

Univerza
v Ljubljani
Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*

*Janova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si*



Visokošolski program Gradbeništvo,
diferencialni 3.1 po VŠ-VSS

Kandidat:

Igor Bertok

Denitrifikacija pitnih vod

Diplomska naloga št.: 265

Mentor:
prof. dr. Boris Kompare

Ljubljana, 26. 1. 2007

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani **IGOR BERTOK** izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom:
»DENITRIFIKACIJA PITNIH VOD«

Izjavljam, da se odpovedujem vsem materialnim pravicam iz dela za potrebe elektronske
separatoteke FGG.

Ljubljana, 10.01.07

Bertok, I. 2007. Denitrifikacija pitne vode.

Dipl. nal. – UNI. Ljubljana, UL, FGG, Študij vodarstva in komunalnega inženirstva.

II

IZJAVA O PREGLEDU NALOGE

Nalogo so si ogledali učitelji hidrotehnične smeri:

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK: 628.196(043.2)
Avtor: Igor Bertok
Mentor: izr. prof. dr. Boris Kompare
Naslov: Denitrifikacija pitnih vod
Obseg in oprema: 55 str., 1 pregl., 23 sl., 1 en.
Ključne besede: nitrati, Nitratna Direktiva, monitoring, preventivni ukrepi, kurativni ukrepi

Izvleček

V Sloveniji pridobivamo večino pitne vode iz podtalnice. Žal se velikokrat v njo zaradi industrije, prometa in drugih človekovih dejavnosti izpira vrsta onesnaževal. Eno takih onesnaževal so tudi nitrati. Če so v pitni vodi prisotni v prevelikih koncentracijah, (nad 50 mg/l) so človekovemu zdravju škodljivi. Predvsem so na povečano količino nitratov v vodi občutljivi dojenčki, pri katerih povzročijo nastanek bolezni methemoglobinemije.

Dušik prihaja v podtalnico na različne načine in v obliki različnih spojin. Približno 80 % ga priteka v obliki amonijevih spojin, ki se v vodi, ki vsebuje dovolj kisika, oksidirajo do nitrata. Količino nitrata v podtalnicah ugotavljamo in spremljamo z letnimi monitoringi podzemnih voda, ki jih izvaja ARSO. Rezultati letnih poročil kažejo, da je severovzhodni del Slovenije tisti, ki je najbolj obremenjen z nitrati. Za to je kriva predvsem intenzivna kmetijska dejavnost, saj se z gnojenjem izpirajo v tla velike količine dušika. EU je leta 1991 izdala Nitratno Direktivo za vse države članice. Slovenija kot bodoča članica EU se je na direktivo odzvala tako, da je spremenila Uredbo o vnosu nevarnih snovi in rastlinskih hranil v tla. S tem je bilo celotno območje Slovenije opredeljeno kot občutljivo območje, za katerega je bilo potrebno pripraviti operativni program z ukrepi varstva voda pred onesnaženjem z nitrati in pesticidi iz kmetijstva. Operativni program predstavlja preventivni ukrep proti onesnaževanju pitne vode z nitrati, kjer pa je ta že zasičena z nitrati, se za odstranjevanje uporabljajo različne kurativne metode, biokemične, predvsem pa fizikalno-kemične kot so reverzna osmoza, elektrodializa in ionska izmenjava.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDC: 628.196(043.2)
Author: Igor Bertok
Supervisor: Assoc. Prof. Boris Kompare, Ph.D.
Title: Denitrification of drinking water
Notes: 55 p., 1 tab., 23 fig., 1 eq.
Key words: nitrates, Nitrates Directive, monitoring, precaution step, treatment step

Abstract

Most of the drinking water in Slovenia comes from groundwater. Unfortunately, in the majority of cases it is polluted because of industry, traffic and other human activities. One of the pollutants are nitrates. If they are present in drinking water in big concentrations (over 50 mg/l), they are harmful to human health. Especially babies are sensitive to the increasing quantity of nitrates and can get methemoglobinemia, commonly called »the blue baby syndrome«. Nitrogen comes into groundwater in different ways and in the form of different compounds. Approximately 80 % of it is in the form of ammonia compound, which - in water with enough oxygen - oxidizes to nitrates. The quantity of nitrates in groundwater is analysed and annually monitored by ARSO, the Agency of the Republic Slovenia for the Environment. The results of annual reports show that the north-east part of Slovenia is the one most loaded with nitrates. Most of the fault lies in intensive agricultural activity which during fertilization emits big quantities of nitrogen into the soil. In 1991, the EU enacted the Nitrates Directive. Slovenia as the future member of EU accepted the Directive and changed its regulation on entering dangerous materials and vegetable nutritions in ground accordingly. This defined the entire Slovenian territory as a sensitive area which required an operative programme with protection measures against the pollution of water with nitrates and pesticides from agriculture. This operational programme represents a preventive measure against the pollution of water with nitrates; where waters are already polluted, the pollution should be removed using different treatment methods, such as biochemical and physico-chemical, including reverse osmosis, electrodialysis and ion exchange.

Bertok, I. 2007. Denitrifikacija pitne vode.

Dipl. nal. – UNI. Ljubljana, UL, FGG, Študij vodarstva in komunalnega inženirstva.

V

ZAHVALA

Za pomoč pri nastajanju diplomske naloge se iskreno zahvaljujem mentorju izr. prof. dr. B. Komparetu za strokovno pomoč in vzpodbude.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
1.1	Opis problema	1
1.2	Cilj diplomske naloge	2
2	DUŠIK V VODAH	4
2.1	Dušikov cikel	4
3	DIREKTIVA SVETA EVROPE 91/676/EEC (Nitratna Direktiva)	6
3.1	Odziv Slovenije na Nitratno Direktivo	7
3.2	Operativni program za varstvo voda pred onesnaženjem z nitrati iz kmetijske proizvodnje	7
3.3	Podzakonski predpisi, ki se nanašajo na varstvo voda pred onesnaženjem zaradi kmetijske dejavnosti	8
3.3.1	Uredba o vnosu nevarnih snovi in rastlinskih hranil v tla (UL RS št. 68/96 in 35/01)	8
3.3.2	Navodilo za izvajanje dobre kmetijske prakse (UL RS št. 34/00)	8
3.3.3	Uredba o standardih kakovosti podzemne vode (UL RS št. 100/05)	9
3.3.4	Pravilnik o pitni vodi (UL RS št. 19/04)	9
3.4	Ocena izvajanja operativnega programa za varstvo voda v Sloveniji	9
4	STANJE KAKOVOSTI VODA V SLOVENIJI	11
4.1	Določanje kakovosti pitnih voda	11
4.2.	Monitoring kakovosti podzemne vode	11

4.3	Poročilo o monitoringu 2003 (najbolj ažurni dostopni podatek o kakovosti vode v Sloveniji)	12
4.4	Program monitoringa kakovosti podzemne vode	13
4.3.1	Merilna mesta na Murskem, Prekmurskem in Apaškem polju	14
4.3.2	Merilna mesta na Dravskem in Ptujskem polju ter na Vrbanskem platoju	15
4.3.3	Merilna mesta v Spodnji Savinjski dolini in dolini Bolske	17
4.3.4	Merilna mesta na Sorškem, Kranjskem, Vodiškem in Ljubljanskem polju ter v dolini Kamniške Bistrice	18
4.3.5	Merilna mesta na Čateškem, Krškem in Brežiškem polju	20
4.3.6.	Merilna mesta v Spodnji Soški dolini in Zgornji Vipavski dolini	21
4.5	Preglednica z odvzemnimi mesti in izmerjenimi vrednostmi nitratov (mg/NO₃⁻ l)	23
5	ODSTRANJEVANJE NITRATOV IZ PITNE VODE	26
5.1	Preventivni ukrepi za obvarovanje podtalnic pred onesnaženjem z nitrati	26
5.1.1	Ukrepi operativnega programa za varstvo voda pred onesnaženjem z nitrati iz kmetijske proizvodnje	26
5.1.1.1	Ukrepi za strokovno utemeljeno gnojenje po načelih dobre kmetijske prakse in upoštevanje mejnih vrednosti letnih vnosov	27
5.1.1.1.1	Mejna vrednost letnega vnosa dušika z živinskimi gnojili	27
5.1.1.1.2	Obdobja prepovedi gnojenja	28
5.1.1.1.3	Ukrepi na vodovarstvenih območjih:	28
5.1.1.1.4	Mejne vrednosti letnega vnosa dušika na vodovarstvenih območjih	29
5.1.1.1.5	Racionalno gnojenje	30
5.1.1.1.6	Pokritost z vegetacijo v deževnih obdobjih in pozimi	31
5.1.1.1.7	Gnojilni načrti	31

5.1.1.2	Ukrepi za zagotavljanje ustreznih skladiščnih kapacitet za živalska gnojila	31
5.1.1.2.1	Iztok iz skladišč živalskih gnojil	32
5.1.1.2.2	Kapacitete skladišč živalskih gnojil	32
5.1.1.3	Ukrepi za prilagajanje živinorejskih obratov okoljskim standardom	32
5.2	Kurativni ukrepi za obvarovanje podtalnic pred onesnaženjem z nitrati	33
5.2.1	Razredčenje s čisto vodo	33
5.2.1.1	Inducirana infiltracija	34
5.2.1.2	Umetno bogatenje	35
5.2.2	Fizikalno-kemični procesi odstranjevanja nitratov iz pitne vode	36
5.2.2.1	Denitrifikacija pitne vode s tehnologijo Reverzne osmoze-RO	36
5.2.2.2	Denitrifikacija pitne vode s tehnologijo Elektrodialze-ED	42
5.2.2.3	Denitrifikacija pitne vode s tehnologijo Ionske izmenjave-IX	46
5.2.2.4	Hibridne tehnologije	50
5.2.3	Biokemični procesi odstranjevanja nitratov iz pitne vode	53
5.2.3.1	Podzemeljske denitrifikacijske metode	53
6	ZAKLJUČEK	55
VIRI		56

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

NPVO	Nacionalni program varstva okolja
ZVO	Zakon o varstvu okolja
ARSO	Agencija Republike Slovenije za okolje
EU	Evropska Unija
MOP	Ministrstvo za okolje in prostor
AMP	Avtomatska merilna postaja
AM	Letna aritmetična srednja vrednost parametra na merilnem mestu
GVŽ	Glava velike živine
RO	Reverzna osmoza
TDS	Količina celotno raztopljenih delcev (angl. Total dissolved solids)
ED	Elektrodializa
IX	Ionska izmenjava
ZDA	Združene države Amerike

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Merilna mesta mreže monitoringa podtalnice (ARSO, 2004)

KAZALO SLIK

- Slika 1: Dušikov cikel (Jesenovec, 1996)
- Slika 2: Občutljiva območja po Nitratni Direktivi v Evropi (European Environment Agency, 2002. Za Slovenijo: Uredba o vnosu nevarnih snovi in rastlinskih hranil v tla UL RS 68/96, 35/01)
- Slika 3: Skladnost nacionalnih operativnih programov v okviru Nitratne Direktive (European Environment Agency, 2002. Za Slovenijo strokovna ocena MOP, ARSO).
- Slika 4: Mreža merilnih mest za državni monitoring kakovosti podzemne vode 2003 (ARSO, 2004)
- Slika 5: Mreža merilnih mest na Murskem, Prekmurskem in Apaškem polju (ARSO, 2004)
- Slika 6: Mreža merilnih mest na Dravskem in Ptujskem polju ter na Vrbanskem platoju (ARSO, 2004)
- Slika 7: Mreža merilnih mest v Spodnji Savinjski dolini in dolini Bolske (ARSO, 2004)
- Slika 8: Mreža merilnih mest na Sorškem, Kranjskem, Vodiškem in Ljubljanskem polju ter v dolini Kamniške Bistrice (ARSO, 2004)
- Slika 9: Mreža merilnih mest na Čateškem, Krškem in Brežiškem polju (ARSO, 2004)
- Slika 10: Mreža merilnih mest v Spodnji Soški dolini in Zgornji Vipavski dolini (ARSO, 2004)
- Slika 11: Območja, na katerih veljajo različne stopnje vodovarstvenega režima (ARSO, 2004)
- Slika 12: Zmanjševanje koncentracije nitratov v podtalnici z metodo inducirane infiltracije (Panjan, 1996)
- Slika 13: Zmanjševanje koncentracije nitratov v podtalnici z metodo umetnega bogatenja (Panjan, 1996)
- Slika 14: Procesi, ki temeljijo na membranski tehnologiji razvrščeni glede na stopnjo filtracije (Lenntech, 2006)
- Slika 15: Shematski prikaz procesa normalne osmoze (ANTE, 2002)
- Slika 16a: Shematski prikaz procesa reverzne osmoze (ANTE, 2002)

- Slika 16b: Shematski prikaz procesa reverzne osmoze (ANTE, 2002)
- Slika 17: Modul reverzne osmoze s spiralno rezanimi membranami (Hammer, Hammer, 2004)
- Slika 18: Modul reverzne osmoze s sistemom votlih vlaken (Hammer, Hammer, 2004)
- Slika 19a: Shematski prikaz principa delovanja elektrodialize (Ameridia, 1999)
- Slika 19b: Shematski prikaz celotnega procesa denitrifikacije pitne vode s pomočjo elektrodialize (Ameridia, 1999)
- Slika 20: Shema procesa hibridne tehnologije elektrodialize in biološke denitrifikacije (Wisniewski, 2001)
- Slika 21: Možnosti biokemične redukcije nitratov v vodonosniku (Panjan, 1996)

1 UVOD

Voda je naravna dobrina, ki je pogoj za življenje na Zemlji. Voda v naravi nenehno kroži in sicer tako, da z izhlapevanjem prehaja v ozračje, s padavinami pa se vrača na zemeljsko površje, kjer je del odteče v reke in podzemlje ter se porabi za življenjske združbe, del pa ponovno izhlapi. Daleč največji delež vode prisotne na Zemlji predstavlja morska voda, sladke je le nekaj odstotkov.

Naša dežela je zaradi svojih geoloških lastnosti in podnebja sorazmerno bogata z vodami, saj vodne površine pri nas pokrivajo okoli 272 km² geoloških enot. Pri nas predstavlja večji problem dejstvo, da čista voda ni enakomerno razporejena, saj skoraj vso pitno vodo pridobivamo iz podzemne vode in sicer iz podtalnice, kjer so akumulirane velike količine vode iz vodonosnikov z medzrnsko in razpoklinsko poroznostjo. Površinska voda prihaja v podtalnico skozi odprte pore v tleh iz katerih izpodriva zrak in tako prodira do globine, kjer so že vse pore zapolnjene z vodo. Količina vode v tleh je odvisna od poroznosti geoloških plasti. Najbolj porozne so ponavadi prodnate plasti, približno stokrat manj pa kamnine, kot so dolomiti in apnenci. Poroznost geoloških plasti pa ne omogoča prehod samo deževnici, ampak se z njo izpirajo v podtalnico tudi različna onesnaževala (Prestor, 2005).

1.1 Opis problema

Človek s svojo dejavnostjo (industrija, promet, izpusti neprečiščenih komunalnih odpadkov, neurejena odlagališča odpadkov, uporaba umetnih gnojil, pesticidov in gnojevke v kmetijstvu) vnaša v vodne sisteme vedno večje količine onesnaževal. Od teh predstavljajo velik delež tudi dušikove spojine. Nekatere od njih so zaradi visoke koncentracije nitratov nevarne za zdravje. Dušik se v vodah pojavlja v različnih kemijskih oblikah. Največ je anorganskega dušika, ki je vezan v amonijevih spojinah, amonijaku, nitritih, nitratih in raztopljen molekularni dušik.

Preobremenjenost podtalnice z nitrati in presežne vrednosti v pitni vodi so posledica intenzivnega razvoja živinoreje, neracionalnega in nekontroliranega gnojenja kmetijskih površin, črnih odlagališč odpadkov, neustreznih deponij gnoja na območju vodovarstvenih pasov in številnih greznic s ponikalnicami ali celo brez na podeželju in v primestnih naseljih.

Voda namenjena ljudem, je pitna, če ne škoduje zdravju uporabnika, kar pomeni, da mora biti neoporečna v fizikalnem, mikrobiološkem in kemičnem pogledu. Nitate v pitni vodi obravnava higiena kot indikatorje onesnaženja. V višjih koncentracijah so nitrati v pitni vodi škodljivi zdravju ljudi (Panjan, 1996).

V človeškem telesu se nitrati reducirajo v nitrite. Najbolj znan škodljiv učinek nitratov oz. nitritov na zdravje je pojav methemoglobinemije, kot posledica oksidacije hemoglobina. Hemoglobin je snov, ki se nahaja v rdečih krvničkah in je zadolžen za prenos kisika v krvi. Methemoglobinemija pa je bolezen pri kateri je hemoglobin v oksidirani obliki (methemoglobin) in zaradi tega ne more vezati kisika. Kot posledica tega nastaja pomanjkanje kisika v tkivih, ki se kaže kot modra obarvanost kože in sluznic. Za nastanek methemoglobinemije zaradi izpostavljenosti nitratom oz. nitritom v prehrani so najbolj občutljivi dojenčki do 4. meseca starosti, ker v tem starostnem obdobju še vedno nimajo razvitega encimskega sistema, ki je sposoben reducirati methemoglobin v hemoglobin. Ogrožene so lahko tudi nosečnice in ljudje s pomanjkanjem nekaterih encimov. Glede na do sedaj zbrane podatke pa še ni trdnih zaključkov o drugih škodljivih vplivih nitratov na zdravje človeka. Ocena rakotvornosti nitratov, nitritov in endogenih nitrozaminov pri Svetovni zdravstveni organizaciji še poteka (Ministrstvo za zdravje Republike Slovenije, 2006).

S statističnimi metodami so določili, da je verjetnost števila obolelih večja v območjih, kjer pitna voda vsebuje več kot 20 mg/l nitrata (Panjan, 1996).

1.2 Cilj diplomske naloge

V Sloveniji pokrivajo kmetijska zemljišča skoraj 40 % površja. Kmetijska dejavnost vpliva tako na kakovost naravnih virov in biološko raznolikost kot tudi na spremembe v pokrajini. Kljub temu, da se njen delež in pomen v okviru gospodarskih dejavnosti zmanjšuje, se kmetijstvo na zemljiščih, ki so v uporabi, intenzificira. Tako kmetijstvo na teh območjih močno obremenjuje okolje. Podzemne vode so skoraj izključni vir pitne vode pri nas, le te pa ležijo pod našimi najbolj rodovitnimi, kmetijsko izkoriščanimi površinami. Ena od prednostnih nalog je torej njihova zaščita.

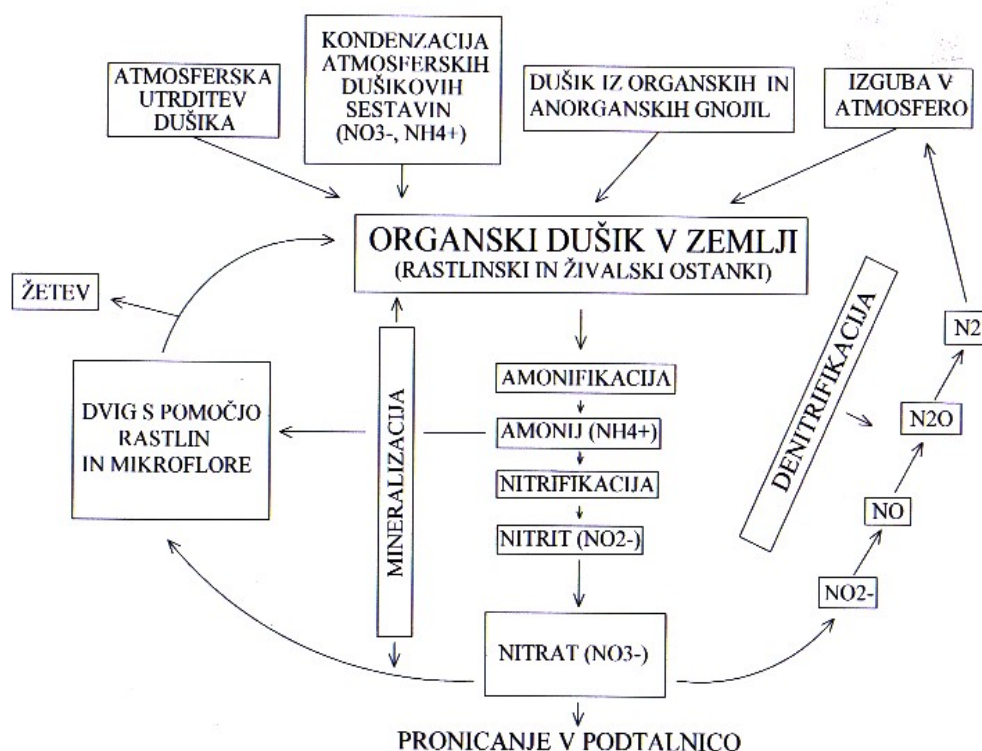
Cilj moje diplomske naloge je predstaviti preventivne ukrepe za zmanjševanje vdora nitratov v podtalnico, ki jih narekuje zakonodaja ter posamezne kurativne ukrepe, t.j. različne metode odstranjevanja presežnih količin nitratov iz pitne vode.

2 DUŠIK V VODAH

2.1 Dušikov cikel

Dušik je eden najvažnejših elementov biosfere, bistvena komponenta živih organizmov in pomembno hranilo za rastlinsko in živalsko rast. Atmosfera ga vsebuje približno 79 % (Jesenovec, 1996).

Dušik se v naravi pojavlja v različnih kemijskih oblikah, ki s pomočjo aktivnosti rastlin in živali tvorijo dušikov cikel (Slika 1). To je biokemičen proces kjer različne vrste bakterij oksidirajo ali pa reducirajo dušikove spojine. Pri tem sta procesa oksidacije in redukcije v neposredni povezavi s fotosintetsko aktivnostjo zelenih rastlin. Vloga živali pa je v teh procesih posredna in manj pomembna (Panjan, 1996).



Slika 1. Dušikov cikel (Jesenovec, 1996)

Dušik prehaja v vodo na različne načine:

- s precipitacijo iz atmosfere (padavine)
- fiksacijo atmosferskega dušika
- vnos s spiranjem površin
- z industrijskimi in komunalnimi odplakami

Po ocenah izhaja okrog 30 % dušikovih spojin iz fekalnih odplak, 31 % iz industrijskih odplak in 39 % iz komunalnih čistilnih naprav. Približno 80 % dušika priteka v obliki amonijevih spojin. Le-te se v vodi, ki vsebuje dovolj kisika, oksidirajo do nitrata. Za oksidacijo so potrebne velike količine kisika, saj se pri pretvorbi 1 mg dušika v amonijevih spojinah s pomočjo mikroorganizmov porabi 4,6 mg kisika. V anaerobnih pogojih se nitrati reducirajo v nitrite, pri nadaljni redukciji pa nastane dušik (N_2) (Jesenovec, 1996).

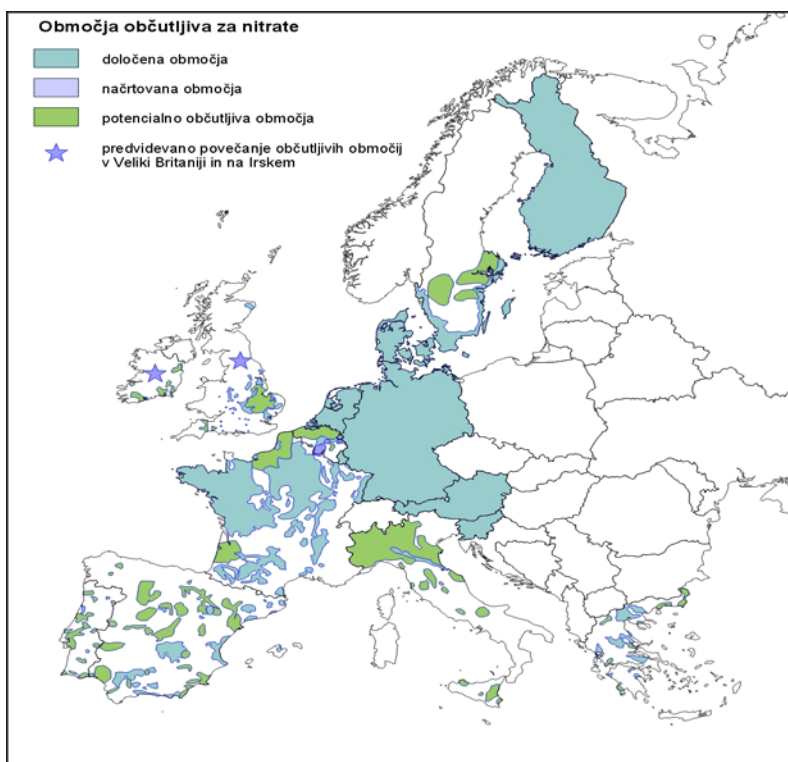
Dušik se v vodah pojavlja v različnih kemijskih oblikah:

- Raztopljen molekularni dušik
- Amonijak (NH_3)
- Amonijeve soli, kjer je dušik v obliki amonijevega iona (NH_4^+)
- Nitrit (NO_2^-)
- Nitrat (NO_3^-)
- v organskih spojinah (aminokislina, amini, proteini)

največ je anorganskega dušika.

3 DIREKTIVA SVETA EVROPE 91/676/EEC (Nitrarna Direktiva)

Onesnaženje površinskih in podzemnih voda s presežki hranil iz kmetijstva predstavlja velik problem v Evropi. V obdobju 1950–2000 se je poraba mineralnega dušika povečala za 10 krat, količina celotnega dušika v živinskem gnojilu se je povzpela na 9 milijonov ton. Vnos dušika v tla je mnogo večji od odvzema dušika z rastlinami in s tem predstavlja nevarnost, da se hranila vnašajo v vode in s tem vplivajo na njeno kakovost. Presežki dušika v letu 1997 so se gibali od 24 kg/ha na Portugalskem, do 256 kg/ha na Nizozemskem (Eurostat 2000), v Sloveniji pa v povprečju 64 kg/ha. V letu 1991 so države članice EU sprejele direktivo 91/676/EEC, ki se nanaša na varstvo voda pred onesnaženjem z nitrati iz kmetijskih virov (t.i. Nitrarna Direktiva oz. Direktiva Sveta Evrope). Direktiva zahteva, da države članice določijo občutljiva območja in vpeljejo operativne programe in predpisane ukrepe za zmanjšanje onesnaženosti z nitrati iz kmetijstva na teh območjih (MOP, 2004).



Slika 2: Občutljiva območja po Nitrarni Direktivi v Evropi (European Environment Agency, 2002. Za Slovenijo: Uredba o vnosu nevarnih snovi in rastlinskih hranil v tla UL RS 68/96, 35/01)

3.1 Odziv Slovenije na Nitratno Direktivo

V skladu z zahtevami Nitratne Direktive je tudi Slovenija določila ukrepe operativnega programa varstva voda pred onesnaževanjem z nitrati iz kmetijstva za občutljiva območja. Ti so v slovenski zakonodaji določeni v Uredbi o vnosu nevarnih snovi in rastlinskih hranil v tla (UL RS št. 68/96 in 35/01) in v Navodilu za izvajanje dobre kmetijske prakse (UL RS št. 34/00) (MOP, 2004).

3.2 Operativni program za varstvo voda pred onesnaženjem z nitrati iz kmetijske proizvodnje

Operativni program za varstvo voda pred onesnaženjem z nitrati iz kmetijske proizvodnje, ki je pripravljen na podlagi 49. člena Zakona o varstvu okolja (ZVO) po eni strani izpolnjuje obveznosti prenosa pravnega reda EU v slovenski pravni red, po drugi strani pomeni operacionalizacijo ciljev in ukrepov zapisanih v Nacionalnem programu varstva okolja (UL RS št. 83/99). Nacionalni program varstva okolja (NPVO) kot enega izmed osnovnih ciljev na področju izboljšanja stanja vodnega okolja opredeljuje »zmanjšanje emisij iz razpršenih virov t.j. intenzivno kmetijstvo, razpršena poselitev brez urejenega čiščenja odpadnih voda«. Operativni program se omejuje le na tiste cilje in ukrepe, ki se nanašajo na zmanjšanje onesnaževanja voda z nitrati iz kmetijske proizvodnje. V njem je podana analiza stanja, določeni cilji in ukrepi za njihovo uresničevanje, ocenjeni stroški in navedeni finančni viri ter indikatorji za spremljanje izvajanja programa. Program je v veliki meri usmerjen v ukrepe za učinkovito izvajanje dobre kmetijske prakse pri gnojenju, za zagotavljanje strokovno utemeljenega gnojenja in zadostnih kapacitet za skladiščenje živinskih gnojil, za zmanjšanje emisij odpadnih voda iz velikih živinorejskih obratov in vpeljavo najboljših razpoložljivih tehnologij (MOP, 2004).

3.3 Podzakonski predpisi, ki se nanašajo na varstvo voda pred onesnaženjem zaradi kmetijske dejavnosti

Poleg operativnega programa za varstvo voda pred onesnaženjem z nitrati iz kmetijske proizvodnje je bilo na podlagi ZVO sprejetih tudi več podzakonskih predpisov, ki se nanašajo na varstvo voda pred onesnaženjem zaradi kmetijske dejavnosti. Ti predpisi se nanašajo na omejevanje vnosa hranil v tla in strokovno utemeljeno gnojenje, določajo mejne vrednosti za nitrate v podzemnih vodah, ter standarde kakovosti za pitno vodo. Največja pomanjkljivost teh predpisov je ta, da ne predstavljajo natančne obveznosti za kmetijske pridelovalce, pač pa na splošno določajo omejitve in pogoje (MOP, 2004).

3.3.1 Uredba o vnosu nevarnih snovi in rastlinskih hranil v tla (UL RS št. 68/96 in 35/01)

Uredba o vnosu nevarnih snovi in rastlinskih hranil v tla (UL RS št. 68/96 in 35/01) določa mejne vrednosti letnega vnosa rastlinskih hranil v tla, stopnje zmanjševanja vnosa ter druge ukrepe v zvezi s tem. Posebej so določene mejne vrednosti za mineralna in živinska gnojila, prepovedi in časovne omejitve gnojenja z živinskimi gnojili oziroma vnosa dušika. V skladu z zahtevami Nitratne Direktive je bilo zaradi varstva voda pred onesnaženjem z nitrati celotno območje Republike Slovenije določeno za občutljivo območje, Uredba pa opredeljuje tudi vsebino operativnega programa ukrepov zaradi varstva voda pred onesnaževanjem z nitrati iz kmetijstva za občutljiva območja (MOP, 2004).

3.3.2 Navodilo za izvajanje dobre kmetijske prakse (UL RS št. 34/00)

V Navodilu za izvajanje dobre kmetijske prakse (UL RS št. 34/00) so določena temeljna načela za varovanje voda pred onesnaževanjem z nitrati kmetijskega izvora in navodila za pravilno uporabo rastlinskih hranil v kmetijstvu tako, da lahko rastline v največji možni meri izkoristijo hranila, ter da se pri pridelavi preprečijo izgube hranil. Obsega tudi navodila za skladiščenje živinskih gnojil (MOP, 2004).

3.3.3 Uredba o standardih kakovosti podzemne vode (UL RS št. 100/05)

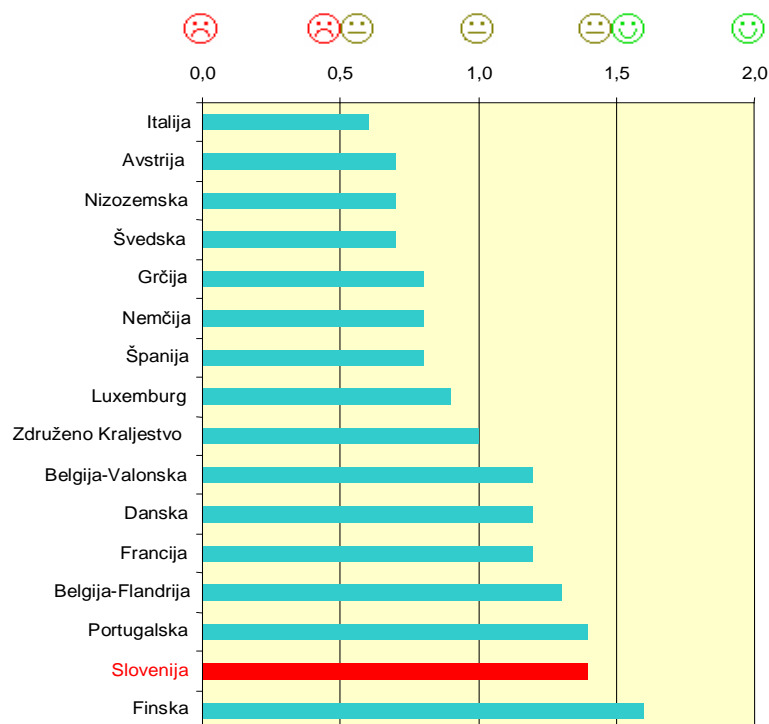
Uredba o standardih kakovosti podzemne vode (UL RS št. 100/05) določa mejne vrednosti parametrov za podzemne vode dobrega kemijskega stanja, ter merila za ugotavljanje dolgoročnih trendov ter čezmerne onesnaženosti teles podzemnih voda (mejna vrednost 50 mg NO₃⁻/l) (MOP, 2006).

3.3.4 Pravilnik o pitni vodi (UL RS št. 19/04)

Pravilnik o pitni vodi (UL RS št. 19/04) določa mejno vrednost nitratov v pitni vodi (mejna vrednost 50 mg NO₃⁻/l) (MOP, 2004).

3.4 Ocena izvajanja operativnega programa za varstvo voda v Sloveniji

Ukrepi za varstvo voda pred onesnaževanjem z nitrati iz kmetijskih virov za občutljiva območja za Slovenijo v veliki meri izpolnjujejo zahteve Nitratne Direktive, vendar pa je treba zagotoviti njihovo učinkovitejše izvajanje. Slovenija se uvršča med sedem držav članic EU, ki so po točkovanju dosegle več kot 1 točko (delno zadovoljivo), kar kaže na še nezadostno izvajanje Nitratne Direktive v EU (Slika 3) (European Environment Agency, 2002).



Slika 3: Skladnost nacionalnih operativnih programov v okviru nitratne direktive (European Environment Agency, 2002, Za Slovenijo strokovna ocena MOP, ARSO).

Obravnavani indikator se nanaša na točkovanje 12 ukrepov za posamezne države predvsem na podlagi formalnega izpolnjevanja določil Nitratne Direktive, predstavlja pa tudi zelo subjektivno ocenjevanje posameznih ukrepov. Prav tako gre pri izboru obravnavanih ukrepov za pomanjkljivost, saj se lahko rešuje problematiko onesnaževanja tudi z ukrepi, ki niso določeni z direktivo, ali pa so izvajani ukrepi taki, da ne prispevajo zadovoljivo k zmanjšanju onesnaževanja iz kmetijstva. V splošnem pa velja, da se ozaveščanje v Sloveniji povečuje, kar se kaže tudi v rezultatih letnih poročil o imisijskem monitoringu kakovosti podzemnih voda (European Environment Agency, 2002).

4 STANJE KAKOVOSTI VODA V SLOVENIJI

4.1 Določanje kakovosti pitnih voda

Vodni viri predstavljajo poseben gospodarski, ekološki in strateški potencial. Od njega je odvisna kvaliteta našega življenja, zato ga moramo ohranjati in varovati. Vprašati se moramo kakšna je kakovost vode, ki jo zaužijemo in koliko neoporečnih izvirov pitne vode sploh še imamo.

ZVO (UL RS št. 32/93) v 67. členu določa obvezo spremljanja stanja kakovosti voda (imisijski monitoring), ki ga skladno z 68. členom zagotavlja Republika Slovenija neposredno. ARSO izvaja imisijski monitoring kakovosti podzemne vode skladno z določili v Uredbi o kakovosti podzemne vode (UL RS št. 11/02) in Pravilnikom o imisijskem monitoringu podzemnih voda (UL RS št. 42/02). Program monitoringa zajema merilna mesta na vseh vodnih telesih, na katerih se izvajajo fizikalno-kemijske ter biološke analize, kar je odvisno od vrste programa. Monitoring obsega spremljanje kakovosti tako površinskih, kot tudi podzemnih voda. (Agencija Republike Slovenije za okolje, 2004)

4.2. Monitoring kakovosti podzemne vode

Državni monitoring kakovosti podtalnic se izvaja od leta 1987. Rezultati pa kažejo, da so najbolj ogrožene podtalnice na severovzhodnem delu Slovenije, predvsem zaradi intenzivnega kmetijstva in zaradi plitvih gladin. Onesnaženost se odraža predvsem v presežni količini nitratov in pesticidov.

Monitoring se izvaja tako, da se vzpostavi mreža merilnih mest, na katerih se opravlja pregledne, redne in posebne meritve ter vodi evidenco o merilnih mestih za merjenje kakovosti vode (Agencija Republike Slovenije za okolje, 2004).

- **Pregledne meritve:** se izvajajo na osnovnih in trendnih merilnih mestih in so namenjene izdelavi programa rednih meritev

- **Redne meritve:** se izvajajo vsako leto, razen v obdobju izvajanja preglednih meritev
- **Posebne meritve:** te meritve so časovno omejene in namenjene spremljanju učinkov sanacijskih ukrepov na telesu podzemne vode za katerega je na podlagi predpisov s področja varstva okolja določen status ogroženega okolja

Meritve na merilnem mestu obsegajo merjenje gladine, ugotavljanje sprememb glede na dokumentirano stanje, merjenje temperature zraka, vode, električne prevodnosti, pH, nasičenosti s kisikom, redoks potenciala, motnosti, vzorčenje podzemnih voda, prenos in analizo vzorcev v laboratoriju. (Agencija Republike Slovenije za okolje, 2004)

4.3 Poročilo o monitoringu 2003 (najbolj ažurni dostopni podatek o kakovosti vode v Sloveniji)

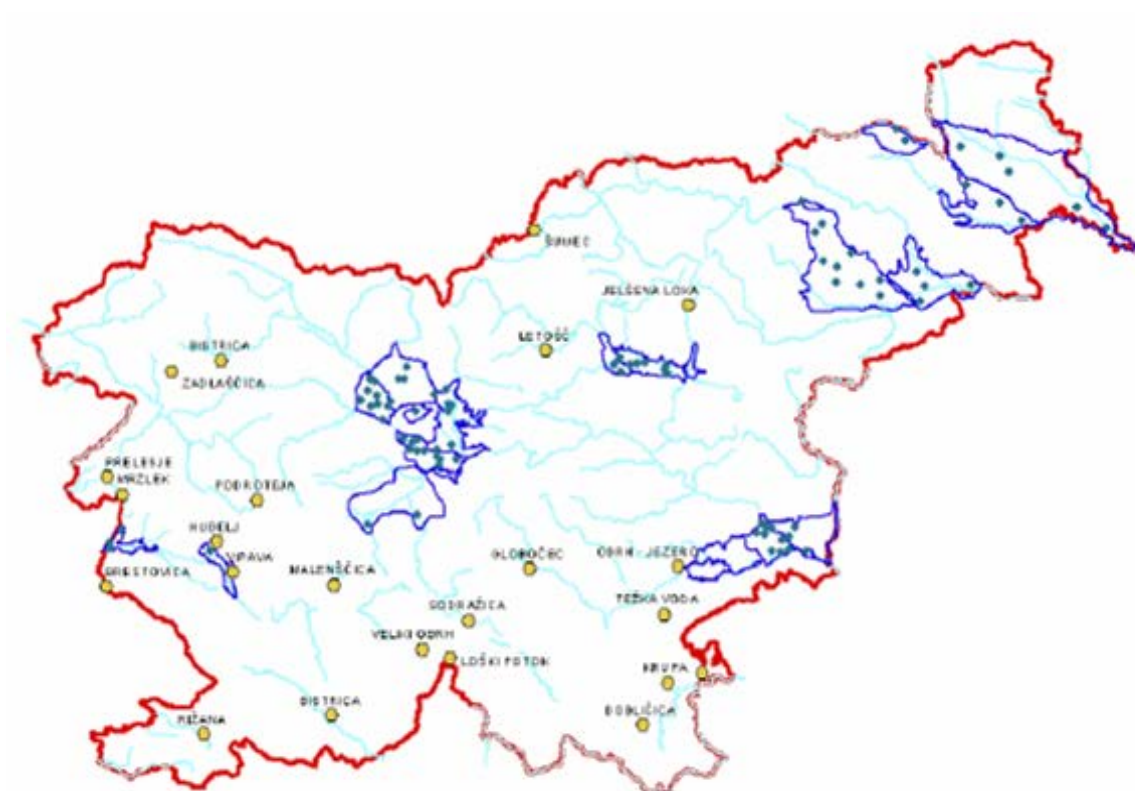
V letu 2002 sta bila izdana Uredba o kakovosti podzemne vode (UL RS št. 11/02) in Pravilnik o imisijskem monitoringu podzemne vode (UL RS št. 42/02). Program državnega monitoringa za leto 2003 je bil pripravljen skladno z zahtevami obeh predpisov.

Poročilo je sestavljeno tako, da je v njem predstavljen celoten program monitoringa podzemne vode, način ocenjevanja onesnaženosti, način določanja kemijskega stanja, ugotavljanja dolgoročnih trendov in ugotavljanja stopnje čezmerne obremenjenosti podzemne vode v 18 aluvijalnih vodonosnikih (vodonosnikih z medzrnsko poroznostjo). Za vsak vodonosnik posebej so navedena onesnaževala, ki so v letu 2003 obremenjevala podzemno vodo. Na vodonosnikih, kjer mreža monitoringa nima zadostnega števila merilnih mest, je določena ustreznost podzemne vode na posameznem merilnem mestu ter parametri kemijskega stanja, ki presegajo mejne vrednosti. (Agencija Republike Slovenije za okolje, 2004).

4.4 Program monitoringa kakovosti podzemne vode

Državni imisijski monitoring kakovosti podzemne vode se je v letu 2003 izvajal v 8 programih, ki zajemajo 18 aluvijalnih vodonosnikov (Slika 4):

- Program A: Dravsko in Ptujsko polje ter Vrbanski plato
- Program B: Sorško in Kranjsko polje
- Program C: Spodnja Savinjska dolina, dolina Bolske
- Program D: Dolina Kamniške Bistrice in Vodiško polje
- Program E: Vipavska dolina
- Program F: Krško, Brežiško in Čateško polje
- Program G: Ljubljansko polje in Ljubljansko Barje
- Program H: Prekmursko, Mursko in Apaško polje



Slika 4: Mreža merilnih mest za državni monitoring kakovosti podzemne vode 2003 (ARSO, 2004)

4.3.1 Merilna mesta na Murskem, Prekmurskem in Apaškem polju



Slika 5: Mreža merilnih mest na Murskem, Prekmurskem in Apaškem polju (ARSO, 2004)

- **Mursko polje:** je plitev aluvijalni vodonosnik visoke splošne ranljivosti, kjer je debelina krovne plasti, z izjemo merilnega mesta v Vučji vasi, manjša od 3 m. Kakovost podtalnice se spremlja le na treh merilnih mestih. Vsebnosti nitratov so visoke v Zgornjem Krapju, ki je obkroženo z obdelovalnimi kmetijskimi površinami, v Vučji vasi in v Veščici pa so nizke.

Obremenjenost podtalnice Murskega polja, ki je bila ocenjena z merili iz Uredbe o kakovosti podzemne vode, se v letu 2003 glede na pretekla leta ni bistveno spremenila (Agencija Republike Slovenije za okolje, 2004).

- **Prekmursko polje:** je plitev aluvijalni vodonosnik visoke splošne ranljivosti, kjer je debelina krovne plasti v povprečju manjša od 3 m, na mnogih mestih ni debelejša od 1,5 m. Kakovost podtalnice se spremlja na petih merilnih mestih. Najvišje vsebnosti nitratov so bile določene v opuščnem vaškem vodnjaku v Lipovcih (93–97 mg NO₃⁻/l), na ostalih merilnih mestih so vsebnosti pod 50 mg NO₃⁻/l. Trend zniževanja vsebnosti nitratov se je nadaljeval.
- **Črnci (Apaško polje):** podzemna voda iz vodnjaka v Črncih se je v letu 2003 zaradi suše vzorčevala le julija, oktobra pa je bil vodnjak suh. Za to merilno mesto so zato namesto AM ocenjeni le rezultati enkratnega vzorčenja. Določene so bile visoke vsebnosti nitratov (62 mg NO₃⁻/l).
- **Mali Segovci:** v Malih Segovcih se je v letu 2003 podtalnica vzorčila in analizirala štiri krat (2 celotni in dve delni analizi). V vseh vzorcih so bile določene povišane vsebnosti nitratov (37,6– 40,7 mg NO₃⁻/l) (Agencija Republike Slovenije za okolje, 2004).

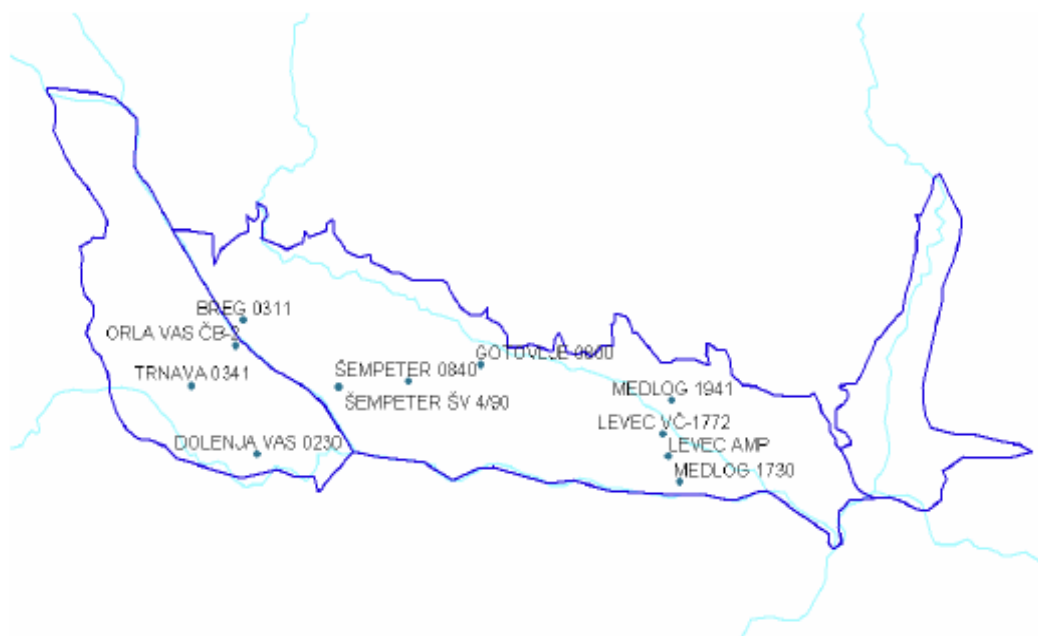
4.3.2 Merilna mesta na Dravskem in Ptujskem polju ter na Vrbanskem platoju



Slika 6: Mreža merilnih mest na Dravskem in Ptujskem polju ter na Vrbanskem platoju (ARSO, 2004)

- **Dravsko polje:** je vodonosnik visoke ranljivosti. Za leto 2003 je bila stopnja čezmerne obremenjenosti podtalnice na Dravskem polju ocenjena kot visoka. Izboljšanje stanja podtalnice glede na leti 2000 in 2001, ko je bila stopnja čezmerne obremenjenosti ocenjena kot zelo visoka, je zgolj navidezno. Čezmerna obremenjenost podtalnice Dravskega polja je bila v obdobju 2000 – 2003 približno enaka. Podtalnica je čezmerno obremenjena na vseh desetih merilnih mestih. Nitrati so bili najvišji v Brunšviku, Kidričevem, Lancovi vasi in v črpališču v Šikolah. Zaradi nepropustnih plasti je podtalnica globjega vodonosnika še vedno zaščitena pred onesnaženjem z nitrati.
- **Ptujsko polje:** je tako kot Dravsko polje vodonosnik visoke splošne ranljivosti, kjer se spremlja onesnaženost podtalnice na štirih merilnih mestih. Stopnja čezmerne obremenjenosti je bila v letu 2003 ocenjena kot visoka. Čezmerna obremenjenost v obdobju 2000 – 2003 je bila primerljiva. Podtalnica Ptujskega polja je bila tudi leta 2003 onesnažena predvsem s pesticidi in nitrati. Najbolj obremenjeno merilno mesto so Sobetinci.
- **Kamnica (Vrbanski plato):** je bila v letu 2003 ustrezne kakovosti (Agencija Republike Slovenije za okolje, 2004).

4.3.3 Merilna mesta v Spodnji Savinjski dolini in dolini Bolske



Slika 7: Mreža merilnih mest v Spodnji Savinjski dolini in dolini Bolske (ARSO, 2004)

- Spodnja Savinjska dolina:** tako kot dolina Bolske je tudi Spodnja Savinjska dolina zelo plitev vodonosnik zelo visoke ranljivosti, na katerem ima mreža državnega monitoringa osem merilnih mest. Z letom 2003 je bila v mrežo monitoringa vključena avtomatska merilna postaja (AMP) v Levcu.

V letu 2003 so letne povprečne vrednosti nitratov presegle mejne vrednosti. Stopnja čezmerne obremenjenosti je bila ocenjena kot zmerna.

Najvišje vsebnosti nitratov so bile določene na AMP Levec in v opuščnem privatnem vodnjaku v Šempetru.

V obdobju 1993 – 2003 je bil ugotovljen trend zniževanja nitratov.
- Dolina Bolske:** je plitev vodonosnik zelo visoke stopnje ranljivosti. Monitoring kakovosti podzemne vode ima na tem vodonosniku le tri merilna mesta. V letu 2003 je bila stopnja čezmerne obremenjenosti podtalnice tako kot v obdobju 2000 – 2002 ocenjena kot visoka predvsem zaradi nitratov, amonija, orto-fosfatov in pesticidov. (Agencija Republike Slovenije za okolje, 2004).

4.3.4 Merilna mesta na Sorškem, Kranjskem, Vodiškem in Ljubljanskem polju ter v dolini Kamniške Bistrice

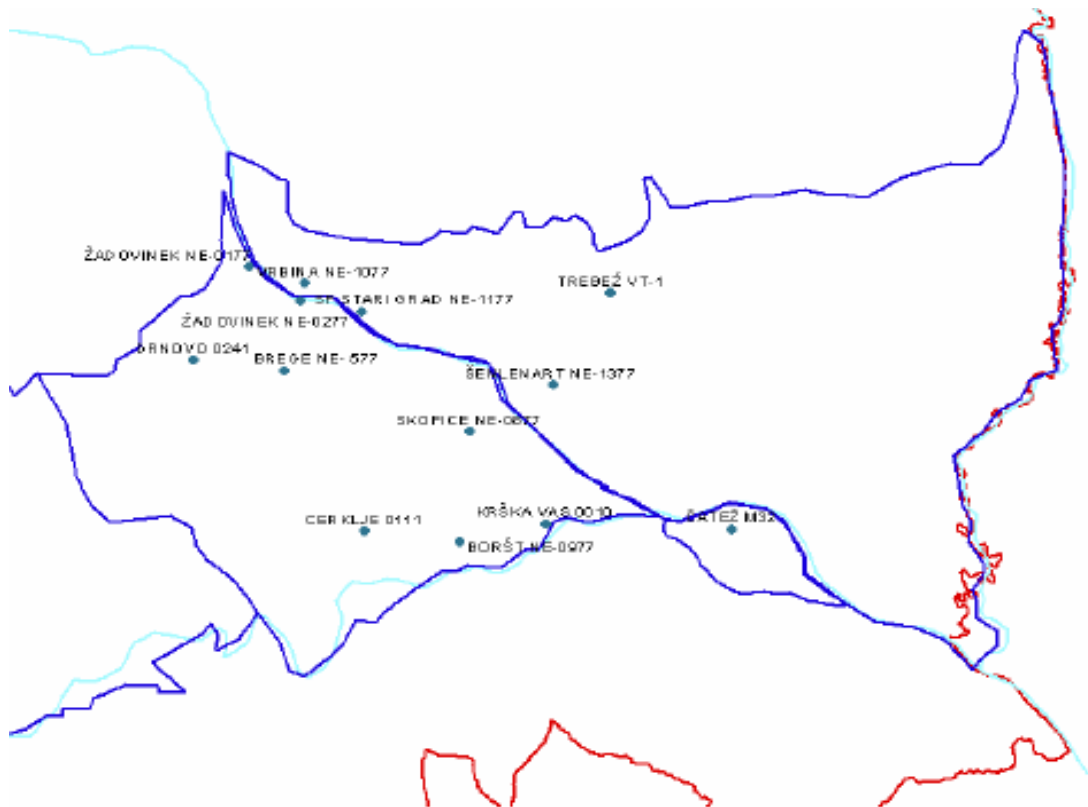


Slika 8: Mreža merilnih mest na Sorškem, Kranjskem, Vodiškem in Ljubljanskem polju ter v dolini Kamniške Bistrice (ARSO, 2004)

- **Sorško polje:** je globlji vodonosnik z debelejšo krovno plastjo visoke stopnje ranljivosti. Na tem vodonosniku je v mreži monitoringa 9 merilnih mest. Zaradi suše v letu 2003 vzorčevanje na merilnem mestu Sveti Duh ni bilo mogoče. Obremenjenost vodonosnika je bila v letu 2003 ocenjena kot zmerna. Nitrati so bili tako kot pretekla leta močno povišani v Godešiču in v Žabnici (Agencija Republike Slovenije za okolje, 2004).

- **Kranjsko polje:** je globlji vodonosnik visoke splošne ranljivosti, kjer ima mreža monitoringa od leta 2003 pet merilnih mest. V letu 2003 je bila v mrežo monitoringa vključena vrtina na letališču Brnik. Zaradi sušnih razmer vzorčevanje podtalnice na dveh vodnjakih ni bilo mogoče (Cerklje in Moste). V letu 2003 je vsebnost nitratov presegla mejne vrednosti. Stopnja čezmerne obremenjenosti je bila ocenjena kot zmerna. Podtalnica je bila najbolj obremenjena na novem merilnem mestu na letališču Brnik. Na tem mestu so bile določene najvišje vsebnosti nitrata v Sloveniji.
- **Polje pri Vodicah (Vodiško polje):** v Polju pri Vodicah je bil v letu 2003 vzet in analiziran le en vzorec podtalnice. Razmere ob odvzemu niso bile ugodne zaradi prenizkega vodnega stolpca (0,38 m), v vzorcu so bile določene povišane vsebnosti nitratov (43,8 mg NO₃⁻/l).
- **Ljubljansko polje:** je globlji vodonosnik zelo visoke splošne ranljivosti, na tem vodonosniku ima mreža monitoringa deset merilnih mest. V letu 2003 je bila v mrežo monitoringa vključena avtomatska merilna postaja (AMP) Hrastje s štirimi vrtinami, ki imajo filtre na različnih globinah vodonosne plasti. Stopnja čezmerne obremenjenosti je bila v letu 2003 ocenjena kot nizka. Na merilnem mestu Dekorativna (sedaj Mercatorjev hipermarket) so stalno povišane vsebnosti nitratov, ki presegajo mejne vrednosti.
- **Borovniški vršaj (Ljubljansko barje):** onesnaženje podtalnice v globokem vodnjaku črpališča v Borovniškem vršaju je v dopustnih mejah
- **Iški vršaj (Ljubljansko Barje):** v vodarni Brest (Iški vršaj) je bila v letu 2003 enkrat analizirana voda iz plitvega vodnjaka V-3. Nitrati so bili zelo nizki (4,8 mg NO₃⁻/l). Preostali trije vzorci so bili odvzeti v vodnjaku 1A črpališča Brest (Iški vršaj), globokem približno 100 m, ki je v mreži monitoringa podzemne vode, od leta 1999. Tu niso bile ugotovljene povišane količine nitratov.
- **Dolina Kamniške Bistrice:** vodonosnik doline Kamniške Bistrice je ocenjen kot vodno telo visoke ranljivosti. Onesnaženost tega vodonosnika se spremlja na šestih merilnih mestih. V letu 2003 se je merilno mesto Mengeš M-074 (zamašena vrtina) nadomestilo s črpališčem "LEK". Stopnja čezmerne obremenjenosti je bila v letu 2003 nizka (Agencija Republike Slovenije za okolje, 2004).

4.3.5 Merilna mesta na Čateškem, Krškem in Brežiškem polju



Slika 9: Mreža merilnih mest na Čateškem, Krškem in Brežiškem polju (ARSO, 2004)

- **Čatež (Čateško polje):** podtalnica v Čatežu v letu 2003 ni vsebovala povišane količine nitratov
- **Krško polje:** je vodonosnik zelo visoke splošne ranljivosti. Onesnaženost podtalnice se spremlja na 8 merilnih mestih, kar omogoča dovolj zanesljivo statistično obdelavo rezultatov. V obdobju 1993 – 2003 je na Krškem polju ugotovljen trend zniževanja nitratov (Agencija Republike Slovenije za okolje, 2004).

- **Brežiško polje:** je vodonosnik visoke splošne ranljivosti, mreža monitoringa ima na tem vodonosniku štiri merilna mesta. V letu 2003 je bila tako kot leto pred tem ocenjena nizka stopnja čezmerne obremenjenosti z nitrati. V vrtini Vrbina NE-1077 so bile določene najvišje vsebnosti nitratov na Brežiškem polju. Na ostalih mestih je bila podtalnica manj obremenjena.

Na Brežiškem polju je bil v obdobju od 1993 – 2002 ugotovljen trend hitrega naraščanja vsebnosti nitratov, za katere se je (AM) iz 10 mg NO₃⁻/l v letu 1993 dvignila na 50 mg NO₃⁻/l v letu 2002. Vsebnosti so se v letu 2003 znižale, tako da za obdobje 1993 – 2003 ni bilo mogoče določiti trenda (Agencija Republike Slovenije za okolje, 2004).

4.3.6. Merilna mesta v Spodnji Soški dolini in Zgornji Vipavski dolini



Slika 10: Mreža merilnih mest v Spodnji Soški dolini in Zgornji Vipavski dolini (ARSO, 2004)

- **Soška dolina:** na aluvijalnem vodonosniku visoke splošne ranljivosti v Soški dolini so le tri merilna mesta, ki so premalo za zanesljivo določitev obremenjenosti. Zaradi sušnega leta 2003 se je popolnoma presušil vodnjak v Orehovljah, v Šempetru pa je bilo vzorčenje mogoče le julija. Zanesljivost določitve čezmerne obremenjenosti se je zaradi tega še dodatno poslabšala.

Za leto 2003 je bila zaradi povišanja vsebnosti nitratov in orto-fosfatov ocenjena nizka stopnja čezmerne obremenjenosti. Z nitrati najbolj obremenjeno merilno mesto je bil Šempeter. Za obdobje 1993 – 2002 ni bilo mogoče določiti trenda.

- **Ajdovščina (Vipavska dolina):** zaradi znižanja nivoja podtalnice je bil v letu 2003 v Ajdovščini vzeti le en vzorec. Nizek vodni stolpec ob vzemu (0,38 m) ne zagotavlja zanesljive ocene onesnaženosti. V julijskem vzorcu podtalnice ni bila ugotovljena prekomerna vsebnost nitratov (Agencija Republike Slovenije za okolje, 2004).

4.5 Preglednica z odvzemnimi mesti in izmerjenimi vrednostmi nitratov (mg/NO₃⁻l)

VODONOSNIK	ZAP. ŠTEVILKA	IME POSTAJE	NITRATI v mg NO ₃ ⁻ /l
APAŠKO POLJE	1	ČRNCI 0163	62,0
	2	M. SEGOVCI	40,7
PREKMURSKO POLJE	3	RANKOVCI 0120	43,1
	4	RAKIČAN 2500	-
	5	LIPOVCI 2271	95,2
	6	G.LAKOŠ 0271	45,6
	7	BENICA 0111	5,2
MURSKO POLJE	8	VUČJA VAS 0271	5,4
	9	ZG. KRAPJE 0400	54,0
	10	VEŠČICA 0120	6,0
VRBANSKI PLATO	11	KAMNICA 0080	0,0
DRAVSKO POLJE	12	TEZNO 0721	24,2
	13	BOHOVA 0890	26,1
	14	RAČE 1250	31,6
	15	STARŠE 2120	48,7
	16	BRUNŠVIK 1750	67,5
	17	ŠIKOLE 1581	64,5
	18	ŠIKOLE GV-1	1,3
	19	KIDRIČEVO 2571	62,1
	20	SP. HAJDINA 2831	39,4
	21	LANCOVA VAS LP-1	79,7
PTUJSKO POLJE	22	DORNAVA 0370	52,1
	23	SOBETINCI 0283	65,5
	24	SIGET H-50	30,1
	25	ORMOŽ V-6	1,3
DOLINA BOLSKE	26	TRNAVA 0341	65,3
	27	ORLA VAS ČB-2	63,1
	28	DOLENJA VAS 0230	59,4
SPODNJA SAVINJSKA DOLINA	29	BREG 0311	23,6
	30	ŠEMPETER 0840	95,2
	31	ŠEMPETER ŠV 4/90	24,2
	32	GOTOVLJE 0800	44,7
	33	LEVEC VČ-1772	49,8
	34	AMP LEVEC V-2	69,7
	35	MEDLOG 1730	44,6
	36	MEDLOG 1941	15,4
KRANJSKO POLJE	37	CERKLJE 0280	-
	38	VOGLJE P-01	10,9
	39	BRNIK	98,5
	40	MOSTE 0590	-
	41	DRAGOČAJNA D-0185	28,4

- (zaradi sušnih razmer vzorčevanje ni bilo mogoče)

se nadaljuje

Preglednica 1: Merilna mesta mreže monitoringa podtalnice (ARSO, 2004)

VODONOSNIK	ZAP. ŠTEVILKA	IME POSTAJE	NITRATI v mg NO ₃ ⁻ /l
SORŠKO POLJE	42	ISKRA KRANJ 0391	4,7
	43	DRULOVKA S-3667	3,6
	44	ŽABNICA 0590	71,9
	45	MEJA 0320	11,3
	46	MEJA SOV-5374	6,9
	47	SV. DUH 0680	-
	48	PODREČA 0300	10,7
	49	GODEŠIČ SOV 5174	59,8
	50	LADJA 0980	15,3
VODIŠKO POLJE	51	POLJE PRI VODICAH 0850	43,8
DOLINA KAMNIŠKE BISTRICE	52	PODGORJE 0100	9,5
	53	HOMEC 0461	34,1
	54	ČRPALIŠČE „LEK“	36,0
	55	ZGORNJE JARŠE D-0582	23,9
	56	PODGORICA 1991	14,5
	57	JARŠKI PROD (III) JA-3	10,2
LJUBLJANSKO BARJE	58	BROD (Br-11) LV-0477	15,9
	59	ROJE LV-0377	7,7
	60	ŠENTVID (IIA) 0581	16,1
	61	DEKORATIVNA 0641	33,5
	62	KLEČE (VIII a) 0543	13,0
	63	STOŽICE LV-0277	9,7
	64	HRASTJE (Ia) 0344	22,7
	65	HRASTJE AMP V-1	9,6
	66	HRASTJE AMP V-2	10,5
	67	HRASTJE AMP V-3	8,2
	68	HRASTJE AMP V-4	11,9
	69	ELOK-ZALOG 0251	8,8
	70	KOTEKS-ZALOG 0371	13,6
	71	IŠKI VRŠAJ IŠ-2	4,8
	72	BOROVNIŠKI VRŠAJ VB-480	0,0
BREŽIŠKO POLJE	73	VRBINA NE1077	54,0
	74	SP.STARI GRAD NE-1177	34,2
	75	TREBEŽ VT-1	1,8
	76	ŠENLENART NE-1377	0,1

- (zaradi sušnih razmer vzorčevanje ni bilo mogoče)

se nadaljuje

Preglednica 1: Merilna mesta mreže monitoringa podtalnice (ARSO, 2004)

VODONOSNIK	ZAP. ŠTEVILKA	IME POSTAJE	NITRATI v mg NO ₃ ⁻ / l
KRŠKO POLJE	77	DRNOVO 0241	36,5
	78	ŽADOVINEK NE-0177	3,0
	79	ŽADOVINEK NE-0277	0,3
	80	BREGE NE-577	54,3
	81	CERKLJE 0111	35,9
	82	SKOPICE NE-0877	32,7
	83	BORŠT NE-0977	11,8
	84	KRŠKA VAS 0010	1,6
ČATEŠKO POLJE	85	ČATEŽ M32	0,0
VIPAVSKA DOLINA	86	AJDOVŠČINA 0710	-
	87	ŠEMPETER 0220	70,8
	88	MIREN 0330	23,5
	89	OREHOVLJE 0420	-

- (zaradi sušnih razmer vzorčevanje ni bilo mogoče)

Preglednica 1: Merilna mesta mreže monitoringa podtalnice (ARSO, 2004)

5 ODSTRANJEVANJE NITRATOV IZ PITNE VODE

V Sloveniji pridobivamo večino pitne vode iz podtalnice, zato mora biti ta neoporečna. Povečana količina nitratov v pitni vodi je zdravju škodljiva. Uredba o standardih kakovosti podzemne vode (UL RS št. 100/2005) pravi, da so vode dobrega kemijskega stanja tiste, ki imajo mejno vrednost nitratov 50 mg NO₃⁻/l, enako kot Pravilnik o pitni vodi (UL RS št. 19/04) .

Tiste podtalnice katerih vsebnost nitratov je v zakonsko določeni meji moramo obvarovati pred povečanim vdorom nitratov. Zato uporabljamo preventivne ukrepe. Tiste katerih vsebnost nitratov že presega zakonsko določeno mejo, pa moramo prečistiti. To storimo s kurativnimi ukrepi.

5.1 Preventivni ukrepi za obvarovanje podtalnic pred onesnaženjem z nitrati

Podtalnice z največjo vsebnostjo nitratov se večinoma nahajajo pod najbolj rodovitnimi tlemi kjer se izvaja kmetijska in živinorejska dejavnost. Z namenom zmanjševanja vnosa nitratov in ohranjanja neoporečnosti podtalnic na teh območjih je bil kot največji preventivni ukrep pripravljen operativni program za varstvo voda pred onesnaženjem z nitrati iz kmetijske proizvodnje.

5.1.1 Ukrepi operativnega programa za varstvo voda pred onesnaženjem z nitrati iz kmetijske proizvodnje

Operativni program za uresničevanje ukrepov v zvezi z varstvom voda pred onesnaženjem z nitrati iz kmetijske proizvodnje izhaja iz zahtev Nitratne Direktive in sestoji iz treh skupin ukrepov (MOP, 2004).

Preventivni ukrepi Operativnega programa:

- Ukrepi za strokovno utemeljeno gnojenje po načelih dobre kmetijske prakse in upoštevanje mejnih vrednosti letnih vnosov
- Ukrepi za zagotavljanje ustreznih skladiščnih kapacitet za živinska gnojila
- Ukrepi za prilagajanje živinorejskih obratov okoljskim standardom

5.1.1.1 Ukrepi za strokovno utemeljeno gnojenje po načelih dobre kmetijske prakse in upoštevanje mejnih vrednosti letnih vnosov

Z ukrepi za strokovno utemeljeno gnojenje po načelih dobre kmetijske prakse so opredeljene mejne vrednosti vnosa hranil, obdobja omejitev in prepovedi vnosa, ustrezno skladiščenje živinskih gnojil tako, da so hranila čim bolj izkoriščena za rast in razvoj rastlin in, da ne prihaja do izpiranja v vode in izgub teh hranil (ustrezna količina dodanih gnojil in pravočasna uporaba glede na potrebe kulturnih rastlin).

Gnojenje je vnašanje rastlinskih hranil, predvsem dušika, fosforja in kalija, z živinskimi ali mineralnimi hranili, blatom čistilnih naprav ali kompostom v tla. V skladu z načeli dobre kmetijske prakse je treba gnojiti tako, da so hranila čim bolj izkoriščena za rast in razvoj rastlin. Takšno gnojenje hkrati zmanjšuje izgubo hranil in s tem povezano izpiranje v vode.

Za navedene ukrepe, s katerimi bi lahko dolgoročno vplivali na zmanjšanje prekomernega gnojenja z dušikom oz. na zmanjšanje nevarnosti onesnaženja podzemnih voda z nitrati in ukrepi za zagotavljanje strokovno utemeljenega gnojenja po načelih dobre kmetijske prakse, so zavezanci vsa kmetijska gospodarstva, ki izvajajo gnojenje (MOP, 2004).

5.1.1.1.1 Mejna vrednost letnega vnosa dušika z živinskimi gnojili

Mejne vrednosti so določene z Uredbo in sicer veljajo naslednje vrednosti letnega vnosa rastlinskih hranil z živinskimi gnojili:

Rastlinska hranila: mejna vrednost letnega vnosa dušika (N) je 170 kg/ha. Poleg omejevanja vnosa dušika velja omejitev tudi za fosfor (P_2O_5) in sicer 120 kg/ha. Fosfor je poleg dušika eden izmed pomembnih povzročiteljev eutrofikacije. Kalij (K_2O), katerega mejna vrednost letnega vnosa je 300 kg/ha je tudi pomembno rastlinsko hranilo, vendar pa njegova previsoka vsebnost v tleh omejuje sprejem ostalih hranil v rastlino. Mejne vrednosti veljajo za vsa živalska gnojila za celotno območje države in za vsa kmetijska gospodarstva, ki izvajajo gnojenje. Vnos živalskih gnojil se vrednoti na podlagi glav velike živine (GVŽ) – kar je 500 kg žive teže živali. Obremenitev tal 1 ha kmetijskih zemljišč pri gnojenju z živalskimi gnojili ne presega mejnih vrednosti letnega vnosa rastlinskih hranil, če količina živalskih gnojil, uporabljena v letu dni, ni večja od količine gnojil, ki nastane v tem obdobju pri reji 3 GVŽ, če gre za govedo, oziroma 2 GVŽ, če gre za rejo prašičev ali rejo perutnine (MOP, 2004).

5.1.1.1.2 Obdobja prepovedi gnojenja

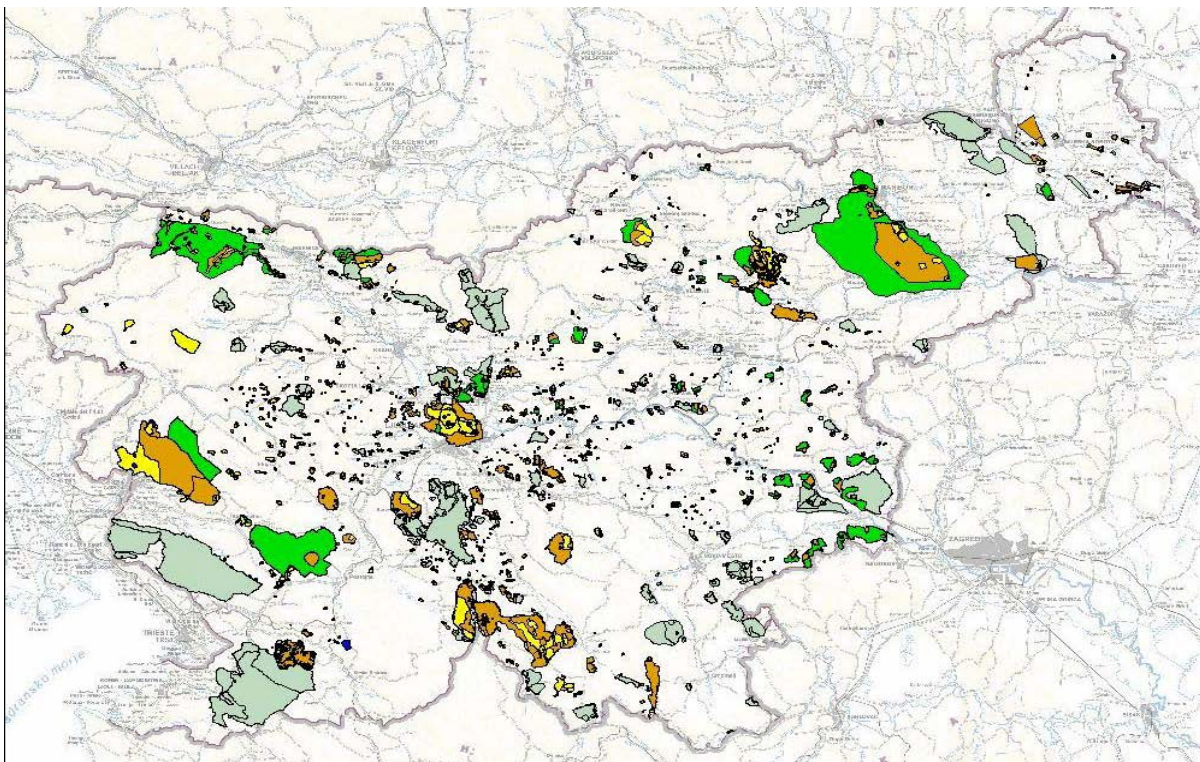
Vnos rastlinskih hranil v tla je prepovedan pri gnojenju z gnojevko ali gnojnico na kmetijskih zemljiščih brez zelene odeje od 15. novembra do 15. februarja. Prepovedan je tudi vnos rastlinskih hranil v tla pri gnojenju z gnojevko ali gnojnico na zemljiščih na najožjem vodovarstvenem območju in na stavbnih zemljiščih. Na nerodovitnih zemljiščih je vnos rastlinskih hranil prepovedan (MOP, 2004).

5.1.1.1.3 Ukrepi na vodovarstvenih območjih:

Vodovarstveno območje določi Vlada, da se zavaruje vodno telo, ki se uporablja za odzem, ali je namenjeno za javno oskrbo s pitno vodo za prehrano ljudi, če gre za mineralne in termalne vode in za proizvodnjo pijač pred onesnaževanjem in drugimi vrstami obremenjevanja.

Skladno s Pravilnikom o kriterijih za določitev vodovarstvenega območja in o njegovem označevanju, se zaradi različnih stopenj varovanja lahko deli na notranja območja (Slika 11):

- širše območje, na katerem se izvaja varovanje z blažjim vodovarstvenim režimom (VVO III, zeleno obarvano območje),
- ožje območje, na katerem se izvaja varovanje s strogim vodovarstvenim režimom (VVO II, rjavo obarvano območje),
- najožje območje, na katerem se izvaja varovanje z najstrožjim vodovarstvenim režimom (VVO I, sivo obarvano območje) (MOP, 2004).



Slika 11: Območja, na katerih veljajo različne stopnje vodovarstvenega režima (ARSO, 2004)

5.1.1.1.4 Mejne vrednosti letnega vnosa dušika na vodovarstvenih območjih

Letni vnos dušika na vodovarstvenih območjih, v katerih je oskrbljenost z mineralnim dušikom manjša ali enaka 30 kg/ha, ne sme presegati mejnih vrednosti glede na vrsto kmetijske kulture.

V kolikor je oskrbljenost z mineralnim dušikom večja od 30 kg/ha, se mejna vrednost dušika preračuna za posamezno kmetijsko kulturo po enačbi, ki je določena v Uredbi. Na vodovarstvenih območjih je prepovedano gnojiti z živinskimi gnojili tako, da vnos dušika pri začetnem gnojenju in dognojevanju presega 50 kg/ha na lahkih tleh in 80 kg/ha na srednjetežkih in težkih tleh. Vodovarstveni režim je določen v obliki prepovedi, omejitev in zaščitnih ukrepov (MOP, 2004).

5.1.1.1.5 Racionalno gnojenje

Gnojila je treba uporabljati v skladu s potrebami rastlin po hranilih. Pri ugotavljanju teh potreb se upošteva:

- način kmetovanja (ekološko, integrirano ali druge oblike)
- kemično analizo zemlje na N, P, K ter po potrebi na mikrohranila v tleh
- vrsto in tip tal
- vrsto rastline
- pričakovano količino in kakovost pridelka,
- razpoložljive količine hranil v tleh ter dodatne količine rastlinam dostopnih hranil, ki bodo predvidoma nastale v času rasti posevka, glede na rastne razmere, zlasti podnebje, vrsto in tip tal,
- vsebnost apna ali reakcijo tal (pH vrednost) in količino humusa v tleh,
- količine hranil, ki se vnašajo z namakanjem, vnosom blata čistilnih naprav, komposta z omejeno uporabo ali mulja, ki se ugotavljajo na podlagi predpisanih analiz;
- pridelovalne razmere, ki vplivajo na dostopnost hranil: prejšnja kultura, način obdelave tal in namakanje,
- rezultate regionalnih poljskih poskusov.

Gnojiti se sme le na podlagi gnojilnega načrta, posebno to velja za intenzivne kulture (intenzivne trajne nasade, njivske površine, drevesnice in vrtnarske površine) (MOP, 2004).

5.1.1.1.6 Pokritost z vegetacijo v deževnih obdobjih in pozimi

Za preprečevanje izgub rastlinskih hranil je priporočljivo zagotoviti pokrovnost obdelovalnih površin tudi izven ravnega obdobja. Če ni predvidena jesenska setev, je priporočljivo posejati dosevke, ki izrabijo preostali dušik.

5.1.1.1.7 Gnojilni načrti

Zaradi varstva voda pred onesnaženjem z nitrati se celotno območje Republike Slovenije šteje za občutljivo območje, zaradi česar je za strokovno utemeljeno gnojenje in skladiščenje živinskih gnojil treba izdelati letni gnojilni načrt. Izdelava gnojilnega načrta za kmetijska gospodarstva na vodovarstvenih območjih mora upoštevati tudi prepovedi, omejitve in zaščitne ukrepe vodovarstvenega režima. V letnem gnojilnem načrtu se oceni skupna količina živinskih gnojil in določi čas gnojenja in odmere gnojila za vsa razpoložljiva zemljišča. Če za strokovno utemeljeno gnojenje z živinskimi gnojili ni na razpolago dovolj kmetijskih zemljišč, je treba s presežki živinskih gnojil ravnati skladno s predpisi.

Ustrezne pogoje za sistematično spremljanje založenosti tal s hranili na podlagi novih znanstvenih dognanj, obnavljanje smernic za strokovno utemeljeno gnojenje za vse kulture, ki se pridelujejo ter objavo podatkov o povprečni vsebnosti hranil v živinskih gnojilih zagotavlja Vlada Republike Slovenije.

5.1.1.2 Ukrepi za zagotavljanje ustreznih skladiščnih kapacitet za živinska gnojila

Ukrepi za zagotavljanje ustreznih skladiščnih kapacitet za živinska gnojila se nanašajo na skladiščenje živinskih gnojil, in sicer skladiščne kapacitete morajo biti dimenzionirane tako, da zadoščajo za 6 mesečno skladiščenje živinskih gnojil, oziroma, za krajši čas, če iz tehnologije reje izhaja, da so živali prisotne na kmetijskem gospodarstvu ali njegovem delu le krajši čas (MOP, 2004).

5.1.1.2.1 Iztok iz skladišč živinskih gnojil

Živinska gnojila se morajo skladiščiti v ustreznih zbiralnikih kot so lagune, gnojišča ali gnojnične jame, ki morajo biti vodotesni in izdelani iz betona ali drugih ustreznih materialov, odpornih proti kislinam. Gnojišča morajo biti drenirana in ne smejo imeti odtoka v površinske ali podzemne vode (MOP, 2004).

5.1.1.2.2 Kapacitete skladišč živinskih gnojil

Skladišča živinskih gnojil morajo zadostovati za obdobje skladiščenja, ki ustreza obdobju, ko gnojenje z organskimi gnojili ni dovoljeno ter dodatno še za obdobje, ko vremenske razmere ne dopuščajo gnojenja. Priporočljiva dolžina skladiščenja na območju Slovenije je 6 mesecev in na to morajo biti preračunane tudi kapacitete gnojišč ali gnojnih jam. Natančneje se skladiščne kapacitete preračunajo glede na kategorijo živali in na klimatsko območje v katerem se nahaja kmetijsko gospodarstvo. V kontinentalnem delu Slovenije morajo kapacitete zadoščati za 6 mesecev. Skladno z navodilom za izvajanje dobre kmetijske prakse pri gnojenju je treba za eno glavo živine (GVŽ) zagotoviti najmanj 3.5 m² gnojiščne plošče za skladiščenje hlevskega gnoja, 2 m³ gnojnične jame za skladiščenje gnojnice in 8 m³ lagune za skladiščenje gnojevke.

Pri preračunavanju vsebnosti rastlinskih hranil v živinskih gnojilih se upoštevajo tudi izgube celotnega dušika, ki nastanejo zaradi skladiščenja. Te znašajo 10 % pri gnojevki in gnojnici ter 25 % pri hlevskem gnoju (MOP, 2004).

5.1.1.3 Ukrepi za prilagajanje živinorejskih obratov okoljskim standardom

Ukrepi za prilagajanje živinorejskih obratov okoljskim standardom se nanašajo na zmanjševanje emisij dušika iz velikih živinorejskih obratov in uvajanje najboljših razpoložljivih tehnologij.

V EU so se z uveljavitvijo Direktive o celovitem preprečevanju in nadzoru onesnaževanja iz industrije (direktiva IPPC8) oblikovali enotni postopki dovoljevanja obratovanja večjih industrijskih virov onesnaževanja. S harmoniziranimi postopki iz direktive IPPC so se začeli uvajati ukrepi zmanjševanja onesnaževanja okolja iz istovrstnih industrijskih obratov na enoten način na območju vseh držav članic EU. Industrijski obrati, za katere je harmoniziran postopek izdaje dovoljenja obvezen, so razvrščeni v skupine, izdaja dovoljenja za obratovanje pa je pogojena z zagotavljanjem visoke stopnje varstva okolja kot celote. Mednje sodijo tudi veliki živinorejski obrati za rejo svinj in perutnine (MOP, 2004).

5.2 Kurativni ukrepi za obvarovanje podtalnic pred onesnaženjem z nitrati

Za preprečevanje onesnaževanja so najbolj primerni preventivni ukrepi. Največkrat pa s temi ukrepi ni mogoče, ali ni mogoče v določenem času zagotoviti potrebne varnosti, bodisi iz ekonomskih ali drugih objektivnih razlogov. V teh primerih je potrebna ustrezna kombinacija preventivnih ukrepov s takšnim ali drugačnim čiščenjem pitne vode.

Najbolj pogosti postopki čiščenja podtalnice onesnažene z nitrati so:

- Razredčenje s čisto vodo (ni čiščenje v pravem pomenu besede)
- Fizikalno – kemični procesi eliminacije NO_3^-
- Biokemični procesi eliminacije NO_3^-

5.2.1 Razredčenje s čisto vodo

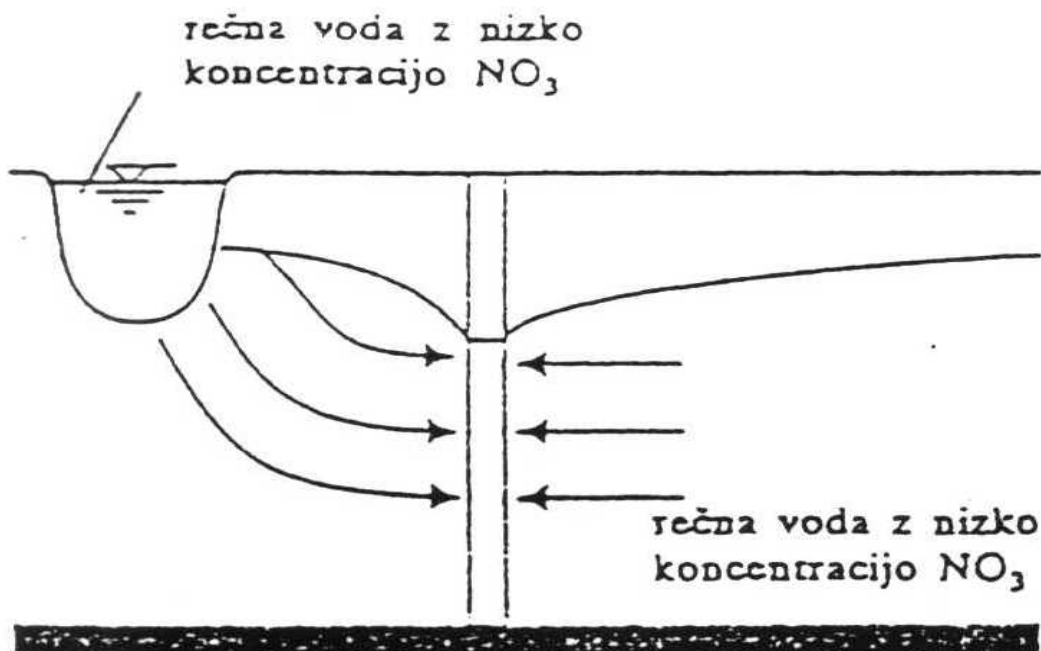
Metoda odstranjevanja nitratov z razredčenjem s čisto vodo ni prava kurativna metoda, kajti v tem primeru nitratov ne odstranimo iz vode, ampak z dodajanjem čiste vode le zmanjšamo njihovo koncentracijo glede na povečano količino pod predpisano dopustno mejo.

Ta metoda je pogosto najenostavnejša in najcenejša. Odvisno od lokalnih pogojev se uporabljata dva postopka (Panjan, 1996).

- Inducirana infiltracija rečne vode
- Umetno bogatenje podtalnice s površinskimi vodami

5.2.1.1 Inducirana infiltracija

Inducirana infiltracija je metoda kjer z izgradnjo vodnjakov v neposredni bližini rečne vode z nizko koncentracijo nitratov in podtalnice z visoko koncentracijo nitratov zajamemo podtalnico s primešanim rečnim filtratom. Tako premešana podtalnica je razredčena in vsebuje manjšo količino nitratov kot podtalnica sama. (Slika 12)

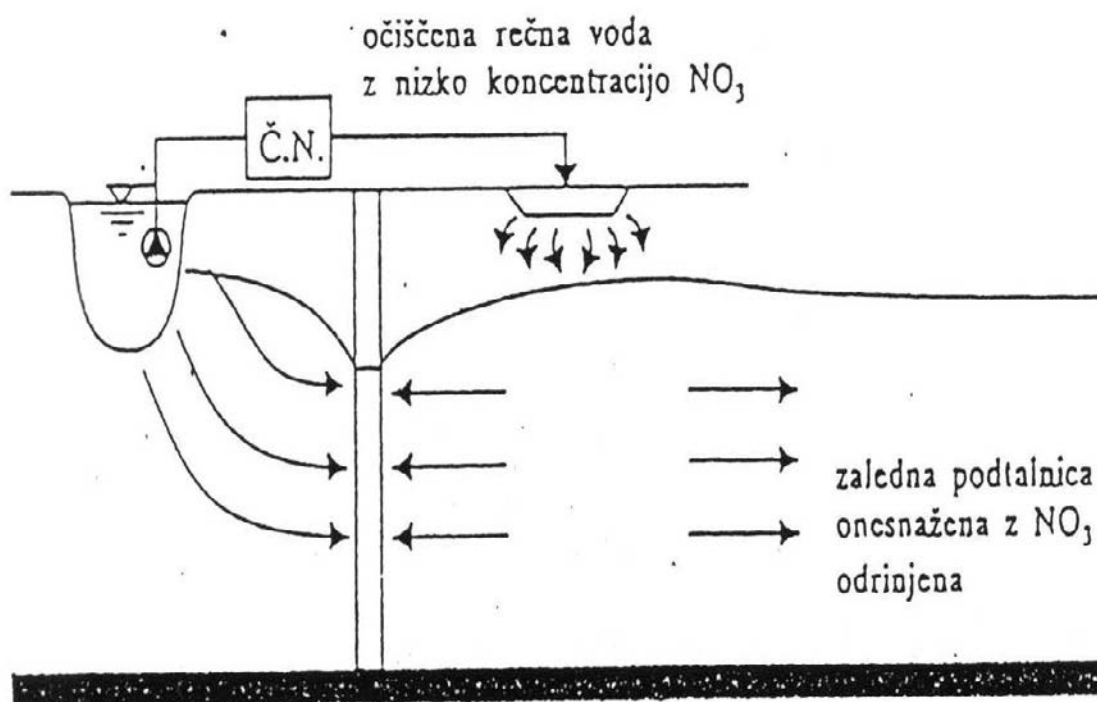


Slika 12: Zmanjševanje koncentracije nitratov v podtalnici z metodo inducirane infiltracije (Panjan, 1996)

5.2.1.2 Umetno bogatenje

Površinske vode kot reke in jezera vsebujejo zelo nizke koncentracije nitratov, vsebujejo pa vrsto drugih onesnažil in so zato neprimerne za direktno mešanje s podtalnico z inducirano infiltracijo. V tem primeru uporabljamo metodo razredčenja podtalnice z umetnim bogatenjem, kjer onesnaženo rečno vodo ali obrežni filtrat najprej očistimo, nato pa napajamo z nitrati onesnaženo podtalnico (Slika 13).

Z umetnim bogatenjem je mogoče poleg zmanjšanja vsebnosti nitratov istočasno doseči še eliminacijo železa in mangana iz pitne vode ter odrinjanje onesnaženih talnih vod izven vplivnega območja vodnjakov (Panjan, 1996).



Slika 13: Zmanjševanje koncentracije nitratov v podtalnici z metodo umetnega bogatenja
(Panjan, 1996)

5.2.2 Fizikalno-kemični procesi odstranjevanja nitratov iz pitne vode

Od fizikalno-kemičnih procesov so najbolj uporabljeni:

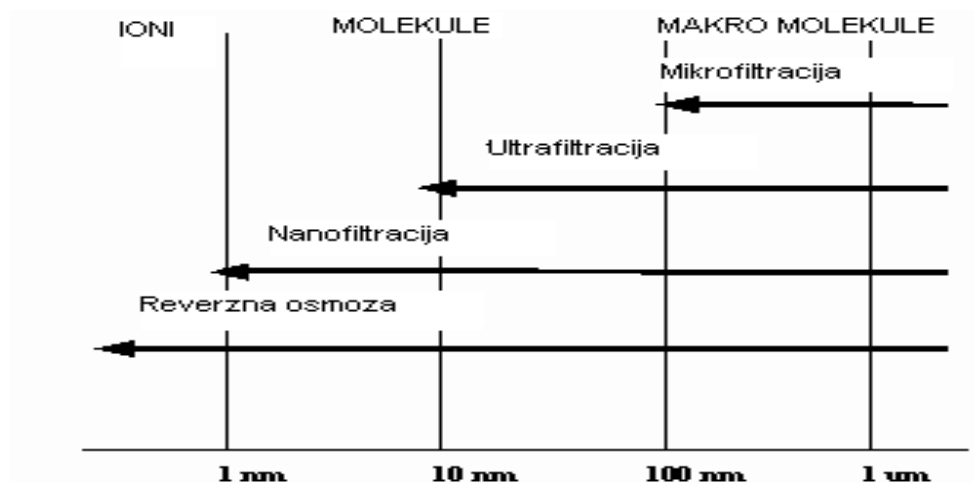
- reverzna osmoza
- elektrodializa
- ionska izmenjava
- hibridne tehnologije

5.2.2.1 Denitrifikacija pitne vode s tehnologijo Reverzne osmoze-RO

Čiščenje vode z metodami, ki temeljijo na membranski tehnologiji je v zadnjih desetletjih doseglo velik razmah. Prednosti so predvsem v tem, da te metode ne uporabljajo kemičnih dodatkov, imajo relativno majhno porabo energije in enostavne procese delovanja. Osnovo vsem tem sorodnim si procesom predstavlja semipermeabilna membrana. Skozi leta in z uporabo novih vedno boljših materialov se je membranska tehnologija toliko dodelala, da se vse bolj uporablja za pripravo pitne vode iz podzemnih, površinskih in odpadnih voda.

Postopek delovanja je precej preprost: Membrana služi kot zelo specifičen filter, ki vodi dopušča prehod, medtem, ko se trdni delci in druge raztopljene snovi na njej odložijo.

Filtracijo z membransko tehnologijo delimo na mikro in ultra filtracijo na eni, ter nano filtracijo in reverzno osmozo na drugi strani (Slika 14). Pri odstranitvi večjih delcev se uporabljata mikro in ultra filtracija, ker je zaradi »odprte« narave membrane izdatnost velika, medtem, ko so razlike v tlakih majhne. Pri odstranitvi soli iz vode, pa se uporabljata metodi nanofiltracije in reverzne osmoze. Slednja se v veliki meri uporablja tudi za odstranjevanje nitratov iz pitne vode. RO in nanofiltracija ne delujeta po preprostem principu por, ampak poteka ločitev delcev po difuziji skozi membrano. Tlak, ki je potreben za delovanje teh dveh metod je mnogo večji od tlaka, ki se uporablja pri mikro in ultra filtraciji, medtem, ko je izdatnost precej manjša kot pri slednjih dveh (Lenntech, 2006).



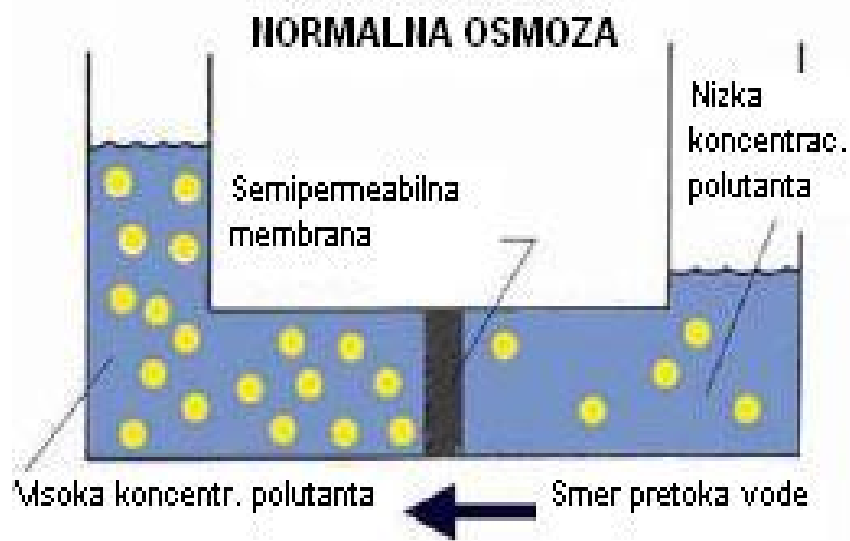
Slika 14: Procesi, ki temeljijo na membranski tehnologiji razvrščeni glede na stopnjo filtracije (Lenntech, 2006)

POSTOPEK

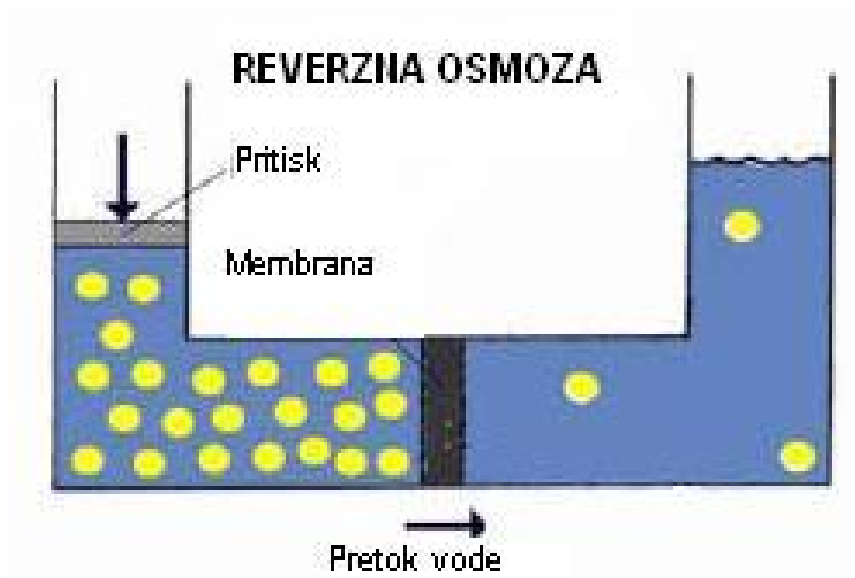
Pri tehnologiji reverzne osmoze prevladuje mehanizem difuzije. Semipermeabilno membrano uporabljamo za ločitev ionov in molekul iz raztopin pri obratovalnem tlaku, ki je vedno večji od osmotskega tlaka vhodne raztopine. Če ločimo raztopino od topila s semipermeabilno membrano, ki prepušča samo topilo in ne topljenca, potem teče topilo skozi membrano v raztopino, kjer je kemijski potencial topila nižji. Ta proces imenujemo osmoza (Slika 15).

Pretok topila lahko preprečimo, če dovolj povečamo tlak nad raztopino. Osmotski tlak je padec tlaka skozi membrano, ki je potreben, da preprečimo spontan pretok v katerokoli smer skozi membrano. Osmotski tlak je koligativna lastnost, to je lastnost, ki je odvisna od števila molekul topljenca in ne od narave in vrste teh delcev. Predstavljamo si lahko, da ima raztopina težnjo po razredčenju. Ker prehaja topilo v raztopino, se prostornina raztopine povečuje. Nivo raztopine se dviga, pri tem pa narašča hidrostatski tlak v raztopini. Ko je dovolj velik, zaustavi prodiranje molekul topila skozi membrano. Težnjo molekul topila po prehajanju skozi semipermeabilno membrano definiramo kot osmotski tlak, ki ga lahko uravnoteži hidrostatski tlak (ANTE, 2002).

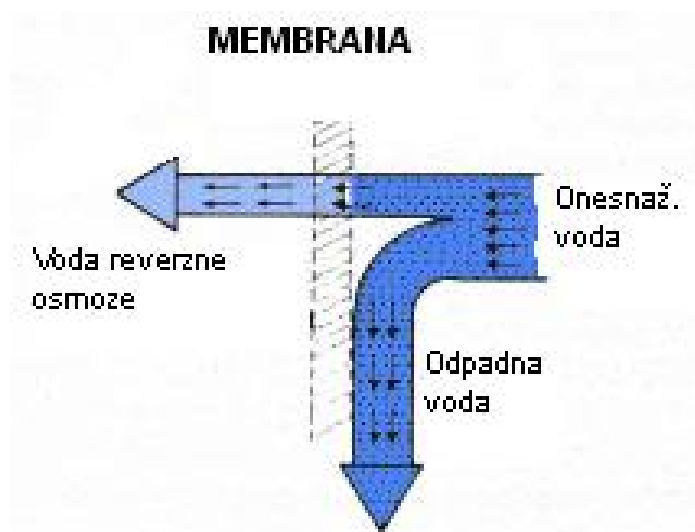
S povečanjem tlaka nad koncentrirano raztopino lahko proces osmoze obrnemo – iz koncentriranih raztopin »iztisnemo« vodo (Slika 16a, 16b). Tlak potreben za ta postopek je odvisen od razlike med koncentracijami, vendar ni nikoli manjši od 2070 kPa (Kawamura, 2000).



Slika 15: Shematski prikaz procesa normalne osmoze (ANTE, 2002)



Slika 16a: Shematski prikaz procesa reverzne osmoze (ANTE, 2002)

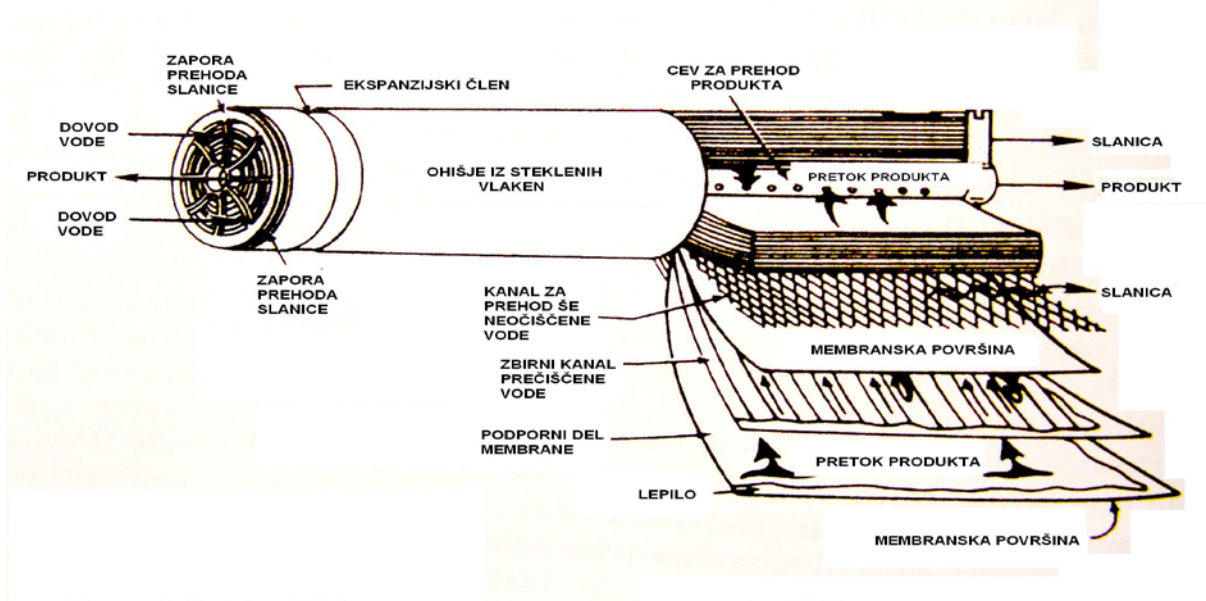


Slika 16b: Shematski prikaz procesa reverzne osmoze (ANTE, 2002)

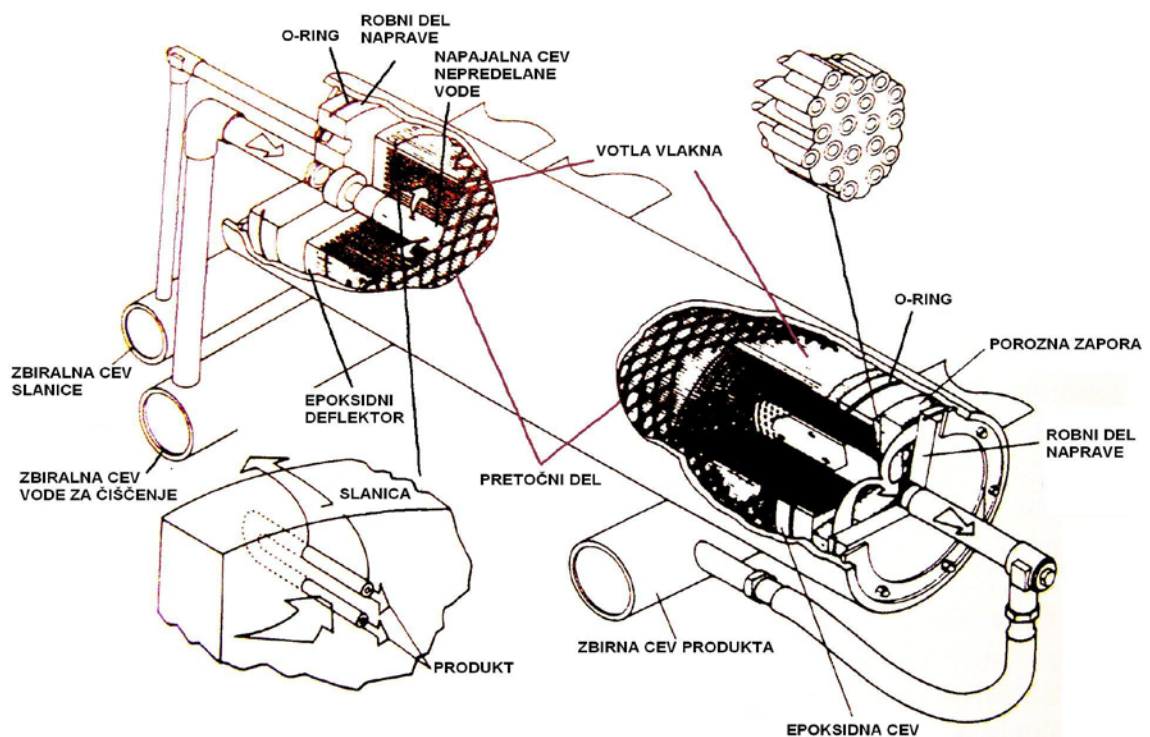
RO je proces s katerim je mogoče odstranjevati ione z nizko molekularno maso, kot tudi vse tipe koloidov, virusov in bakterij. Razmerje med količino demineralizirane vode in količino zasičene vode v sistemu je definirano kot menjalni faktor in je izraženo v procentih.

Trenutno so v uporabi dva tipa semipermeabilnih membran: celulozno-acetatna in poliamidna. Celulozno-acetatne membrane omogočajo visoke pretoke na površinsko enoto membrane. Membranski material je lahko spiralno rezan okrog cevi (Slika 17), ali pa v obliki neskončno prepletenih votlih vlaken (Slika 18), ki sestavljajo čistilno površino znotraj kompaktnega cilindra. Membrane iz votlih vlaken imajo večjo čistilno površino od spiralno rezanih, vendar tudi večjo možnost zamašitve (Hammer, Hammer, 2004).

Poliamidne membrane omogočajo nizke pretoke in so sestavljene kot votla vlakna, da omogočajo maksimalno površino na volumsko enoto. Dobra lastnost poliamidnih membran je dobra odpornost na kemijske in biološke dejavnike, zato imajo tudi dolgo življenjsko dobo in sicer 3-5 let, medtem, ko celulozno-acetatne le 2-3 leta. Če so poliamidne membrane izpostavljene oksidativnim biocidom in večini kationskih biocidov, ki se uporabljajo pri čiščenju vode, se lahko nepopravljivo uničijo. (Kawamura, 2000).



Slika 17: Modul reverzne osmoze s spiralno rezanimi membranami (Hammer, Hammer, 2004)



Slika 18: Modul reverzne osmoze s sistemom votlih vlaken (Hammer, Hammer, 2004)

HIŠNI RO ČISTILNIK

Čiščenje vode z RO ima vedno večji razmah v domači uporabi, saj s procesom RO ne odstranujemo le nitratov, ampak tudi vrsto drugih raztopljenih trdnih snovi, ione, kovine, organske snovi, detergente in pesticide.

Prečiščena voda se tu shranjuje v posebne rezervoarje, medtem ko se onesnaževala na drugi strani membrane sperejo skupaj s tokom odpadne vode.

Hišni RO čistilni sistemi so sestavljeni tako, da vsebujejo predčistilne in postčistilne filtre, kot so RO membrana, regulator toka, shranjevalnik prečiščene vode in pipe. Tlak potreben za delovanje RO zagotovljamo s samim tlakom iz hišnega vodovoda in s pomočjo dodatne črpalke. Prefiltri odstranjujejo iz vode večja zrnca peska in mulja, ki bi lahko pretrgala ali zamašila RO membrano, črpalko, ali regulator toka. V primeru, da je hišna voda pretirano trda, jo je potrebno predhodno omehčati (Lehr, Keeley, 2005).

Če pa je vstopna voda klorirana, ali pa vsebuje kakšne druge oksidativne kemikalije, jo moramo predfiltrirati s filtrom iz aktivnega oglja, ker te kemikalije škodujejo semipermeabilni membrani.

Učinek RO sistema je odvisen od tipa membrane, kontrole pretoka, kvalitete vode za predelavo (kalnost, TDS, pH), temperature in tlaka. Posamezni proizvajalci navajajo učinek RO naprave pri pogojih, ki so standardno določeni. Pri RO se le del vode, ki gre na čiščenje predela, ostali del se porabi za odplakovanje snovi, ki niso prišle skozi membrano in odteče iz naprave kot odpadna voda. Učinkovitost RO se tako določa z razmerjem med volumnom vode, ki je vstopila v napravo in volumnom vode, ki se je v njej prečistila. Večina hišnih RO naprav prečisti 20-30 % vhodne vode. Ta odstotek se lahko poveča, vendar na račun zmanjšane življenjske dobe membrane. Zelo pomembna je pravilna nastavitvev regulatorja toka. Če je tok vode na membrano prepočasen, se sicer poveča količina prečiščene vode, vendar s tem tudi možnost poškodbe membrane, če se iz nje ne izplaknujejo dovolj hitro koncentrirane nečistoče (Lehr, Keeley, 2005).

V primeru, da je tok vode na membrano prehiter, se zmanjša čistilni učinek in tako poveča količina odpadne vode. Učinkovitost RO naprave je v veliki meri odvisna tudi od kvalitete vode. Večji kot je TDS, manjše je razmerje prečiščene vode. Količina prečiščene vode se pri nižjih temperaturah zaradi povečanja viskoznosti lahko zmanjša za 1-2 % za vsako stopinjo pod standardno temperaturo 25 °C (77 °F).

Pri 15,56 °C (60 °F) se količina prečiščene vode zmanjša za ¼ volumna vode, ki bi se prečistila pri 25 °C (77 °F). Velik vpliv na delovanje RO sistema ima tudi tlak vode. Večina hišnih RO čistilnih naprav najbolje deluje pri tlaku 420 kPa (60 psi), medtem, ko je tlak v hišnem vodovodu cca 280 kPa (40 psi) (ANTE, 2002).

RO naprava mora delovati zoper protitlaku, ki se ustvarja v shranjevalni posodi, ko se ta polni z vodo in komprimira zrak. Poleg tega mora premagati tudi osmotski tlak, ki povezuje molekule vode in raztopljena onesnaževala. Kakšen vodni tlak deluje na membrano, lahko preračunamo tako, da od tlaka vstopne vode iz vodovoda odštetjemo protitlak in osmotski tlak. Če je dobljeni tlak na membrani manjši od 105 kPa (15 psi), deluje RO naprava z zmanjšanim učinkom. To pomanjkljivost odpravimo tako, da v napravo namestimo dodatne črpalke, ki povečajo tlak in s tem tudi učinek prečiščevanja. Kvalitetnejše RO naprave imajo posebne ventile, ki ustavijo pretok v primeru, da tlak v shranjevalni posodi doseže $\frac{2}{3}$ tlaka vstopne vode, kajti majhen tlak vstopne vode pomeni majhen čistilni učinek. V nekaterih RO napravah, ko je shranjevalna posoda polna, se presežek prečiščene vode izloči kot odpadna voda. Da se temu izognejo, imajo nekateri sistemi možnost avtomatskega izklopa v primeru, ko tlak v shranjevalni posodi doseže mejno vrednost (Lehr, Keeley, 2005).

5.2.2.2 Denitrifikacija pitne vode s tehnologijo Elektrodialze-ED

Celoten proces se izvaja v napravi, ki se sestoji iz izmenično postavljenih in med seboj razmaknjenih anionsko in kationsko selektivnih membran. V napravi krožijo tako koncentrirani, kot razredčeni del vode po kanalih v medmembranskih prostorih. V medmembranskih prostorih odteka in priteka razredčen in koncentriran del slanice in tako omogoča delitev raztopljenega in zasičenega dela.

Set dveh membran in dveh medmembranskih prostorov tvori eno celico. V elektrodializni napravi pa je na stotine takih celic. Gonilno moč naprave omogoča enosmeren električni tok med anodami (pozitivne elektrode) in katodami (negativne elektrode) postavljenimi v elektrodnih ploščah na obeh koncih naprave. Aproximativna poraba električne energije pri ED je 0,6-0,8 kWh na kg odstranjene snovi (Kawamura, 2000).

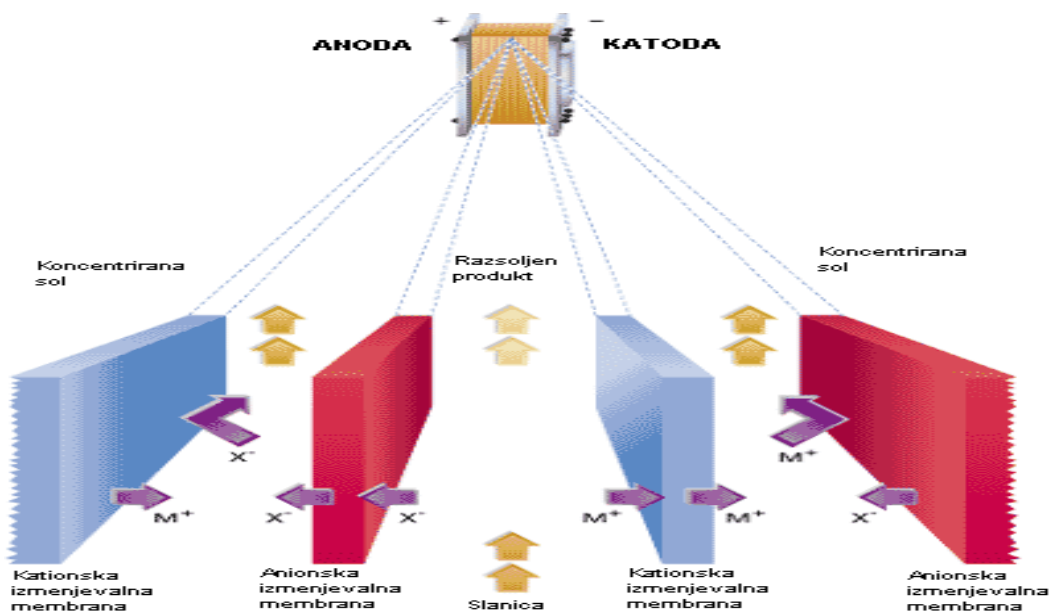
Ločevanje ionov poteka s pomočjo dializnih membran sestavljenih iz polimernih verig z električno nabitimi predeli. Membrane so prepustne za katione in anione, niso pa za vodo. Razdruževanje ionov je odvisno od naboja membrane. Če je ta pozitivno nabita, je prepustna za anione in jo imenujemo anionska izmenjalna membrana, če pa je negativno nabita, je prepustna za katione in jo imenujemo kationska izmenjalna membrana. Sposobnost membrane za prepuščanje ali anionov ali kationov imenujemo permselektivnost. Obstajajo tudi membrane, ki so prepustne samo za monovalentne anione in katione, odbijajo pa polivalentne ione. Takim membranam pravimo monovalentno selektivne membrane. Monovalentno selektivnost dosežemo tako, da dodamo na membransko površino tanko ionsko izmenjalno plast nasprotnega predznaka (Ameridia, 1999).

Za optimalno delovanje elektrodializne naprave je zelo pomembna pravilna namestitve sestavnih delov t.j. membran, medmembranskih prostorov, ter uporabljenih materialov. Od pravilne zasnove in materialov je odvisen učinek delovanja. Npr. dobro tesnenje onemogoča fizično mešanje med neočiščenim in končnim produktom, kar pomeni večjo kakovost očiščene vode. Optimizirana mrežna geometrija membran in membranskih prostorov omogoča, da je raztopina dobro porazdeljena po celotni površini celice ter povečuje vrtinčenje raztopine, kar povzroča zmanjšanje t.i. fenomena površja membrane in izboljša transport ionov. Debelina medmembranskih prostorov vpliva na porabo električnega toka, zato je ekonomično, če so ti čimbolj ozki. Poleg tega so pomembne tudi izmenjalne membrane, saj je od njihove kvalitete odvisna neoporečnost končnega produkta ter učinkovitost pri ločevanju ionov. Električna upornost membrane vpliva na porabo električnega toka, kemična upornost pa določa sprejemljivost in izvedljivost ločevanja ionov (Ameridia, 1999).

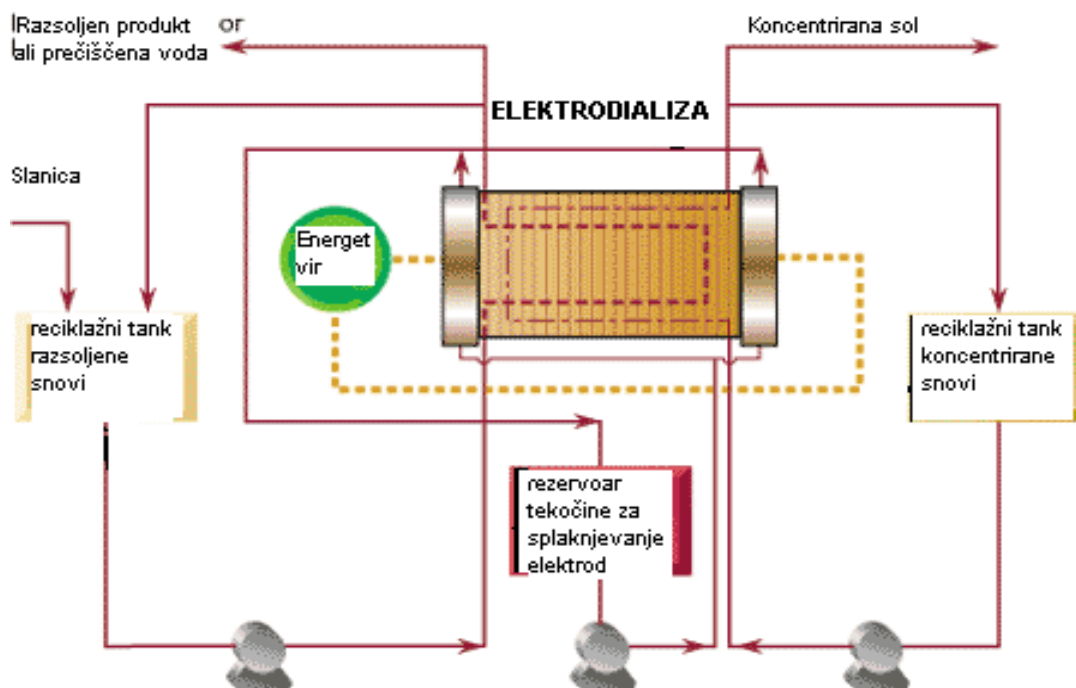
ED membrane niso 100 % permselektivne, temveč okrog 98 % in več. Čiščenje poteka tako, da raztopina-slanica priteče v napravo skozi recirkulacijske kanale. Ko je naprava zasičena z raztopino, električna napetost povzroča, da se pozitivno nabiti kationi pomikajo proti katodi, negativno nabiti anioni pa proti anodi.

Prehod ionov skozi ionsko izmenjevalno membrano je odvisen od sestave oz. naboja membrane. Ioni prehajajo skozi membrane in medmembranske prostore, dokler ne pridejo do nasprotno nabite membrane, skozi katero ne morejo, zato obstajajo taki medmembranski prostori, iz katerih se ioni odstranijo in taki, v katerih se koncentrirajo (Kawamura, 2000).

Na slikah (Slika 19a, Slika 19b) so prikazane sheme delovanja elektrodialize. Sistem je sestavljen iz cirkulacijskih črpalk, rezervoarjev, cevi in ventilov za koncentrirani in razredčevalni tokokrog. Vsebuje tudi inštrumente, kot so merilniki pretoka, tlaka, temperature, pH-ja, prevodnosti, napetosti v celicah, električnega toka itd. (Ameridia, 1999).



Slika 19a: Shematski prikaz principa delovanja elektrodialize (Ameridia, 1999)



Slika 19b: Shematski prikaz celotnega procesa denitrifikacije pitne vode s pomočjo elektrodialize (Ameridia, 1999)

Elektrodializa je zelo razširjena separacijska tehnologija uporabljena v različnih dejavnostih, predvsem v tekstilni industriji, vendar manj pa za pridobivanje pitne vode. Ključni parametri, od katerih je odvisno optimalno delovanje sistema, so gostota pretoka, napetost v celicah, koncentracija razredčenega in koncentriranega dela. Uporabljeni električni tok je eden pomembnejših dejavnikov celotnega procesa ED, saj določa količino snovi, ki prehaja skozi membrane. Velika gostota pretoka zmanjšuje potrebno površino ED, kar ima za posledico neporocionalno povišanje električne napetosti v samih celicah in s tem večjo porabo električnega toka. Pri povečani gostoti pretoka prihaja do pojava polarizacije, ker se ioni hitreje premikajo skozi membrano, kot pa po raztopini do membrane. Posledica tega je zelo hitra porast električne napetosti v celici, tako, da predstavlja zgornjo mejo tista gostota toka, ki še ne povzroča strmega porasta napetosti v celici. Meja gostote toka je predvsem odvisna od vgrajenih komponent v napravi (debeline celic, turbulence,...), temperature, koncentracije raztopine (Ameridia, 1999).

Tudi pri optimalni gostoti toka lahko pride do porasta napetosti v celicah in sicer, če so aktivni deli v polimerni strukturi membran obrabljeni oz. dotrajani. To je eden od pokazateljev, da je potrebno membrano zamenjati.

Membrane je potrebno zamenjati tudi takrat, ko se prične zmanjševati učinkovitost električnega toka, ali pa višati poraba električne energije. V aplikacijah z bolj ali manj čisto oskrbo in majhno gostoto pretoka, t.j. predvsem za čiščenje nitratov iz pitne vode, je življenjska doba membrane tudi okoli 10 let (Ameridia, 1999).

POMANJKLJIVOSTI ED

- problemi vpliva polarizacije in nastanka usedlin so še vedno prisotni, kljub temu, da se je z razvojem in uporabo novih materialov oblika-geometrija notranjosti ED naprav in membran precej izboljšala
- v primeru, da onesnažena voda vsebuje neionizirane molekule, kot so organske sestavine in koloidi, ostanejo ti delno demineralizirani v vodi, zato je potrebno pred izvajanjem ED iz onesnažene vode odpraviti motnost, odstraniti organske sestavine in železo, v nasprotnem primeru lahko te snovi zamašijo oz. pokvarijo membrane.
- s tehnologijo ED ne moremo proizvesti visoko demineralizirane vode
- cena procesa ED se rapidno veča s količino raztopljenih snovi v vodi za prečiščenje
- na tržišču je malo proizvajalcev ED opreme (Lenntech, 2006)

5.2.2.3 Denitrifikacija pitne vode s tehnologijo Ionske izmenjave-IX

Proces IX deluje tako, da izmenjuje neželene ione iz onesnažene vode z zelenimi ioni. Želeni ioni so shranjeni v trdni snovi (ionskem izmenjevalniku). Količina izmenjave ionskega izmenjevalnika je omejena, zato ga je sčasoma potrebno regenerirati, tako, da se ga namoči v regeneracijsko raztopino. S tem pridobi ponovno izmenjevalno sposobnost. Cikel ionske izmenjave zajema mešanje, regeneracijo in izpiranje. Najbolj primitivni ionski izmenjevalniki so naravna zemlja in natrijevi aluminosilikati. Prvi sintetični ionski izmenjevalnik je bil sestavljen iz obdelanega naravnega zelenega peska (zeolita). Kakorkoli, netopljiva sintetična plastika (smola) se uporablja še danes.

Večina komercialnih smol je sestavljenih iz sintetičnih plastičnih materialov, kot so kopolimeri stirenov, divinil benzeni, ki imajo življenjsko dobo 5-10 let kontinuirnega delovanja. Smole se delijo tako na kationsko izmenjevalne, to so smole z negativnim nabojem, ki sprejemajo pozitivne ione, kot na anionsko izmenjevalne smole, ki sprejemajo negativne ione.

Smole imajo porozno, prepustno strukturo, tako, da lahko vsako zrnce sodeluje pri ionski izmenjavi. So običajno sferične oblike in merijo od 0,8 do 0,4 mm. Aproximativna izmenjevalna sposobnost večine kationskih smol je 2 miliekvivalenta na suh gram (mEq/g). Tipična močna anionska smola pa ima izmenjevalno moč 1,3 mEq/g (Kawamura, 2000).

Proces IX se ne uporablja samo za odstranjevanje nitratov in fluoridov iz zasičene vode, ampak tudi za mehčanje vode ter demineralizacijo vode za laboratorijsko uporabo. Proces ionske izmenjave je edini proces, ki lahko iz vode v celoti odstrani minerale in tako proizvede ultra čisto vodo (Kawamura, 2000).

Ne glede na to ali IX poteka v fiksni posteljici, kontinuirnih zankah, pulznih posteljicah ali pa se izvaja s protitočno ekstrakcijo, je to proces, ki temelji na izčrpanju in regeneraciji medija. Smole imajo diskretno izmenjalno sposobnost in, ko se izčrpajo, jih je potrebno regenerirati. Cena kemikalij na enoto predelane vode je vedno direktno proporcionalna količini odstranjenih mineralov (Kawamura, 2000).

$\text{NO}_3^- + \text{ClR} \rightarrow \text{NO}_3\text{R} + \text{Cl}^-$ (Tipična anionska izmenjevalna smola s kloridnim ciklom, ki se uporablja za odstranjevanje nitratov) (Kawamura, 2000).

IX smole so karakterizirane po selektivnosti t.j. po ionih, ki jih lahko izmenjujejo. Selektivnost varira s tipom smole, ionsko vsebnostjo raztopine, količine različnih ionov in temperature vode. Ta selektivnost je zelo pomembna karakteristika pri regeneracijskem procesu. (Hammer, Hammer, 2004). Pri odstranjevanju nitratov za pripravo pitne vode z IX se uporablja močna smolnata osnova z anionsko izmenjavo v kloroformu. Ko voda teče skozi smolnato posteljico, ki se nahaja v tlačni posodi, se nitrati in drugi anioni v vodi izmenjajo s kloridom v smoli, kar povzroči izločanje kloridov v vodo.

Ko je smola nasičena z nitrati, kar je nakazano s povišanim nivojem nitratov v predelani vodi, se postopek ustavi in se smola regenerira z natrijevim kloridom, kar omogoči, da je smolnata plast spet učinkovita (American Water Works Association, 1998).

Med regeneracijo se izmenjalni proces obrne: kloridni ioni zamenjajo anione, ki jih absorbira smola.

Pri procesu IX za odstranjevanje nitratov pri pripravi pitne vode uporabljamo dva tipa izmenjevalnih smol

- klasična anionsko izmenjevalna smola
- smola za selektivno izmenjavo nitrata

»Klasična« anionsko izmenjevalna smola ima to slabo plat, da je nitrat slabše absorbiran od sulfata in posledično dvig nitratov hitro upade, medtem, ko se sulfati neobdelane vode povišajo. Ne glede na nivo sulfatov v vodi, bo smolnata posteljica, ko bo prekoračila točko nasičenosti, začela izločati nitrato, ki jih bodo zamenjali sulfati in se bo s tem nivo nitratov v predelani vodi povišal. To pomanjkljivost lahko preprečimo z zgodnjo ustavitvijo pretoka (American Water Works Association, 1998).

Med drugimi težavami je tudi ta, da prisotnost relativno visokih ravni sulfatov zmanjšuje kapaciteto smole za nitrato in poveča regeneracijsko (Natrijev klorid) porabo z odstranitvijo anionov, ki niso vezani na nitrato in kot rezultat odstranitve sulfatov se poveča količina kloridov, ki jih smola izloči v vodo. Zato je za vodo, v kateri je razmerje med sulfati, kot SO_4 in odvečnimi nitrati, kot N 3,43:1 bolj varčna uporaba smole za selektivno izmenjavo nitrata. Le-ta raje absorbira nitrato in torej ne predstavlja toliko slabih plati, ki so značilne za klasične smole (American Water Works Association, 1998).

Vrednost površinske obremenitve za odstranjevanje nitratov je približno $30 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$ in dopušča približno 20 % časa za regeneracijo, kar pomeni povprečno produktivnost $576 \text{ m}^3/\text{dan}\cdot\text{m}^2$. Vrednost prostornine procesa bi morala biti manjša od 40 prostornin posteljice na uro (BV)/h; 20 BV/h velja za primerno vrednost z vsemi stolpci v delovanju. Smolnato dno bi moralo biti globoko približno 1,5 m, premer posode pa med 1 in 4 metri. Dolžina pretoka, t.j. časa med dvema zaporednima regeneracijama je funkcija delujočih pogojev in smole in je omejena na 8-12 ur.

Po zaključenem pretoku je smolnato dno najprej podvrženo procesu pranja, da bi odstranili odložene trde snovi, nato pa sledi protitočna regeneracija z uporabo 6-10 % raztopine natrijevega klorida s 3-4 BV/h za 1,5 prostornine posteljice. Sledi počasno navzgorje izplakovanje s 3-4 BV/h in hitro izplakovanje v smeri delovanja toka s 6 BV/h za 4 prostornine posteljice. Po tem postopku je posteljica pripravljena za ponovno delovanje. Pogostost pranja je približno vsakih 10-25 ciklusov, odvisno od kvalitete neobdelane vode. Običajno se neobdelana voda uporablja za pranje, obdelana voda pa za izplakovanje. Zahtevana količina soli je približno 160 g NaCl/l smole za klasične smole in 125 g NaCl/l za nitratne selektivne smole. Kapaciteta odstranjevanja nitratov za oba tipa smol je približno 0,25 g eq/l smole. Pri obdelavi visoko alkalnih vod je priporočljivo uporabiti klorovo kislino za kislinsko izpiranje dna za odstranjevanje usedlin kalcijevega karbonata v postelji (American Water Works Association, 1998).

POMANJKLJIVOSTI IONSKE IZMENJAVE

- Slaba stran uporabe IX za odstranjevanje nitratov je, da proces poveča količino kloridov in zmanjša alkalnost obdelane vode. Čeprav povišanje nivoja kloridov v vodi nima vpliva na zdravje, lahko poveča razmerje med kloridi in alkalnostjo v mehkih vodah, kar povzroči višji potencial za selektivno raztopitev cinka iz dvojne medeninaste opreme. Težava je manj pereča z nitratno selektivno smolo.

Na začetku pretoka se vrednost kloridnih ionov poveča, alkalnost pa zniža. Obdelana voda bo torej imela visoko začetno razmerje med kloridi in alkalnostjo. Klasične smole povzročijo višje razmerje kot nitratne selektivne smole. Težavo lahko premostimo z mešanjem proizvedenega pretoka v zbiralnik za obdelano vodo, preden jo povežemo z vodno oskrbo ali pa z razdelitvijo toka na dve ali več paralelnih enot, ki delujejo izvenfazno, ali pa z uporabo kombinacij teh dveh metod. Še ena, vendar dražja opcija, je uporaba bikarbonata namesto kloridne raztopine pri vsaj 10-15 % regeneracijske faze za zamenjavo kloridnih ionov v smoli z bikarbonatnimi ioni. Na ta način so na začetku pretoka v vodo namesto kloridnih ionov izločeni bikarbonatni ioni (American Water Works Association, 1998).

- Odpadki iz IX obrata vsebujejo visoke količine nitratov, kloridov in drugih anionov. Odvisno od zahtevanega odstranjevanja nitratov, lahko prostornina doseže 1,5-2,0 % celotne količine, ki se nahaja v obratu za ionsko izmenjavo. Odpadke lahko varno izločimo v odtočni kanal ali v primeru tovarn v obalnih območjih, tudi v morje. V primerih, ko odstranitev teh odpadkov v vodotoke ni dovoljena, je potreben odvoz odpadkov s cisterno. Za velike obrate je pred odvozom s cisternami potreben proces pomanjšanja volumna. Kar se izvaja s pomočjo ED ali RO, v nekaterih državah pa se lahko uporablja tudi sončno izparevanje.
- Pri načrtovanju IX procesa je potrebno upoštevati znižanje stroškov kemikalij, znižanje odpadnih produktov in povečanje predelane vode. Kakorkoli že, je zelo pomembno, da se voda pred izvajanjem IX predhodno predela s postopki kot so alumoflokulacija in sedimentacija, ker se tako zmanjša nalaganje ionov v izmenjevalni sistem in odstrani snovi kot so železo, mangan in organske substance, ki lahko škodujejo smoli (Kawamura, 2000).

5.2.2.4 Hibridne tehnologije

Bistvo hibridnih tehnologij je, da izkoriščajo dobre lastnosti različnih metod, ki se uporabljajo za čiščenje oz. pripravo pitne vode. Med procesi čiščenja pitne vode z visoko koncentracijo nitratov izstopajo tri najpomembnejše fizikalno-kemične metode: reverzna osmoza, elektrodializa in ionska izmenjava (Wisniewski, 2001).

Ti procesi temeljijo na odstranitvi specifičnih ionov iz zasičene vode. Poleg dela prečiščene vode je sekundarni produkt teh procesov tudi velika količina odpadne vode, kjer so poleg nitratov koncentrirani tudi ostali ioni prisotni v vodi npr. (klorid sulfat, hidrogen karbonat, itd.).

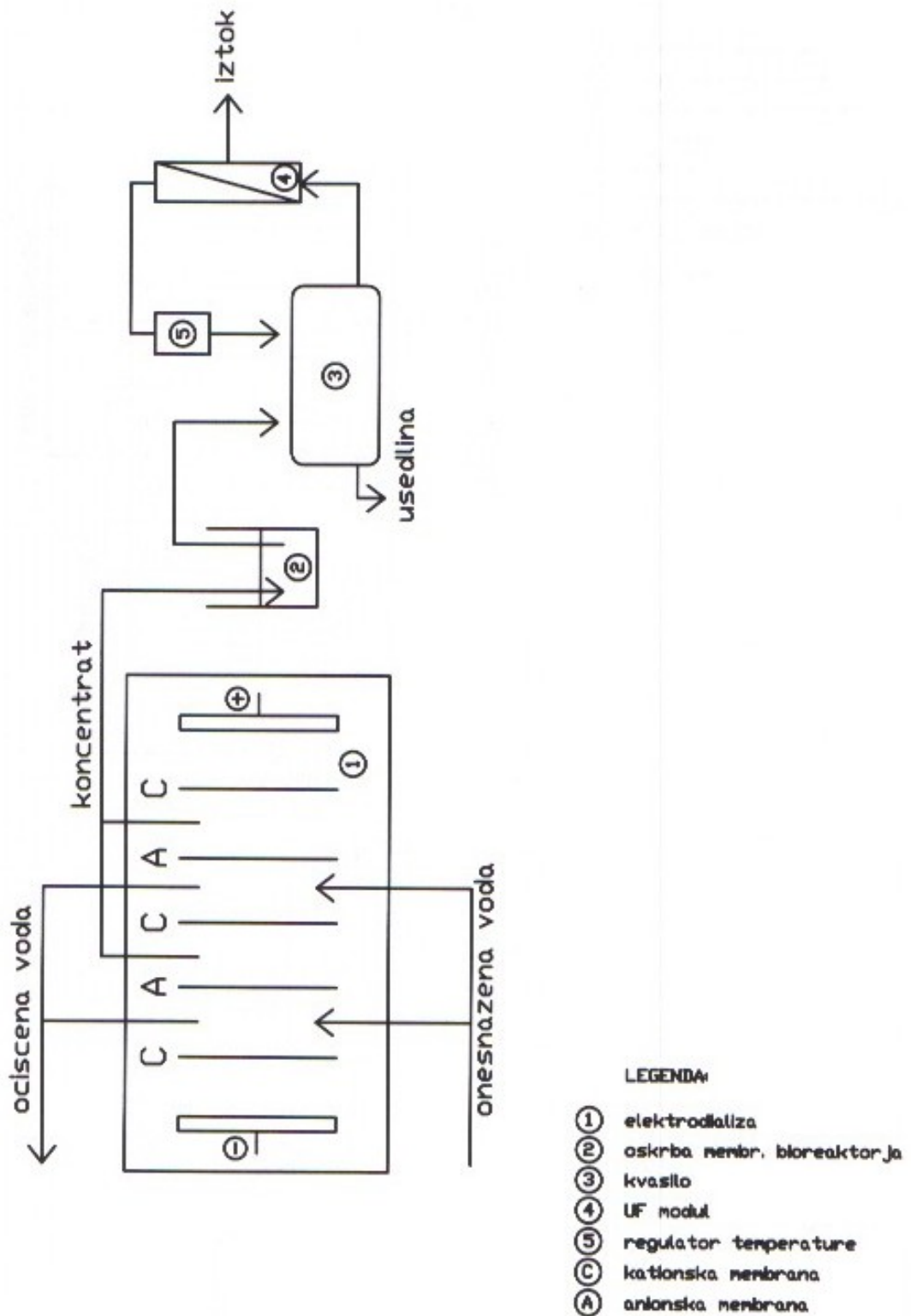
Namen hibridnih tehnologij je zmanjšanje količine nitratov v odpadnih vodah, ki nastanejo kot sekundarni produkt pri fizikalno-kemičnih procesih. Najbolj uporabljena metoda pri hibridnih tehnologijah je biološka metoda denitrifikacije, ki temelji na spremembi nitrata v plinast dušik s pomočjo anoksične bakterijske aktivnosti in eksternega vira ogljika.

Primer takih sistemov dopolnjevanja je hibridna tehnologija elektrodialize in biološke denitrifikacije (Slika 20). Princip delovanja je tak, da s pomočjo elektrodialize povzročimo odstranitev nitratnih ionov in tako pripravimo pitno vodo, medtem, ko s pomočjo biološke denitrifikacije odpravimo koncentracijo nitrata, ki je produkt delovanja elektrodialize. Biološka denitrifikacija odpadne vode se izvaja v membranskem bioreaktorju. Ta vključuje biološki reaktor in filterni modul (Wisniewski, 2001).

Hibridni proces elektrodialize in biološke denitrifikacije se s svojo kompaktnostjo in številnimi pozitivnimi lastnostmi izkaže za dobro alternativo čiščenja z nitrati zasičenih vod.

PREDNOSTI HIBRIDNIH SISTEMOV

- kvaliteta pitne vode se ne zmanjša zaradi bioloških procesov ali pa škodljivih produktov delovanja mikroorganizmov, ker se celotna odprava nitratov izvede v procesih RO, ED, IX
- v takem primeru poteka biološka denitrifikacija v raztopinah katerih je možno kontrolirati temperaturo in sestavo, tako, da spremembe karakteristik obdelovane vode ne vplivajo na njeno delovanje (Wisniewski, 2001).



Slika 20: Shema procesa hibridne tehnologije elektrodialize in biološke denitrifikacije (Wisniewski, 2001)

5.2.3 Biokemični procesi odstranjevanja nitratov iz pitne vode

5.2.3.1 Podzemeljske denitrifikacijske metode

Pri podzemeljskih denitrifikacijskih metodah potekajo denitrifikacija in sekundarni postopki, kot na primer filtracija, razgradnja organskih ostankov in prezračevanje v sistemu samem. Temperatura v teh sistemih se sezonsko ne spreminja in posledica je enaka učinkovitost v vseh letnih časih. Glavni slabosti tega sistema sta zamašitev por nosilca s plinskimi produkti in mrtvo biološko snovjo (biofilm) (Panjan, 1996). Poznamo tri metode podzemeljske denitrifikacije:

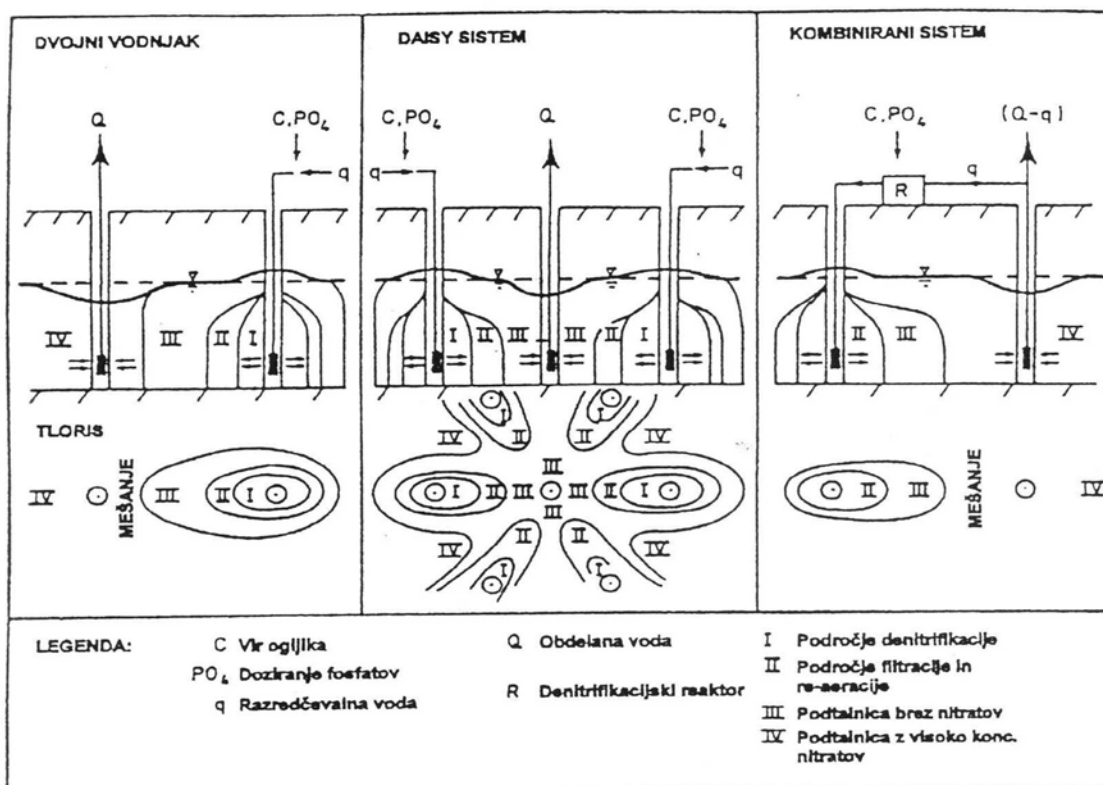
- metoda z dvojnimi vodnjakoma
- metoda »Daisy«
- kombinirana metoda nadzemeljske in podzemeljske denitrifikacije

Najenostavnejši postopek podzemeljske denitrifikacije se izvede z vodnjakom, oziroma rezervoarjem za doziranje nutrientov in vodnjakom za črpanje obdelane vode (Slika 21). Delovanje tega sistema je na Nizozemskem preizkusil Kruithof (1985). Podtalnico z 8,5 mg/l raztopljenega kisika in vsebnostjo nitrata 18,1 mg/l so mešali z metanolom koncentracije 49 mg/l in vbrizgavali v sistem s pretokom 20 m³/h. V črpalnem vodnjaku, s pretokom 33 m³/h, ki je bil od injektorskega oddaljen 25 m (horizontalna razdalja), je koncentracija nitrata začela upadati po 12 dneh. Po 18 dneh so opazili 30% znižanje koncentracije nitrata. Iz teh poskusov je Kruithof ugotovil, da ima podzemeljska denitrifikacija v praksi veliko možnosti, če jim bo uspelo rešiti probleme z zamašitvami por nosilcev z denitrifikacijskimi produkti (Panjan, 1996).

Raziskovalci so preiskovali še druge, nekoliko modificirane sisteme. Na Češkoslovaškem je Janda (1988) razvil tako imenovani »Daisy« sistem dvojnih vodnjakov z nekaj injektorskimi vodnjaki, postavljenimi poleg črpalnega vodnjaka (Slika 21). Ta metoda dosega med vsemi podzemeljskimi denitrifikacijskimi metodami največjo stopnjo odstranjevanja nitrata.

Pri ostalih podzemeljskih metodah je stopnja odstranjevanja nitrata manjša, zaradi manjših pretokov, zmanjševanja aktivne denitrifikacijske površine in mešanja že denitrificirane vode s surovo neobdelano podtalnico (Panjan, 1996).

Tretji možen postopek je kombinacija nadzemjskega denitrifikacijskega reaktorja z dodatno recirkulacijo v podzemni reaktor (Slika 21).



Slika 21: Možnosti biokemične redukcije nitratov v vodonosniku (Panjan, 1996)

6 ZAKLJUČEK

Z uvedbo operativnega programa za varstvo voda pred onesnaženjem z nitrati iz kmetijske proizvodnje in njegovim izvajanjem se stanje podzemnih voda iz leta v leto izboljšuje, kar je razvidno tudi iz rezultatov analiz letnih monitoringov. To je dober trend, saj le z upoštevanjem predpisanih ukrepov, pravilnim in pravočasnim gnojenjem ter zavestnim vnosom pesticidov na rastlinske kulture, lahko obvarujemo tako podzemno vodo pred oporečnostjo, kakor tudi same pridelke. V primeru, da vsebuje podtalnica koncentracije nitratov nad 50 mg/l vode, je te za pripravo pitne vode potrebno odstraniti oz. zmanjšati. Od prikazanih metod, razredčenje s čisto vodo, biokemične metode ter fizikalno-kemične metode, so se slednje izkazale za najbolj učinkovite in najdražje. Tudi med samimi fizikalno-kemičnimi metodami obstajajo razlike, in sicer v učinkovitosti ter v principu odstranjevanja nitratov. Medtem, ko RO in ED uporabljata za ločevanje ionov semipermeabilno membrano, deluje IX na osnovi izmenjeve ionov. Vsem trem metodam je skupno, da imajo poleg pitne vode kot končni produkt procesa, tudi odpadno vodo kot sekundarni produkt procesa. Ta je zasičena s presežkom nitratov, ki so bili odstranjeni iz prečiščene pitne vode. V večini primerov je potrebno vodo pred obdelavo s fizikalno-kemičnimi metodami prefiltrirati in iz nje odstraniti snovi, ki bi lahko škodile membranam ali ionskemu izmenjevalcu. Pri RO je s filtri potrebno odstraniti pesek, mulj, oksidativne kemikalije, ki lahko zamašijo ali drugače poškodujejo membrano, pri ED organske sestavine in koloide, pri ionski izmenjavi pa je potrebno vodo predelati, da se zmanjša nalaganje ionov v izmenjevalni sistem in odstrani snovi, ki škodujejo smoli. Za najbolj učinkovito metodo odstranjevanja nitratov iz pitne vode se je izkazala RO, ki je v Evropi tudi najbolj priljubljena, medtem, ko se v ZDA bolj nagibajo k uporabi IX (Clifford, Liu, 1993). Ne glede na to pa se vse bolj razvijajo hibridne tehnologije, ki združujejo različne metode, z namenom, da ena metoda odpravlja pomanjkljivosti druge. Tu gre predvsem za zmanjševanje zasičenih odpadnih snovi, ki so sekundarni produkt fizikalno-kemičnih metod. Večina hibridnih metod temelji na skupnem delovanju fizikalno-kemičnih metod in biološke denitrifikacije (Ersever, Pirbazari, 2002).

VIRI

Agencija Republike Slovenije za okolje, Ministrstvo za okolje, prostor in energijo. 2004. Poročilo o kakovosti podzemne vode aluvijalnih vodonosnikov v letu 2003. Ljubljana, ARSO: 31 str.

American Water Works Association, American Society of Civil Engineers 1998. Water Treatment Plant Design. New York, McGraw-Hill 1997, copyright 1998: str. 291-293

ANTE 2002. Qualita tecnica, qualita relazionale nello specifico della dialisi? Novara, Associazione Nazionale Tecnici Emodialisi.
<http://www.ante.it/Itinerante/01CorsoItinerAnte2002/Novara2002/BesatiLazzara/BesatiLazza2002.html> (10. okt. 2002)

Clifford, D., Liu X. 1993. Ion Exchange for Nitrate Removal. Journal Awwa, Research and Technology: str. 138.

Dairy Farmers of America, 1999. Electrodialysis.
<http://www.ameridia.com/html/elep.html> (25. jan. 1999)

Ersever, I., Pirbazari M. 2002. Task 2.4 B2 Denitrification of Reverse Osmosis Brine Concentrate by Anaerobic Fluidized Bed Biofilm Reactors with Granular Activated Carbon Media, Appendix 2.4 B2. Sacramento, California, California Energy Commission: str. 1-6.

Geološki zavod Slovenije, Prestor, J. 2005. Vodnik o varovanju podzemne vode v Mestni občini Ljubljana. Mestna občina Ljubljana, Zavod za varstvo okolja: 36 str.

Hammer, M.J., Hammmer, M.J.Jr. 2004. Water and wastewater Technology, fifth edition. New Jersey, Pearson Education International: 540 str.

Huck, P.M., Toft, P. 1987. Treatment of drinking water for organic contaminants. New York, Pergamon press: 383 str.

Implementation of nitrates Directive, Directive 91/676/EEC. 1991.
<http://ec.europa.eu/environment/water/water-nitrates/directiv.html> (12. dec. 1991)

Jesenovec, B. 1996. Odstranjevanje nitrata iz podtalnice. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo: 53 str.

Kawamura, S. 2000. Integrated design and operation of water treatment facilities, Second edition. New York, John Wiley & Sons, Inc.: 691 str.

Koleša, T. 2004. Študij procesov v naravnih vodah. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo: 61 str.

Koloini, T., Žumer, M. 1978. Študij ionske izmenjave v fluidiziranih sistemih, IV. Del. Ljubljana, Inštitut za kemijo-FNT: 30 str.

Kranjc, M. 1996. Kako obremenjene so naše podtalnice in površinske vode z dušikom. Dušik – naravovarstvena paradigma. Zbornik predavanj, Ljubljana, Zavod za tehnično izobraževanje: str. 41-53

Lehr, J., Keeley, J., Lehr, J., Kingery, T.B. III. 2005. Water encyclopedia, Ground water. New York, John Wiley & Sons, Inc.: 845 str.

Lenntech water treatment & air purification holding B.V.
<http://www.lenntech.com/italiano/tecnologia-membrana.htm> (12. jan. 1998)

Lenntech water treatment & air purification holding B.V.
<http://www.lenntech.com/italiano/scambio-ionico-rigenerazione.htm> (12. jan. 1998)

Lenntech water treatment & air purification holding B.V.
<http://www.lenntech.com/italiano/electrodialisi.htm> (12. jan. 1998)

Mahne, I. 1996. Kroženje dušika: Segmenti in posebnosti, Dušik – naravovarstvena paradigma. Zbornik predavanj, Ljubljana, Zavod za tehnično izobraževanje: str.19-25

Ministrstvo za okolje in prostor Republike Slovenije, 2004. Operativni program za varstvo voda pred onesnaženjem z nitrati iz kmetijske proizvodnje za obdobje 2004-2008
http://www.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/zakonodaja/okolje/varstvo_okolja/operativni_programi/operativniprogram_nitrati.pdf (15. apr. 2004)

Ministrstvo za zdravje Republike Slovenije, 2005. Methemoglobinemija.
<http://www2.gov.si/mz/mz-splet.nsf/f1?OpenFrameSet&Frame=main&Src=/mz/mz-splet.nsf/0/6AFE0DCE130DC8EEC1256D89003BD693?OpenDocument> (28. dec. 2005)

National Risk Management Research Laboratory, 1996. Reverse Osmosis Process. Center for Environmental Research Information. Cincinnati OH. U.S. Environmental Protection Agency.
<http://www.p2pays.org/ref/05/04839.pdf> (20. sep. 1996)

Nitrati in nitriti
<http://www.gov.si/pitna-voda/main/nitrati.html> (17. jun. 2005)

Panjan, A. 1996. Biološka denitrifikacija podtalnice. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo: 59 str.

Panjan, J. 2002. Osnove zdravstveno hidrotehnične infrastrukture. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 289 str.

Pravilnik o imisijskem monitoringu podzemne vode. UL RS št. 42/2002
<http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=200242&stevilka=2015> (15. maj. 2002)

Program razvoja podeželja za Republiko Slovenijo 2004-2006. UL RS št. 116/2004, 45/2006)
http://www.uradni-list.si/priloge/RS_-2004-116-04783-OB~P001-0000.PDF (26.okt. 2004)

Rismal, M. 1996. Tehnične rešitve odstranjevanja nitratov v pitni vodi, Dušik – naravovarstvena paradigma. Zbornik predavanj, Ljubljana, Zavod za tehnično izobraževanje: str.129-138

Roš, M. 2001. Biološko čiščenje odpadne vode. Ljubljana, GV založba: str.120-125

Uredba o standardih kakovosti podzemne vode. UL RS št. 100/2005
<http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=2005100&stevilka=4351> (10. nov. 2005)

Vospersnik, M. 1999. Proces odstranjevanja nitratnih ionov iz onesnaženih vod s kombiniranim procesom ionske izmenjave in katalitske redukcije. Diplomsko naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo: 75 str.

Wisniewski, C., Persin, F., Cherif, T., Sandeaux, R. Grasmick, A., Gavach, C. 2001. Denitrification of drinking water by the association of an electro dialysis process and a membrane bioreactor: feasibility and application. Desalination 139, 1-3: 199-205

Zavod za varstvo okolja. 2006. Vodnik o varovanju podzemne vode v Mestni občini Ljubljana. V: Prestor, J. Podzemne vode. Geološki zavod Slovenije, Mestna občina Ljubljana, Zavod za varstvo okolja: str. 4-8.
<http://www.ljubljana.si/si/mescani/okolje/publikacije/60442/podrobno.html> (15. maj 2005)