima mestoma se kakovost Ljubljanice glede na merjene kemijske parametre poslabša z 2-3. na 3. razred.

Rezultati bakterioloških analiz so bili vrednoteni na podlagi Pravilnika o higienskih zahtevah za kopalne vode [16]. Po tem pravilniku je bilo vseh 24 vzorcev neustreznih za kopanje.



7 LITERATURA

- [1] Poročilo o monitoringu kakovosti podtalnice na območju mestne občine Ljubljana v letu 1997, MOP-HMZ junij 1998
- [2] Poročilo o monitoringu kakovosti podtalnice in površinskih vodotokov na območju mestne občine Ljubljana v letu 1998/99 (Zaključno poročilo), MOP-HMZ avgust 1999
- [3] Poročilo o monitoringu kakovosti podtalnice in površinskih vodotokov na območju mestne občine Ljubljana v letu 1999/2000 (prvo vmesno poročilo), MOP-HMZ, oktober 1999
- [4] Poročilo o monitoringu kakovosti podtalnice in površinskih vodotokov na območju mestne občine Ljubljana v letu 1999/2000 (drugo vmesno poročilo), MOP-HMZ, november 1999
- [5] Poročilo o monitoringu kakovosti podtalnice in površinskih vodotokov na območju mestne občine Ljubljana v letu 1999/2000 (tretje vmesno poročilo), MOP-HMZ, januar 2000
- [6] Poročilo o monitoringu kakovosti podtalnice in površinskih vodotokov na območju mestne občine Ljubljana v letu 1999/2000 (četrt vmesno poročilo), MOP-HMZ, april 2000
- [7] Standards Methods for the Examination of Water and Wastewater, 18th Edition, APHA - AWWA - WEF (1992)
- [8] Fritz J.S., Yamamura S.S., *Anal.Chem.* **27** (9), 1461 (1995)
- [9] Manual for Monitoring Oil and Dissolved/Dispersed Petroleum Hydrocarbon in Marine Waters and on Beaches, UNESCO 13/1984
- [10] Pravilnik o zdravstveni ustreznosti pitne vode *Uradni list RS, št. 46/97* ter dopolnili *Uradni list RS, št. 52/97* in *Uradni list RS, št. 54/98*
- [11] Council Directive 80/778/EEC of 15 July 1980 relating to the quality of water intended for human consumption
- [12] Uredba o klasifikaciji voda medrepubliških vodnih tokov, meddržavnih voda in voda obalnega morja Jugoslavije, *Uradni list SFRJ, št. 6/78*
- [13] Odlok o maksimalno dopustnih koncentracijah radionuklidov in nevarnih snovi v medrepubliških vodnih tokovih, meddržavnih vodah in vodah obalnega morja Jugoslavije, *Uradni list SFRJ, št. 8/78*
- [14] 75/440/EEC, Concil Directive of 16. June 1975, concerning the quality required for the abstarction of drinking water in the Member States
- [15] Allgemeine Güteanforderungen für Fliessgewässer (AGA)-Tscheidungshilfe für die Wasserrechtbehörden in Wasser-rechtlichen Erlaubnisverfahren, Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft vom 14. Mai 1991 (MBI.NW S. 863)
- [16] Pravilnik o higienskih zahtevah za kopalne vode, *Uradni list SRS, št. 9/88*
- [17] Geološka karta Slovenije, Geološki zavod Ljubljana
- [18] Sigel H., Metal Ions in Biological Systems, Vol. 18, Circulations of Metals in the Environmental, Marcel Dekker, Inc, New York
- [19] Turekian K.K., Distribution of the elements in some major units of the earth's crust, *Geological Society of America Bulletin* **72** (1961) 175 - 19
- [20] Raziskave kakovosti voda površinskih vodotokov v Sloveniji 1986, 1987, 1988, 1989, 1990, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996 in 1997, HMZ RS, Ljubljana