

# CŪKU KOMPLEKSU IETEKME UZ ŪDENS AVOTU KVALITATĪVO SASTĀVU INFLUENCE OF PIG FARMS ON THE WATER QUALITY

V. Jansons, R. Sudārs

LLU Videssainiecības katedra

Department of Environmental engineering and management, LUA

**Abstract.** In 1970`s and 1980`s many large and specialized animal farms were built up in many parts of Latvia. Pig farms with up to 30 000 slaughter pigs per year was common. The available land for applying manure was generally limited. Consequently, manure surpassed the fertilizer requirements of crops, increased the phosphorus content of soils and caused run-off and leaching of plant nutrients to rivers and lakes. A joint project between Norway and Latvia examines the environmental impact of previous agricultural practices and also impacts related to the privatization of Latvia`s pig farms.

Soil investigations and monitoring of the quality of surface water, drainage water and ground water have been carried out at four pig farms in Latvia: Bauska (10 000 pigs/year and limited area for slurry applications), Ulbroka (2 500 pigs + 8 000 piglets today, 50 000 pigs/year previously), Ogre (no pigs today, 30 000 pigs/year previously) and Vecauce (2 000 pigs/year today, 6 000 pigs/year previously). At Bauska, Ogre and Vecauce there were some investigations on the impact of manure application on water quality in 1980`s which can be used as a reference for the situation in the Soviet period.

Heavy applications of slurry caused very high leaching and runoff of plant nutrients, and increased the content of phosphorus in the topsoil. For example, at Bauska where liquid manure from 10 000 pigs was applied to an area of 50 hectares by an irrigation system, the mean concentration of total-N in a drainage channel from this area was 163 mg N/l and mean total-P concentration was 2.5 mg P/l. Prior the privatization this farm had five times larger area for slurry application and 20 % more pigs. Reducing the livestock density and applying smaller amounts of slurry may improve the water quality significantly. Low losses of plant nutrients were found at areas in Ulbroka which had received high amounts of slurry during the Soviet period (>300 m<sup>3</sup> slurry/ha/year), but only 30 m<sup>3</sup> slurry/ha/year during the past three years. In drainage channels average concentrations of total-N and total-P were 3.8 mg N/l and 0.04 mg P/l, respectively. At Ulbroka pig slurry has recently been supplied to small private farms in the area by tractor driven slurry tankers, which result in a more evenly distribution slurry in the area around the pig farm. In sandy soils of Ulbroka farm ground water contamination was observed (up to 50 N-NO<sub>3</sub> mg/l).

**Key words:** pig slurry, water quality, nutrient run-off.

## 1. Ievads

70. un 80. gados Latvijā tika uzcelti daudzi lieli iopkopības kompleksi. To ražošanas apjoms nereti sasniedza un pat pārsniedza 30 000 nobarojamu cūku gadā. Lielā cūku koncentrācija, pilnībā neatrisinātie šķīdumslūžu utilizācijas tehnoloģiskie risinājumi un ierobežotās zemes platības kompleksu tiešā tuvumā radīja problēmas racionālai šķīdumslūžu izmantošanai (skat. 1. tab.). Tuvāk esošajās platībās daudzus gadus pēc kārtas tika iestrādātas lielas šķīdumslūžu devas, labākajā gadījumā tās aprēķinot pēc toreiz spēkā esošo normatīvu maksimāli pieļaujamās un pat lielākas slāpekļa normas - 200 kg N/ha/gadā. Augsnē iestrādātais biogēno elementu daudzums (slāpekļlis un galvenokārt fosfors) bieži pārsniedza augiem nepieciešamo. Rezultātā augsnē veidojās šo neizmantojamo barības vielu uzkrājumi un palielinājās risks, ka tās var izskaieties no augsnes aktīvā slāņa, piesārņojot upes un ezerus. Šajā periodā Hidromeliorācijas katedra veica virkni pētījumu, lai noskaidrotu kā un cik lielā mērā reāli pielietotā šķīdumslūžu utilizācijas tehnoloģija ietekmē dažādu ūdens avotu stāvokli (R. Sudārs, 1991).

Pēdējo piecu gadu laikā Latvijā lauksaimniecībā notikušas ievērojamas izmaiņas. Vairums fermu un kompleksu tika privatizētas, daudzas likvidējās (skat. 1. tab.). Taču darbojošajās fermās šķidrmēslu utilizācijas problēmas ir palikušas. Neraugoties uz to, ka notiek pāreja uz individuālu saimniekošanu, jautājumi, kas saistīti ar mēslojuma glabāšanu un izmantošanu, joprojām ir aktuāli. Viena no smagākajām problēmām ir tā, ka lielās saimniecības ir sadalījušās specializētos uzņēmumos bez pietiekošas zemes platības, piemēram, fermas pieder vienam īpašniekam, bet lielākā daļa tuvumā esošo l/s zemju - citiem. Līdz ar to pat pie mazāka ražošanas apjoma šķidrmēslu utilizācija joprojām sagādā grūtības.

1. tabula/Table 1.

**Lielāko fermu (kompleksu) izvietojums Latvijā**  
**Largest animal farms in Latvia**

Rajons Region	1982. g.		1995. g.	
	Liellopi Cattle >400	Cūkas Pigs >3000	Liellopi Cattle >200	Cūkas Pigs >1000
Aizkraukle	7	-	2	-
Alūksne	4	1	1	-
Balvi	7	3	-	-
Bauska	7	3	1	4
Cēsis	4	1	1	-
Daugavpils	15	1	2	1
Dobele	13	6	7	2
Gulbene	8	-	2	-
Jelgava	14	11	4	3
Jēkabpils	10	2	1	2
Krāslava	3	2	-	-
Kuldīga	2	2	1	2
Liepāja	11	2	2	2
Limbaži	10	4	1	-
Ludza	5	3	3	3
Madona	5	1	2	2
Ogre	7	1	2	3
Preiļi	6	3	-	-
Rēzekne	13	3	2	2
Rīga	17	6	6	3
Saldus	9	1	3	2
Talsi	13	2	2	4
Tukums	10	4	4	4
Valka	9	1	4	1
Valmiera	8	1	-	1
Ventspils	4	4	2	2
Kopā Total	221	68	52	43

Lai noskaidrotu pašreizējo situāciju, novērtētu kādas izmaiņas notikušas pēdējo gadu laikā lielākajos cūku kompleksos un kā šīs izmaiņas ir ietekmējušas ūdens avotu stāvokli, 1995. un 1996. g. tika veikti virszemes, drenu un grunts ūdeņu pētījumi četrus cūku kompleksu apkārtnē Vecaucē, Bauskā, Ogrē un Ulbrokā. Pētījumi veikti, sadarbojoties ar Norvēģijas institūtu Jordforsk.

## 2. Materiāls un metodes

**Cūku ferma "Pūpoll"** atrodas Dobeles rajonā LLU mācību un pētījumu saimniecībā Vecauce. Tās teritorija atrodas Lielupes baseina augšdaļā. Ferma tika uzcelta 1987. g., ražošanas apjoms - 6 000 nobarojamu cūku gadā. 1991. g. tika pilnībā pabeigta šķidrmēslu utilizācijas līnija. Šķidrmēslu šķidrā frakcija pēc frakcionēšanas tiek pārsūknēta uz lauka krātuvēm un tālāk ar lietēšanas ierīcēm izmantota lauksaimniecībā izmantoto zemju mēslošanai 32 ha lielā platībā. Lietēšanas norma kopš 1991. g. vidēji sastāda ap 250 m<sup>3</sup> šķidrmēslu uz ha gadā. Cietā frakcija īpaši izveidotā vietā tiek kompostēta un tālāk izmantota kā organiskais mēslojums. Platībās pārēvarā ir smilts un mālsmilts augsne, tās ir nosusinātas, vidējais drenu dziļums - 1.2 m.

Drenu ūdens paraugi tika ņemti reizi mēnesī sekojošos posteņos:

- V1. Drenu sistēmas platība 3.5 ha, šķidrmēsli netiek iestrādāti, ekstensīva lauksaimniecība (1990./95. g. - zālāji, 1996. g. - mieži).
- V2. Drenu sistēmas platība 3.6 ha, intensīva lauksaimniecība, regulāri tika iestrādāti šķidrmēsli (1995./96. g. - graudaugi).
- V3. Virszemes un drenu notece no 60 ha lielas teritorijas, kura ietver 30 ha lielu šķidrmēslu izmantošanas platību (graudaugi) un platības bez šķidrmēslu iestrādāšanas.
- V4. Drenu notece no 16.2 ha lielas platības šķidrmēslu utilizācijas teritorijā (arāmzeme, 1995. g. - graudaugi, 1996. g. - vīķauzas). Drenu sistēmas platībā ietilpst arī šķidrmēslu cietās frakcijas kompostēšanas laukums.

**Cūku komplekss Ulbroka** atrodas pie Rīgas robežas. Dažus gadus atpakaļ tas bija viens no lielākajiem Latvijā ar ražošanas apjomu 50 000 nobarojamu cūku gadā (24 000 vietu). Kompleksa celtniecība tika pabeigta 1974./75. g., pilnu ražošanas apjomu sasniedza 1982./84. g. Pašlaik cūku komplekss ir privātuzņēmums, bet bijušās saimniecības zemes ir sadalītas nelielās zemnieku saimniecībās. Šķidrmēslu utilizācijai nepieciešamās teritorijas tiek nomātas. Pašreizējais ražošanas apjoms ir 2500 nobarojamās cūkas un 8 000 sivēnu gadā. Šķidrmēslu daudzums ir 50-60 m<sup>3</sup> dienā, salīdzinot ar 300-350 m<sup>3</sup> astoņdesmitajos gados, kad šķidrmēslu izvietošanai bija nepieciešami 400 ha liela platība. Ulbrokā kopumā ir caurlaidīgas smilšainas augsnes (smilts un mālsmilts), platības pārēvarā nav nosusinātas.

Ūdens kvalitāte tika kontrolēta trīs posteņos:

- U1. Neliela upīte (Piķurga) apmēram 200 m no cūku kompleksa. Tās baseinā ietilpst ar biogēniem elementiem stipri piesārņotas platības, šķidrmēslu krātuves, l/s izmantotas zemes un mežs.
- U2. Novadgrāvis, kura sateces baseinā ietilpst aptuveni 100 ha arāmzemes un 20 ha meža. Šķidrmēsli šajā teritorijā tiek utilizēti kopš 1975. g.
- U3. Novadgrāvis šķidrmēslu utilizācijas platībās (sateces baseins 30 ha, kas ir daļa no U2 platībām). Piesārņojuma noteikšanai tika apsekoti arī kompleksa un šķidrmēslu utilizācijas platību tuvumā esošo māju dzeramā ūdens avoti.

**Cūku komplekss "Strauti"** atrodas Bauskas rajona bijušajā k. "Uzvara", Lielupes baseinā. Tas tika uzbūvēts 1970. g. un pilnu ražošanas apjomu (12 000 nobarojamās cūkas gadā, šķidrmēslu apjoms 55 000 m<sup>3</sup>/gadā) sasniedza 1976. g. Līdz 1987. g. šķidrmēslus izveda ar mobilo transportu, 1987. g. 226 ha lielā platībā tika izbūvēta lietēšanas sistēma. Pašlaik kompleksā gadā tiek nobarotas 10 000 cūkas. Šķidrmēsli pēc frakcionēšanas tiek pārsūknēti uz lauka krātuvēm un tiek izkliedēti ar lietēšanas ierīču palīdzību kompleksa rīcībā esošā 50 ha lielā platībā (daudzgadīgie zālāji). Lauks ir daļēji nosusināts, drenu iebūves dziļums 1.1-1.3 m, augsne - smilšmāls.

Ūdens paraugu ņemšanas vietas:

- B1. Strauts lejpus kompleksa un šķidrmēslu utilizācijas platībām, sateces baseins ap 800 ha.
- B2. Strauts augšpus cūku kompleksa, bet lejpus šķidrmēslu utilizācijas platībām. Sateces baseins apmēram 750 ha.

- B3. Novadgrāvis, kura sateces baseinā (30 ha) agrākos gados lielos apjomos tika iestrādāti šķidrmēsli.
- B4. Novadgrāvis šķidrmēsliu utilizācijas teritorijās. Sateces baseinā (50 ha) atrodas arī šķidrmēsliu lauka krātuves.
- B5. Drenu sistēma (platība 14.7 ha) šķidrmēsliu utilizācijas teritorijā.
- B6. Urbums šķidrmēsliu utilizācijas teritorijā gruntsūdeņu kvalitatīvā sastāva noteikšanai.

**Cūku komplekss Ogres rajona toreizējā valsts saimniecībā "Ogre"** (ar ražošanas apjomu 30 000 nobarojamu cūku gadā un šķidrmēsliu daudzumu 137 000 m<sup>3</sup>/gadā) tika uzcelts 1977.g. Komplekss darbu uzsāka, līdz galam neatrisinot šķidrmēsliu utilizācijas jautājumu. Rezultātā lauka krātuves tika piepildītas, tās bieži pārplūda, nodarot lielu ļaunumu apkārtējai videi. 1987./1989. g. tika uzbūvēta laistīšanas sistēma 420 ha lielā platībā, kuras darbojās līdz 1991. g. Pašlaik kompleksā ražošana ir apstājusies.

Ūdens paraugu ņemšanas vietas:

- O1. Strauts, kura baseinā atrodas bijušais cūku komplekss, šķidrmēsliu krātuves ar apkārtējām platībām un daļa šķidrmēsliu utilizācijas teritoriju (sateces baseins apmēram 300 ha).
- O2. Novadgrāvis šķidrmēsliu utilizācijas teritorijās, kur lietēšanas sistēmu darbināšanas periodā tika iestrādāts vislielākais šķidrmēsliu daudzums - 350-600 m<sup>3</sup>/ha gadā, platību izmantošanas veids - daudzgadīgie zālāji. Objektā pārsvarā smilšmāla augsnes.

Visu aplūkūto objektu augšņu ķīmiskās analīzes dotas 2. tabulā.

Ūdens paraugu ķīmiskās analīzes tika veiktas Jūras monitoringa centra laboratorijā, veicot analīžu sistemātiskas interkalibrācijas ar Jordforsk laboratoriju.

### 3. Rezultāti

Cūku kompleksa "Strauti" (Bauskas raj.) šķidrmēsliu lielās iestrādes normas un to tiešās nopliūdes ir cēlonis tam, ka slāpekļa savienojumu un fosfora koncentrācijas drenu notecē ir ļoti augstas (skat. 1. un 2. att.). Kopējais slāpekļa saturs drenu ūdeņos svārstījās robežās no 30-164 mg/l, bet fosfora maksimālā koncentrācija sasniedza 2.58 mg/l. Jāatzīmē, ka slāpekļi visvairāk tika konstatēti NO<sub>3</sub> formā. Tā kā fosfors augsnē ir mazkustīgs, tā koncentrāciju palielināšanos drenu notecē varēja izsaukt tikai ilgstoša platību pārmēslošana. Par to liecina arī augstais fosfora saturs augsnes augšējā slānī (11-29 mg/100g augsnes, 2. tab.). Grunts ūdeņos slāpekļa koncentrācija (galvenokārt NO<sub>3</sub> formā) bija vēl augstāka. Tikai 3 paraugos tā bija zemāka par 100 mg/l. Slāpekļa koncentrācija novadgrāvja ūdenī (B4) maz atšķīrās no tā satura grunts ūdenī, bet fosfora koncentrācijas bija sevišķi augstas (0.69-6.8 mg/l), kas liecina par apkārtējās teritorijas stipru piesārņojumu.

Pārmēslošanas platības ir nozīmīgs strauta augšējās daļas piesārņojuma avots. Vairākos ūdens paraugos fosfora koncentrācijas bija tuvas 1 mg/l. Kā koncentrēta piesārņojuma avots ir vērtējams cūku komplekss. Strautā lejpus kompleksa fosfora savienojumu koncentrācijas ir vēl augstākas (vairums paraugos 2-3 mg P<sub>kop</sub>/l).

80. gados, kad šķidrmēsliu transportēja un iestrādāja ar mobilo transportu, tika kontrolēti ar šīm platībām saistītā novadgrāvja noteces kvalitatīvais sastāvs (B3). 1983./1986. g. ņemtajos ūdeņos fosfora koncentrācijas (PO<sub>4</sub> formā) mainījās no 0.04-16.0 mg/l (vidēji - 2.79 mg/l), slāpekļi biežāk tika novēroti amonija formā (pat līdz 23 mg NH<sub>4</sub>/l) (R. Sudārs, 1988). Pašreiz slāpekļa koncentrācijas (N-NO<sub>3</sub>) notecē nepārsniedz 10 mg/l, vidējais fosfora saturs - 0.28 mg/l.

Smilts augsnes Ulbrokā labi absorbē fosforu, kura saturs augsnes virskārtā sasniedz 24-28 mg/100g). Tas izskaidro ļoti zemās fosfora koncentrācijas notecē no šīm platībām (vidēji 0.04 mg

2. tabula/Table 2

**Augšņu raksturojums novērojumu objektos\***  
**Soil properties of the monitoring sites\***

Horizonts Depth Horiz (cm)	Slāpekļis Nitrogen %	Org. C %	C/N	pH H <sub>2</sub> O	K- HNO <sub>3</sub> mg/ 100 g	P-AL mg/ 100 g	K-AL mg/ 100 g	Ca-AL mg/ 100 g	Mg-AL mg/ 100 g	Na- AL mg/ 100 g
VECAUCE (smaga mālsmits, sandy loam)										
0-35 Ap	0.17	2.4	14.1	7.3	-	11.6	26.2	303	37.1	3.4
35-56 Bw	<0.05	0.5	-	7.5	-	-	-	-	-	-
56-80 Bg	<0.05	0.2	-	7.8	-	-	-	-	-	-
80-110 Cg	<0.05	0.1	-	8.4	-	-	-	-	-	-
ULBROKA (smalka smiltis, fine sand)										
0-21 Ap	0.53	10.6	20.0	6.1	24	8.7	13.6	444	43.7	5.2
21-110 BCg	<0.05	0.1	-	6.6	8	2.5	2.0	30	3.7	1.0
110-120 Cg	<0.05	0.2	-	3.0	12	9.6	2.0	25	3.9	2.5
BAUSKA (putekļains smiļšmāis, silt loam)										
0-30 Ap	0.25	2.3	9.2	7.2	92	29.3	44.5	330	50.4	4.7
30-42 Eg	0.06	0.5	8.3	7.9	34	2.4	10.7	163	17.2	2.8
42-58 Bwg	<0.05	0.1	-	8.0	37	10.1	4.4	175	44.7	3.5
58-70 BCg1	<0.05	0.1	-	8.3	60	4.5	2.8	2020	268	4.8
70-100 BCg2	<0.05	0.1	-	8.2	73	2.9	3.5	2580	323	4.8
100-120 Cg	<0.05	0.1	-	8.1	159	1.7	10.6	3430	361	5.8
OGRE (smaga mālsmits, sandy loam)										
0-20 Ap1	0.14	2.3	16.4	7.5	-	-	-	-	-	-
20-28 Ap2	0.13	1.8	13.8	7.4	-	-	-	-	-	-
28-40 E	<0.05	0.2	-	7.3	-	-	-	-	-	-
40-63 Bt	<0.05	0.2	-	7.4	-	-	-	-	-	-
63-100 BCg	<0.05	0.1	-	8.4	-	-	-	-	-	-

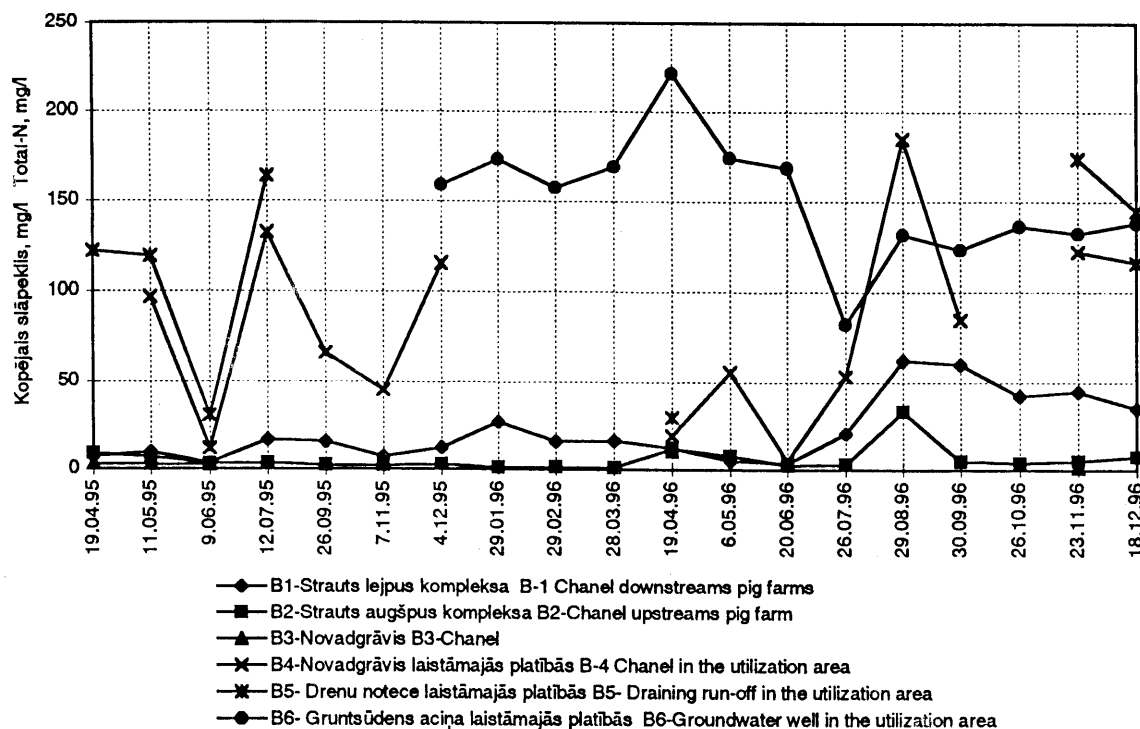
\*) Augsnis analīzes pēc starptautiskā praksē pielietotas metodikas veiktas Norvēģijā (Jordforsk).

\*) Soil analysis by an internationally applied methodics have been carried out in Norway (Jordforsk).

P/I) (T. K. Haraldsen *et al*, 1996). Nitrātu saturs (N-NO<sub>3</sub>) nepārsniedz 9 mg/l, kas atbilst dzeramā ūdens standartiem Latvijā (10 mg/l NO<sub>3</sub>-N).

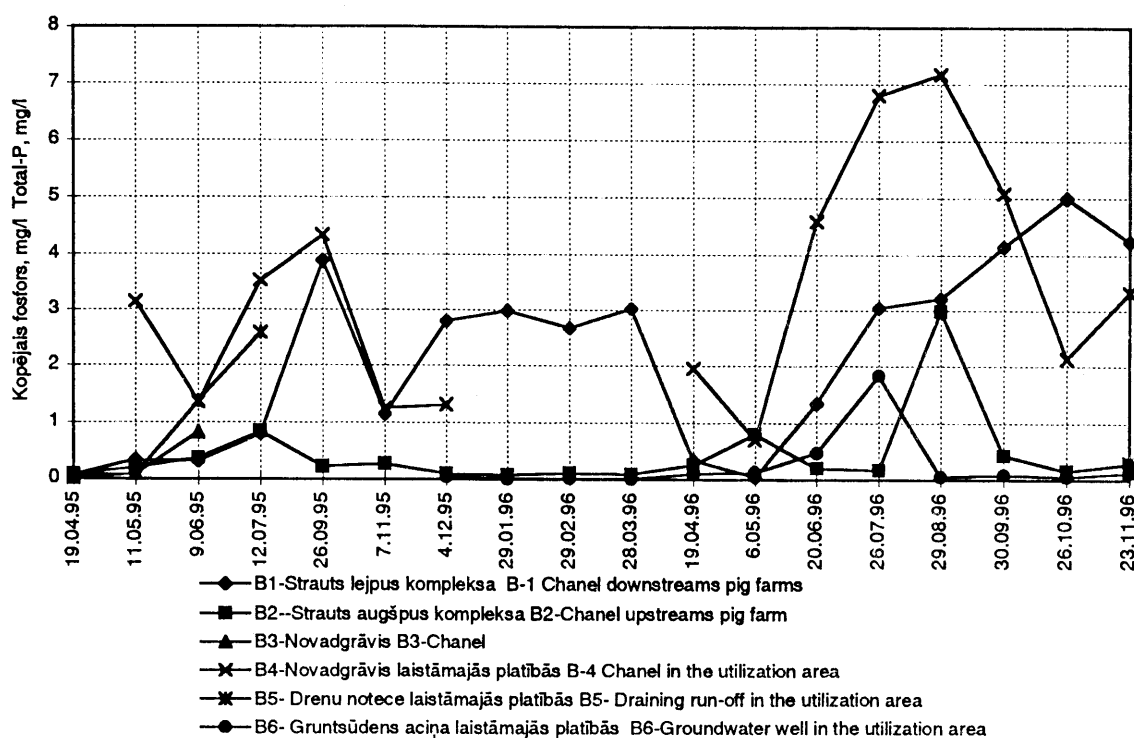
Ilgstoša šķīdumslu pielietošana ietekmējusi grunts ūdeņu kvalitāti. Nosakot slāpekļa koncentrāciju gruntsūdeņos (akās), tika konstatēts, ka tā saturs palielinās kompleksa tuvumā (skat. 3. att.). Dzeramā ūdens standartiem atbilst tikai Skujās ņemtie ūdens paraugi (4.01 mg N<sub>kop.</sub> mg/l). Visaugstākā slāpekļa koncentrācija tika konstatēta Ezerličos (53.55 mg/l), kas atrodas samērā tuvu cūku kompleksam. Dzeramā ūdens kvalitāte akās Ulbrokas kompleksa apkārtnē neatbilst normām (pēc slāpekļa), kuras ir spēkā Latvijā.

Vecaucē šķīdumslu utilizācija neizsauc drenu noteces piesārņošanu ar fosforu (vidējā koncentrācija 0.02 mg/l). Fosfora saturs augsnē ir vidēji augsts (ap 11 mg 100/g) un nav iemesla uzskatīt, ka tam par iemeslu būtu piecu gadu ilgā šķīdumslu izmantošana šajās platībās. Veco zālāju uzāršana 1995. g rudenī acimredzot ir galvenais cēlonis nitrātu pastiprinātai iznesei ar drenu



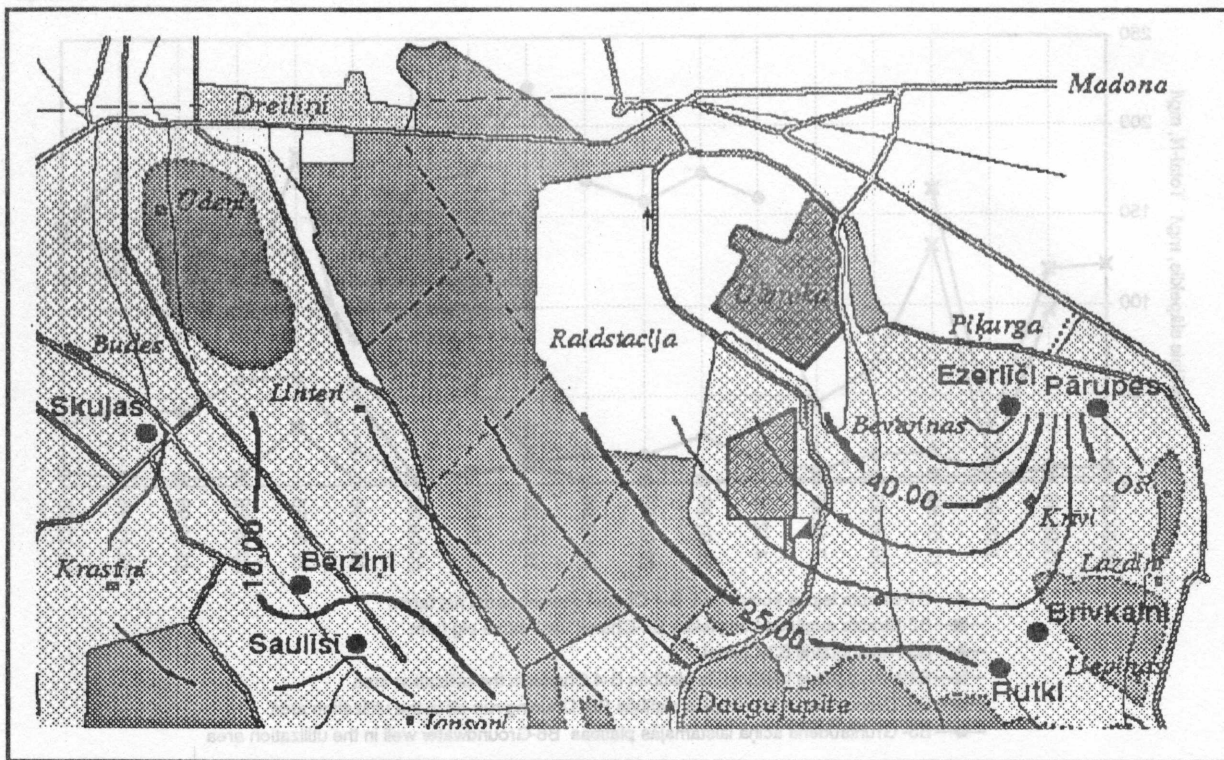
1. att. Slāpekļa koncentrācijas ūdens avotos cūku kompleksā "Strauti" un šķidrmēsļu utilizācijas teritorijās.

Fig. 1. Nitrogen (Ntot) concentrations in the run-off and groundwater of the territory of farm "Strauti".



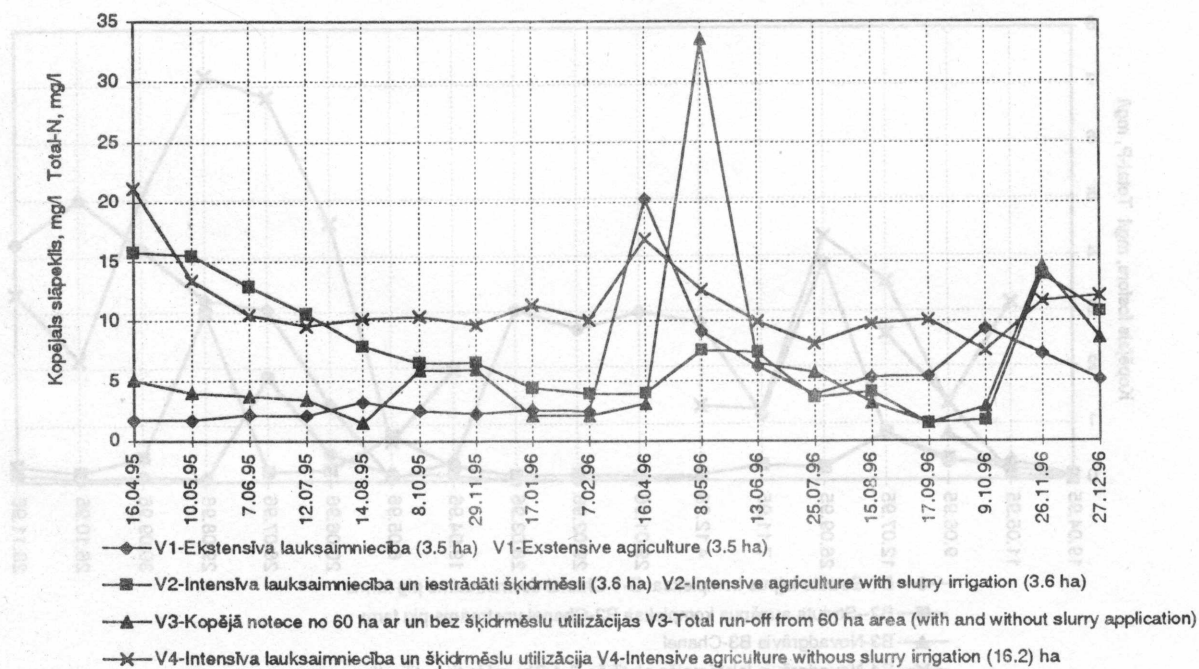
2. att. Fosfora koncentrācijas ūdens avotos cūku kompleksa "Strauti" un šķidrmēsļu utilizācijas teritorijās.

Fig. 2. Phosphorus (Ptot) concentrations in the run-off and groundwater of the territory of farm "Strauti".



3. att. Slāpekļa ( $N-NO_3$ ) koncentrācija grunts ūdeņos (akās) cūku kompleksa un šķīdmēsļu utilizācijas teritorijās (Ulbroka).

Fig. 3. Nitrogen concentration in the ground water (wells) of the territory of pig farm Ulbroka.



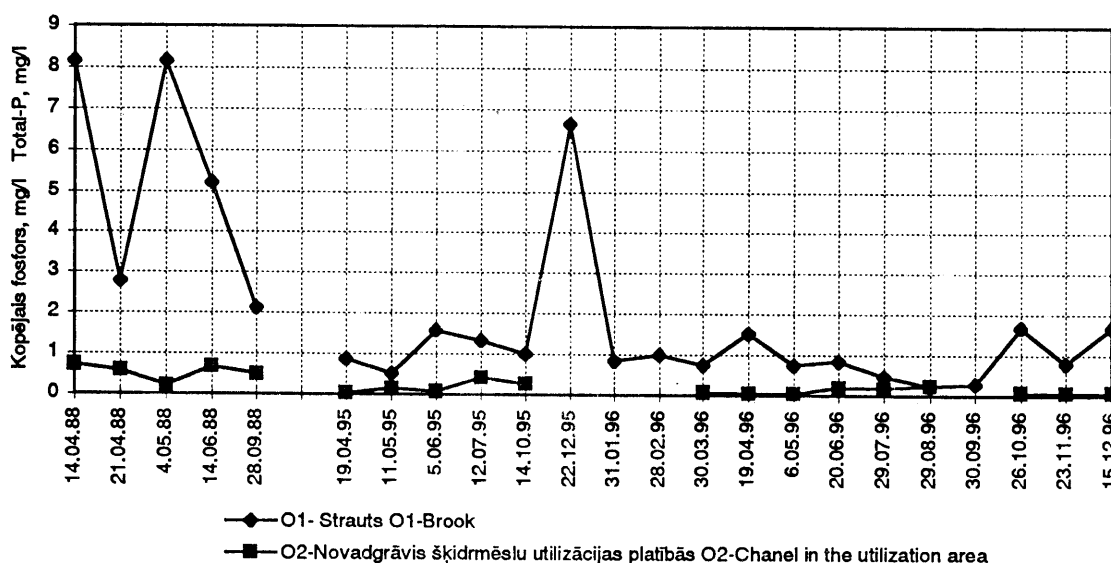
4. att. Slāpekļa koncentrācija drenu notecē šķīdmēsļu utilizācijas objektā (Vecauce).

Fig. 4. Nitrogen ( $N_{tot}$ ) concentration in the run-off from slurry application site in Vecauce.

noteci sniega kušanas laikā 1996. g. pavasarī (S. Steineck, 1991). Ūdens paraugu analīzes rāda, ka platību izmantošanas veids jūtami izmaina nitrātu koncentrāciju drenu ūdeņos (skat. 4. att.). Lai samazinātu to izskalošanos, vajadzētu diferencēt šķīdmēsļu iestrādes normas atkarībā no platību

izmantošanas veida. Kopumā stāvokli šķīdumslu utilizācijas objektā Vecaucē var uzskatīt par apmierinošu.

Agrāk veiktie novērojumi Ogrē 1988. g. (lietēšanas objekta būvniecības laikā) liecināja par spēcīgu platību piesārņojumu. Fosfora koncentrācijas strauta notecē (O1) mainījās no 2.1-8.2 mg/l, slāpekļa - 1.9-21.4 mg N-NH<sub>4</sub>/l. Atjaunojot novērojumus 1995. g., var konstatēt, ka fosfora saturs strauta notecē, kaut arī ir samazinājies, tomēr ir augsts (vidēji 1.2 P<sub>kop.</sub> mg/l) (skat. 5. att.). Tas rāda, ka stipri piesārņotas teritorijas ilgu laiku kalpo kā biogēno elementu emisijas avots un turpina piesārņot dažādus ūdens avotus. Bez tam, kompleksa teritorijā joprojām atrodas ar šķīdumslu piepildītas mēslu krātuves, kuras ir uzskatāmas par piesārņojuma cēloni. Fosfora koncentrācijas novadgrāvī agrākajā šķīdumslu utilizācijas objektā (O2) nav augstas (vidēji 0.15 mg P<sub>kop.</sub>/l), kas liecina par to, ka šķīdumslu iestrādāšana ar lietēšanas ierīcēm (1987-1991.g.) nav nelabvēlīgi ietekmējusi šīs teritorijas.



5. att. Fosfora koncentrācijas notecē no cūku kompleksa un šķīdumslu krātuvju baseina (Ogre).  
Fig. 5. Phosphorus concentrations (P<sub>tot</sub>) in run-off from slurry application in Ogrē.

#### 4. Slēdziens

Lopkopības fermas ar nesakārtotu organiskā mēslojuma saimniecību ir būtiski vides piesārņojuma avoti.

Latvijā nepieciešams izstrādāt Rietumeiropas un Ziemeļvalstu praksei atbilstošas normas un likumdošanas aktus par pieļaujamo mājdzīvnieku blīvumu, organiskā mēslojuma savākšanu, uzglabāšanu un iestrādāšanu.

#### Literatūra

1. Haraldsen T. K., Jansons V., Spricis A., Sudars R., Vagstad N. (1996). Influence of long-term heavy applications of pig slurry on soil and water quality in Latvia. Abstracts of 9th ISCO Conference. Towards Sustainable Land Use. Bonn, Germany 25-30 August 1996. 36.
2. Steineck S. (1991). Plant nutrient management and the environment. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala.. 69.
3. Сударс Р. (1988). Качественный состав утилизируемых навозных стоков. Мелиорация и водное хозяйство. Сер. 4. Вып. 4. М. 1-7.
4. Сударс Р. (1991). О прогнозировании качественного состава дренажного стока на территориях утилизации навозных стоков. Труды Латв. с.-х.акад. Вып. 271. 38-45.