

1. UVOD

Od začetka marca 2001 do konca februarja 2002 smo v okviru pogodbe št. ZVO 1/2000 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 smo zaradi slabšega poznavanja kakovosti manjših vodotokov na območju MOL, začeli izvajati tudi monitoring kakovosti površinskih vodotokov [2]. V letu 1999 smo razširili monitoring podtalnice z dodatnimi analizami kovin in AOX [3]. Novembra 2001 smo v podtalnici začeli določevati tudi razpadni produkt pesticida diklobenila, 2,6-diklorobenzamid.

Podtalnico Ljubljanskega polja smo, enako kot v preteklem obdobju, vzorčevali na desetih različnih mestih 6 do 24 krat letno. Pogostost vzorčevanja je bila največja na črpališčih Ljubljanskega vodovoda, predvsem na tistih zajemnih mestih, na katerih smo v okviru državnega monitoringa podtalnice ugotovili povišane vsebnosti nekaterih pokazateljev onesnaženja. Opazovana mesta so bila razporejena po vsem polju s podtalnico in so bila vključena tudi v državni monitoring. Iz Kleč in Hrastja so bili v času vzdrževalnih del, prebivalci oskrbovani s pitno vodo iz nadomestnih vodnjakov. Vzorčevalna mesta smo prilagodili tem spremembam in tudi rezultate analiz podali ločeno.

Površinske vodotoke smo vzorčevali na 9 vzorčevalnih mestih na Ljubljanici in pritokih, od katerih je eno vzorčevalno mesto (Ljubljanica-Livada) vključeno tudi v državni monitoring. Namen monitoringa površinskih vodotokov je bil predvsem ugotavljanje kakovosti vode na kopališčih v poletnih mesecih, ter vpliv deponije na Barju na kakovost Ljubljanice in pritokov.

V poročilo o monitoringu kakovosti podtalnice in površinskih vodotokov na območju Mestne občine Ljubljana smo vključili vse rezultate analiz vzorcev podtalnice in površinskih vodotokov odvzetih od začetka marca 2001 do konca februarja 2002. Rezultati monitoringa za posamezna tromesečja so v vmesnih poročilih [4-7].

Vzorci podtalnice so bili analizirani v laboratoriju MOP-ARSO in IVZ-RS, vzorci površinskih vodotokov pa so bili analizirani tudi v laboratoriju IVO-MB.

2. PROGRAM MONITORINGA

2.1. PROGRAM MONITORINGA KAKOVOSTI PODTALNICE

V obdobju od začetka marca 2001 do konca februarja 2002 smo podtalnico vzorčevali na petih črpališčih Ljubljanskega vodovoda, treh industrijskih vodnjakih in dveh vrtinah. Zaradi vzdrževalnih del smo podtalnico v Klečah najprej vzorčevali iz nadomestnega vodnjaka Kleče XI, nato pa iz vodnjaka Kleče VIIIa. Tudi v Hrastju smo zaradi vzdrževalnih del odvzemali vzorce iz dveh vodnjakov, iz vodnjaka Hrastje Ia in nadomestnega vodnjaka Hrastje III. V tabeli 1 so navedena zajemna mesta z geodetskimi koordinatami, številom vzorcev in načinom vzorčevanja. Karta z vrisanimi zajemnimi mesti za podtalnico na Ljubljanskem polju je v prilogi 1. V karto zaradi preglednosti nismo vrisali nadomestnih vodnjakov. Program monitoringa kakovosti podtalnice je v prilogi 3, datumi vzorčevanj pa v prilogah 4 do 8 (tabele z rezultati).

Obseg analiz podtalnice v obdobju od začetka marca 2002 do kanca februarja 2002

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

Skupinski kazalci onesnaženja: detergenti, mineralna olja, fenolne snovi in AOX

Kovine: Cu, Zn, Cd, Cr, Ni, Pb in Hg

Triazinski pesticidi: atrazin, desetilatrazin, desizopropilatrazin, simazin, propazin, prometrin, cianazin, terbutilazin, terbutrin in bromacil, razpadni produkt diklobenila 2,6-diklorobenzamid (od novembra 2001).

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 in heksaklorobenzen

Lahkohlapni halogenirani ogljikovodiki: triklorometan, tribromometan, bromdiklorometan, dibromoklorometan, trikloronitrometan, tetraklorometan, diklorometan, 1,1-dikloroetan, 1,2-dikloroetan, 1,1-dikloroeten, 1,2-dikloroeten, 1,1,2,2-tetrakloroeten, 1,1,2-trikloroeten, 1,1,1-trikloroetan, 1,1,2-trikloroetan, 1,1,2,2-tetrakloroetan, triklorofluorometan in 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, koordinatami, številom vzorcev in načinom vzorčevanja v obdobju marec 2001- februar 2002

	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.
	Kleče XI	P54384	črpališče	5104703	5461010		iz pipe za odvzem vzor.
2	Hrastje (I a) 0344	P54720	črpališče	5102960	5466525	24	iz pipe za odvzem vzor.
	Hrastje III	P54723	črpališče	5103206	5466450		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

Realizacija programa za podtalnice

Februarja 2001 je JP VO-KA pričelo z večjimi obnovitvenimi deli na vodnjakih Kleče VIIIa in Hrastje Ia, ki sta v mreži vzorčevalnih mest za monitoring podtalnice na območju MOL. Obnovitvena dela so bila v Klečah zaključena konec aprila, v Hrastju pa šele julija 2001. V februarja vzorčevanje na teh dveh črpališčih ni bilo možno, marca pa smo pričeli vzorčevati na nadomestnih vodnjakih Kleče XI in Hrastje III. Manjkajoče štiri vzorce, katere nismo uspeli

analizirati februarja 2001, smo po dogovoru z MOL vzorčili in analizirali na nadomestnih vodnjakih Kleče XI in Hrastje III julija in avgusta 2001, sočasno z vodnjaki Kleče VIIa in Hrastje Ia. Za sočasno vzorčevanje smo se odločili zaradi primerjave rezultatov analiz. Prav tako smo, v obdobju od decembra 2001 do februarja 2002, zaradi popravil v črpališču Jarški prod namesto treh, izvedli le eno vzorčenje. Ostala dva vzorčenja bomo po dogovoru z MOL nadomestili v juliju in avgustu 2002. Namesto dveh analiz organoklornih pesticidov, ki sta bili po programu predvideni v Klečah, Hrastju in Šentvidu smo izvedli samo eno analizo. V naslednjem pogodbenem obdobju organoklornih pesticidov ne bomo več analizirali zato manjkajočih analiz ne bo možno nadomestiti.

2.2. PROGRAM MONITORINGA KAKOVOSTI POVRŠINSKIH VODOTOKOV

Program monitoringa površinskih vodotokov na območju MOL obsega vzorčevanje in analizo vzorcev na 9 zajemnih mestih, označenih na karti v prilogi 2.

1. Ljubljana nad izlivom Bežanovega grabna
2. Ljubljana - Livada
3. Ljubljana – pod izlivom Malega grabna (Špica)
4. Bežanov graben
5. Curnovec
6. Mali graben
7. Gradaščica nad Ljubljano
8. Gradaščica pred izlivom
9. Ižica

Zajemno mesto Ljubljana–Livada je obenem vključeno tudi v program državnega monitoringa. Vrsta, obseg in pogostost analiz je prikazana v tabeli 2. Vzorci za fizikalno in kemijsko analizo so bili zajeti na osmih vzorčevalnih mestih, dne 16.8.2001, v času nizkih srednjih pretokov, za bakteriološko analizo pa štirikrat v juliju in avgustu, to je v času kopalne sezone.

Tabela 2: Zajemna mesta za spremljanje kakovosti površinskih vodotokov, geodetske koordinate, vrsta, obseg in pogostost analiz v obdobju marec 2001- februar 2002

	Vodotok	Zajemno mesto	Geodetske koordinate		Pogostost vzorčevanja				
			X	Y	F,K (v)	KO (v,s)	Bor (v)	GC/MS (v,s)	B (v)
1	Ljubljana	nad izlivom Bezan. grabna	5459380	5095450	1	1	1	1	4
2	Ljubljana	Livada	5462340	5099160	1	/	/	/	1
3	Ljubljana	pod izl. M. grabna v višini Špice	5462510	5099440	1	1	1	1	4
4	Bezanov 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

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

Obseg analiz površinskih vodotokov od mareca 2001 do februarja 2002

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

Kovine: Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, Cd, Hg 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

Realizacija programa za površinske vodotoke

Program je bil realiziran v celoti.

3. METODE DELA

3.1. VZORČEVANJE

Vzorčevanje podtalnice

Podtalnico smo vzorčevali v skladu s predpisi ISO 5667-1,2,3,5 in 11. Ob vsakem odvzemu smo izmerili tudi temperaturo zraka.

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 kemijsko 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 in električne prevodnosti.

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

Pred vzorčevanjem smo izmerili nivo podtalnice, nato pa na znani globini podtalnice eno uro prečrpavali s potopno črpalko "Grundfos", tip MP-1 (pretok 0,3l/s). Potek izmenjave s svežo podtalnico smo kontrolirali z meritvami temperature, in električne prevodnosti.

Prečrpavanje in vzorčevanje podtalnice iz vodnjaka (Dekorativna):

Vodnjak Dekorativna, 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.

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. Vzorce smo zajeli na polovici globine. Ob zajemu vzorca smo izmerili temperaturo zraka in vode, pH, električno prevodnost, prosti ogljikov dioksid in raztopljeni kisik. Vzorce za analizo nitrita, kemijske potrebe po kisiku in barve smo konzervirali in shranili na hladnem, kjer smo shranili tudi vse ostale vzorce.

3.2. FIZIKALNE IN KEMIJSKE ANALIZE

3.2.1. Priprava vzorcev

Podtalnica

Na terenu smo v vzorcih podtalnice določili temperaturo vode, pH, električno prevodnost in vsebnost kisika. Ostali parametri so bili analizirani v laboratorijih IVZ-RS in MOP-ARSO. Na terenu smo stabilizirali vzorce za KPK (KMnO_4) s H_2SO_4 (1 : 3) in za nitrit s kloroformom. Za določitev topnih oblik kovin smo vzorce filtrirali skozi membranski filter 0.45 μm ter filtrat nakisali s HNO_3 (konc.) na pH pod 2. Vse vzorce smo takoj po vzorčenju dostavili v laboratorij, kjer smo jih do analize hranili v temi pri 4 °C.

Površinski vodotoki

Na terenu smo določili temperaturo vode in zraka, pH, električno prevodnost in vsebnost kisika. Ostali parametri so bili analizirani v laboratorijih.

Voda in suspendirani delci

V nefiltriranem, premešanem vzorcu smo določili suspendirane snovi, kemijsko in biokemijsko potrebo po kisiku, fenolne snovi in detergente. Iz nefiltriranega, usedenega vzorca smo določili amonijev in nitritni ion, stvarno barvo in mineralna olja. Ostale analize smo naredili iz vzorca, filtriranega skozi filter Schleicher & Schüll 589/1. Za določitev topnih oblik kovin smo vzorce na terenu filtrirali skozi membranski filter 0.45 μm ter filtrat nakisali s HNO_3 (konc.) na pH pod 2. Za določitev koncentracije kovin v suspendiranih delcih smo filter s suspendiranimi snovmi razkrojili s HNO_3 v mikrovalovni peči CEM-MDS 2000.

Za določitev organskih spojin z metodo GC/MS smo uporabili nefiltrirani vzorec vode. Vzorec vode smo homogenizirali, ekstrahirali z diklormetanom in združene ekstrakte koncentrirali z odpihovanjem topila s pomočjo dušika.

Sediment

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

Vzorec za analizo kovin smo pripravili z mokrim razklopom s kislinsko mešanico HNO_3/HCl za analizo Hg pa z razklopom z mešanico $\text{HNO}_3/\text{H}_2\text{SO}_4$ in z dodatkom KMnO_4 . Vse razklope smo naredili v mikrovalovni pečici. Po razklopu smo 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 smo naredili s koncentriranim ekstraktom.

3.2.2. Analizne metode

Merilni principi in referenčni standardi, ki smo jih uporabljali tako pri podtalnicah kot pri površinskih vodotokih so zbrani v tabeli 3.

Tabela 3: Merilni principi in referenčni standardi

Parameter	Enota	Merilni princip	Referenčni standard
Temperatura	°C	Elektrometrija	SIST DIN 38404-6
pH		Elektrometrija	SIST ISO 10523
Električna prevodnost	µS/cm (25°)	Elektrometrija	SIST EN 27888
Raztopljeni kisik	mg O ₂ /l	Titrimetrija Elektrometrija - sonda	SIST EN 25813 SIST EN 25814
KPK (K ₂ Cr ₂ O ₇)	mg O ₂ /l	Titrimetrija	SIST ISO 6060
KPK (KMnO ₄)	mg O ₂ /l	Titrimetrija	SIST EN ISO 8467
BPK ₅	mg O ₂ /l	Titrimetrija	SIST EN 1899-2:1995E
Amonij	mg NH ₄ /l	Spektrofotometrija	SIST 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/l	Spektrofotometrija	SIST EN 1189(mod.)
Celotni fosfat	mg/l	Spektrofotometrija	SIST EN 1189(mod.)
Klorid	mg/l	Titrimetrija	SM 4500 C. lit. [8]
Sulfat	mg/l	Titrimetrija	SIST EN ISO 10304-1
Silicijev dioksid	mg/l	Spektrofotometrija	SM 4500 D. lit. [8]
Alkaliteta	mg/l	Titrimetrija	SIST EN ISO 9963-1
Kalcij	mg/l	Titrimetrija	SIST ISO 6058
Magnezij	mg/l	Titrimetrija	SIST ISO 6059
Natrij	mg/l	Emisijska spektrom.	ISO 9964-1
Kalij	mg/l	Emisijska spektrom.	ISO 9964-2
Aluminij	mg/l	Spektrofotometrija	DIN 38406-E9
Železo	mg/l	Spektrofotometrija	SM 3500 D. lit.[8]
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
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 EN 1485
Baker	µg/l	Elektrotermična AAS	DIN 38406-T7
Cink	µg/l	Plamenska AAS	SIST ISO 8288
Kadmij	µg/l	Elektrotermična AAS	SIST EN ISO 5961
Krom (skupni)	µg/l	Elektrotermična AAS	SIST EN 1233
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	SIST 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
Živo srebro - sediment	mg/kg	ICP-MS	DIN 38406 - 29
Pesticidi (triazini)	µg/l	GC - MS	interna metoda
Pesticidi (organoklorni)	µg/l	GC - ECD	SIST EN ISO 6468

Parameter	Enota	Merilni princip	Referenčni standard
LHCH	µg/l	GC - ECD	SIST EN ISO 10301
Skup.kolifor. bakterije	MPN/100ml	MPN	SIST ISO 9308-2
Kolif.bak.fek.izv.(E. coli)	MPN/100ml	MPN	SIST 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	SIST EN ISO 7899-1
Sulfitred. klostridiji	MF/20ml	MF	SIST EN ISO 26461-2

AAS: atomska absorpcijska spektrofotometrija
 MBAS: "methylene-blue active substances" (substance, ki reagirajo z metilenmodrim indikatorjem)
 KPK: kemijska potreba po kisiku
 TOC: celotni organski ogljik
 TN: celotni dušik
 SSFS: sinhrona fluorescenčna spektrofotometrija (Synchronous Scan Fluorescence Spectrometry)
 AOX: organsko vezani halogeni, sposobni adsorpcije
 LHCH: 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

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. Posnetki GC/MS v vodi so prikazani primerjalno z zmesjo organskih polutantov, ki se pogosto pojavljajo v vodi (zgoraj je prikazana analiza vzorca, spodaj pa analiza primerjalne zmesi). 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 laboratorijsko čisto vodo, R = 18,2 MΩcm).

Sediment

Po ekstrakciji sedimenta in koncentriranju ekstrakta je postopek za posnetke GC/MS sedimentov enak kot za vode. Posnetki GC/MS v sedimentu so tako kot za vodo 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 smo vrednotili po normativih za pitno vodo, ki so v veljavi v Sloveniji od začetka avgusta 1997 [10] ter po smernici Evropske skupnosti (ES), ki je bila v veljavi do novembra 2000, normativi pa do konca 2003 [11]. V tabeli 4 so iz slovenskih in evropskih normativov povzete mejne vrednosti (MV), iz evropske smernice pa tudi priporočene vrednosti (PV) za parametre, ki smo jih določali v podtalnici Ljubljanskega polja v obdobje od marca 2001 do februarja 2002. Pri vrednotenju rezultatov smo za določen parameter upoštevali strožji normativ, ki je v tabeli označen s poudarjenim tiskom.

Tabela 4: Slovenski in evropski normativi za pitno vodo

Parameter	Enota	Smernica ES ¹⁰⁾		
		Slov. normativ ⁹⁾	MV	PV
Temperatura vode	°C	25	25	12
pH		6.5-8.5	6.5-9.5	6.5-8.5
Elektr. prevodnost	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	/	/
Benzen	µg/l	1	/	/
Toluen	µg/l	/	/	/
Ksilen	µg/l	/	/	/
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.)

MV: mejna vrednost

PV: priporočena vrednost (GL - guide level)

KPK: kemijska potreba po kisiku

TBS: tetrapropilen benzen sulfonat

AOX: organsko vezani halogeni, sposobni adsorpcije

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 smo vrednotili glede na uredbi SFRJ [13,14], ki sta bili v času vzorčenja površinskih voda še v veljavi. Na osnovi osnovnih fizikalno-kemijskih, mikrobioloških in saprobioloških parametrov so površinski vodotoki razdeljeni v kakovostne razrede. Zaradi zastarelosti in pomankljivosti omenjenih predpisov smo pri ocenjevanju glede na vsebnost težkih kovin upoštevali tudi dopolnitve s tujimi predpisi [12,15,16]. Mejne vrednosti parametrov za posamezne kakovostne razrede so navedene v tabeli 5, pri čemer so tuji predpisi 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	0,001	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 kolifor. bakterije	MPN/l	2000	100000	200000	>200000
Saprobni indeks		1,0-1,5	1,51-2,5	2,51-3,5	3,51-4,0

KPK: kemijska potreba po kisiku

BPK₅: biokemijska potreba po kisiku

Primernost vode za kopanje smo vrednotili po Pravilniku o higienskih zahtevah za kopalne vode [17]. 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
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) [18] in drugih strokovnih virov [19,20], dopoljenih z rezultati preiskav nekaterih površinskih vodotokov Slovenije na izviri ali na onesnaženih odsekih [21]. 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

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 ZA PODTALNICO

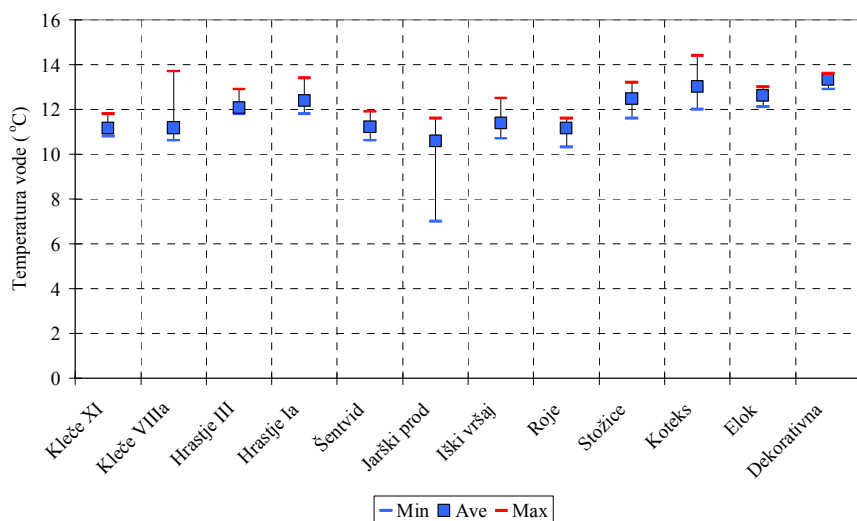
Rezultati analiz vzorcev podtalnice za obdobje od začetka marca 2001 do konca februarja 2002 so zbrani v prilogah 4-8. Rezultate za vodnjaka Kleče XI in Kleče VIIIa ter Hrastje III in Hrastje Ia smo obravnavali ločeno. Rezultate smo statistično obdelali tako, da smo tam, kjer so bili rezultati nižji od meje zaznavnosti analize metode vzeli polovično vrednost meje zaznavnosti. Tabela s statistično obdelanimi rezultati je v prilogi 9.

5.1. FIZIKALNI IN KEMIJSKI PARAMETRI OD MARCA 2001 DO FEBRUARJA 2002

Za obdobje od marea 2001 do februarja 2002 podajamo rezultate za posamezne parametre kot obdobjna povprečja, grafično in v tabeli v prilogi 9. Vsebnosti, ki so visoke in kažejo na onesnaženje posameznih mest, so dodatno prikazane z grafi tako, da je razviden trend v omenjenem obdobju.

Temperatura

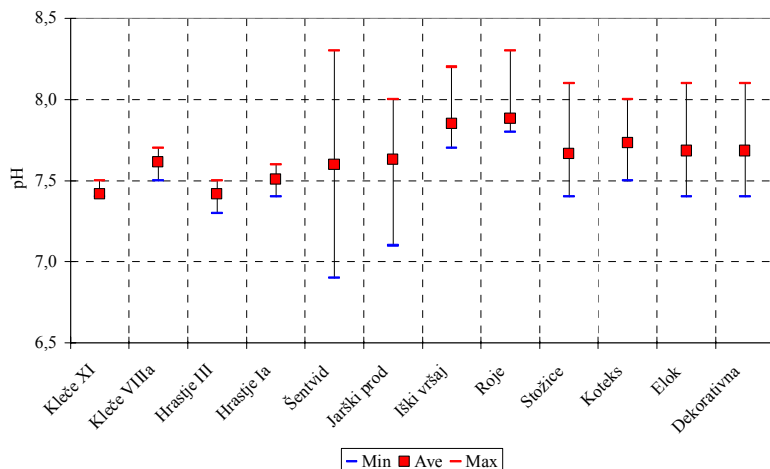
Temperatura podtalnice je bila v obdobju od začetka marca 2001 do konca februarja 2002 na opazovanih mestih med 10,6 °C (Jarški prod) in 13,6 °C (Dekoratívna). V Jarškemrodu smo v decembru izmerili izredno nizko temperaturo (7 °C). Na sliki 5.1 je prikazana povprečna letna temperatura ter najnižja in najvišja temperatura na posameznih zajemnih mestih.



Slika 5.1: Povprečne, najnižje in najvišje temperature podtalnice na vseh zajemnih mestih v obdobju od začetka marca 2001 do konca februarja 2002

pH

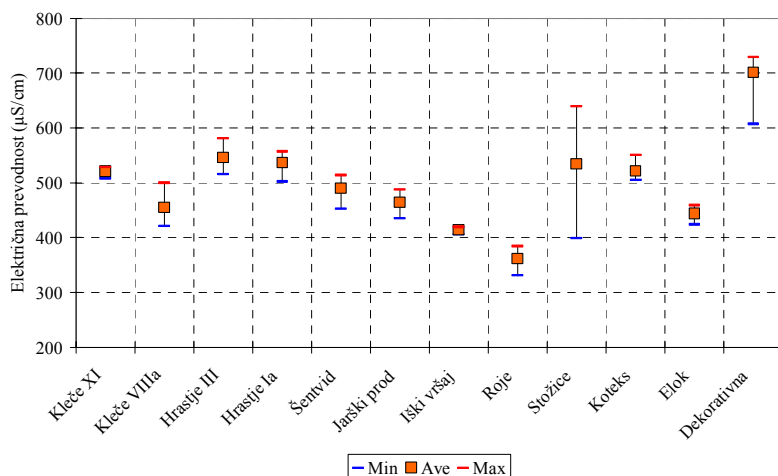
V obdobju od začetka marca 2001 do konca februarja 2002 so bile vse meritve pH v dopustnem območju za pitno vodo. Največja sprememba pH je bila v Šentvidu, kje smo izmerili tudi najnižji (6,9) in najvišji (8,3) pH (slika 5.2).



Slika 5.2: Povprečen, najnižji in najvišji pH v podtalnici na vseh zajemnih mestih v obdobju od začetka marca 2001 do konca februarja 2002

Električna prevodnost pri 25 °C

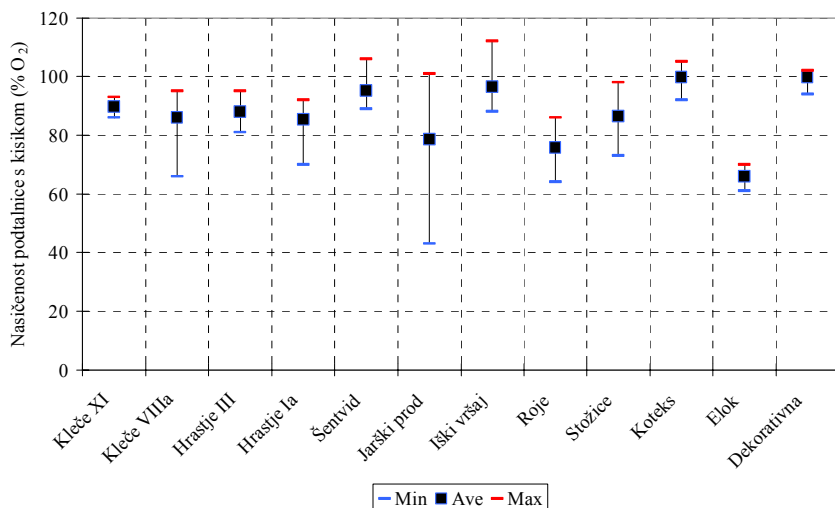
Rezultati meritev električne prevodnosti so odraz geološke osnove vodonosnika, režima toka podzemne vode pa tudi vpliva onesnaženja. Povprečna električna prevodnost vseh meritev je bila 499 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Večina meritev električne prevodnosti, je bila višja od priporočene vrednosti EU 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$, kar je predvsem odraz geološke osnove in hidroloških značilnosti podzemne vode na opazovanem področju. Najvišjo dnevno in obdobjo električno prevodnost smo izmerili v Dekorativni (slika 5.3). Istočasno je bila v podtalnici Dekorativne visoka tudi vsebnost nitratov zato lahko sklepamo, da so visoke koncentracije nitratov vplivale na visoko električno prevodnost. Podobno lahko sklepamo tudi za podtalnico v Stožicah, kjer smo izmerili najvišjo električno prevodnost aprila in junija, ko je bila tudi vsebnost nitratov najvišja.



Slika 5.3: Povprečna, najnižja in najvišja električna prevodnosti v podtalnici na vseh zajemnih mestih v obdobju od začetka marca 2001 do konca februarja 2002

Nasičenost podtalnice s kisikom

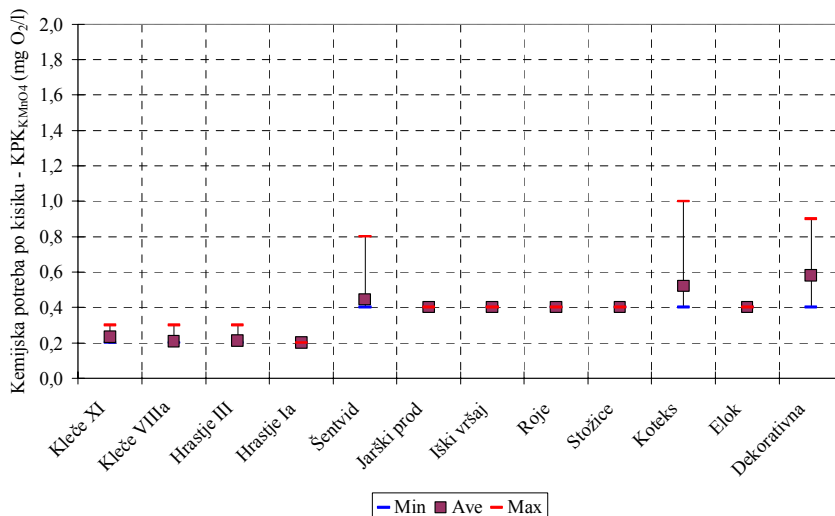
V vseh vzorcih podtalnice smo glede na veljavni slovenski normativ (50% nasičenje) izmerili zadostno nasičenost podtalnice s kisikom. Izjema je Jarški prod, kjer smo v decembru izmerili le 43% nasičenje s kisikom, vendar je bila tudi izmerjena temperatura podtalnice takrat izjemno nizka. Sicer pa je bilo v obdobje od začetka marca 2001 do konca februarja 2002 najnižja nasičenost s kisikom v podtalnici v Eloku (slika 5.4).



Slika 5.4: Povprečna, najnižja in najvišja nasičenosti podtalnice s kisikom na vseh zajemnih mestih v obdobju od začetka marca 2001 do konca februarja 2002

Kemijska potreba po kisiku

Kemijska potreba po kisiku KPK je merilo za vsebnost težje razgradljivih organskih snovi v vodi. Vrednost KPK, določena po permanganatni metodi, je bila na vseh zajemnih mestih v vseh analiziranih vzorcih nižja od dopustne vrednosti 2 mg O₂/l. Na sliki 5.5 so prikazane povprečne, minimalne in maksimalne vrednosti KPK, na osnovi katerih je razvidno, da je KPK na vseh mestih nizka, najvišja vrednost 1,0 mg O₂/l je bila določena avgusta v Koteksu.



Slika 5.5: Povprečne, minimalne in maksimalne vrednosti kemijske potrebe po kisiku, KPK_{KMnO₄}, na vseh zajemnih mestih v obdobju od začetka marca 2001 do konca februarja 2002

Amonij

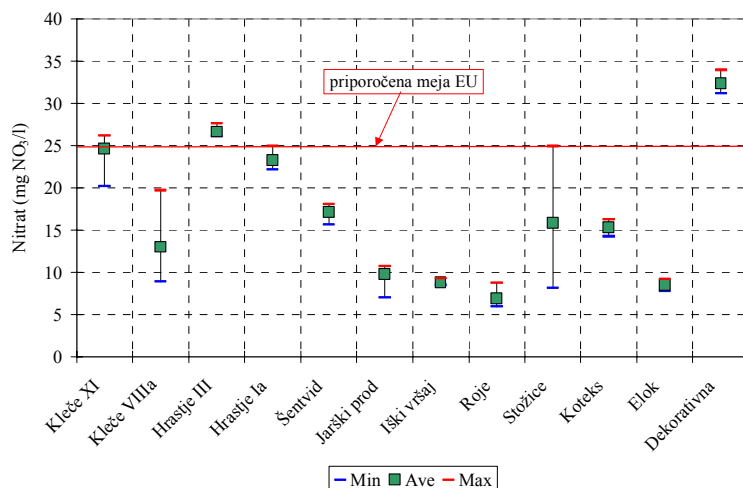
Vsebnost amonija je bila v obdobju od začetka marca 2001 do konca februarja 2002 v vseh analiziranih vzorcih pod mejo zaznavnosti analizne metode.

Nitrit

Vsebnost nitrita je bila v obdobju od začetka marca 2001 do konca februarja 2002 v vseh analiziranih vzorcih pod mejo zaznavnosti analizne metode.

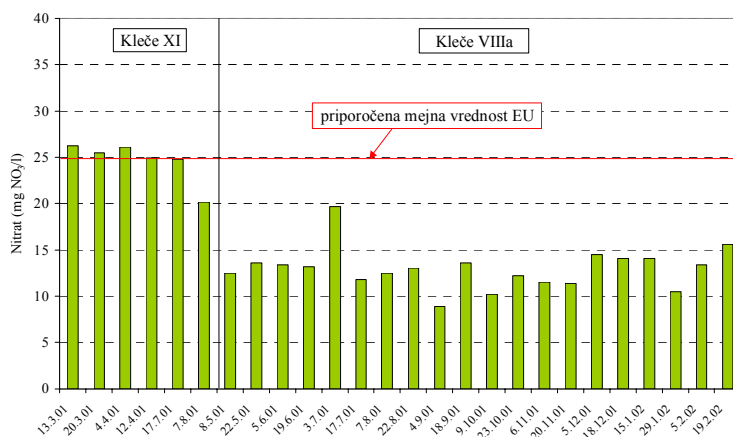
Nitrat

Vsebnosti nitrata v nobenem analiziranem vzorcu niso presegle maksimalne dopustne koncentracije 50 mg NO₃/l (slika 5.6.). Priporočene vrednosti EU 25 mg NO₃/l so bile presežene v vodnjaku Kleče XI (3 vzorci od 6), v vodnjaku Hrastje III (vsi vzorci) in v vseh vzorcih iz vodnjaka Dekorativne (slike 5.7-5.10). Najvišje vsebnosti nitratov (32,4mg NO₃/l) so še vedno v podtalnici Dekorativne. Največja odstopanja od povprečnih vrednosti so bila v Stožicah. V vodnjaku Kleče VIIIa je bila vsebnost nitratov nižja kot v vodnjaku Kleče XI. Nižja vsebnost nitratov je bila tudi v obeh vzorcih iz vodnjaka Kleče VIIIa, ki smo jih 17.7. in 7.8. zajeli sočasno z vzorci iz vodnjaka Kleče XI (slika 5.7). Prav tako je bila vsebnost nitratov v vodnjaku Hrastje Ia nižja kot v vodnjaku Hrastje III. Nižjo vsebnost nitratov smo določili tudi v obeh vzorcih iz vodnjaka Hrastje Ia, ki smo jih 17.7. in 7.8. zajeli sočasno z vzorci iz vodnjaka Hrastje III (slika 5.8).



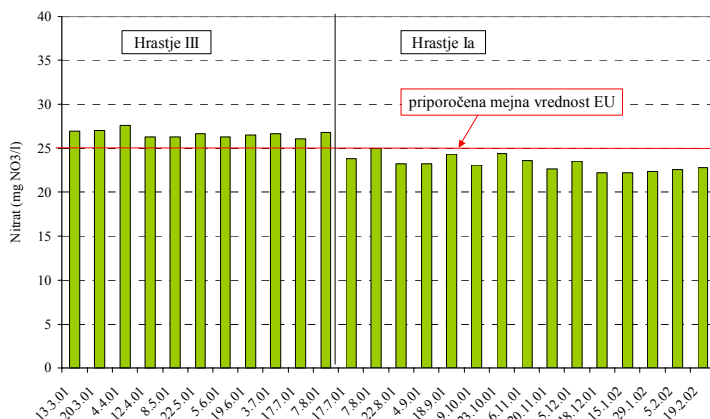
Slika 5.6:

Povprečne, najnižje in najvišje vsebnosti nitrata na vseh zajemnih mestih v obdobju od začetka marca 2001 do konca februarja 2002

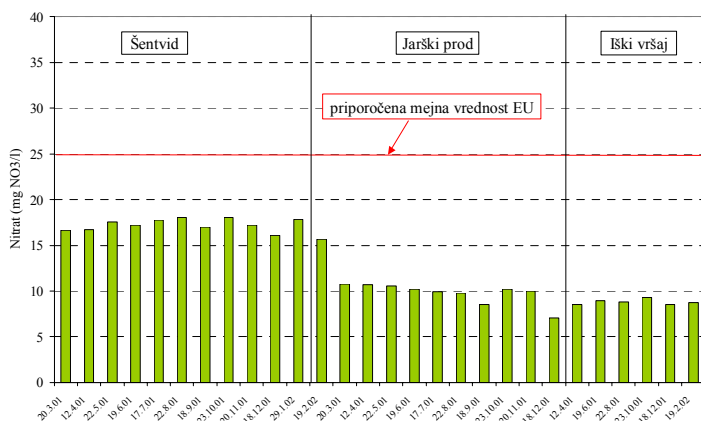


Slika 5.7:

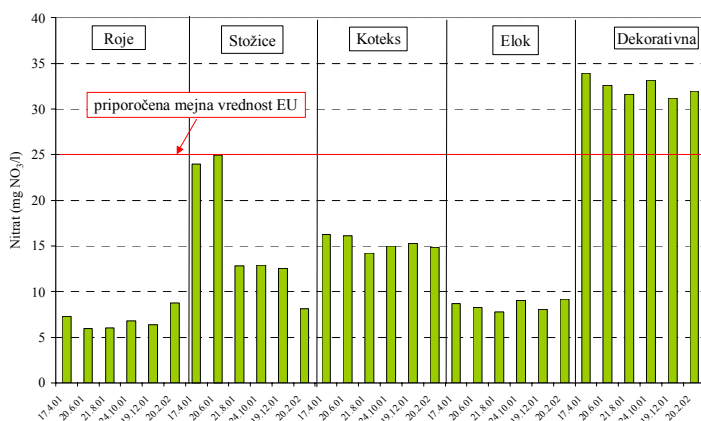
Vsebnost nitrata v podtalnici vodnjakov Kleče XI in Kleče VIIIa v obdobju od začetka marca 2001 do konca februarja 2002



Slika 5.8:
Vsebnost nitrata v podtalnici vodnjakov Hrastje III in Hrastje Ia v obdobju od začetka marea 2001 do konca februarja 2002



Slika 5.9:
Vsebnost nitrata v podtalnici v vrtinah vodnjakov Šentvid, Jarški prod in Iški vršaj v obdobju od začetka marea 2001 do konca februarja 2002



Slika 5.10:
Vsebnost nitrata v podtalnici v vrtinah Roje in Stožice ter v industrijskih vodnjakih Koteks, Elok in Dekorativna v obdobju od začetka marea 2001 do konca februarja 2002

Anionaktivni detergenti

Vsebnost anionaktivnih detergentov je bila v obdobju od začetka marca 2001 do konca februarja 2002 v vseh analiziranih vzorcih pod mejo zaznavnosti analize metode (< 0,05 mg TBS/l).

Mineralna olja

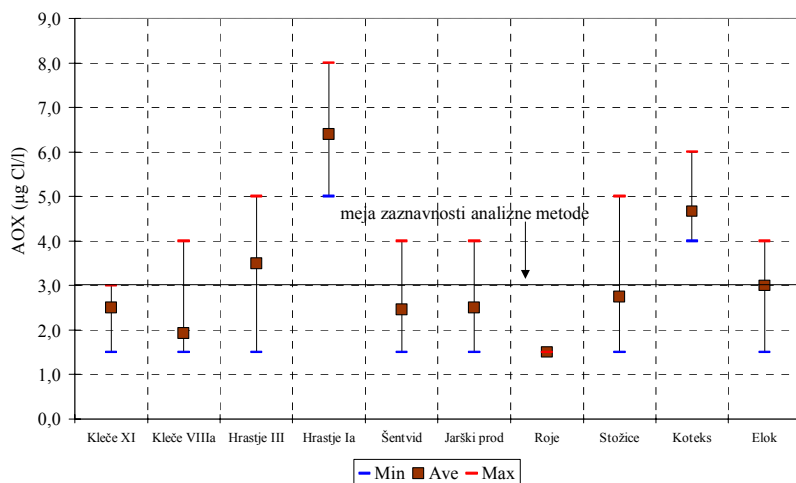
Rezultati analiz so bili v obdobju od začetka marca 2001 do konca februarja 2002 v vseh vzorcih pod mejo zaznavnosti analize metode ($< 0,005 \text{ mg/l}$)

Fenolne snovi

Vsebnost fenolnih snovi, izražena kot fenolni indeks, je bila v obdobju od začetka marca 2001 do konca februarja 2002 v vseh analiziranih vzorcih nižja od meje zaznavnosti analize metode ($< 0,5 \mu\text{g C}_6\text{H}_5\text{OH/l}$).

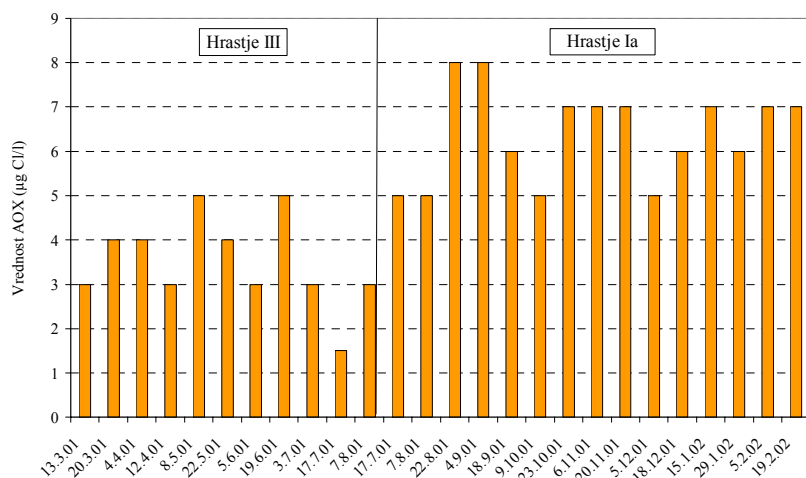
Organsko vezani halogeni sposobni adsorpcije (AOX)

AOX smo analizirali v vzorcih iz Kleč, Hrastja, Šentvida, Jarškega proda, Roj, Stožice, Koteksa in Eloka. Na sliki 5.11 so prikazane povprečne, najnižje in najvišje vrednosti AOX na omenjenih zajemnih mestih. Vrednosti AOX so bile stalno povišane v Hrastju in v Koteksu. V vodnjaku Hrastje Ia so bile vrednosti AOX višje kot v vodnjaku Hrastje III, kar je razvidno tudi iz vzorcev, ki smo jih 17.7. in 7.8. odvzeli sočasno (slika 5.12). V Hrastju Ia smo izmerili tudi najvišjo vrednost AOX, $8 \mu\text{g Cl/l}$. V vseh vzorcih iz vrtine Roje je bila vsebnost spojin AOX pod mejo zaznavnosti analize metode medtem, ko so bile na ostalih vzorčevalnih mestih posamezne meritve višje (slika 5.11).



Slika 5.11:

Povprečne, najnižje in najvišje vrednosti AOX v podtalnici na zajemnih mestih Kleče (vodnjaka XI in VIIIa), Hrastje (vodnjaka III in Ia), Šentvid, Jarški prod, Roje, Stožice, Koteks in Elok v obdobju od začetka marca 2001 do konca februarja 2002



Slika 5.12:

Vrednost AOX v črpališču v Hrastju, v vodnjakih Hrastje III in Hrastje Ia, v obdobju od začetka marca 2001 do konca februarja 2002

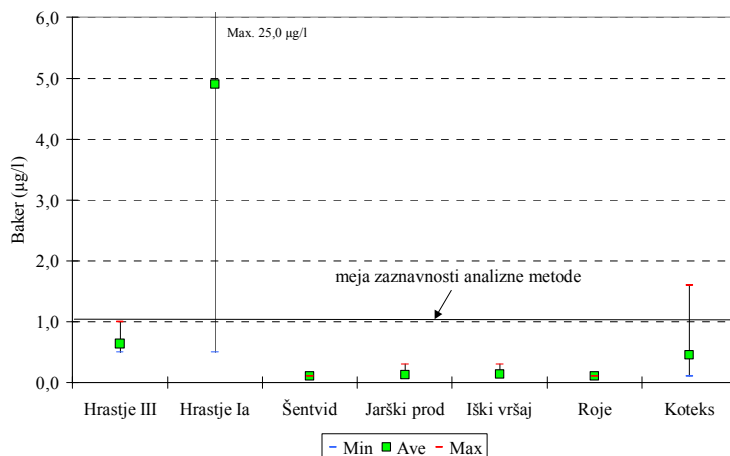
Težke kovine

Za vsako posamezno vzorčevalno mesto navajamo v tabeli 8 seznam težkih kovin, ki smo jih v obdobju od začetka marca 2001 do konca februarja 2002 na tem mestu določali.

Tabela 8: Seznam težkih kovin analiziranih na posameznih vzorčevalnih mestih od začetka marca 2001 do konca februarja 2002

	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 2001 - februar 2002 določene kovine analizirali, so prikazane na slikah 5.13-5.15.



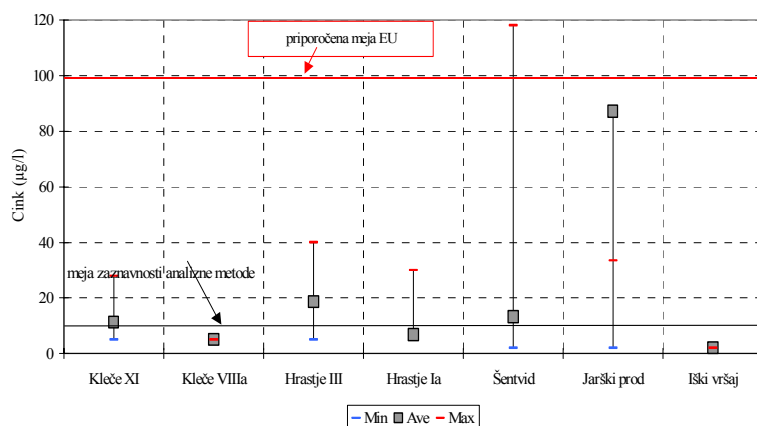
Slika 5.13:

Povprečne, najnižje in najvišje vsebnosti bakra v obdobju od začetka marca 2001 do konca februarja 2002

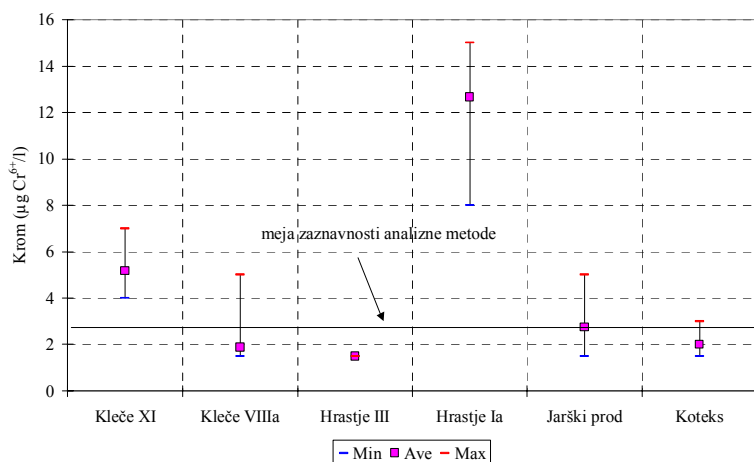
Vsebnosti **bakra** so bile na vseh zajemnih mestih nižje od priporočene vrednosti 100 µg/l in večinoma tudi nižje od meje zaznavnosti analize metode. Najvišjo vsebnost smo določili v Hrastju, v vodnjaku Ia, kjer je bila povprečna koncentracija 4,9 µg/l in maksimalna 25 µg/l. V Hrastju Ia se je vsebnost bakra tudi najbolj spreminjala (slika 5.13). V nadomestnem vodnjaku Hrastje III je bila vsebnost bakra pod mejo zaznavnosti analize metode. Podobne rezultate smo dobili tudi z vzorci, ki smo jih zajeli sočasno.

V obdobju od marca 2001 do februarja 2002 so bile vsebnosti **cinka** v povprečju pod priporočeno mejno vrednostjo EU na vseh vzorčevalnih mestih podtalnice Ljubljanskega polja (slika 5.14). V Hrastju (vodnjak III), Šentvidu in Jarškem prodru so bile vsebnosti cinka nad

mejo zaznavnosti analizne metode. Najvišjo vsebnost cinka ($118\mu\text{g/l}$) smo izmerili v vzorcu zajetem v septembru v Šentvidu. Na ostalih vzorčevalnih mestih je bila vsebnost cinka pod mejo zaznavnosti analizne metode.

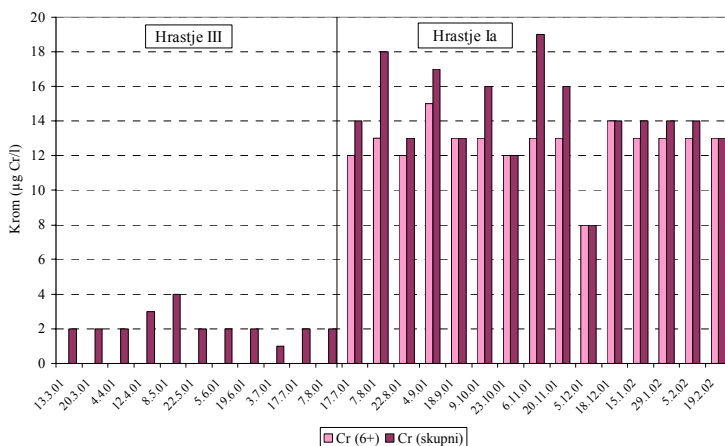


Slika 5.14:
Povprečne, najnižje in najvišje vsebnosti cinka v obdobju od začetka marca 2001 do konca februarja 2002

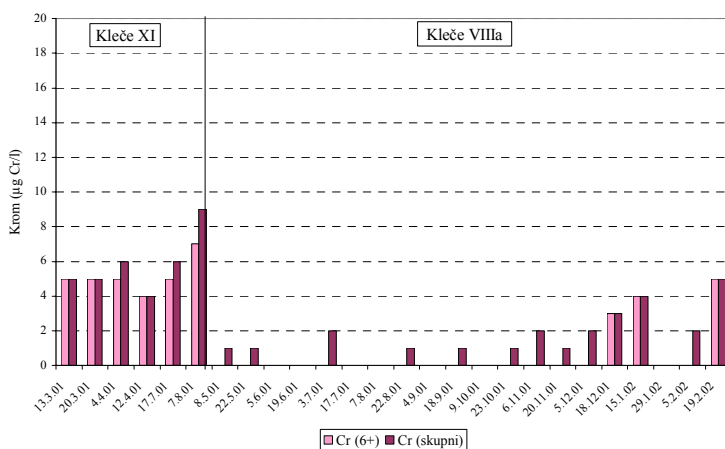


Slika 5.15:
Povprečne, najnižje in najvišje vsebnosti šestvalentnega kroma v obdobju od začetka marca 2001 do konca februarja 2002

Najvišja vsebnost **šestvalentnega kroma** je še vedno v podtalnici v Hrastju in sicer v vodnjaku Ia. V obdobju od marca 2001 do februarja 2002 je bila povprečna vsebnost šestvalentnega kroma v Hrastju Ia $13\mu\text{g/l}$. V vodnjaku Hrastje III je bila vsebnost šestvalentnega kroma pod mejo zaznavnosti analizne metode. Tudi analize vzorcev, ki smo jih odvzeli sočasno iz obeh vodnjakov so pokazale iste rezultate (slika 5.16). Krom je bil prisoten tudi v podtalnici nadomestnega vodnjaka Kleče XI. V vodnjaku Kleče VIIIa so bili rezultati meritev večinoma pod mejo zaznavnosti analizne metode. V vzorcih, ki smo jih zajeli sočasno smo šestvalentni krom določili samo v podtalnici nadomestnega vodnjaka Kleče XI (slika 5.17). Poleg šestvalentnega kroma je bil v podtalnici v Klečah in Hrastju prisoten še trivalentni krom. Na slikah 5.16 in 5.17 so prikazani samo rezultati, ki so nad mejo zaznavnosti analizne metode.



Slika 5.16:
Vsebnosti šestvalentnega in skupnega kroma v črpališču v Hrastju (vodnjak III in Ia) v obdobju od začetka marca 2001 do konca februarja 2002



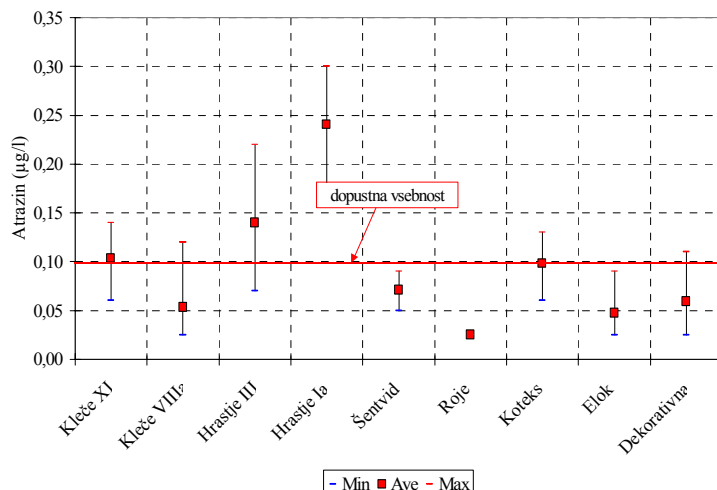
Slika 5.17:
Vsebnosti šestvalentnega in skupnega kroma v črpališču v Klečah (vodnjak XI in VIIIa) v obdobju od začetka marca 2001 do konca februarja 2002

Vsebnost **svinca** je bila na vseh zajemnih mestih, kjer smo ga analizirali, nižja od meje zaznavnosti analize metode.

Vsebnost **živega srebra** je bila v vseh analiziranih vzorcih podtalnice v Dekorativni pod mejo zaznavnosti analize metode.

Pesticidi

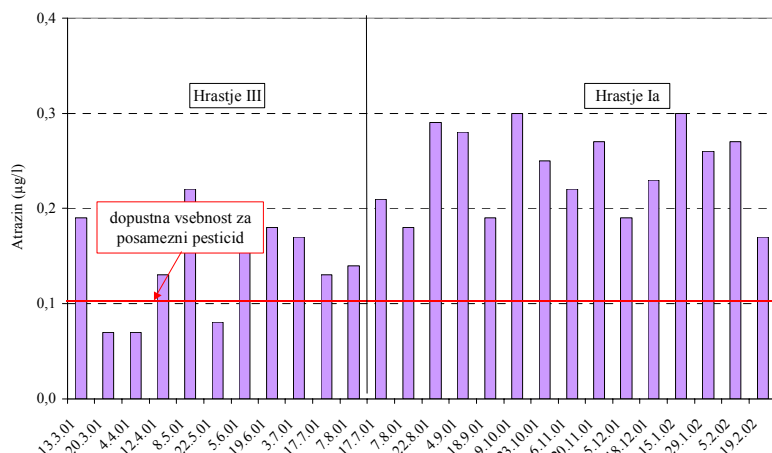
Od pesticidov smo v obdobju od začetka marca 2001 do konca februarja 2002 določali dve skupini, triazinske pesticide in organoklorne pesticide. Koncentracije organoklornih pesticidov so bile v vseh vzorcih pod mejo zaznavnosti analizne metode. Triazinski pesticidi so bili prisotni na vseh vzorčevalnih mestih podtalnice Ljubljanskega polja.



Slika 5.18:

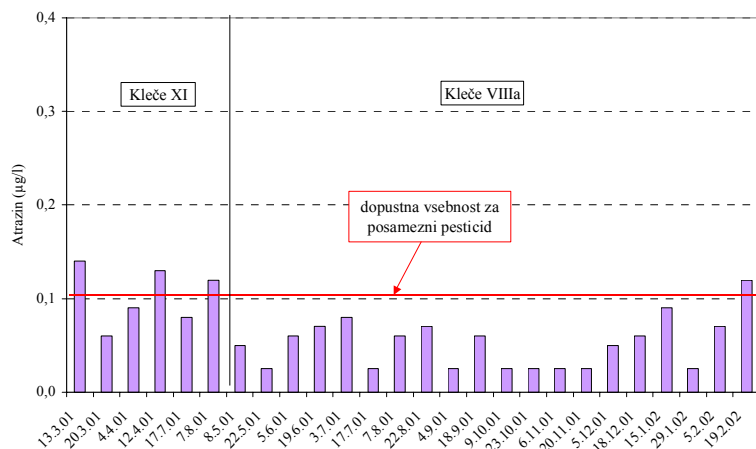
Povprečne, najnižje in najvišje vsebnosti atrazina v podtalnici na zajemnih mestih Kleče (vodnjak XI in VIIIa), Hrastje (vodnjak III in Ia), Šentvid, Roje, Koteks, Elok in Dekorativna v obdobju od začetka marca 2001 do konca februarja 2002

Tudi v letu 2001 smo tako kot ves čas spremljanja kakovosti podtalnice Ljubljanskega polja, najvišje vsebnosti atrazina določili v Hrastju, v vodnjaku Ia, iz katerega se običajno črpa podtalnica za oskrbo prebivalcev s pitno vodo. Najvišja vsebnost atrazina, ki smo jo tu določili je bila 0,30µg/l. Visoka je bila tudi povprečna vsebnost atrazina 0,24µg/l (slika 5.18). Tudi podtalnica nadomestnega vodnjaka Hrastje III je vsebovala presežene vsebnosti atrazina, vendar je bila povprečna koncentracija nižja kot v vodnjaku Ia. Enake rezultate smo dobili tudi s primerjanjem vsebnosti atrazina v vzorcih, ki smo jih iz obeh vodnjakov odvzeli istočasno (slika 5.19). V Klečah, v nadomestnem vodnjaku Kleče XI je bila vsebnost atrazina v povprečju 0,10µg/l in je bila dvakrat višja kot v podtalnici vodnjaka Kleče VIIIa (slika 5.18) Podobne rezultate smo dobili tudi s primerjavo vzorcev, ki smo jih zajeli sočasno iz obeh vodnjakov (slika 5.20). Vsebnost atrazina je bila dvakrat presežen tudi v podtalnici v Koteksu in enkrat v Dekorativni (slika 5.21).

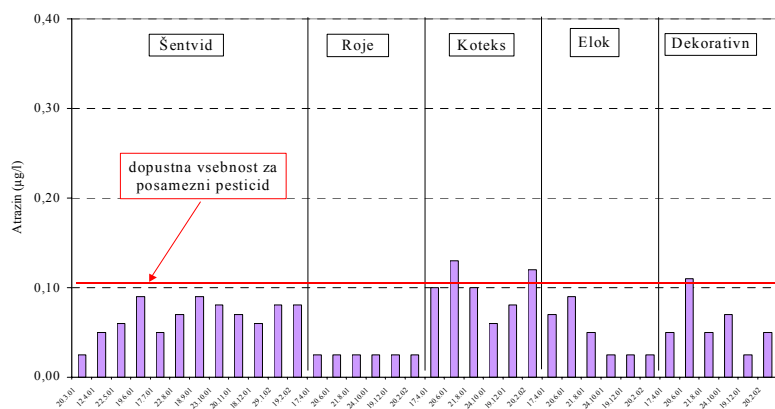


Slika 5.19:

Vsebnosti atrazina v podtalnici v Hrastju, v vodnjaku Hrastje III in Hrastje Ia, v obdobju od začetka marca 2001 do konca februarja 2002

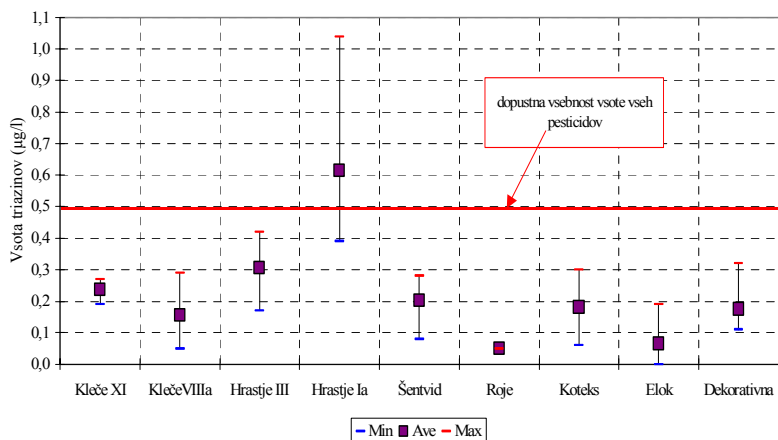


Slika 5.20: Vsebnosti atrazina v podtalnici v Klečah, v vodnjakih Kleče XI in Kleče VIIIa, v obdobju od začetka marca 2001 do konca februarja 2002



Slika 5.21: Vsebnosti atrazina v podtalnici na zajemnih mestih Šentvid, Roje, Koteks, Elok in Dekorativna v obdobju od začetka marca 2001 do konca februarja 2002

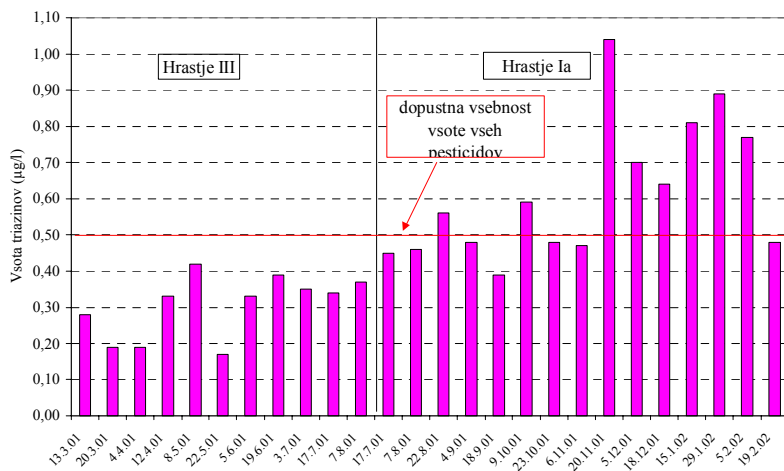
Poleg atrazina je bil v podtalnici stalno prisoten tudi atrazinov metabolit desetilatrazin. Na sliki 5.22 so prikazane povprečne, najnižje in najvišje vsebnosti vsote triazinov na vseh zajemnih mestih v obdobju od začetka marca 2001 do konca februarja 2002, na slikah 5.18 in 5.19 pa vsi rezultati vsote triazinov v navedenem obdobju.



Slika 5.22: Povprečne, minimalne in maksimalne vsote triazinskih pesticidov v podtalnici na zajemnih mestih Kleče (vodnjak VIIIa in XI), Hrastje (vodnjak Ia in III), Šentvid, Roje, Koteks, Elok in Dekorativna v obdobju od

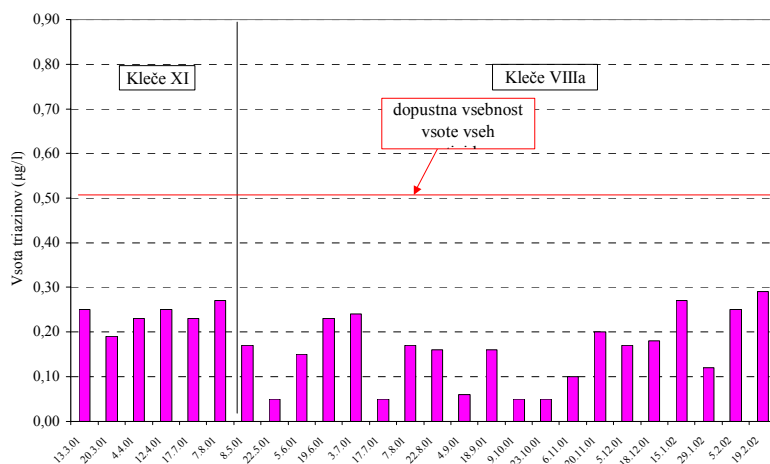
Največ triazinskih pesticidov je bilo v obdobju od marca 2001 do maja 2002 v podtalnici v Hrastju. V vodnjaku Ia je bila povprečna koncentracija triazinov 1,7 krat višja kot v vodnjaku Hrastje III in je preseгла dopustno koncentracijo za vsoto vseh pesticidov. Poleg atrazina je bil

v podtalnici obeh tudi desetil-atrazin, ki je dopustne koncentracije za posamezen pesticid presegel v vseh preiskanih vzorcih vodnjaka Ia. V enem vzorcu iz Hrastja Ia je bil v preseženih koncentracijah prisoten tudi desizopropil-atrazin in v dveh vzorcih bromacil. Koncentracije desetil-atrazina nad dopustno mejo smo določili tudi v vseh vzorcih iz vodnjaka kleče XI in večini vzorcev iz vodnjaka Kleče VIIIa. V povprečju je bila vsebnost atrazina v vodnjaku Kleče XI višja kot v vodnjaku Kleče VIII. Dopustna vsebnost za atrazin in desetil-atrazin je bila presežena tudi v podtalnici v Koteksu in Dekorativni. V Šentvidu je bil v skoraj vseh vzorcih zvišan desetil-atrazin.



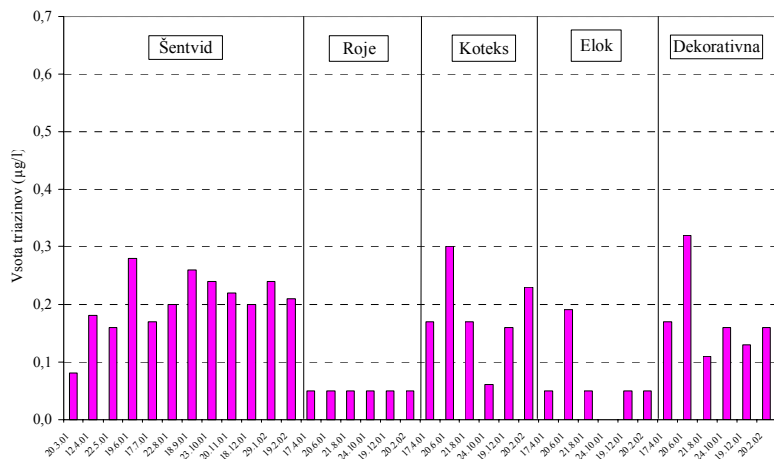
Slika 5.23:

Vsota triazinskih pesticidov v podtalnici na zajemnih mestih v Hrastju, v vodnjaku Hrastje III in Hrastje Ia, v obdobju od začetka marca 2001 do konca februarja 2002



Slika 5.24:

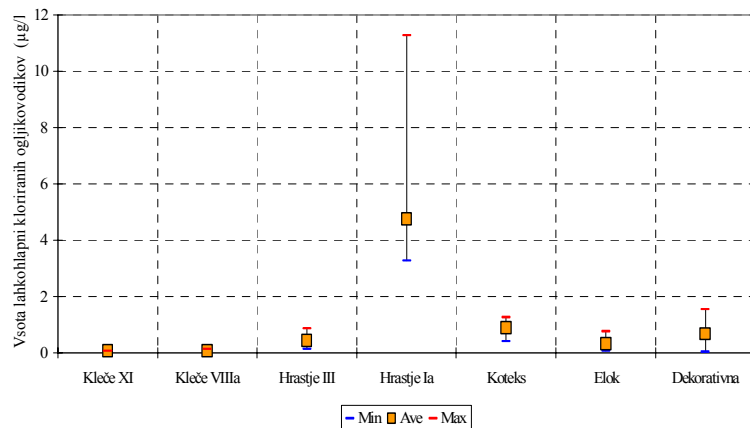
Vsote triazinskih pesticidov v podtalnici v Klečah, v vodnjakih Kleče XI in Kleče VIIIa, v obdobju od začetka marca 2001 do konca februarja 2002



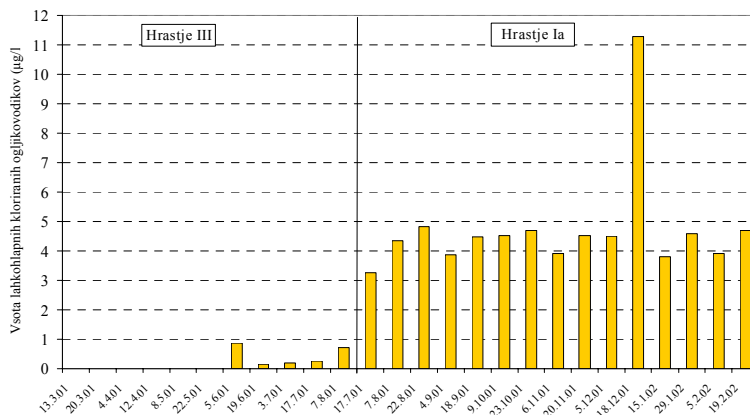
Slika 5.25:
Vsota triazinskih pesticidov v podtalnici na zajemnih mestih Šentvid, Roje, Koteks, Elok in Dekorativna v obdobju od začetka marca 2001 do konca februarja 2002

Lahkohlapni halogenirani ogljikovodiki

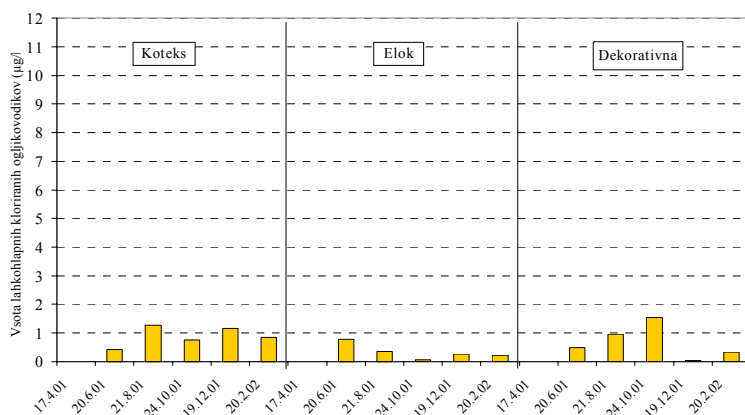
Lahkohlapne halogenirane ogljikovodiki smo določali v Klečah, Hrastju, Koteksu, Eloku in Dekorativni. Na podlagi analiz ugotavljamo, da so bili v obdobju od marca 2001 do februarja 2002 v podtalnici od halogeniranih ogljikovodikov prisotni le klorirani ogljikovodiki, ki jih označujemo s kratico LKCH. Na sliki 5.26 so prikazane povprečne, najnižje in najvišje vsebnosti LKCH, na slikah 5.27 in 5.28 pa vsi rezultati LKCH v opazovanem obdobju. Na slikah 5.27 in 5.28 so prikazani samo rezultati, ki so nad mejo zaznavnosti analize metode.



Slika 5.26:
Povprečna, najnižja in najvišja vsota lahkohlapnih kloriranih ogljikovodikov v Klečah, Hrastju, Koteksu, Eloku in Dekorativni v obdobju od začetka marca 2001 do konca februarja 2002



Slika 5.27:
Vsota lahkohlapnih kloriranih ogljikovodikov v vodnjakih Hrastje III in Hrastje Ia v obdobju od začetka marca 2001 do konca februarja 2002



Slika 5.28:

Vsota lahkih kloriranih ogljikovodikov v Koteksu, Eloku in Dekorativni v obdobju od začetka marca 2001 do konca februarja 2002

Z lahkih kloriranimi ogljikovodiki je bila v letu 2001, podobno kot že prejšnja leta, najbolj onesnažena podtalnica v Hrastju. V vodnjaku Hrastje Ia je bila vsebnost LKCH več kot desetkrat višja kot v vodnjaku Hrastje III. Priporočena meja EU 1 µg/l, ki velja za posamezno spojino je bila presežena za tetrakloroetilen in trikloroetilen. V vzorcu, ki smo ga zajeli v decembru je bila visoka tudi vsebnost diklorometana (6,8 µg/l). Z lahkih kloriranimi ogljikovodiki je bila onesnažena podtalnica tudi na ostalih vzorčevalnih mestih. V Klečah je bil v obeh vodnjakih prisoten tetrakloroetilen, meritve ostalih LKCH so bile pod mejo zaznavnosti analize metode.

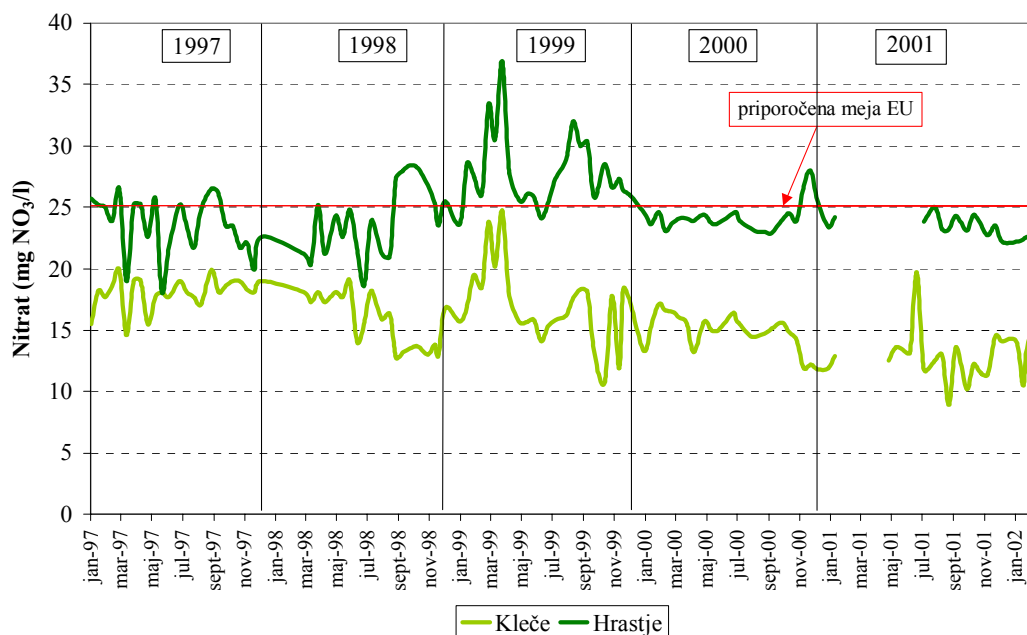
Mikrobiološki parametri

Preiskani vzorci, odvzeti v času od začetka marca 2001 do konca februarja 2002 so bili z izjemo enega vzorca iz Dekorativne mikrobiološko neoporečni. Fekalnih koliformnih bakterij in streptokokov nismo določili v nobenem od preiskanih vzorcev. Nekateri vzorci so vsebovali aerobne mezofilne bakterije. Rezultati mikrobioloških analiz so v prilogah 4-8.

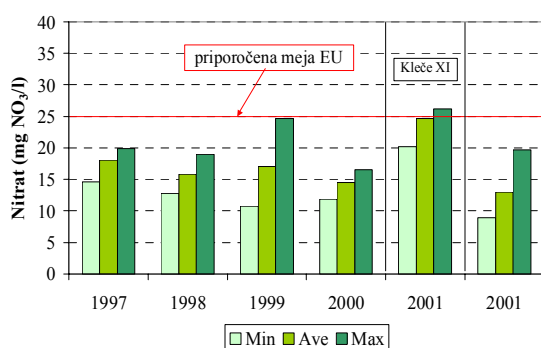
5.2. KEMIJSKI PARAMETRI OD JANUARJA 1997 DO FEBRUARJA 2002

Nitrat

Na slikah 5.29 - 5.32 je prikazana vsebnost nitrata na posameznih vzorčevalnih mestih v obdobju od začetka januarja 1997 do konca februarja 2002. Na manjših slika označenih z a, b in c so prikazane povprečne, najvišje in najnižje vsebnosti nitrata na posameznih vzorčevalnih mestih v omenjenem petletnem obdobju.

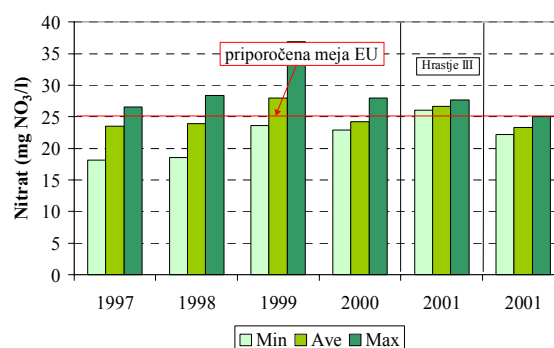


Slika 5.29: Vsebnost nitrata v črpališčih Kleče (vodnjak VIIIa) in Hrastje (vodnjak Ia) v obdobju od januarja 1997 do februarja 2002



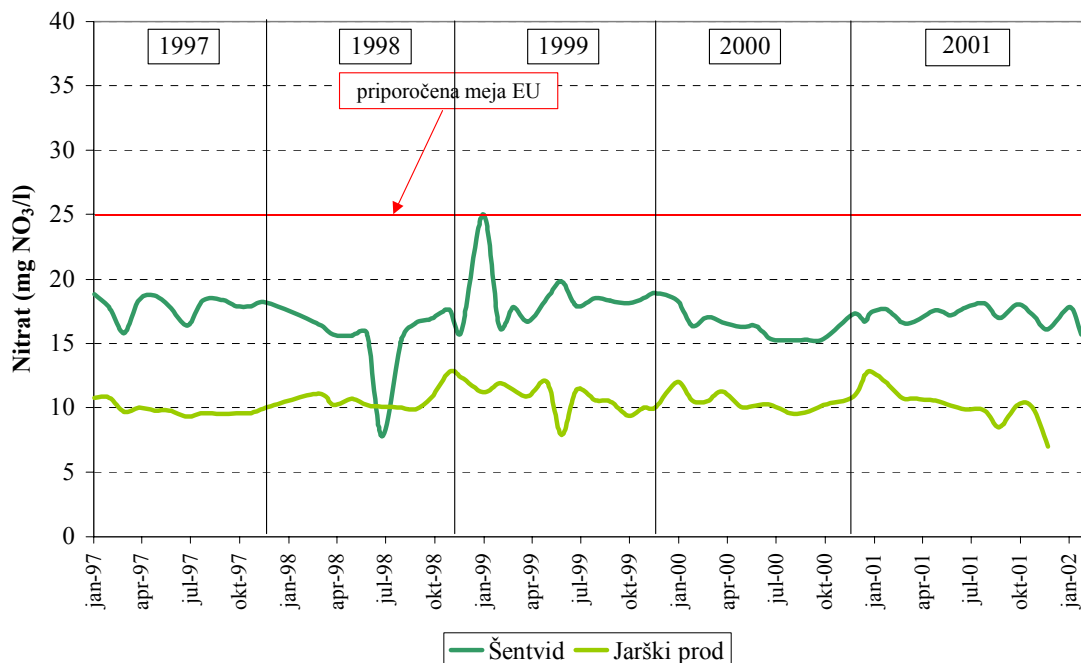
Slika 5.29a:

Povprečne, najvišje in najnižje vsebnosti nitrata v Klečah (vodnjak VIIIa) od januarja 1997 do februarja 2002

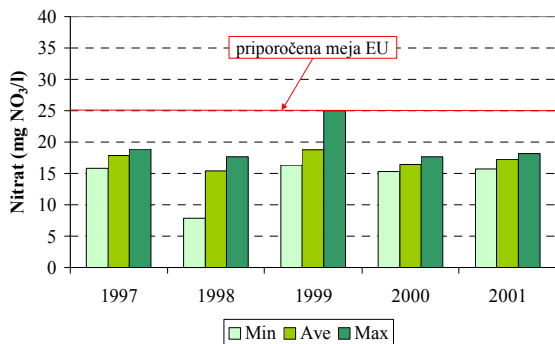


Slika 5.29b:

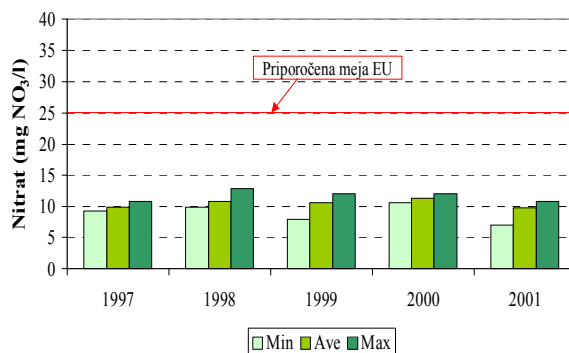
Povprečne, najvišje in najnižje vsebnosti nitrata v Hrastju (vodnjak Ia) od januarja 1997 do februarja 2002



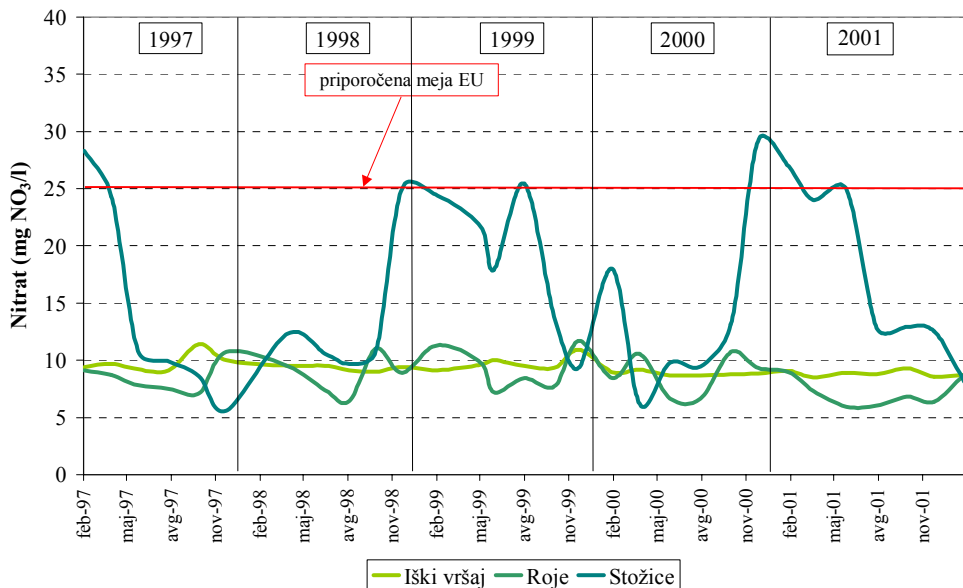
Slika 5.30: Vsebnost nitrata v črpališčih Šentvid in Jarški prod v obdobju od januarja 1997 do februarja 2002



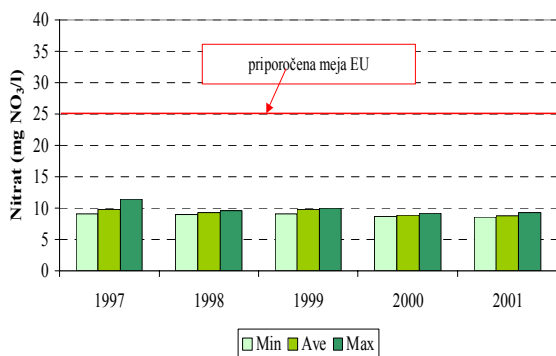
Slika 5.30a: Povprečne, najvišje in najnižje vsebnosti nitrata v Šentvidu od januarja 1997 do februarja 2002



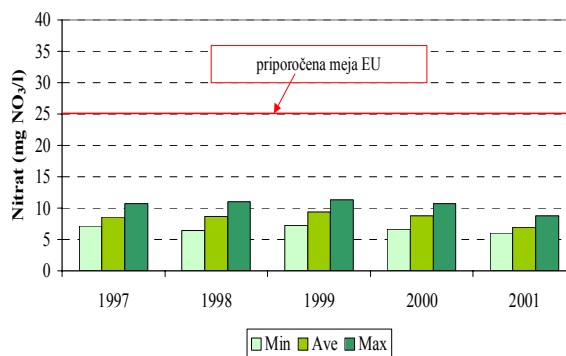
Slika 5.30b: Povprečne, najvišje in najnižje vsebnosti nitrata v Jarškemrodu od januarja 1997 do februarja 2002



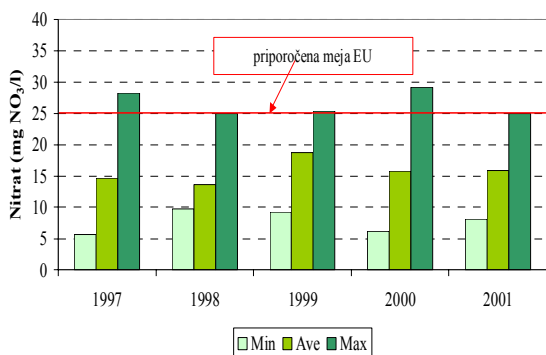
Slika 5.31: Vsebnost nitrata v črpališču Iški vršaj ter vrtinah Roje in Stožice v obdobju od januarja 1997 do februarja 2002



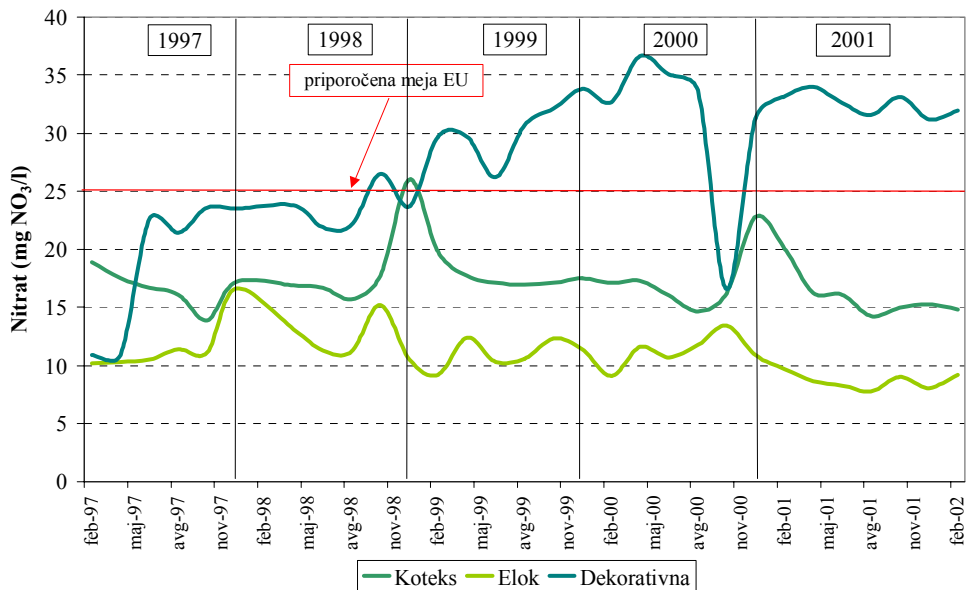
Slika 5.31a: Povprečne, najvišje in najnižje vsebnosti nitrata v Iškem vršaju od januarja 1997 do februarja 2002



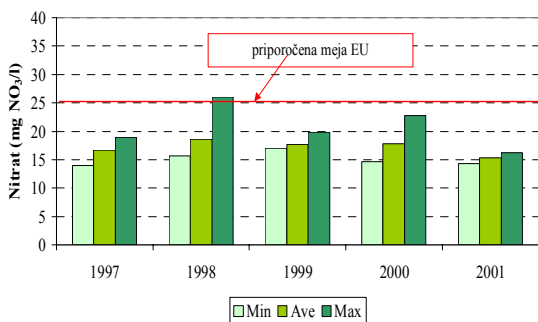
Slika 5.31b: Povprečne, najvišje in najnižje vsebnosti nitrata v Rojah od januarja 1997 do februarja 2002



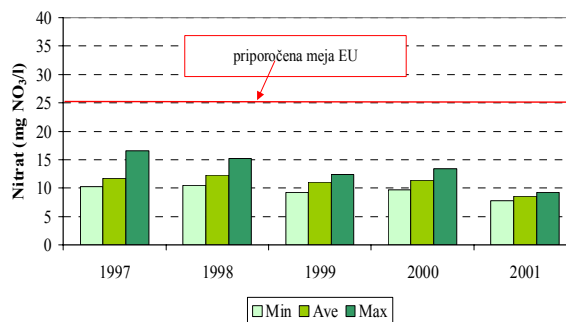
Slika 5.31c: Povprečne, najvišje in najnižje vsebnosti nitrata v Stožicah od januarja 1997 do februarja 2002



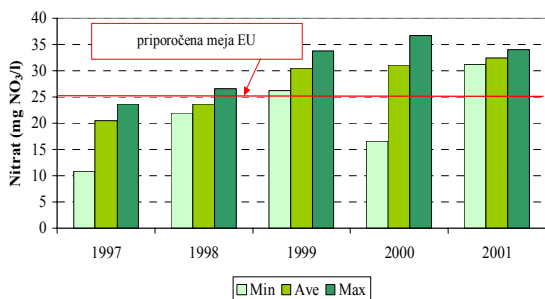
Slika 5.32: Vsebnost nitrata v industrijskih vodnjakih Koteks, Elok in Dekorativna v obdobju od januarja 1997 do februarja 2002



Slika 5.32a:
Povprečne, najvišje in najnižje vsebnosti nitrata v Koteksu od januarja 1997 do februarja 2002



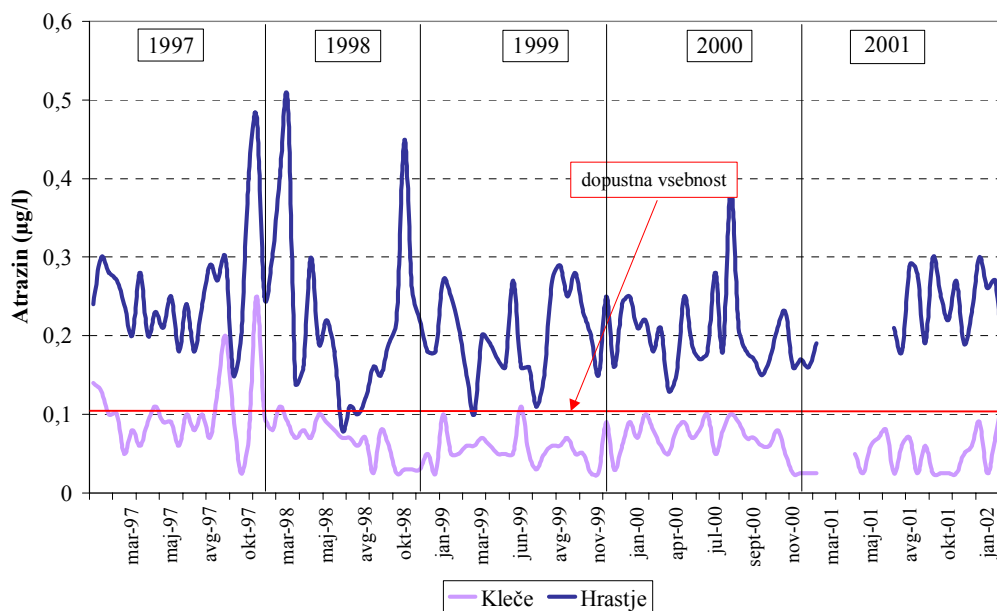
Slika 5.32b:
Povprečne, najvišje in najnižje vsebnosti nitrata v Eloku od januarja 1997 do februarja 2002



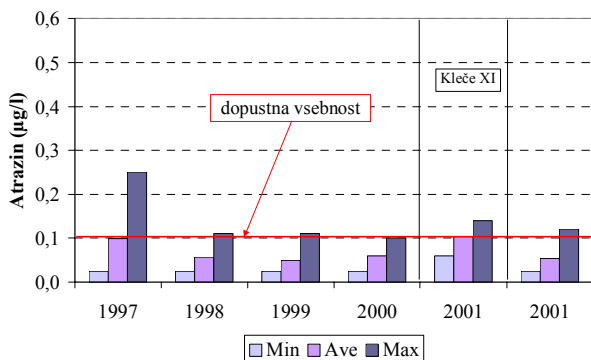
Slika 5.32c:
Povprečne, najvišje in najnižje vsebnosti nitrata v Dekorativni od januarja 1997 do februarja 2002

Pesticidi

Od analiziranih pesticidov je za petletno obdobje od 1997 do 2001 prikazana vsebnost atrazina na zajemnih mestih Kleče, Hrastje, Koteks in Dekorativna. Na manjših slika označenih z a, b in c so prikazane povprečne, najvišje in najnižje vsebnosti atrazina na posameznih vzorčevalnih mestih v omenjenem petletnem obdobju.

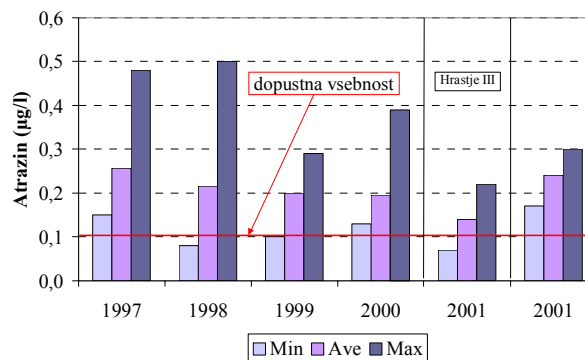


Slika 5.33: Vsebnost atrazina v črpališčih Kleče (vodnjak VIIIa) in Hrastje (vodnjak Ia) v obdobju od januarja 1997 do februarja 2002



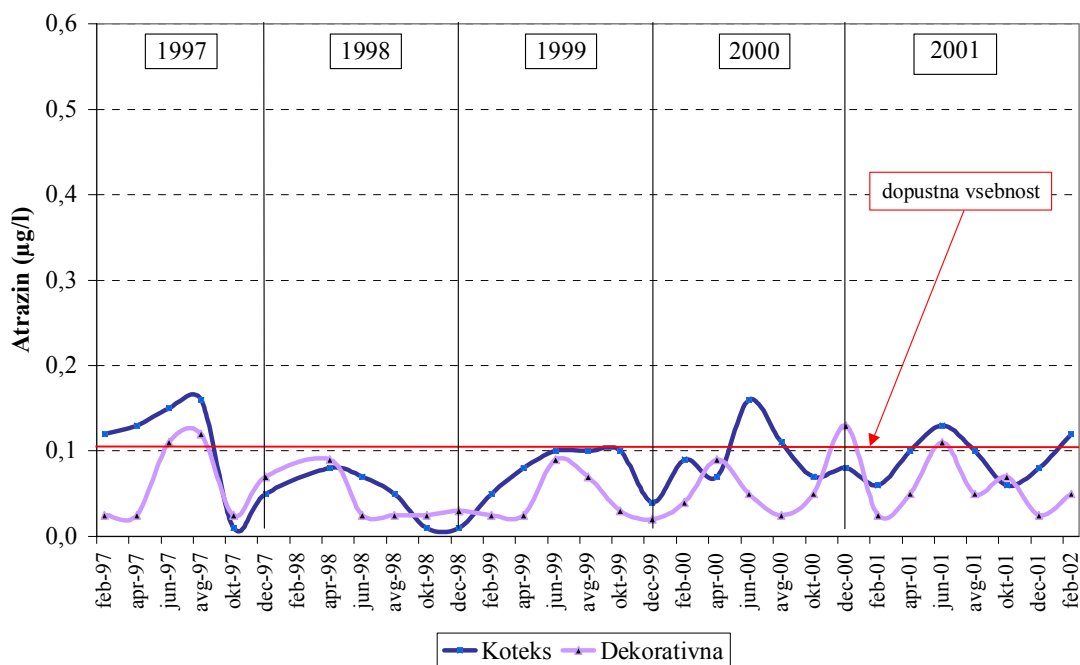
Slika 5.33a:

Povprečne, najvišje in najnižje vsebnosti atrazina v Klečah (vodnjak VIIIa) od januarja 1997 do februarja 2002

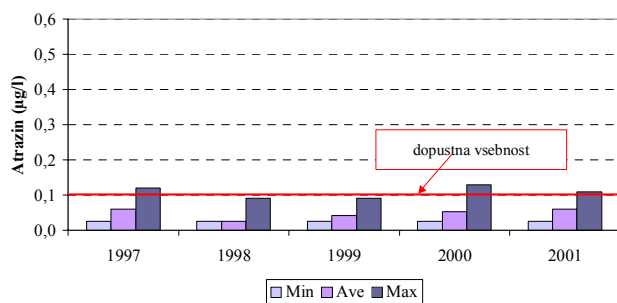


Slika 5.33b:

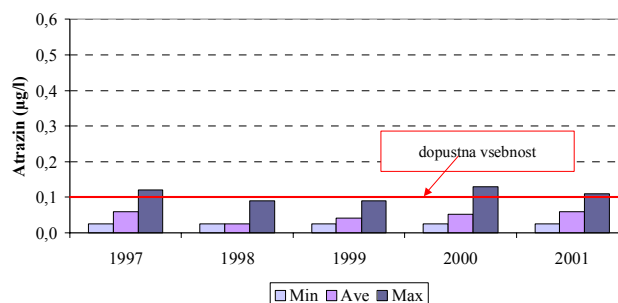
Povprečne, najvišje in najnižje vsebnosti atrazina v Hrastju (vodnjak Ia) od januarja 1997 do februarja 2002



Slika 5.34: Vsebnost atrazina v industrijskih vodnjakih Koteks in Dekorativna v obdobju od januarja 1997 do februarja 2002



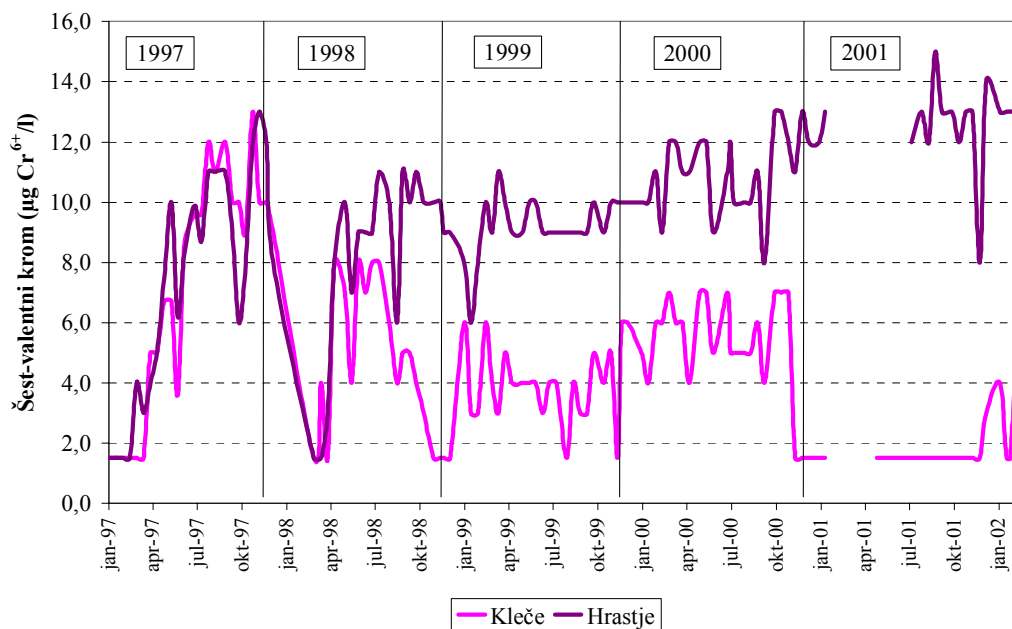
Slika 5.34a: Povprečne, najvišje in najnižje vsebnosti atrazina v Koteksu od januarja 1997 do februarja 2002



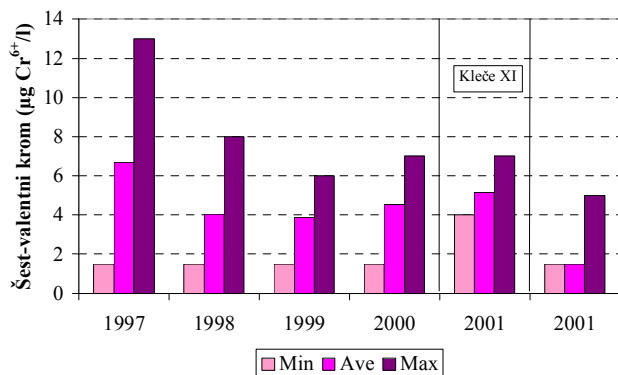
Slika 5.34b: Povprečne, najvišje in najnižje vsebnosti atrazina v Dekorativni od januarja 1997 do februarja 2002

Krom

Skupni in šestvalentni krom smo analizirali v črpališčih Kleče, Hrastje in Jarški prod ter v industrijskem vodnjaku Koteks. Na sliki 5.35 je prikazana vsebnost šestvalentnega kroma v Klečah (vodnjak VIIIa) in Hrastju (vodnjak Ia) v obdobju od januarja 1997 do februarja 2002. Na manjših slikah označenih z a in b so za petletno obdobje prikazane povprečne, najvišje in najnižje vsebnosti šestvalentnega kroma na posameznih vzorčevalnih mestih.

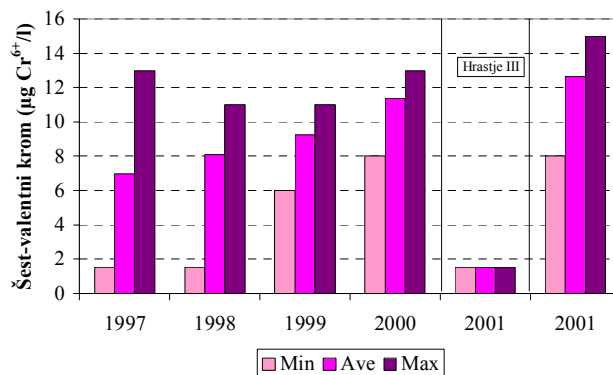


Slika 5.35: Vsebnost šest-valentnega kroma v črpališčih Kleče (vodnjak VIIIa) in Hrastje (vodnjak Ia) v obdobju od januarja 1997 do februarja 2002



Slika 5.35a:

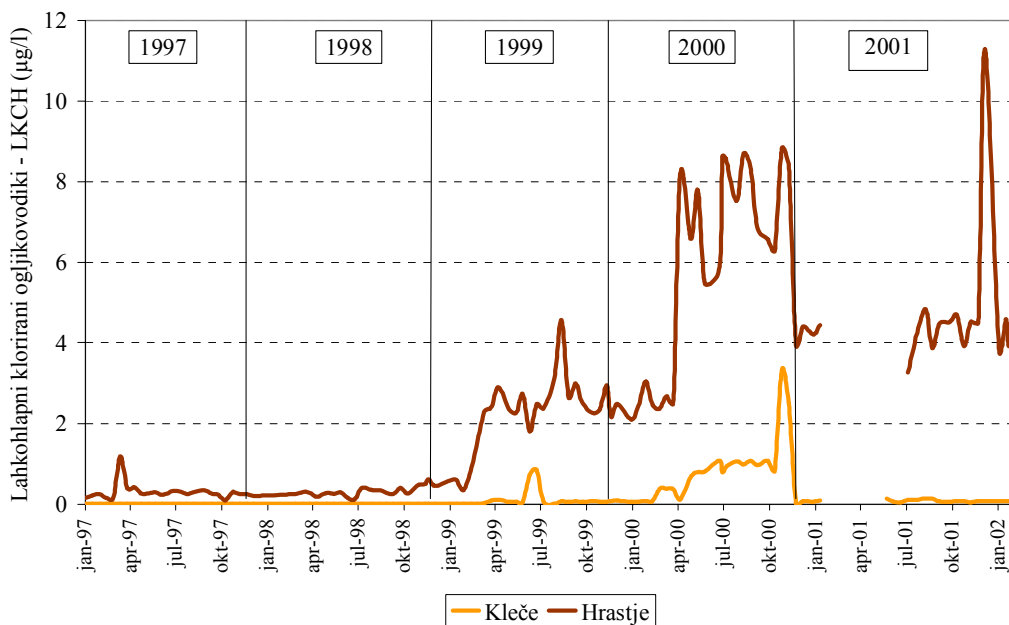
Povprečne, najvišje in najnižje vsebnosti šestvalentnega kroma v Klečah (vodnjak VIIIa) od januarja 1997 do februarja 2002



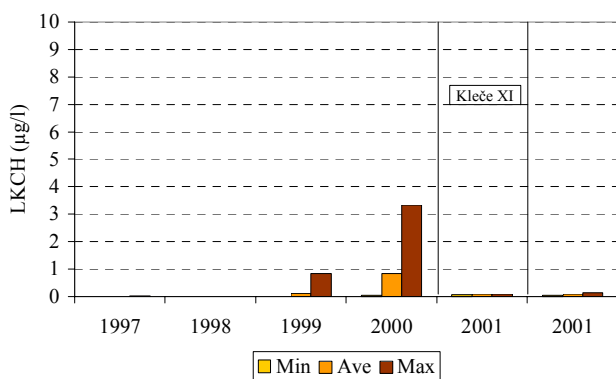
Slika 5.35b:

Povprečne, najvišje in najnižje vsebnosti šestvalentnega kroma v Hrastju (vodnjak Ia) od januarja 1997 do februarja 2002

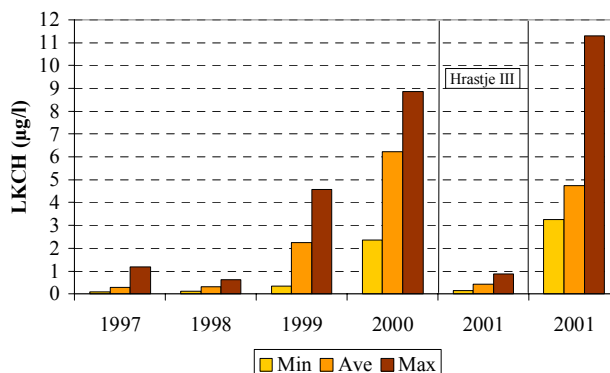
Lahkohlapni klorirani ogljikovodiki (LKCH)



Slika 5.36: Vsebnost lahkohlapnih kloriranih ogljikovodikov v črpališčih Kleče (vodnjak VIIIa) in Hrastje (vodnjak Ia) v obdobju od januarja 1997 do februarja 2002



Slika 5.36a: Povprečne, najnižje in najvišje letne vsebnosti lahkohlapnih kloriranih ogljikovodikov v Klečah (vodnjak VIIIa) od januarja 1997 do februarja 2002



Slika 5.36b: Povprečne, najnižje in najvišje letne vsebnosti lahkohlapnih kloriranih ogljikovodikov v Hrastju (vodnjak Ia) od januarja 1997 do februarja 2002

6. REZULTATI ANALIZ ZA POVRŠINSKE VODOTOKE

Rezultati osnovnih fizikalno-kemijskih analiz, rezultati vsebnosti kovin v vodi, suspendiranih delcih in v sedimentu ter rezultati bakterioloških so zbrani v prilogi 10. Tu so tudi kromatogrami in masni spektri GC/MS posnetkov v vodi in v sedimentu.

6.1. REZULTATI KEMIJSKIH ANALIZ

Ljubljana

Kakovost Ljubljane smo spremljali na treh mestih; pred izlivom Bezlanovega grabna, na Livadi in po izlivu Malega grabna na Špici. Po programu državnega monitoringa smo na zajemnem mestu Ljubljana-Livada določili le osnovne kemijske parametre in naredili bakteriološko analizo.

Vzorci zajeti avgusta so bili na vseh treh zajemnih mestih prenasičeni s kisikom. Najvišjo prenasičenost (169%) smo izmerili na Špici. Na zajemnem mestu Ljubljana-Livada je bila v primerjavi s preteklimi leti nekoliko zvišana vsebnost organskih snovi (slika 6.1 in 6.2). Vsebnost dušikovih spojin je bila na vseh treh zajemnih mestih na Ljubljani podobna kot v preteklih letih (slika 6.3). Na zajemnih mestih na Livadi in na Špici so bili zvišani nitriti.

V vodi in v sedimentu smo na obeh zajemnih mestih iz GC/MS posnetkov določili številne organske spojine na primer višje maščobne kisline, derivate holesterola, kofein.

Vsebnost težkih kovin v vodi je bila nizka, večinoma pod mejo določljivosti analizne metode. Nekoliko zvišana je bila vsebnost cinka, kroma in niklja v vzorcih vode v Ljubljani nad izlivom Bezlanovega grabna. V sedimentu smo na zajemnem mestu pred izlivom Bezlanovega grabna izmerili zelo visoko vsebnost kroma. Visoka je bila tudi vsebnost živega srebra v Ljubljani pred izlivom Bezlanovega grabna in na Špici (slika 6.4).

Bezlanov graben

Bezlanov graben je bil močno onesnažen z organskimi snovmi. V vzorcih vode smo izmerili približno trikrat višje vrednosti KPK kot v lanskem letu. Iz primerjave rezultatov za KPK in BPK₅ (slika 6.1 in slika 6.2) sklepamo, da je bil Bezlanov graben v letu 2001 precej onesnažen z biološko nerazgradljivimi organskimi snovmi. V vodi smo določili nekoliko zvišane vsebnosti amonija in nitritov (slika 6.3). Visoka je bila vsebnost celotnega ogljika in dušika, kalija in fenolnih snovi. Močna onesnaženost vode se je odražala tudi v visoki električni prevodnosti.

V vodi in sedimentu Bezlanovega grabna so bile identificirane številne organske spojine. Med njimi višje maščobne kisline, holesteroli, ftalati, fenolne spojine in policiklični aromatski ogljikovodiki.

Vsebnost težkih kovin v vodi Bezlanovega grabna je bila večinoma pod mejo določljivosti. Očitno zvišana je bila le vsebnost niklja. V sedimentu pa smo določili zvišane vsebnosti cinka, kadmija, niklja, svineca in živega srebra.

Curnovec

Curnovec je močno onesnažen z biološko razgradljivimi kot tudi biološko nerazgradljivimi organskimi snovmi. V primerjavi s preteklimi leti smo v vzorcu določili najvišje vrednosti KPK in BPK₅ (slika 6.1 in slika 6.2). V vzorcu iz Curnovca smo določili do sedaj najvišjo vsebnost amonija, medtem ko so bile vsebnosti nitrita in nitrata zaradi redukcijskih razmer nizke (slika 6.3). Onesnaženje Curnovca se kaže pri vseh analiziranih osnovnih fizikalnih in kemijskih parametrih. Zelo visoke so bile vsebnosti TOC, TN in kalija. Zelo visoka je bila vsebnost sulfata in bora. Izmerili smo tudi zelo visoko električno prevodnost, značilno za odpadne vode. V vodi so bili skoraj anaerobni pogoji.

V vodi Curnovca smo iz GC/MS posnetkov določili številne organske spojine. Na primer višje maščobne kisline in njihove derivate, fenolne spojine, ciklične ogljikovodike, holesterol in ibuprofen. V sedimentu je bilo identificiranih spojin nekoliko manj.

V vodi Curnovca nismo določili povišanih vsebnosti težkih kovin medtem, ko smo v sedimentu določili nekoliko povišane vsebnosti cinka in zelo visoke vsebnosti živega srebra.

Mali graben

Mali graben je manj onesnažen vodotok na Ljubljanskem polju, vendar je bila v času vzorčevanja voda prenasočena s kisikom. V vzorcu smo določili nekoliko povišano vsebnost amonija in močno povišano vsebnost bora medtem, ko je bila vsebnost težkih kovin v vodi večinoma pod mejo določljivosti analizne metode. V sedimentu smo določili nekoliko višje vsebnosti bakra, svineca in živega srebra.

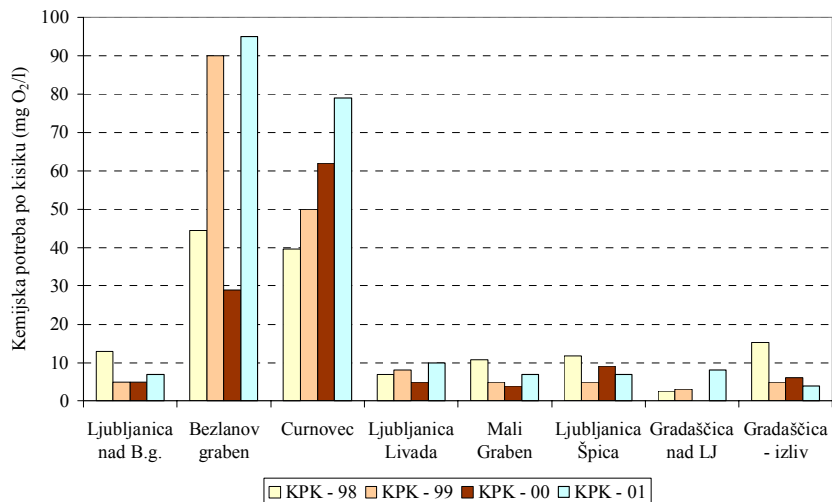
Od organskih spojin smo v vodi in sedimentu z metodo GC/MS identificirali manjše število organskih spojin. Predvsem holesteroli, kofein, višje maščobne kisline, v sedimentu pa še fenolne spojine.

Gradaščica

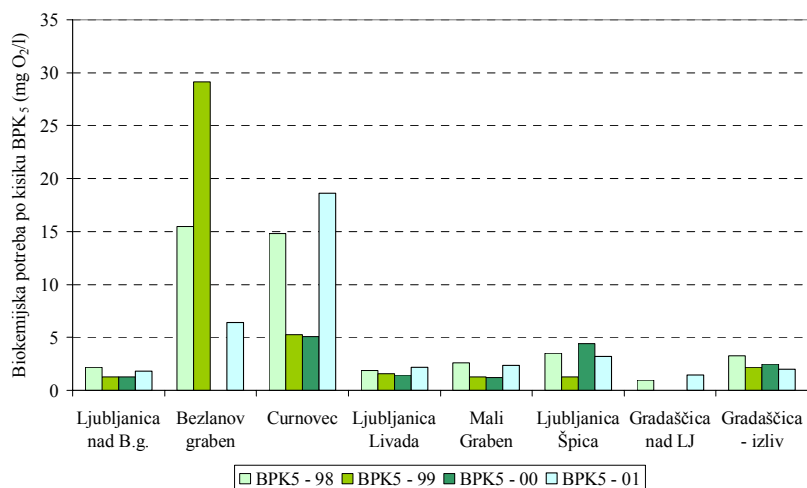
Gradaščica nad Ljubljano je dokaj čist potok z ugodnimi kisikovimi razmerami. Vsebnost organskih spojin, ki jih določimo s parametrom KPK je bila v Gradaščici pred Ljubljano povišana. V Gradaščici pred izlivom v Ljubljanico so bili v nekoliko zvišanih koncentracijah prisotni nitriti in ortofosfati (slika 6.3). Voda je bila tudi prenasočena s kisikom.

Iz GC/MS posnetkov smo v vodi Gradaščice pred Ljubljano in pred izlivom v Ljubljanico ugotovili majhno število organskih spojin medtem, ko je število identificiranih organskih spojin v sedimentu na obeh vzorčevalnih mestih precej večje. Med drugimi: naftalen (samo nad Ljubljano), fenolne spojine, višje maščobne kisline, holesterterioli, 1H-indoli (samo nad Ljubljano). Vse ostale organske spojine so navedene v prilogi 10.

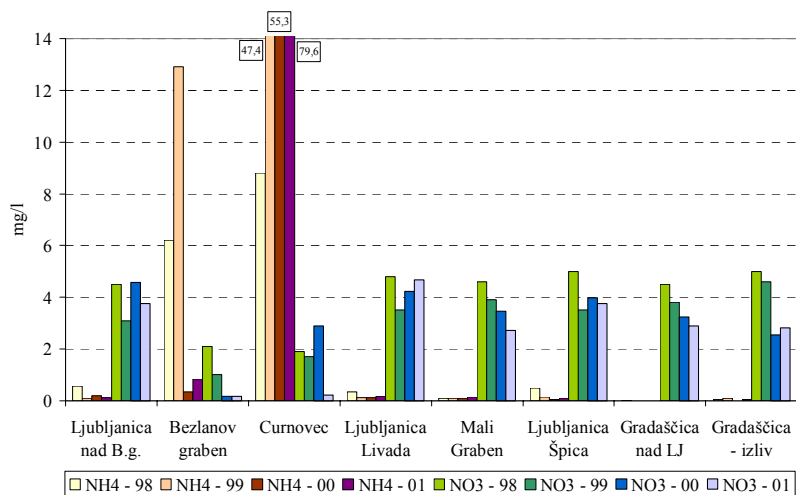
V sedimentu Gradaščice pred izlivom v Ljubljanico smo določili tudi zvišane vsebnosti svineca in živega srebra.



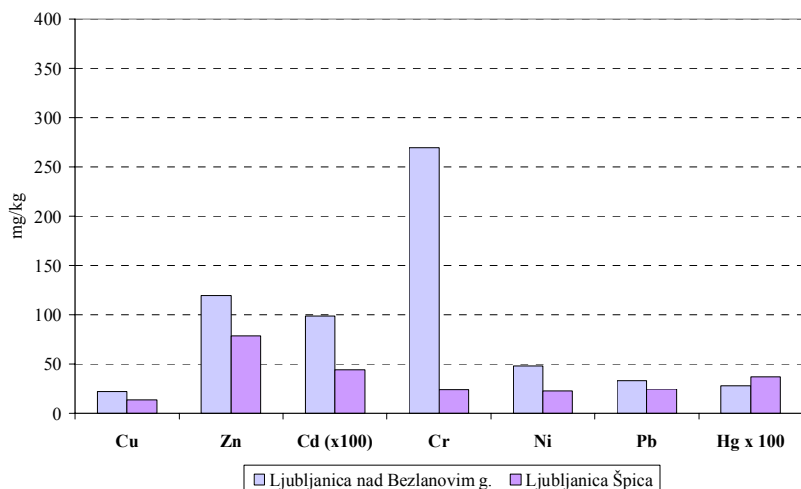
Slika 6.1:
Kemijska potreba po kisiku (KPK) na vseh zajemnih od 1998 do 2001



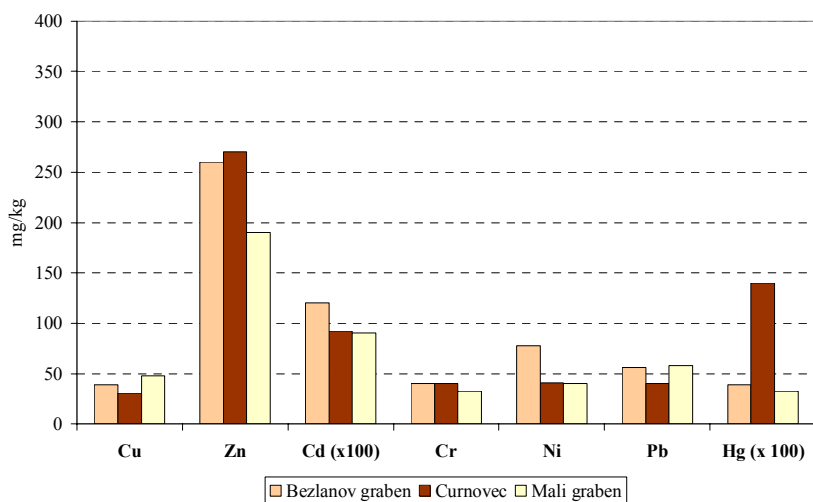
Slika 6.2:
Biokemijske potrebe po kisiku (BPK₅) na vseh zajemnih mestih od 1998 do 2001



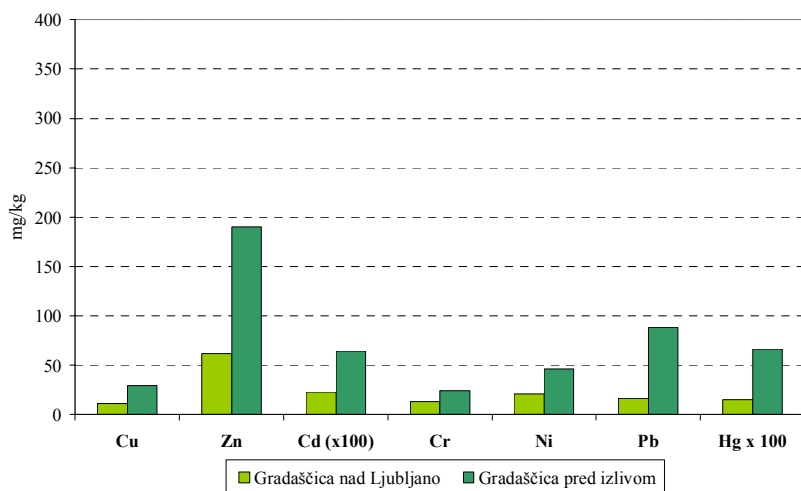
Slika 6.3:
Vsebnost amonija in nitrata na vseh zajemnih mestih od 1998 do 2001



Slika 6.4:
Vsebnost težkih kovin v sedimentu Ljubljanice na dveh zajemnih mestih v letu 2001



Slika 6.5:
Vsebnost težkih kovin v sedimentu Bežanovega grabna, Curnovca in Malega grabna v letu 2001



Slika 6.6:
Vsebnost težkih kovin v sedimentu Gradaščice na dveh zajemnih mestih v letu 2001

6.2. KAKOVOSTNI RAZREDI

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 tudi nismo kvantitativno določali organskih mikropolutantov. Skupne ocene kakovostnih razredov smo določili na osnovi razpoložljivih podatkov za parametre, ki jih navajamo v tabeli 9. Vrstni red ocen kakovostnih razredov je enak vrstnemu redu parametrov v glavi tabele.

Tabela 9: Ocena razredov kakovosti površinskih vodotokov za kemijske parametre na območju MOL za leto 2001

Vodotok	Osnovni fizikalno-kemijski parametri		Kovine (voda + susp)	Kovine-sediment		SKUPNA OCENA
	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, 1, 1, 1	2 – 3	1	1, 1, 1, 3, 1, 1, 3	3	(2) – 3
Ljubljana-Livada	2, 2, 3, 3, 1, 1, -	2 – 3	1	-	-	-
Ljubljana-Špica	2, 2, 2, 3, 1, 1, 1	2 – 3	1	1, 1, 1, 1, 1, 1, 3	2 – 3	2 – 3
Bezlanov graben	4, 2, 4, 3, 1, 1, 1	(3)-4	1	1, 2, 2, 1, 2, 2, 3	2 - 3	3 – 4
Curnovec	4, 4, 4, 2, 1, 1, 4	4	1	1, 2, 1, 1, 1, 1, 4	3 – 4	4
Mali graben	2, 2, 2, 3, 1, 1, 4	(2) – 3	1	2, 1, 1, 1, 1, 2, 3	2 - 3	(2) – 3
Gradaščica nad LJ	2, 1, 1, 1, 1, 1, -	(1) – 2	1	2, 1, 1, 1, 1, 1, 2	2	2
Gradaščica pred izlivom	2, 1, 1, 3, 1, 2, -	2 – 3	1	1, 1, 1, 1, 1, 1, 3	2 - 3	2 – 3

KPK – kemijska potreba po kisiku (metoda s K₂Cr₂O₇)

BPK₅ – biokemijska potreba po kisiku

PO₄ - ortofosfat

6.3. REZULTATI BAKTERIOLOŠKIH ANALIZ NA KOPALIŠČIH

Ljubljana

Bakteriološko je Ljubljana nad izlivom Bezlanovega grabna dvakrat ustrezala zahtevam za kopalne vode, dvakrat pa ne. Ob drugem odvzemu 25.7. je bilo v vodi število tako skupnih koliformnih bakterij kot tudi fekalnih koliformnih bakterij višje od zgornje meje določljivosti analize metode. Na Livadi je bila voda ob odvzemu v mesecu avgustu kot kopalna voda bakteriološko neustrezna. Na zajemnem mestu na Špici je bil od štirih vzorcev bakteriološko ustrezen en vzorec.

Mali graben

Po bakterioloških analizah je bila voda Malega grabna neprimerna za kopanje v času vseh štirih zajemov. Najvišje število koliformnih bakterij je bilo v vodi ob tretjem zajemu 16.8.

Gradaščica

Na podlagi rezultatov bakterioloških analiz, smo ocenili Gradaščico na obeh vzorčevalnih mestih kot neustrezno za kopalno vodo. Bakteriološko je bila najslabša nad izlivom v Ljubljano 4.9, ko je število skupnih koliformnih bakterij in fekalnih koliformnih bakterij preseгло mejo določljivosti.

Ižica

Bakteriološko je bila Ižica najmanj onesnažena. Dvakrat smo vodo ocenili kot ustrežno. Ob dveh zajemih pa smo vodo sicer ocenili kot neustrezno za kopanje, vendar so bile dopustne vrednosti le malo presežene.

7. KOMENTAR K REZULTATOM ANALIZ

7.1. KAKOVOST PODTALNICE NA POSAMEZNIH VZORČEVALNIH MESTIH

Kleče

V Klečah je najpomembnejše črpališče ljubljanskega vodovoda. Na tem mestu smo v obdobju od začetka marca 2001 do konca februarja 2002 vzorčevali podtalnico iz vodnjaka VIIIa zaradi vzdrževalnih del pa tudi iz nadomestnega vodnjaka XI. Zaradi primerjave rezultatov smo dvakrat izvedli tudi sočasno vzorčevanje iz obeh vodnjakov.

V podtalnici obeh vodnjakov smo izmerili ustrezno temperaturo pH in električno prevodnost. Podtalnica je bila zadostno nasičena s kisikom (slika 5.1-5.4).

V podtalnici so bili prisotni nitrati. V nadomestnem vodnjaku XI je bila vsebnost nitratov višja kot v vodnjaku Ia (slika 5.6, 5.7). Priporočena vrednost EU je bila v podtalnici vodnjaka XI presežena vseh treh vzorcih. Iz slik 5.29 in 5.29a, kjer je prikazana vsebnost nitratov v podtalnic vodnjaka VIIIa od leta 1997 je razvidno, da se vsebnost nitratov od leta 1999 postopno znižuje.

Vsebnost težje razgradljivih organskih snovi, ki jih določujemo s parametrom KPK je bila nizka v vseh vzorcih.

Rezultati analiz za organsko vezane halogene spojine AOX so bili večinoma pod ali na meji zaznavnosti analizne metode.

V podtalnici obeh vodnjakov so bile prisotne težke kovine. Podtalnica vodnjaka XI je s težkimi kovinami bolj onesnažena. Vsi vzorci iz tega vodnjaka so vsebovali šestvalentni krom, polovica vzorcev pa tudi nižje koncentracije cinka. Iz slik 5.35 in 5.35a, kjer je prikazana vsebnost šestvalentnega kroma v podtalnic vodnjaka VIIIa od leta 1997 je razvidno, da je bila vsebnost šestvalentnega kroma v letu 2001 najnižja v omenjenem petletnem obdobju.

V vzorcih podtalnice iz obeh vodnjakov smo določili atrazin in desetil-atrazin (slika 5.18 in 5.20). Dopustna vsebnost za posamezen pesticid $0,1\mu\text{g/l}$ je presegal predvsem desetil-atrazin. Dopustna vsebnost je bila za desetil-atrazin presežena v vseh vzorcih iz vodnjaka XI in v 11 od 20 vzorcih iz vodnjaka VIIIa. Dopustna vsebnost za vsoto pesticidov $0,5\mu\text{g/l}$ ni bila presežena nikjer (slika 5.22 in 5.24). Iz slik 5.33 in 5.33a, kjer je prikazana vsebnost atrazina v podtalnici vodnjaka VIIIa od leta 1997 je razvidno, da je vsebnost atrazina že od leta 1998 približno ista.

Izmed lahkolapnih halogeniranih ogljikovodikov smo v vzorcih podtalnice na obeh vzorčevalnih mestih določili nizke vsebnosti tetrakloroetilena. Vsebnost tetrakloroetilena je bila v podtalnici vodnjaka VIIIa nekoliko višja kot v nadomestnem vodnjaku XI. Iz slik 5.36 in 5.36a, kjer je prikazana vsebnost lahkolapnih kloriranih ogljikovodikov (LKCH) v podtalnic vodnjaka VIIIa od leta 1997 je razvidno, da se je vsebnost LKCH v podtalnici tega vodnjaka ponovno znižala.

Po rezultatih mikrobioloških preiskav je podtalnica v Klečah XI in VIIIa ustrezala kriterijem za pitno vodo.

Hrastje

V Hrastju je črpališče ljubljanskega vodovoda. Na tem mestu smo v obdobju od začetka marca 2001 do konca februarja 2002 vzorčevali podtalnico iz vodnjaka Ia zaradi vzdrževalnih del pa tudi iz vodnjaka III. Zaradi primerjave rezultatov smo dvakrat izvedli sočasno vzorčevanje iz obeh vodnjakov. V Hrastju, v vodnjaku Ia, ves čas spremljanja kakovosti podtalnice ugotavljamo največje onesnaženje podtalnice na Ljubljanskem polju in to pri skoraj vseh pomembnih pokazateljih onesnaženja.

V podtalnici obeh vodnjakov smo izmerili ustrezno temperaturo, pH in električno prevodnost. Podtalnica je bila zadostno nasičena s kisikom. (slika 5.1- 5.4).

V podtalnici so bili prisotni nitrati. V nadomestnem vodnjaku III je bila vsebnost nitratov nekoliko višja kot v vodnjaku Ia (slike 5.6, 5.8). Priporočena vrednost EU je bila v podtalnici vodnjaka III presežena v vseh vzorcih. Iz slik 5.29 in 5.29b, kjer je prikazana vsebnost nitratov v podtalnic vodnjaka Ia od leta 1997 je razvidno, da se vsebnost nitratov od leta 1999 postopno znižuje.

Vsebnost težje razgradljivih organskih snovi, ki jih določujemo s parametrom KPK je bila nizka v vseh vzorcih.

V Hrastju, v vodnjaku Ia, smo podobno kot že prejšnja leta izmerili najvišjo vsebnost spojin AOX (6,4 µg/l). V nadomestnem vodnjaku je bila vrednost AOX skoraj enkrat nižja (slika 5.11 in 5.12).

Podtalnica obeh vodnjakov je bila onesnažena s težkimi kovinami. V podtalnici vodnjaka Ia so bile visoke vsebnosti bakra in kroma (slika 5.13 in 5.15). Šestvalentni krom smo v vodnjaku Ia določili v vseh 15 vzorcih, baker pa v 8 vzorcih (slika 5.16). V podtalnici nadomestnega vodnjaka so bili sledovi cinka. V vseh vzorcih je bil prisoten trivalentni krom, rezultati za šestvalentni krom pa so bili pod mejo zaznavnosti analizne metode. Iz slik 5.35 in 5.35b, kjer je prikazana vsebnost šestvalentnega kroma v podtalnici vodnjaka Ia od leta 1997 je razvidno, da se vsebnost šestvalentnega kroma v tem vodnjaku še vedno zvišuje.

V vzorcih podtalnice iz obeh vodnjakov smo določili visoke koncentracije atrazina in desetil-atrazin (slika 5.18 in 5.19). Dopustna vsebnost za posamezni pesticid 0,1 µg/l je bila za atrazin in desetil-atrazin presežena v vseh vzorcih iz vodnjaka Ia in skoraj vseh vzorcih iz vodnjaka III. Občasno so bili v vodi prisotni tudi drugi pesticidi (bromacil in desizopropil-atrazin). Dopustna vsebnost za vsoto pesticidov 0,5 µg/l je bila v vodnjaku Ia presežena v 5 od 15 vzorcev, v vodnjaku III pa ni bila presežena v nobenem vzorcu (slika 5.22 in 5.23). Iz slik 5.33 in 5.33b, kjer je prikazana vsebnost atrazina v podtalnici vodnjaka Ia od leta 1997 je razvidno, da je bila povprečna vsebnost atrazina v letu 2001 podobna kot v preteklih letih.

Izmed lahkolapnih halogeniranih ogljikovodikov smo v vzorcih podtalnice vodnjaka Ia določili visoke vsebnosti tetrakloroetilena in trikloroetilena. Izmed 15 vzorcev jih je kar 12 preseglo koncentracijo 1 µg/l (slika 5.26 in 5.27). Zelo visoka je bila tudi vsebnost dikloro-metana v decembru ((6,8 µg/l). Iz slik 5.36 in 5.36b, kjer je prikazana vsebnost lahkolapnih kloriranih ogljikovodikov (LKCH) v podtalnici vodnjaka Ia od leta 1997, je razvidno, da se je povprečna vsebnost LKCH močno povečala v letu 2000 in ostala visoka tudi v letu 2001.

Vzorec podtalnice iz vodnjaka Ia, odvzet v oktobru, je vseboval preveč aerobnih mezofilnih bakterij (pri 22 °C) in je bil zato neustrezen za pitno vodo. Vsi ostali vzorci tako iz vodnjaka Ia kot III so bili mikrobiološko neoporečni in primerni za pitno vodo.

Šentvid

V Šentvidu je črpališče ljubljanskega vodovoda. Na tem mestu smo v obdobju od začetka marca 2001 do konca februarja 2002 vzorčevali podtalnico enkrat mesečno.

V podtalnici črpališča v Šentvidu smo izmerili ustrezno temperaturo in električno prevodnost. Tudi pH, čeprav močno spremenljiv, je bil v mejah priporočenih in mejnih vrednosti za pitno vodo. Podtalnica je bila zadostno nasičena s kisikom (slika 5.1- 5.4).

V podtalnici so bili prisotni nitrati, ki pa niso presegli priporočene mejne vrednosti EU v nobenem vzorcu (slike 5.6, 5.9). Iz slik 5.30 in 5.30a, kjer je prikazana vsebnost nitratov od leta 1997 je razvidno, da je povprečna vsebnost nitratov že od leta 1997 približno ista.

Vsebnost težje razgradljivih organskih snovi, ki jih določujemo s parametrom KPK, je bila nizka v vseh vzorcih.

Nižje vsebnosti spojin AOX smo določili v 7 od 12 vzorcev.

Podtalnica v Šentvidu je bila onesnažena s cinkom (4 vzorci od 12). Izstopa predvsem vzorec odvzet v septembru, kjer je vsebnost cinka preseгла priporočeno mejno vrednost EU (slika 5.14)

V vzorcih podtalnice v Šentvidu smo določili atrazin in desetil-atrazin (slika 5.18 in 5.21). Dopustna vsebnost za posamezen pesticid $0,1\mu\text{g/l}$ je bila za desetil-atrazin presežena v 9 od 12 vzorcev, za atrazin pa v nobenem vzorcu. Dopustna vsebnost za vsoto pesticidov $0,5\mu\text{g/l}$ ni bila presežena nikjer (slika 5.22).

Po rezultatih mikrobioloških preiskav je podtalnica v Šentvidu ustrezala kriterijem za pitno vodo.

Jarški prod

V Jarškemrodu, ki je na levem bregu Save, je črpališče ljubljanskega vodovoda. Na tem mestu smo v obdobju od začetka marca 2001 do konca februarja 2002 vzorčevali podtalnico enkrat mesečno.

V podtalnici smo izmerili ustrezno temperaturo pH in električno prevodnost. Podtalnica je bila zadostno nasičena s kisikom (slika 5.1- 5.4).

V podtalnici so bili v nižjih koncentracijah prisotni nitrati (slika 5.6, 5.9). Iz slik 5.30 in 5.30b, kjer je prikazana vsebnost nitratov v podtalnic od leta 1997 je razvidno, da je ostala vsebnost nitratov od leta 1997 v glavnem nespremenjena.

Vsebnost težje razgradljivih organskih snovi, ki jih določujemo s parametrom KPK je bila nizka v vseh vzorcih.

Vsebnost organsko vezanih halogenih spojin AOX je bila večinoma pod ali na meji zaznavnosti analizne metode.

Podtalnica je bila onesnažena s cinkom ter kromom v nizkih koncentracijah (slika 5.14, 5.15).

Po rezultatih mikrobioloških preiskav je podtalnica v Jarškemrodu ustrezala kriterijem za pitno vodo.

Iški vršaj

V Iškem vršaju, črpališču ljubljanskega vodovoda, črpamo podtalnico Ljubljanskega Barja. Na tem mestu smo v obdobju od začetka marca 2001 do konca februarja 2002 vzorčevali podtalnico enkrat na dva meseca.

V podtalnici smo izmerili ustrezno temperaturo pH in električno prevodnost. Podtalnica je bila zadostno nasičena s kisikom (slika 5.1- 5.4).

V podtalnici so bili v nižjih koncentracijah prisotni nitrati (slika 5.6, 5.9). Iz slik 5.31 in 5.31a, kjer je prikazana vsebnost nitratov v podtalnici od leta 1997, je razvidno, da je vsebnost nitratov od leta 1997 v glavnem nespremenjena.

Vsebnost težje razgradljivih organskih snovi, ki jih določujemo s parametrom KPK, je bila pod mejo zaznavnosti analizne metode v vseh vzorcih.

Rezultati meritev za baker cink in svinec so bili, z izjemo ene meritve (baker), pod mejo zaznavnosti analizne metode. (slike 5.13, 5.14)

Po rezultatih mikrobioloških preiskav je podtalnica v Iškem vršaju ustrezala kriterijem za pitno vodo.

Roje

V vrtini v Rojah smo v obdobju od začetka marca 2001 do konca februarja 2002 vzorčevali podtalnico enkrat na dva meseca.

V podtalnici smo izmerili ustrezno temperaturo pH in električno prevodnost. Podtalnica je bila zadostno nasičena s kisikom (slika 5.1- 5.4).

V podtalnici so bili v nižjih koncentracijah prisotni nitrati (slika 5.6, 5.10). Iz slik 5.31 in 5.31b, kjer je prikazana vsebnost nitratov v podtalnici od leta 1997, je razvidno, da je bila vsebnost nitratov podobna kot prejšnja leta.

Vsebnost težje razgradljivih organskih snovi, ki jih določujemo s parametrom KPK in vsebnost organsko vezanih halogenih spojin AOX je bila pod mejo zaznavnosti analizne metode v vseh vzorcih. Tudi rezultati meritev za baker nikelj in svinec so bili pod mejo zaznavnosti analizne metode (slika 5.13). Prav tako so bili pod mejo zaznavnosti analizne metode vsi rezultati za triazinske pesticide (slika 5.18, 5.21).

Po rezultatih mikrobioloških preiskav je podtalnica v Rojah ustrezala kriterijem za pitno vodo.

Stožice

V vrtini v Stožicah smo v obdobju od začetka marca 2001 do konca februarja 2002 vzorčevali podtalnico enkrat na dva meseca.

V podtalnici smo izmerili ustrezno temperaturo pH in električno prevodnost. Podtalnica je bila zadostno nasičena s kisikom (slika 5.1- 5.4).

V podtalnici so bili prisotni nitrati, ki v povprečju niso presegli priporočene mejne vrednosti EU (slika 5.6, 5.10). Iz slik 5.31 in 5.31c, kjer je prikazana vsebnost nitratov v podtalnici v stožicah od leta 1997 je razvidno, da je vsebnost nitratov precej spremenljiva že vsa leta.

Vsebnost težje razgradljivih organskih snovi, ki jih določujemo s parametrom KPK je bila pod mejo zaznavnosti analizne metode v vseh vzorcih. V vodi so bile v nizkih koncentracijah prisotne organsko vezane halogene spojine AOX (slika 5.11). Vsebnost svinca je bila pod mejo zaznavnosti analizne metode v vseh vzorcih.

Po rezultatih mikrobioloških preiskav je podtalnica v Stožicah ustrezala kriterijem za pitno vodo.

Koteks

V industrijskem vodnjaku Koteks smo v obdobju od začetka marca 2001 do konca februarja 2002 vzorčevali podtalnico enkrat na dva meseca.

V podtalnici smo izmerili ustrezno temperaturo pH in električno prevodnost. Podtalnica je bila zadostno nasičena s kisikom (slika 5.1- 5.4).

V podtalnici so bili prisotni nitrati. Vsebnosti nitratov niso presegle priporočene meje EU v nobenem vzorcu (slika 5.6, 5.10). Iz slik 5.32 in 5.32a, kjer je prikazana vsebnost nitratov v podtalnici v Koteksu od leta 1997, je razvidno, da je vsebnost nitratov podobna že vsa leta.

Vsebnost težje razgradljivih organskih snovi, ki jih določujemo s parametrom KPK je bila večinoma pod mejo zaznavnosti analizne metode.

V podtalnici so bile prisotne organsko vezane halogene spojine AOX. Povprečna vrednost AOX je bila 4,7 µg Cl/l in je bila druga najvišja izmerjena vrednost v podtalnici na Ljubljanskem polju (slika 5.11).

V podtalnici Koteksa so bile prisotne nižje koncentracije kroma in bakra (slika 5.13, 5.15)

V vzorcih podtalnice smo določili atrazin in desetil-atrazin (slika 5.18 in 5.21). Dopustna vsebnost za posamezni pesticid 0,1µg/l je bila za desetil-atrazin presežena v 2 od 6 vzorcev in za atrazin v 3 od 6 vzorcev. Iz slik 5.34 in 5.34a, kjer je prikazana vsebnost atrazina v podtalnici Koteksa od leta 1997, je razvidno, da je vsebnost atrazina podobna že vsa leta.

Izmed lahkolapnih halogeniranih ogljikovodikov smo v vzorcih podtalnice določili tetrakloroetilen, ki je bil prisoten v vseh vzorcih. (slika 5.26, 5.28).

V vzorcu, ki smo ga zajeli v juniju je bilo visoko število skupnih aerobnih mezofilnih bakterij (pri 22 °C), zato ta vzorec ni ustrezal kriterijem za pitno vodo. Ostalih pet vzorcev je kriterijem ustrezalo.

Elok

V industrijskem vodnjaku Elok smo v obdobju od začetka marca 2001 do konca februarja 2002 vzorčevali podtalnico enkrat na dva meseca

V podtalnici smo izmerili ustrezno temperaturo pH in električno prevodnost. Podtalnica je bila zadostno nasičena s kisikom (slika 5.1- 5.4).

V podtalnici so bili prisotni nitrati. Vsebnosti nitratov niso presegle priporočene meje EU v nobenem vzorcu (slika 5.6, 5.10). Iz slik 5.32 in 5.32b, kjer je prikazana vsebnost nitratov v podtalnici v Eloku od leta 1997, je razvidno, da se je vsebnost nitratov v letu 2001 nekoliko znižala.

Vsebnost težje razgradljivih organskih snovi, ki jih določujemo s parametrom KPK, je bila pod mejo zaznavnosti analizne metode.

V podtalnici so bile v nižjih koncentracijah prisotne organsko vezane halogene spojine AOX (slika 5.11).

V podtalnici Eloka smo določevali kadmij in svinec. Vsi rezultati so bili pod mejo zaznavnosti analizne metode.

V podtalnici je bil prisoten atrazin (3 od 6 vzorcev), v enem vzorcu pa tudi desetil-atrazin. (slika 5.18 in 5.22). Dopustna vsebnost za posamezni pesticid 0,1µg/l ni bila presežena v nobenem vzorcu (slika 5.21).

Izmed lahkih halogeniranih ogljikovodikov smo v vzorcih podtalnice določili tetrakloroetilen, ki je bil v nižjih koncentracijah prisoten v vseh vzorcih (slika 5.26, 5.28).

Mikrobiološko so bili vsi vzorci podtalnice neoporečni in primerni za pitno vodo.

Dekorativna

V industrijskem vodnjaku Dekorativna smo v obdobju od začetka marca 2001 do konca februarja 2002 vzorčevali podtalnico enkrat na dva meseca.

V podtalnici smo izmerili ustrezno temperaturo pH in električno prevodnost. Podtalnica je bila zadostno nasičena s kisikom (slika 5.1- 5.4).

V podtalnici so bili nitrati v visokih koncentracijah. Vsebnosti nitratov so presegle priporočene meje EU v vseh vzorcih (slika 5.6, 5.10). Iz slik 5.32 in 5.32c, kjer je prikazana vsebnost

nitratov v podtalnici vodnjaka Dekorativne od leta 1997, je razvidno, da je vsebnost nitratov od leta 1999, ko se je povečala, še vedno visoka.

Vsebnost težje razgradljivih organskih snovi, ki jih določujemo s parametrom KPK, je bila večinoma pod mejo zaznavnosti analizne metode.

V podtalnici Dekorativne smo določevali nikelj, svenec in živo srebro. Vsi rezultati so bili pod mejo zaznavnosti analizne metode. Sledove niklja smo določili le v enem vzorcu.

V podtalnici je bil prisoten atrazin (4 od 6 vzorcev) in v vseh vzorcih tudi desetil-atrazin. (slika 5.18, 5.21, 5.22).

Izmed lahkih halogeniranih ogljikovodikov smo v vzorcih podtalnice določili tetrakloroetilen, ki je bil v nižjih koncentracijah prisoten v vseh vzorcih. (slika 5.26, 5.28).

Mikrobiološko je bil vzorec, zajet v oktobru, zaradi prisotnosti skupnih koliformnih bakterij neustrezen. Ostali vzorci so ustrezali kriterijem za pitno vodo.

7.2. POVRŠINSKI VODOTOKI

Med zajemnimi mesti, ki so v programu monitoringa kakovosti površinskih vodotokov na območju MOL sta tako kot prejšnja leta po onesnaženosti najbolj izstopala potoka Curnovec in Bezlanov graben. Oba sta bila močno onesnažena z organskimi snovmi. Predvsem v Curnovcu se je stanje glede na prejšnja leta še poslabšalo. V vodi smo določili najvišje vrednost KPK in najvišje vsebnosti amonija, sulfatov in bora ter najnižjo vsebnost kisika.

V Ljubljani pred izlivom Malega grabna in v Gradaščici pred izlivom v Ljubljano smo izmerili visoko prenasičenost s kisikom.

Vsebnosti težkih kovin v vodi, tako v filtratu kot v suspendiranih delcih so bile na vseh zajemnih mestih nizke. Sediment je bil s težkimi kovinami zelo onesnažen v Ljubljani nad izlivom Bezlanovega grabna kjer smo izmerili izredno visoko vsebnost kroma. Na vseh vzorčevalnih mestih razen v Gradaščici nad Ljubljano smo v sedimentu izmerili visoko vsebnost živega srebra. Najvišja vsebnost živega srebra je bila v Curnovcu pred izlivom.

Mikrobiološkim zahtevam za kopalne vode je med 25 vzorci zajetimi na 7 zajemnih mestih ustrezalo 5 vzorcev. 1 v Ljubljani pred izlivom Bezlanovega grabna, 2 v Ljubljani na Špici in 2 v Ižici.

8. 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 (Zaključno poročilo), MOP-HMZ julij 2000
- [4] Poročilo o monitoringu kakovosti podtalnice in površinskih vodotokov na območju mestne občine Ljubljana v letu 2001/2002 (prvo vmesno poročilo), MOP-HMZ, september 2000
- [5] Poročilo o monitoringu kakovosti podtalnice in površinskih vodotokov na območju mestne občine Ljubljana v letu 2001/2002 (drugo vmesno poročilo), MOP-HMZ, november 2000
- [6] Poročilo o monitoringu kakovosti podtalnice in površinskih vodotokov na območju mestne občine Ljubljana v letu 2001/2002 (tretje vmesno poročilo), MOP-HMZ, februar 2001
- [7] Poročilo o monitoringu kakovosti podtalnice in površinskih vodotokov na območju mestne občine Ljubljana v letu 2001/2002 (četrto vmesno poročilo), MOP-ARSO, junij 2001
- [8] Standards Methods for the Examination of Water and Wastewater, 18th Edition, APHA - AWWA - WEF (1992)
- [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, Uradni list RS, št. 54/98 in Uradni list RS, št. 7/2000*
- [11] Council Directive 98/83/EC of 3 November 1998 on the quality of water intended for human consumption
- [12] Council Directive 80/778/EEC of 15 July 1980 relating to the quality of water intended for human consumption
- [13] Uredba o klasifikaciji voda medrepubliških vodnih tokov, meddržavnih voda in voda obalnega morja Jugoslavije, *Uradni list SFRJ, št. 6/78*
- [14] 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*
- [15] 75/440/EEC, Concil Directive of 16. June 1975, concerning the quality required for the abstarction of drinking water in the Member States
- [16] 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)
- [17] Pravilnik o higienskih zahtevah za kopalne vode, *Uradni list SRS, št. 9/88*
- [18] Geološka karta Slovenije, Geološki zavod Ljubljana
- [19] Sigel H., Metal Ions in Biological Systems, Vol. 18, Circullations of Metals in the Environmental, Marcel Dekker, Inc, New York
- [20] 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
- [21] Raziskave kakovosti voda površinskih vodotokov v Sloveniji 1986, 1987, 1988, 1989, 1990, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998 in 1999, HMZ RS, Ljubljana