

Ūdeņu kvalitātes standarta noteikšana pēc biogēno elementu koncentrācijas notecē no lauksaimniecībā izmantotajām platībām Setting of the Water Quality Standards for Nutrients in Runoff from Agricultural Land

Ainis Lagzdīņš, Viesturs Jansons, Kaspars Abramenko

LLU Vides un ūdenssaimniecības katedra

Department of Environment Engineering and Water Management, LLU

e-mail: Ainis.Lagzdins@llu.lv

Abstract. The paper deals with surface water quality assessment and recommendations for the classification system based on nutrients concentrations. For EU Member States, the overall aim of the Water Framework Directive (WFD) is to achieve “good ecological status” and “good surface water chemical status” in all water bodies by 2015. Human activities, including the use of fertilizer and manure in agriculture, have caused widespread increase in the content of nitrogen and phosphorus in the streams. Therefore agricultural runoff is the main subject of research. To determine nutrient concentrations in drainage outlets and small catchments, water quality data was collected monthly over twelve years (1994–2006) in two agricultural monitoring sites “Berze” and “Mellupite” with the measurement structures and water sampling equipment. All available total nitrogen (N_{tot}) and total phosphorous (P_{tot}) concentration data were analyzed using normal distribution curves. According to Stergess formula, class intervals (c) depending on the number of observations (n) were calculated. Percentile selections of data plotted as frequency distribution were used to establish boundaries of water quality standards. The research showed that in small agricultural streams good chemical status represents concentrations of $< 2.5 \text{ mg } N_{\text{tot}} \text{ L}^{-1}$ and $< 0.05 \text{ mg } P_{\text{tot}} \text{ L}^{-1}$, but in drainage system water – $< 5.5 \text{ mg } N_{\text{tot}} \text{ L}^{-1}$ and $< 0.02 \text{ mg } P_{\text{tot}} \text{ L}^{-1}$. The most important finding of the research is that water quality standards for drainage water as well as for small catchments with intensive agriculture should be less stringent than for rivers, otherwise it will not be possible to fulfill the objectives set by the WFD.

Key words: nitrogen, phosphorous, agricultural runoff, water quality standards.

Ievads

Nodrošinājums ar augstas kvalitātes ūdens resursiem ir būtisks cilvēka saimnieciskās darbības priekšnosacījums. Pazemes un virszemes ūdeņus cilvēks izmanto ne tikai kā dzeramo ūdeni, bet arī rūpniecībā, pārtikas produktu ražošanā, elektroenerģijas ieguvē, zivsaimniecībā, lauksaimniecībā, kā arī rekreācijas vajadzībām. Vienlaicīgi ūdeņu kvalitāte ir ļoti nozīmīgs faktors gan saldūdens, gan jūras ekosistēmu funkcionēšanā.

Cilvēka saimnieciskā darbība tieši vai netieši var izraisīt ūdeņu piesārņojumu. Dažādas rūpnieciskās ražotnes, pilsētu infrastruktūra, transports un lauksaimniecība ir potenciālie piesārņojuma avoti, kuri ietekmē ūdeņu kvalitāti. Piesārņojums var tieši nonākt virszemes un pazemes ūdeņos, var lēnām pārvietoties uz dziļākiem pazemes ūdeņu horizontiem, uzkrāties virszemes ūdeņos, kā arī nogulsnēties no atmosfēras. Piesārņojums rodas no punktveida avotiem, piemēram, apdzīvotu vietu notekūdeņu attīrīšanas iekārtu izplūdes vietās, no lielfermu

notekūdeņiem, kā arī no izkliedētiem (difūzajiem) avotiem – noteces no lauksaimniecības platībām vai apdzīvotām teritorijām.

Lauksaimnieciskās darbības radītā izkliedētā piesārņojuma ietekmētie mazie sateces baseini un drenu sistēmas ir hidrogrāfiskā tīkla sākuma posms, kurā iespējams novērtēt piesārņojuma ar biogēnajiem elementiem (slāpekli un fosfors) slodzi. Biogēno elementu noplūdi no difūzajiem avotiem ietekmē laika un telpas faktori, piemēram, mainīgi klimatiskie un hidroloģiskie apstākļi, ģeomorfoloģiskās īpatnības, augu seka un zemes lietojuma veids, tādēļ to salīdzinājumā ar punktveida piesārņojuma avotiem ir grūtāk kontrolēt un novērtēt (Vuorenmaa et al., 2002).

Intensīva lauksaimniecība ir viens no galvenajiem izkliedētā piesārņojuma ar biogēnajiem elementiem emisijas avotiem, kas apdraud pazemes ūdeņu kvalitāti, izraisa virszemes un jūras ūdeņu eitrofikāciju, Baltijas jūrā dziļūdens zonās skābekļa deficītu un toksīnu izdalošo zilaļģu parādīšanos. Par

to liecina pētījumi ASV (The Quality of..., 1999), ES (Nutrients in European ecosystems, 1999), kā arī Baltijas jūras valstīs (Nutrient Pollution to..., 2005).

Līdz ar iestāšanos Eiropas Savienībā Latvija ir apņēmusies izpildīt ES vides aizsardzības prasības. Ūdeņu struktūrdirektīva (Directive 2000/60/EC, 2000) ir normatīvais akts, kas nosaka ūdeņu aizsardzības un ilgtspējīgas apsaimniekošanas principus un uzdevumus Eiropas Savienības dalībvalstīs. Tā paredz vienotu aizsardzību un apsaimniekošanas sistēmu visiem ūdeņiem: upēm, ezeriem, piekrastes ūdeņiem, kā arī pazemes ūdeņiem, nosakot, ka tiem jāsasniedz laba ūdeņu kvalitāte līdz 2015. gadam.

Ūdeņu struktūrdirektīva prasa sakārtot dalībvalstu ūdenssaimniecību atbilstoši ES prasībām. Latvijā direktīva ir iestrādāta Ūdens apsaimniekošanas likumā (Ūdens apsaimniekošanas likums, 2002) un vairākos atbilstošos Ministru kabineta noteikumos (MK noteikumi Nr. 118, 2002; Nr. 179, 2003; Nr. 283, 2003; Nr. 681, 2004; Nr. 736, 2003; Nr. 92, 2004; Nr. 858, 2004). Direktīva nosaka gan apzināt pašreizējo ūdeņu stāvokli un iegūt papildu datus, izpildot ūdeņu monitoringu, gan uz situācijas raksturojuma pamata izveidot rīcības programmu, kas uzlabotu ūdeņu kvalitāti.

ES direktīvas un atbilstošie Latvijas Republikas normatīvie akti nosaka tikai atsevišķus ūdens kvalitātes robežlielumus, piemēram, nitrātu saturs ūdeņos nedrīkst pārsniegt $50 \text{ mg L}^{-1} \text{ NO}_3^-$ ($11.3 \text{ mg L}^{-1} \text{ N-NO}_3^-$). ES dalībvalstīs kopēji ūdens kvalitātes standarti, nosakot kvalitātes dalījumu klasēs pēc augu barības elementu koncentrācijām, nav izstrādāti. Ūdeņu kvalitātes vērtēšanas sistēmas izveidošana ir priekšnosacījums ES normatīvo aktu izpildei. Latvijā nepieciešams noteikt ūdeņu kvalitātes standartus notecei no lauksaimniecībā izmantotajām platībām tā, lai tiktu nodrošināta iekšzemes ūdeņu ekosistēmas funkcionēšana, kā arī lai būtu iespējams sasniegt labas ūdeņu kvalitātes bioloģiskos rādītājus.

Darba mērķis ir analizēt datus, kas raksturo kvalitāti notecei no lauksaimniecībā izmantotajām platībām (drenu sistēmu un mazo sateces baseinu ūdeņi), un izvērtēt pašreizējās upju ūdensobjektu vērtēšanā izvēlētas biogēno elementu robežvērtības.

Pētniecības darba uzdevumi ir:

- novērtēt ūdeņu kvalitāti notecei no lauksaimniecības zemēm, izmantojot ASV un ES ieteikto metodiku,
- noteikt SIA „Carl Bro Latvija” priekšlikumu atbilstību ūdeņu sateces baseiniem ar lauksaimniecībā izmantojamo zemju īpatsvaru vairāk nekā 60%,
- dot ieteikumus drenu sistēmu un mazo sateces baseinu (meliorācijas sistēmu) ūdeņu kvalitātes klašu izveidei intensīvas lauksaimniecības apstākļos.

Materiāli un metodes

Latvijas normatīvajos aktos upju ūdeņu kvalitātes standarti vēl nav noteikti. Pagaidu klasifikācijas sistēma izveidota Dānijas un Latvijas valdību kopprojektā „ES Ūdeņu struktūrdirektīvas 2000/60/EC ieviešana Latvijā”, kura izpildītājs bija dāņu konsultantu firma „Carl Bro” a/s sadarbībā ar Latvijas konsultantu firmu SIA „Carl Bro Latvija”. Tika ieteiktas piecas kvalitātes klases (augsta, laba, vidēja, slikta, ļoti slikta); katru no tām raksturo noteikti bioloģiskie un ķīmiskie kritēriji – saprobitātes indekss, izšķīdušais skābeklis (minimālā koncentrācija) (mg L^{-1}), bioķīmiskais skābekļa patēriņš (BSP_5) (mg L^{-1}), kopējā fosfora saturs (P_{kop}) (mg L^{-1}), kopējā slāpekļa saturs (N_{kop}) (mg L^{-1}) un amonija slāpekļa saturs (N-NH_4^+) (mg L^{-1}) (Transposition and Implementation ..., 2004). Ja dati liecina, ka ūdensobjekts, ņemot vērā iepriekšminētos kritērijus, atbilst dažādām kvalitātes klasēm, to iedala attiecīgā klasē pēc vissliktākās kvalitātes parametra. Kvalitātes klases attiecināmas uz sešu tipu upēm. Upju tipi noteikti, balstoties uz sateces baseina laukumu, kritumu, straumes ātrumu un gultnes raksturojumu. Tā kā lauksaimniecības notecei visatbilstošākās ir potomāla tipa mazās upes, tad tieši šī tipa upju robežvērtības pēc SIA „Carl Bro Latvija” ieteikumiem lietotas salīdzināšanai ar pētījumā iegūtajiem rezultātiem. Biogēno elementu (N_{kop} un P_{kop}) ieteiktās robežvērtības redzamas 1. tabulā.

SIA „Carl Bro Latvija” ieteikumos, nosakot katras upju ūdeņu ekoloģiskās kvalitātes klases

1. tabula / Table 1

Upju ūdeņu kvalitātes klases pēc SIA „Carl Bro Latvija” priekšlikumiem
River water quality classes according to recommendations of „Carl Bro Latvija” Ltd

	Augsta / High	Laba / Good	Vidēja / Moderate	Slikta / Poor	Ļoti slikta / Bad
$\text{N}_{\text{kop}} / \text{N}_{\text{tot}}$ mg L^{-1}	<1.5	1.5–2.5	2.5–3.5	3.5–4.5	>4.5
$\text{P}_{\text{kop}} / \text{P}_{\text{tot}}$ mg L^{-1}	<0.045	0.045–0.090	0.090–0.135	0.135–0.180	>0.180

biogēno elementu robežvērtības, netika izmantotas lauksaimniecības noteču monitoringa datu bāzes un statistiskās datu apstrādes metodes, kā arī netika ņemti vērā ūdeņos pakāpeniski notiekošie procesi (noteces atšķaidīšanās, sanesu nogulsnešanās, denitrifikācija u.c.), kuros notiek augu barības elementu aizture. Līdz ar to notecei no lauksaimniecībā izmantotajām platībām, kur tikai sākas ūdeņu kvalitātes veidošanās, ir jānosaka atšķirīgas jeb mazāk stingras kvalitātes prasības nekā upju ūdeņiem.

Vērtējot kvalitātes klašu kritēriju robežvērtību pamatotību notecei no lauksaimniecības zemēm, izmantoti LLU Vides un ūdenssaimniecības katedras veiktā lauksaimniecības noteču monitoringa hidroķīmiskie dati, kas iegūti monitoringa stacijās „Mellupīte” (Saldus rajons) un „Bērze” (Dobeles rajons), attiecīgi Ventas un Lielupes upju baseinu apgalbos, laikā no 1994. līdz 2006. gadam.

Monitoringa stacijas un līdz ar to arī sateces baseini izvēlēti, jo tie reprezentē platības ar intensīvu lauksaimniecisko darbību Latvijā (lauksaimniecībā izmantojamo zemju īpatsvars vairāk nekā 60%). Monitoringa staciju un sateces baseinu raksturojums apkopots 2. tabulā. Stacijās iegūtie rezultāti apvienoti vienā datu paraugkopā.

Sateces baseina un drenu sistēmas līmenī automatiskā režīmā uz mēriekārtas tiek noteikts ūdens līmenis un izrēķināts tam atbilstošais caurplūdums. Abos monitoringa līmeņos automatiski, proporcionāli caurplūdamam, polietilēna konteineros tiek atsūknēti un uzkrāti kompozīti ūdeņu paraugi. Ne retāk kā reizi mēnesī ūdeņu paraugi tiek nogādāti Latvijas Hidroekoloģijas institūta ķīmijas laboratorijā, kur ar

akreditētām testēšanas metodēm LVS 340:2001 un LVS EN 1189:1996 nosaka attiecīgi kopējā slāpekļa un kopējā fosfora savienojumu koncentrācijas. Savāktās datu rindas dod iespēju analizēt noteces apjomu un kvalitāti lauksaimniecībā izmantojamās platībās.

Pētījumu rezultātā iegūtie empīriskie dati apstrādāti un analizēti, izmantojot matemātiskās statistiskās metodes. No monitoringa rezultātu datu paraugkopas izveidotas vidējo, maksimālo un minimālo vērtību līknes, kā arī normālā sadalījuma līknes, kuras raksturo savstarpēji saistītas skaitļu rindas: pētāmās pazīmes vērtības un tām atbilstošie atkārtotāšanās biežumi jeb frekvences. Atkarībā no novērojumu skaita ieteicamā klašu intervāla garuma noteikšanai lieto Sterdžesa vai Breksa formulu (Arhipova, Bāliņa, 1999).

Ja $n < 100$, lieto Sterdžesa formulu:

$$c = (X_{\max} - X_{\min}) \times (1 + 3.32 \lg(n))^{-1}, \quad (1)$$

ja $n > 100$, izmanto Breksa formulu:

$$c = (X_{\max} - X_{\min}) \times (5 \lg(n))^{-1}, \quad (2)$$

kur

- n – novērojumu skaits;
- c – klašu intervālu garums, mg L^{-1} ;
- X_{\max} – novērojumu paraugkopas lielākā vērtība, mg L^{-1} ;
- X_{\min} – novērojumu paraugkopas mazākā vērtība, mg L^{-1} .

2. tabula / Table 2

Monitoringa staciju un sateces baseinu raksturojums
Characteristics of monitoring stations and watersheds

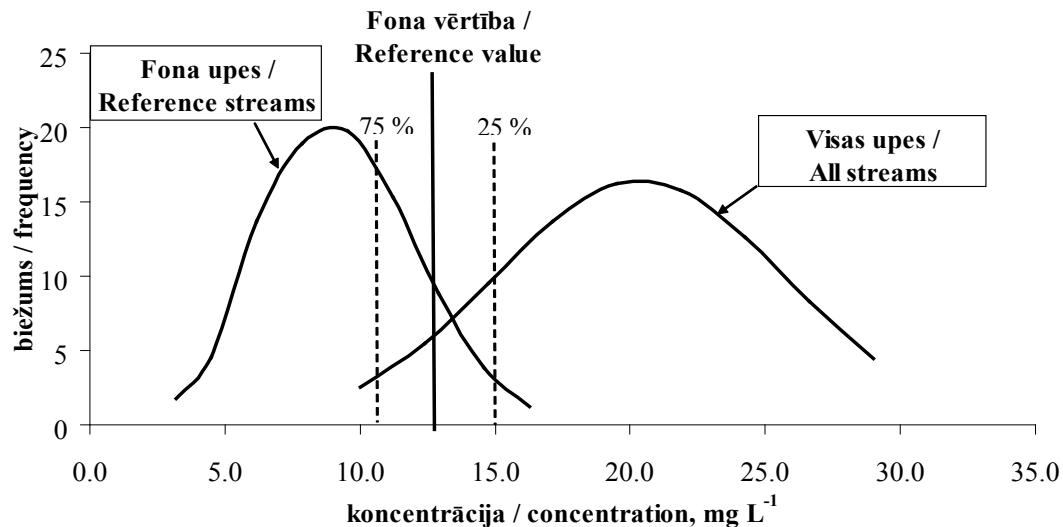
Monitoringa stacija / Monitoring station	Līmenis / Level	Platība, ha / Area, ha	Augsne / Soil	Aprīkojums / Equipment
Mellupīte	Mazais sateces baseins / Small catchment	960		Krampa pārgāzne, datu logeris / Crump weir, data logger
	Drenu sistēma / Drainage system	12	Smilšmāls / Loam	Trijstūra pārgāzne, datu logeris / Triangular weir, data logger
Bērze	Mazais sateces baseins / Small catchment	368		Modificēta Krampa tipa pārgāzne ar V-veida profilu, datu logeris / Modified Crump V-weir, data logger
	Drenu sistēma / Drainage system	77	Putekļains smilšmāls / Silty clay loam	Trijstūra pārgāzne, datu logeris / Triangular weir, data logger

Balstoties uz ASV (Nutrient Criteria ..., 2000) un ES (Cardoso et al., 2001; River and lakes ..., 2003) ieteikto vērtēšanas metodiku, uz ūdeņu kvalitātes rādītāju normālā sadalījuma līknēm atliktas procentuālās robežas, kuras atdala ūdeņu kvalitātes rādītāju vērtības noteiktu klašu ietvaros. Par nosacīti nepiesārņotu dabas ūdeņu stāvokli (fona vērtība) iesaka uzskatīt vidējo lielumu starp nepiesārņotu upju (fona upes) kvalitātes rādītāja koncentrāciju ar 75% nodrošinājumu un pārējo upju koncentrāciju ar 25% nodrošinājumu (1. attēls). Kvalitātes klašu dalījumam

izmantotās procentuālās robežas iesaka saistīt ar šādu aprēķinu nodrošinājumu: <10% – augsta, 10%–25% – laba, 25%–75% – vidēja, 75%–90% – slihta, >90% – ļoti slihta kvalitāte.

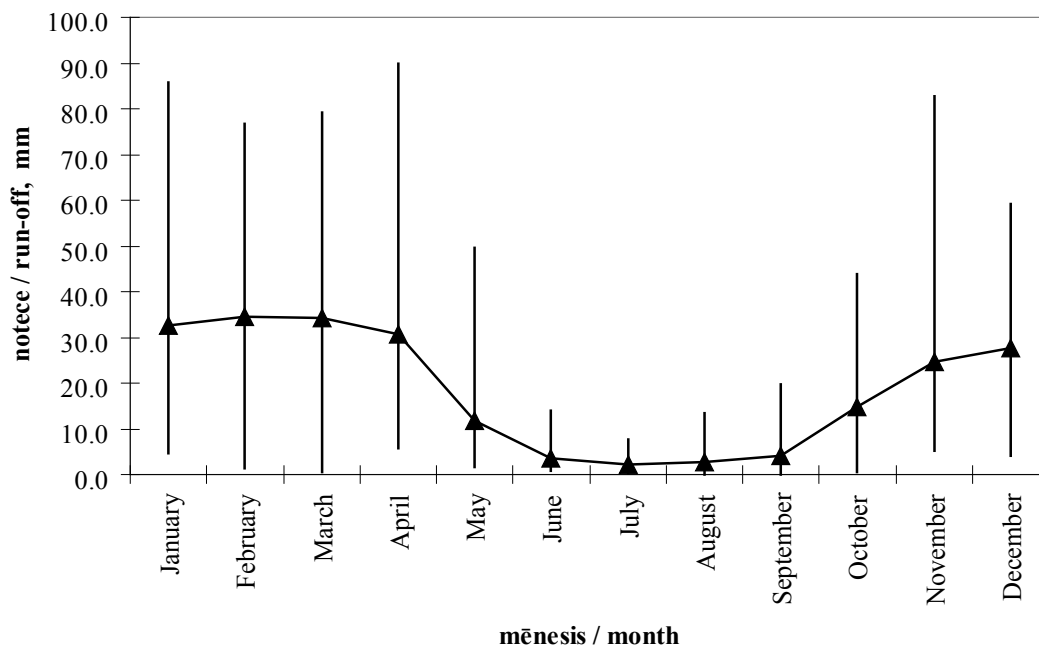
Rezultāti un diskusija

Pētāmajā periodā, izmantojot datus no Mellupītes monitoringa stacijas, mazā sateces baseina līmenī tika noteikti mēnešu vidējie, maksimālie un minimālie noteces daudzumi (2. attēls). Konstatēto vērtību intervāli ir īpaši mainīgi gada rudens, ziemas un



1. att. Fona koncentrāciju noteikšana pēc ASV Vides aizsardzības aģentūras metodikas.

Fig. 1. USA Environmental Protection Agency method recommended for determination of reference values.



2. att. Mēnešu vidējā, maksimālā un minimālā notece (1994.–2006. g.).

Fig. 2. Monthly average, maximal and minimal runoff (1994–2006).

pavasara periodā, bet ne tik izteikti mainīgi vasaras periodā. Šādas noteces svārstības (palielināšanos) aukstajā periodā ietekmē gaisa temperatūru un atmosfēras nokrišņu nepastāvīgums, augsnes sasaldšana, sniega akumulācija un kušana. Savukārt vasaras periodā, kad sastopamas augstākās pozitīvās temperatūras, noteci lielā mērā var samazināt evapotranspirācija (iztvaikošana no augsnes un augiem), ūdens uzkrāšanās augsnē un pieplūdes/noplūdes procesi no gruntsūdeņiem.

Gada griezumā ar noteci saistītie dabas procesi ir mainīgi. Veģetācijas stāvoklis, nokrišņu daudzums, gaisa temperatūra, noteces daudzums un intensitāte pa gadiem ir galvenie mainīgie, kas nosaka ūdeņu kvalitāti sateces baseinā. Kopējā slāpekļa mēnešu vidējo koncentrāciju novērojumos ir konstatētas tendences, kuras var salīdzināt ar noteces slāņa vidējo vērtību svārstībām (2. un 3. attēls). Mēnešu vidējās vērtības ir dažādas, tomēr koncentrāciju izmaiņas vasaras mēnešos nav tik izteiktas, salīdzinot ar gada mitrākajiem periodiem. Ziemas, rudens un pavasara periodos koncentrāciju vidējās vērtības ir lielākas un ar lielāku svārstību amplitūdu ilggadīgā griezumā.

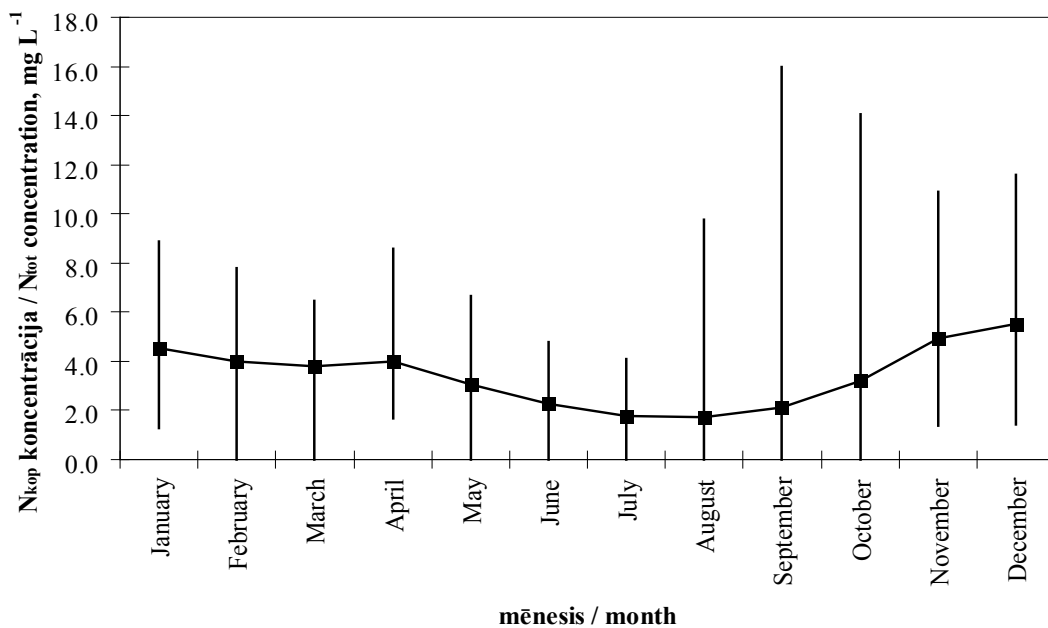
Maksimālās kopējā slāpekļa koncentrācijas novērotas pārmitros rudens periodos pēc izteikti sausām vasarām. 2003. gada sausuma periods, kas ilga no augusta sākuma līdz septembra vidum, un tam sekojošais lielais noteces daudzums bija cēlonis konstatētajai maksimālajai kopējā slāpekļa koncentrācijai ūdenī – 15.97 mg L⁻¹. Savukārt, pēkšņš kopējā slāpekļa koncentrācijas paaugstinājums parasti

tiek saistīts ar lietusgāzēm; šī fenomena skaidrojumam lieto terminu „skalošanas efekts” (Burt et al., 1993).

Galvenais mehānisms tam, kā fosfora savienojumi nonāk ūdenī, ir virszemes noteces procesi. No tā izriet, ka ja neveidojas virszemes notece, tad arī fosfora noplūde ir nenozīmīga (Tunney et al., 1997). Mellupītes sateces baseinā virszemes notecēi ir neregulārs, gadījuma raksturs, līdz ar to monitoringa postenī konstatētās vidējās fosfora koncentrāciju vērtības ir nevienmērīgas un svārstās plašās robežās – no 0.055 mg L⁻¹ līdz 0.135 mg L⁻¹.

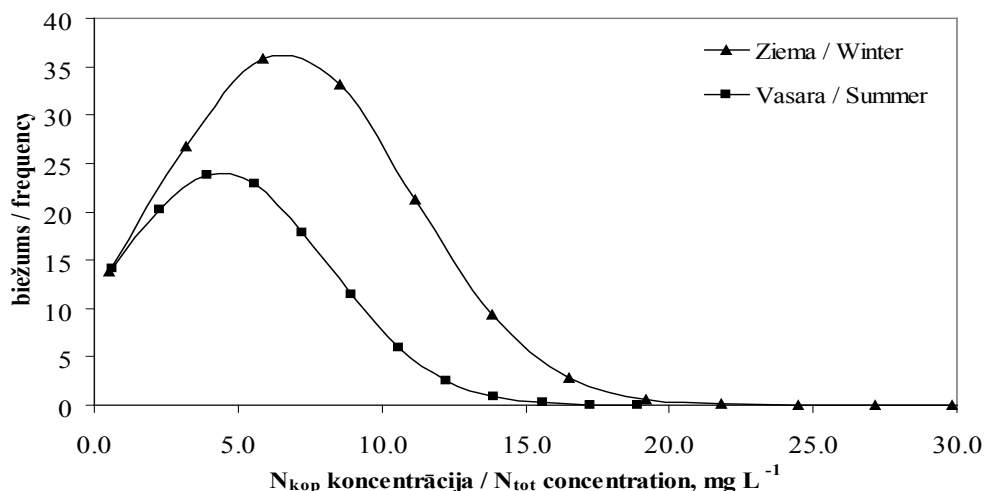
Monitoringa stacijās „Mellupīte” un „Bērze” iegūtie sateces baseinu ūdeņu kvalitāti raksturojošie dati parāda būtiskas atšķirības starp ziemas un veģetācijas periodiem (attiecīgi oktobris–marts un aprīlis–septembris). Ziemas periodā analizēti 150 ūdeņu paraugi, veģetācijas periodā – 134. Veģetācijas periodā iegūts mazāk paraugu, jo vasarā izteikta sausuma apstākļos ūdensteces ir izsīkušas. Vērtības attēlotas, izmantojot normālā sadalījuma līknes (4. attēls). Periodi definēti saskaņā ar Nitrātu direktīvas monitoringa vadlīniju (Draft guidelines for ..., 2003) ieteikumiem.

Ziemas periodā, it īpaši gados ar mainīgiem laika apstākļiem un nepastāvīgu sala periodu, tiek novērotas ievērojami augstākas kopējā slāpekļa koncentrācijas. Līdz ar to nākotnē klimata izmaiņu rezultātā varētu palielināties biogēno elementu noplūdes no lauksaimniecībā izmantotajām platībām. Veģetācijas periods ir zīmīgs ar biogēno elementu intensīvu izmantošanu augu attīstības procesos gan augsnes, gan ūdens vidē, tādēļ konstatētās kopējā slāpekļa

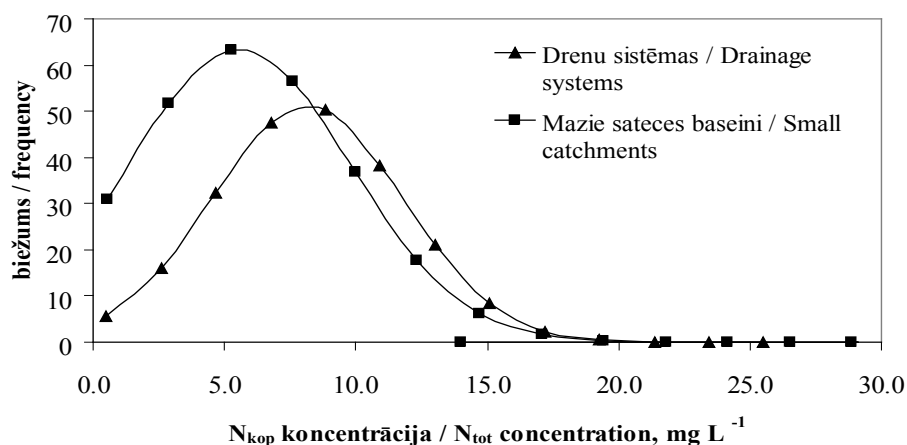


3. att. N_{kop} koncentrācijas mazajos sateces baseinos (1994.–2006. g.).

Fig. 3. N_{tot} concentrations in small catchments (1994–2006).



4. att. Sezonālās N_{kop} koncentrāciju atšķirības mazajos sateces baseinos.
Fig. 4. Seasonal differences in N_{tot} concentrations in small catchments.



5. att. N_{kop} koncentrāciju salīdzinājums drenu sistēmās un mazajos sateces baseinos.
Fig. 5. A comparison of N_{tot} concentrations in drainage systems and in small catchments.

vērtības ir zemākas. Salīdzinot ziemas un vasaras visbiežāk novērotās kopējā fosfora koncentrācijas, var secināt, ka vērtību atšķirības ziemā ir 0.11 mg L^{-1} , vasarā – 0.064 mg L^{-1} . Lai gan ziemas un veģetācijas periodi ir savstarpēji nesalīdzināmi (gaisa un ūdens temperatūras, nokrišņu daudzums un intensitāte, noteces slānis), tomēr mūsu pētījuma ietvaros, veidojot ūdeņu kvalitātes klašu dalījuma ieteikumus, sezonālās atšķirības netiek ņemtas vērā.

Drenāža ietekmē augsnes ūdens režīma izmaiņas, kā arī noteces kvalitāti nosusinātajās platībās, īpaši lauksaimniecībā intensīvi izmantotajās teritorijās (Burt et al., 1993). Drenāža uzlabo kultūraugu augšanas apstākļus un palielina ražu, jo iespējama ātrāka sēja pavasarī, samazinās augsnes pārmitrinājums, palielinās augsnes temperatūra, tiek veicināti aerobie procesi augsnē (Oquist et al., 2007). Aerobie procesi augsnē pastiprina organiskā slāpekļa transformāciju

nitrātu slāpekli, kas var vieglāk izskatīties no augsnes profila ar drenu noteci (Burt et al., 1993). Savukārt baseina līmenī sākas nitrātu slāpekļa aiztures procesi, īpaši veģetācijas periodā.

Mellupītes un Bērzes monitoringa stacijās konstatētā nitrātu slāpekļa procentuālā attiecība pret kopējo slāpekli baseinu līmenī ir 62%, drenu sistēmu ūdeņos – 90%. Tādējādi arī kopējā slāpekļa koncentrācijas drenu ūdeņos ir augstākas (5. attēls).

No drenu sistēmām virszemes ūdenstecē nonākušais organiskais un neorganiskais slāpekļlis tiek izmantots un transformēts ūdens floras metabolisma procesos. Šajos procesos piedalās ūdens makrofīti, krastu makrofīti, aļģes, mikro-heterotrofi un denitrifikācijas baktērijas. Transformācijas procesi, tādi kā nitrifikācija un denitrifikācija, pārnes slāpekļa savienojumus no ūdens vides biotā, atmosfērā vai sedimentos (Burt et al., 1993).

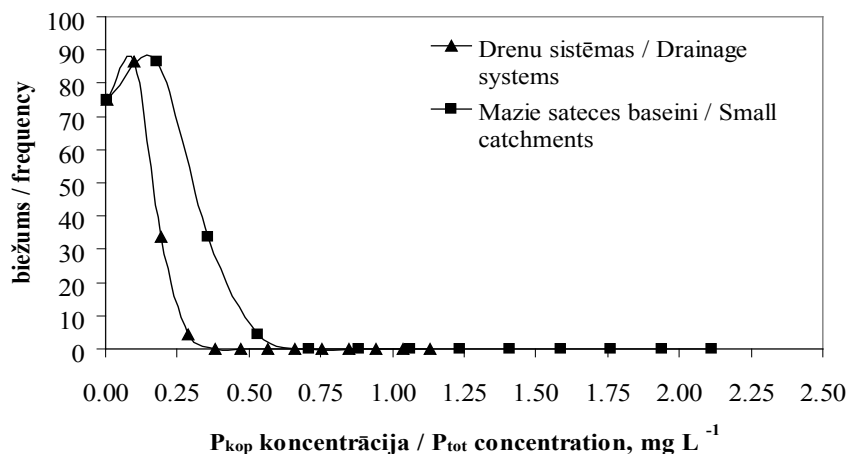
Koncentrāciju samazināšanos baseinu līmenī ietekmē ne tikai transformācijas un patērēšanas procesi, bet arī virszemes noteces pieplūdums un ar to saistītā drenu noteces ūdeņu atšķaidīšana.

Fosfora zudumus no lauksaimniecībā izmantotajām platībām var izraisīt vairāki procesi. Svarīgākie no tiem ir ūdens izraisītā augsnes erozija, virszemes notece un notece, kas veidojas, ūdenim filtrējoties cauri augsnes profilam (izskalošanās). Lielākai daļai augšņu ir liela fosfora ķīmiskās saistīšanas spēja, tādēļ fosfora savienojumu izskalošanās no augsnes vairumā gadījumu ir niecīga (Tunney et al., 1997). Nereti vairāk nekā 90% no kopējā fosfora savienojumu daudzuma var atrasties organisku savienojumu veidā vai saistīti ar suspendēto vielu (Kļaviņš, Cimdiņš, 2004). Fosfors tiek transportēts izšķīdušā un daļiņu formā. Daļiņu formā fosfors ir saistīts ar augsni un organiskām vielām. Ūdens plūsmas veidotās augsnes erozijas

rezultātā tas ir pakļauts noskalošanai un veido lielāko fosfora noplūdes daļu no lauksaimniecībā apstrādātajām platībām. Atkarībā no noskalošanās augsnes īpašībām augi ir spējīgi bioloģiski uzņemt no 10% līdz 90% no daļiņu formā esošā fosfora. Notece no ganībām, drenētām platībām un mežiem satur maz sedimentu, tādēļ tur dominē izšķīdušā fosfora forma, kas ir pilnībā pieejama augu izmantošanai (Tunney et al., 1997). Salīdzinot P_{kop} koncentrācijas drenu sistēmu un mazo sateces baseinu ūdeņos (6. attēls), redzams, ka visbiežāk novērotās koncentrācijas drenu ūdeņos ir mazākas nekā sateces baseinā. Mazajos sateces baseinos drenu noteci papildina virszemes notece un augsnes ūdens erozijas produkti.

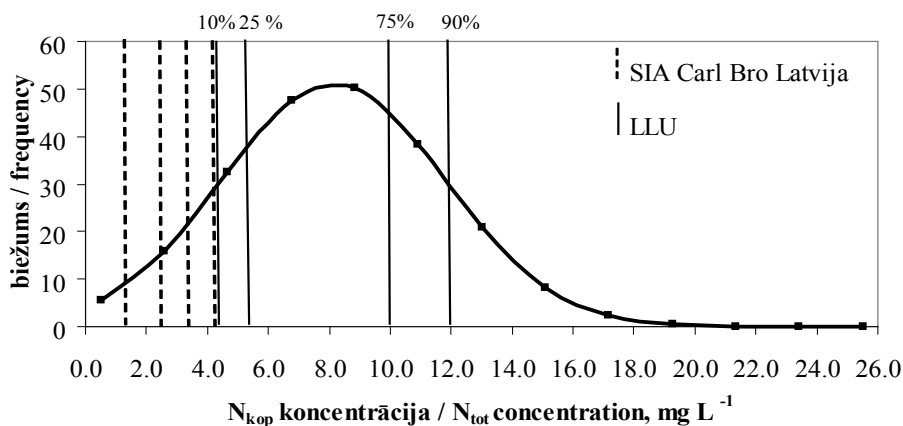
Ieteikumi

Priekšlikumus ūdeņu kvalitātes dalījumam klasēs Latvijai izstrādājusi SIA „Carl Bro Latvija”



6. att. P_{kop} koncentrācijas drenu sistēmās un mazajos sateces baseinos.

Fig. 6. P_{tot} concentrations in drainage systems and in small catchments.



7. att. Ūdeņu kvalitātes klašu robežvērtības.

Fig. 7. Water quality classification boundaries.

3. tabula / Table 3

Ieteicamais ūdeņu kvalitātes dalījums (N_{kop} un P_{kop}) pēc LLU pētījumiem
 Evaluation for water quality (N_{tot} and P_{tot}) according to LLU data

Kvalitāte / Quality	N_{kop} / N_{tot} , mg L ⁻¹			P_{kop} / P_{tot} , mg L ⁻¹		
	Agricultural area		"Carl Bro"	Agricultural area		"Carl Bro"
	Drenu sistēmas / Drainage systems	Mazie sateces baseini / Small catchments		Drenu sistēmas / Drainage systems	Mazie sateces baseini / Small catchments	
Augsta / High	<4.5	<1.5	<1.5	<0.015	<0.025	<0.045
Laba / Good	4.5-5.5	1.5-2.5	1.5-2.5	0.015-0.020	0.025-0.050	0.045-0.090
Vidēja / Moderate	5.5-10.0	2.5-7.5	2.5-3.5	0.020-0.075	0.050-0.150	0.090-0.135
Slikta / Poor	10.0-12.0	7.5-10.5	3.5-4.5	0.075-0.135	0.150-0.250	0.135-0.180
Ļoti slikta / Bad	>12.0	>10.5	>4.5	>0.135	>0.250	>0.180

(1. tabula). Taču pielietot šo ieteikto kvalitātes rādītāju vērtēšanas skalu nebūtu ieteicams, ņemot vērā faktisko ūdeņu kvalitāti drenu sistēmās un meliorācijas sistēmu notekās lauksaimniecībā izmantojamās zemēs (LLU monitoringa rezultāti no 1994. līdz 2006. gadam stacijās „Mellupīte” un „Bērze”). Vadoties pēc šiem rādītājiem, drenu sistēmu un mazu sateces baseinu līmenī izpildīt Ūdeņu struktūrdirektīvas pamatuzdevumu „sasniegt labu ūdens kvalitāti” nevarēs. Par to liecina pētījumu rezultātā izveidotā drenu sistēmu ūdeņu kvalitātes klašu dalījuma salīdzinājums ar SIA „Carl Bro Latvija” priekšlikumiem (7. attēls).

SIA „Carl Bro Latvija” un pētījuma gaitā izstrādātie priekšlikumi apkopoti 3. tabulā. No tabulas redzams, ka, novērtējot fosfora savienojumus ūdeņos, drenu sistēmu notecei var noteikt pat stingrākus vērtēšanas kritērijus nekā upēm pēc SIA „Carl Bro Latvija” ieteikumiem. Līdzīgi varētu rīkoties ar koncentrāciju vērtējumu (augsta un laba kvalitāte) meliorācijas sistēmu novadgrāvjiem un notekām. Taču šeit būtu jāsamazina prasības vidējas, sliktas un ļoti sliktas kvalitātes ūdeņiem.

Vērtējot slāpekļa savienojumus, nepieciešams vairākkārt samazināt prasības drenu noteces kvalitātei un daļēji samazināt prasības novadgrāvju un ūdens noteku noteces kvalitātei.

Secinājumi

1. Ūdeņu kvalitātes standartu/kritēriju noteikšanai ieteicams izmantot ASV Vides aizsardzības aģentūras un Eiropas Komisijas Apvienotā pētījumu centra ieteikto metodiku, kuras pamatā

ir procentuālo robežu noteikšana, izmantojot normālā sadalījuma līknes.

- Lai gan gada griezumā dabā notiekošie procesi ir mainīgi (veģetācijas attīstība, nokrišņu daudzums, gaisa temperatūra, noteces apjoms) un atstāj ietekmi uz ūdeņu kvalitāti, tomēr, izstrādājot ūdeņu kvalitātes vērtēšanas standartus, tos nevajadzētu ņemt vērā, jo nebūtu vēlams atsevišķi klasificēt ūdeņu kvalitāti dažādos gada periodos.
- Drenu sistēmu notecei un notecei no mazajiem sateces baseiniem nevar piemērot upju notecei izstrādātās ūdeņu kvalitātes standartu vērtības. Hidrogrāfiskā tīkla sākumā (drenu sistēmas, novadgrāvji, mazie sateces baseini) biogēno elementu koncentrācijas ūdenī parasti ir paaugstinātas salīdzinājumā ar upēm.
- Ieviešot SIA „Carl Bro Latvija” priekšlikumus ūdeņu kvalitātes vērtēšanai drenu sistēmu un mazo sateces baseinu līmenī, izpildīt Ūdeņu struktūrdirektīvas pamatuzdevumu „sasniegt labu ūdens kvalitāti” nevarēs. LLU pētījuma gaitā izstrādāto kvalitātes standartu ieviešana ļautu objektīvāk izvērtēt šo ūdensteču kvalitāti, noteikt piesārņojuma līmeni, kā arī sekmētu rīcības programmas izstrādi, lai uzlabotu ūdeņu stāvokli lauksaimniecībā izmantotajās platībās.
- Pētījuma rezultāti ļauj secināt, ka par labu ūdeņu kvalitātes robežlielumu, vērtējot pēc kopējā slāpekļa koncentrācijas, drenu sistēmās varētu pieņemt 4.5-5.5 mg L⁻¹, mazos sateces baseinos – 1.5-2.5 mg L⁻¹.

6. Savukārt, vērtējot pēc kopējā fosfora koncentrācijas, par labu ūdeņu kvalitātes robežlielumu drenu sistēmās varētu uzskatīt 0.015-0.020 mg L⁻¹, mazos sateces baseinos – 0.025-0.050 mg L⁻¹.

Literatūra

- Arhipova, I., Bāliņa, S. (1999) *Statistika ar Microsoft Excel 97 ikvienam. 1. daļa*. Datorzinību Centrs, Rīga, 15-22 lpp.
- Burt, T.P., Heathwaite, A.L., Trudgill, S.T. (1993) *Nitrate: processes, patterns and management*. John Wiley & Sons Ltd, Chichester, England, pp. 444.
- Cardoso, A.C., Duchemin, J., Magoarou, P., Premazzi, G. (2001) *Criteria for the identification of freshwaters subject to eutrophication*. European Commission, Joint Research Centre, Italy, pp. 39-41.
- Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council establishing a framework for the Community action in the field of water policy. (2000) *Official Journal of the European Communities*, No. L327, pp.1-5 (22.12.2000).
- Draft guidelines for the monitoring required under the Nitrates directive (91/676/EEC)*. (2003) European Commission, Directorate 0 – Environment quality and natural resources, XI.D.1 – Water protection, soil conservation, agriculture. Norwegian Institute for Water Research, Oslo, pp. 14.
- Kļaviņš, M., Cimdiņš, P. (2004) *Ūdeņu kvalitāte un tās aizsardzība*. Latvijas Universitāte, Rīga, 52 lpp.
- Ministru kabineta noteikumi Nr. 118. (2002) Noteikumi par virszemes un pazemes ūdeņu kvalitāti. *Latvijas Vēstnesis*, Nr. 50, 03. 04. 2002.
- Ministru kabineta noteikumi Nr. 179. (2003) Noteikumi par upju baseinu apgabalu robežu aprakstiem. *Latvijas Vēstnesis*, Nr. 60, 17. 04. 2003.
- Ministru kabineta noteikumi Nr. 283. (2003) Noteikumi par upju baseinu apgabalu apsaimniekošanas plāniem un pasākumu programmām. *Latvijas Vēstnesis*, Nr. 81, 30. 05. 2003.
- Ministru kabineta noteikumi Nr. 681. (2004) Upju baseinu apgabala konsultatīvās padomes nolikums. *Latvijas Vēstnesis*, Nr. 176, 12. 12. 2003.
- Ministru kabineta noteikumi Nr. 736. (2003) Noteikumi par ūdens resursu lietošanas atļauju. *Latvijas Vēstnesis*, Nr. 183, 30. 12. 2003.
- Ministru kabineta noteikumi Nr. 858. (2004) Noteikumi par virszemes ūdensobjektu tipu raksturojumu, klasifikāciju, kvalitātes kritērijiem un antropogēno slodžu noteikšanas kārtību. *Latvijas Vēstnesis*, Nr. 168, 22. 10. 2004.
- Ministru kabineta noteikumi Nr. 92. (2004) Prasības virszemes ūdeņu, pazemes ūdeņu un aizsargājamo teritoriju monitoringam un monitoringa programmu izstrādei. *Latvijas Vēstnesis*, Nr. 30, 25. 02. 2004.
- Nutrient Criteria Technical Guidance Manual: Rivers and Streams*. (2000) United States Environmental Protection Agency, Washington, pp. A-25–A-28.
- Nutrient Pollution to the Baltic Sea in 2000. (2005) *Baltic Sea Environment Proceedings*, No.100, Helsinki Commission, pp. 3-4.
- Nutrients in European ecosystems*. (1999) Office for Official Publications of the European Communities, Copenhagen, pp. 60-80.
- Oquist, K. A., Stroock, J. S., Mulla, D. J. (2007) Influence of alternative and conventional farming practices on subsurface drainage and water quality. *Journal of Environmental Quality*, 36, pp. 1194-1204.
- River and lakes – Typology, reference conditions and classification systems*. (2003) EU Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC), Working group 2.3 – Reference conditions for inland surface waters, Luxembourg, pp. 39-42.
- The Quality of Our Nation's Waters – Nutrients and Pesticides*. (1999) U.S. Geological Survey, Reston, Virginia, pp. 40-45.
- Transposition and Implementation of the EU Water Framework Directive In Latvia*. (2004) Technical Report No. 3: Action Plan – How to define ecological status of surface water body types. Dānijas vides aizsardzības aģentūra, LR Vides ministrija, Carl Bro a/s (Denmark) & Carl Bro SIA (Latvia), April, pp. 50-60.
- Tunney, H., Carton, O.T., Brookes, P.C., Johnston, A.E. (1997) *Phosphorus Loss from Soil to Water*. Biddles Ltd, Guildford and King's Lynn, UK, 467 pp.
- Ūdens apsaimniekošanas likums. (2002). *Latvijas Vēstnesis*, Nr. 140, 01.10.2002.
- Vuorenmaa, J., Rekolainen, S., Lepistö, A., Kenttämies, K., Kauppila, P. (2002) Losses of nitrogen and phosphorus from agricultural and forest areas in Finland during the 1980s and 1990s. *Environmental Monitoring & Assessment*, 76, pp. 214.

Pateicība

Pētījums veikts ar Eiropas Savienības struktūrfondu projekta “Atbalsts doktorantūras studijām un pēcdoktorantūras pētījumiem inženierzinātnēs, lauksaimniecības inženierzinātnēs un mežzinātnē”, līguma Nr. 2004/0004/VPD1/ESF/PIAA/04/NP/3.2.3.1./0001/0005/0067, atbalstu.