

OÜ VEELUX

Konsultatsioonid ja uurimustööd veepuhastuse tehnoloogia alal

IDA - VIRUMAA
NARVA – JÕESUU LINN

Eeluuring: Narva – Jõesuu linna puurkaevude vee kvaliteedi tõstmine. Veetöötlustehnoloogia projektlahendus

Tellijaja: AS Narva Vesi

Teostaja: OÜ Veelux

Töö algus: 20.06.2008

Töö lõpp: 20.11.2008

Tallinn 2008

SISUKORD

Sissejuhatus.....	3
Veevarustuse alternatiivid Narva-Jõesuus.....	4
I Alternatiiv – puhta vee toimetamine Narva-Jõesuusse Narva Veepuhastusjaamast.....	4
II Alternatiiv – uued veepuhastusseadmed Narva-Jõesuus ilma reservuaaride kasutuselevõttuta	4
III Alternatiiv – uued veepuhastusseadmed Narva-Jõesuus koos reservuaaride kasutuselevõttuga.....	5
1. Eeluuring: Narva – Jõesuu puurkaevude vee kvaliteedi tõstmine.....	6
1.1 Eeluuringu lähtematerjalid	6
1.1.1 Ülevaade Narva – Jõesuu puurkaevudest.....	6
1.1.2 Hinnang puurkaevude tootlikkusele	6
1.1.3 Narva – Jõesuu põhjavee kvaliteet: puurkaevus ja tarbija juures	10
1.1.4 Radioaktiivsus Narva-Jõesuu puurkaevude vees.....	16
1.2 Eeluuringu põhjavee puhastustehnoloogia.....	16
1.2.1 Pilootseade kui eksperimendi objekt	16
1.2.2 Pilootseadme tehnoloogia skeemi kirjeldus	18
1.2.3 Katsetulemused.....	20
1.2.4 Lahustunud gaasid põhjavees	21
1.2.5 Põhjavees lahustunud gaaside eraldamine GDT tehnoloogia rakendusel..	23
1.2.6 Narva-Jõesuu põhjavee stabiilsus	23
1.2.7 Vee tarbimise hulk ja vajaliku veetöötlusvõimsuse hindamine	23
1.2.8 Puhta vee reservuaaride kasutuselevõtt.....	24
2. Veetöötlustehnoloogia projektlahendus.....	27
2.1 Tehnoloogiline protsess ja vee kvaliteet.....	27
2.2 Veekäitlussüsteemis kasutatavate seadmete tehnilis-tehnoloogilised näitajad ja nende lühikirjeldus	28
2.2.1 Aereerimis-degaseerimissüsteem.....	28
2.2.2 Desinfektsioonisüsteem.....	28
2.2.3 Filtratsioonisüsteem	30
2.2.4 Pöördosmoos	32
Kokkuvõte.....	38

Sissejuhatus

Lähiaastatel Narva–Jõesuu linnale, nagu ka kõikidele teistele Eesti veevõrkudele, kehtivatele Euroopa Liidu normatiivide täitmine nõuab komplekset lähenemist probleemide lahendamisele ning võib osutuda, et üksnes Narva Vesi AS käsutuses olevatest ressurssidest ei piisa. Antud töö eesmärk on välja töötada veepuhastustehnoloogia, mis tagaks vee kvaliteedi vastavuse nõuetele tarbija juures.

Töö käigus uuriti Narva–Jõesuu puurkaevude põhjavee ning tarbijani jõudva vee kvaliteedinäitajaid ning nende vastavust nõuetele. Töö annab ülevaate uuringu eksperimentaalses osas tehtud töödest ning saavutatud tulemustest piloodil. Uuringute tulemuste põhjal on tehtud järeldused ning töö teises osa on äratoodud veetöötlustehnoloogia projektlahendus.

Töös on kasutatud AS Narva Vesi käest saadud andmeid ning AS-lt Viimsi Vesi telliti töö „Narva-Jõesuu linna puurkaevude tehniline iseloomustus“, kus sisaldub ka rakendusgeoloogia magistri Rein Perens'i ekspertarvamus Narva-Jõesuu puurkaevude kohta. Nimetatud tööd on kasutatud käesolevas töös puurkaevude iseloomustamiseks ning töö on täismahus esitatud töö lisana.

Veevarustuse alternatiivid Narva-Jõesuus

I Alternatiiv – puhta vee toimetamine Narva-Jõesuusse Narva Veepuhastusjaamast

Narva-Narva-Jõesuu veevarustustorustiku pikkus (Narva-Jõesuust J. Poska tänaval torustiku diameetriga 100 kaevust V0001 kuni Narva linnas Rakvere tänaval asuva torustiku diameetriga 200 kaevuni V0291) oleks 13 826 m.

Võttes toru diameetriks $D=200/170,6$ saame:

$Q=42 \text{ l/sek}=150 \text{ m}^3/\text{h}=3600 \text{ m}^3/\text{d};$

$v=1,34 \text{ m/sek};$

$\Delta P=8,548 \text{ m}/1000 \text{ m}; \Sigma \Delta P=8,548 \times 13,8=118 \text{ m}=11,8 \text{ bar}$

Vastavalt Sweco Projekt AS arvutusele : arvestades variandina rajada veetorustik De200 PEH PN10 plasttorudest Narva-Jõesuust kuni Narva linnani kogupikkusega 13,8 km, on ligikaudne torustiku rajamismaksumus 3500 EEK/m. See arvestab rasketes pinnaseoludes rajamist (paepinnas). Seega kokku ligikaudne veetorustiku rajamismaksumus on $13826 \times 3500 = 48,4$ milj. EEK. Täpsema hinnakalkulatsiooni tegemiseks on vajalik projektdokumentatsioon torustiku kulgemise kohta ja trassi geoloogilised andmed.

Lisaks nimetatud veetrassile tuleb Narva rajada pumpla koos kommunikatsioonidega (hoone, pumbad armatuuridega, elektrivarustus, automaatika) kogumaksumusega ~3,5 milj. EEK.

Toodud kuludes pole arvestatud vee Narvast pumpamisele kuluvat elektrienergiakulu.

II Alternatiiv – uued veepuhastusseadmed Narva-Jõesuus ilma reservuaaride kasutuselevõtuta

Narva-Jõesuu põhjavesi sisaldab suurel määral lahustunud gaase, mis veevõrku sattudes tekitavad probleeme tarbijale ning lõhuvad võrku. Kindlustamaks täielik

gaaside eraldus, on vaja vett enne võrku andmist selitada rõhuvabas olekus, samas sadestub raud ning ei satu võrku (vesi on eelnevalt hapnikuga rikastatud). Vee läbivoolu teekonna pikendamiseks kasutatakse reservuaare, kusjuures reservuaari keskele on paigaldatud vahesein, millega vee liikumise teekond suureneb kaks korda (Narva-Jõesuu puhul 23 meetrini). Puhtavee reservuaaride lülitamisega veevarustuse skeemi võimaldab ca 5-10 tunnilise aja kestel selgitada veevõrku antava vee ja eraldada jääkgaasid.

Narva-Jõesuus, nagu ka igalpool mujal, on veetarbimine ebastabiilne – ööpäeva jooksul, näiteks öötundidel on see minimaalne ning samas on päevasel ajal tippkoormusega tunde, kus tarbimine võib moodustada isegi kuni 20 % kogu ööpäeva tarbimisest. Selline koormuse kõikumine eeldab esiteks suuremamahuliste seadmete soetamist, mis ei ole otstarbekas, ning teiseks ei taga veepuhastusseadmed töökindlust ebastabiilsete tingimuste korral.

Seega ei taga ilma veereservuaarideta veepuhastusprotsess gaasidevaba vett võrgus, äkk-koormuste korral tekib veepuhastusseadmetele liigne ajutine koormus ning lisaks peaks seadmete valikul lähtuma maksimaalsetest hetkelistest parameetritest, mistõttu peaks seadmed olema õigustamatult suured ja seetõttu ka kulukamad.

III Alternatiiv – uued veepuhastusseadmed Narva-Jõesuus koos reservuaaride kasutuselevõtuga

Võttes arvesse eelpooltoodut, on parim alternatiiv luua Narva-Jõesuusse uus veepuhastusjaam koos olemasolevate veereservuaaride kasutuselevõtuga. Olemasolevad veereservuaarid tuleb rekonstrueerida vastavalt OÜ Veelux poolt tehtavatele soovitudele. Nimetatud parima alternatiivi elluviimist kirjeldab OÜ Veelux AS Narva Vesi tellimusel tehtud töös "Eeluuring Narva-Jõesuu linna puurkaevude vee kvaliteedi tõstmine. Veetöötlustehnoloogia projektlahendus."

Töös kirjeldatud variandi üks võimalik lihtsustus oleks jätta skeemist ära pöördosmoosiseade. Sellisel juhul jääks naatriumiooni sisaldus korrigeerimata.

1. Eeluuring: Narva – Jõesuu puurkaevude vee kvaliteedi tõstmine

1.1 Eeluuringu lähtematerjalid

1.1.2 Ülevaade Narva – Jõesuu puurkaevudest

Eesti Geoloogiakeskuse puurkaevude katastrile tuginedes on Narva-Jõesuus aastatel 1955 kuni 2004 rajatud 23 puurkaevu, nendest 18 avavad Vendi horisondi Voronka veekihi, 4 Vendi horisondi Gdovi veekihi ja 1 korraga mõlemad veekihi (käsolevaks ajaks on likvideeritud Voronka veekihti rajatud puurkaevud numbritega 2078 ja 13469 ning Gdovi veekihti rajatud puurkaev 2346). Olemasolevast 20- st puurkaevust toimub ametlikult registreeritud veevõtt üheksast kaevust, viis puurkaevu on konserveeritud ja ülejäänud puurkaevu ametlikult ei kasutata. AS-le Narva Vesi kuulub Narva-Jõesuus üheksa puurkaevu, millest töötavad viis (2079, 2081, 2082, 2083, 2085), kolm puurkaevu on konserveeritud (2080, 2088, 2089) ning ühte (2084) ei kasutata (tabel 1).

Tabel 1. Narva-Jõesuu AS Narva Vesi puurkaevud

	Kat. nr	Passi nr	Veekiht	Sügavus	Seisund
1	2079	2488	V2vr	119	Töötab
2	2080	33045	V2vr	130	Konserveeritud
3	2081	33290	V2vr	132	Töötab
4	2082	36988	V2vr	130	Töötab
5	2083	4562	V2vr	120	Töötab
6	2084	4291	V2gd	211	Seisab
7	2085	5086	V2vr	115	Töötab
8	2088	A)	V2vr	120	Konserveeritud
9	2089	5503	V2vr	115	Konserveeritud

1.1.3 Hinnang puurkaevude tootlikkusele

Käsoleval ajal on Narva-Jõesuu Voronka veekihi põhjavee tarbevaru kinnitatud kuni aastani 2020 suurused 2500 m³/d, millest viimastel aastatel on kasutatud ära umbes 30%. Linna veetrasside amortisatsiooni tõttu võivad veekaod ulatuda kuni 60%-ni võrkudesse pumbatava vee kogusest. Vastavalt puurkaevude arvestuskaartidel toodud puurkaevude rajamisel katsepumpamise andmetel saadud erideebetitele reastub

Narva-Jõesuu linna haldusalal paiknevate kasutatavate, konserveeritud ja ametlikult mittekasutatavate puurkaevude tootlikkus vastavalt tabelile nr 2.

Tabel 2. Narva-Jõesuu puurkaevude tootlikkus

	Kat. nr	Veekiht	Erideebit	Tootlikkus	Mantli läbim	Filter	Seisund
1	2090	V2vr	1,00	36,0	168	perfofilter	seisab
2	2088	V2vr	0,97	10,8	114	perfofilter	konserveeritud
3	2087	V2vr	0,93	25,6	140	-	töötav
4	2091	V2vr	0,92	43,2	219	perfofilter	töötav
5	2092	V2vr	0,74	29,3	168	perfofilter	seisab
6	2085	V2vr	0,59	25,6	168	võrkfilter	töötav
7	2079	V2vr	0,57	46,0	140	-	töötav
8	13470	V2vr	0,56	22,0	146	perfofilter	töötav
9	2086	V2vr	0,53	24,5	168	võrkfilter	konserveeritud
10	2080	V2vr	0,50	12,0	219	võrkfilter	konserveeritud
11	2093	V2vr	0,36	29,9	168	traatfilter	seisab
12	2965	V2vr	0,17	6,9	114	traatfilter	töötav
13	2081	V2vr	0,14	8,4	219	võrkfilter	töötav
14	20198	V2vr	0,05	5,5	89	perfofilter	töötav
15	2082	V2vr			127	võrkfilter	töötav
16	20833	C-V	0,95	7,2	89	perfofilter	töötav
17	2077	V2gd	0,50	18,0	190	-	seisab
18	2083	V2vr	0,46	25,5	168	võrkfilter	töötav
19	2084	V2gd	1,20	32,4	219	perfofilter	seisab
20	2089	V2vr	1,59	16,0	168	traatfilter	konserveeritud

Puurkaevude potentsiaalne kogutootlikkus võiks olla 425 m³/h või 10195 m³/ööpäev. Ülemisse Vendi Voronka veekihti rajatud puurkaevude tootlikkus võiks olla 367 m³/h või 8813 m³/ööpäev ning Voronka Gdovi veekihtide toodang võiks olla 50 m³/h või 1210 m³/ööpäev. Nendele andmetele tuginedes võib väita, et ei ole mingisugust vajadust täiendavate puurkaevude rajamiseks. Jättes kõrvale sügavamaase Gdovi veekihti rajatud puurkaevude tootlikkuse, arvestades maha Rein Perens'i poolt soovitatud puurkaevude ressursi ning mitte arvestades isegi madala erideebetiga kaevude toodangut jääb linna veevarustuse arendajate kasutusse ikkagi 11 arvestatavat puurkaevu. Nende potentsiaalne tootlikkus oleks 205 m³/tunnis ehk 7318 m³/ööpäevas.

Tabel 3. AS Narva Vesi Narva-Jõesuu puurkaevude tehnilised näitajad

Pumpla	Puurkaev	Puurkaev	Puurkaev	Puurkaev	Puurkaev	Puurkaev	Puurkaev
Kat. Nr	2079	2081	2089	2082	2080	2083	2085
Puurk.nr	1	5	6	7	9	10	12
Aasta	1957	1974	1985	1975	1972	1978	1982
Passi nr	2488	33290	5503	36988	33045	4562	5086
Sügavus(m)	119	132	115	130	130	120	115
Staatiline	16	16,6	22,7	23	24,8	19,9	16,6
veepind(m)							
Dünaamiline	22	22,4	26,8	27,4	28,1	21,3	22,7
veepind(m)							
Tootlikkus	20	9	9	9	9	9	12
m3/h							
Veehorisont	Cm-V	Cm-V	Cm-V	Cm-V	Cm-V	Cm-V	Cm-V
Pumba	10	4	4	4	4	4	4,5
võimsus(kW)							
Pumba	57	55	72	92	56	58,5	50
sügavus(m)							
Veemõõtjanr	7700282	7700992	506	7700881	7700991	7605437	7700144
Maapealne	Jah	Jah	Jah	Jah	Jah	Jah	Jah
Pumpla							

Tabel 4. AS Narva Vesi Narva-Jõesuu puurkaevudest vee tarbimine alates 2002. a kuude kaupa käesoleva ajani

Puurkaev	m3/ 2002	m3/d	m3/h	m3/ 2003	m3/d	m3/h	m3/ 2004	m3/d	m3/h	m3/ 2005	m3/d	m3/h	m3/ 2006	m3/d	m3/h	m3/ 2007	m3/d	m3/h	m3/ 2008	m3/d	m3/h
Jaanuar	34581	1116	46	34196	1103	46	20245	653	27	18851	608	25	21834	704	29	19823	639	27	18947	611	25
Veebruar	24819	886	37	30731	1098	46	20306	725	30	15779	564	23	19961	713	30	19297	689	29	16518	589	25
Märts	23369	754	31	29944	966	40	19710	636	26	18483	596	25	22031	711	30	26276	848	35	20311	655	27
Aprill	25976	866	36	28441	948	40	19510	650	27	25322	844	35	25239	841	35	16329	544	23	19827	660	28
Mai	28456	918	38	25581	825	34	21815	704	29	18635	601	25	20422	659	27	18135	585	24	22872	737	31
Juuni	32983	1099	46	25816	861	36	23377	779	32	21042	701	29	22044	735	31	21307	710	30	32037	1067	45
Juuli	34279	1106	46	28027	904	38	29908	965	40	29043	937	39	32523	1049	44	24180	780	33	34394	1109	46
August	41970	1354	56	30024	969	40	21928	707	29	23910	771	32	26582	857	36	22497	726	30	29639	956	40
September	27990	933	39	24951	832	35	22665	756	31	20354	678	28	21691	723	30	16331	544	23	-	-	-
Oktoober	28171	909	38	24211	781	33	21756	702	29	20637	666	28	18640	601	25	18132	585	24	-	-	-
November	26272	876	36	23895	797	33	18491	616	26	17734	591	25	22016	734	31	16548	552	23	-	-	-
Detsember	25607	826	34	19265	621	26	18093	584	24	19964	644	27	20799	671	28	16449	531	22	-	-	-

Tabel 5. Väljapumbatud vee realiseerimine tarbijatele

	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Vee pumpamine veevõrku	354473	325082	257804	249754	273782	235304
Vee tarbimine kokku (tuh.m3)	134936	129184	123252	121505	131856	132114
Elanikkond (tuh. m3)	91143	88769	88256	91993	96705	97426
Ettevõtted (tuh. m3)	43793	40415	34996	29512	35151	34688
Kadu veevõrgus (%)	62	60	52	51	52	44

Puurkaevudest pumbatud veest jõuab tarbijatele ligikaudu 50%, ülejäänud vesi läheb veevõrgus kaduma seoses veevõrgu torustiku amortiseerumisega. Vajalik on teostada veevõrgu rekonstrueerimine, mis võimaldaks vähendada puurkaevude toodangud umbes 30% võrra.

1.1.4 Narva – Jõesuu põhjavee kvaliteet: puurkaevus ja tarbija juures

7. juulil 2008 võeti Narva–Jõesuu seitsmest kasutuselolevast puurkaevust vee proovid määramaks kvaliteedinäitajad. Veeanalüüsid võeti üheaegselt Narva Vesi AS ning Tallinna Vesi AS laborites määramiseks tagamaks usaldusväärseid andmed. Analüüside tulemused tabelites 6. ja 7.

Tabel 6. Narva-Jõesuu puurkaevude vee kvaliteedinäitajad, määratud Narva Vesi AS laboris

Näitaja	Ühik	Piir	Pargi 3a	Karja 25a	Metsa 5a	Vilde 32	Metsa 9x	Raja 8	Koidula 78a*
Temperatuur	oC		9,4	10,2	9,9	10	10,2	9,6	8,8
pH			8,26	8,24	8,26	8,32	8,29	8,30	8,65
Elektrijuhtivus	µS/cm	2500	959	1036	953	991	981	927	896
Värvus	palli	TVV	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Hägusus	NHÜ	1	0,35	0,26	0,12	0,27	0,29	0,21	6,96
Ammoonium	mg/l	0,5	0,080	0,075	0,104	0,114	0,115	0,126	0,143
Nitrit	mg/l	0,5	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	0,011
Nitraat	mg/l	50	<0,1	<0,1	0,126	<0,1	<0,1	<0,1	0,102
PHT	mgO/l		1,16	1,29	1,23	1,10	1,45	1,29	1,35
Sulfaat	mg/l	250	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Üldkaredus	mg- ekv/l		0,74	0,74	0,74	0,69	0,65	0,65	0,60
Kaltsium	mg/l		7,42	7,01	7,01	6,41	6,01	5,61	6,01
Üldleelisus	mg/l		212,3	198,9	209,8	195,2	206,2	214,7	220,8

Tabel 7. Narva-Jõesuu puurkaevude vee kvaliteednäitajad, määratud Tallinna Vesi AS laboris

Näitaja	Ühik	Piir	Pargi 3a	Karja 25a	Metsa 5a	Vilde 32	Metsa 9x	Raja 8	Koidul a 78a*
Lõhn, palli	palli	TVV	1	1	1	1	2	1	2
Värvus	mgPt/l	TVV	4	4	5	2	4	4	6
Hägusus	NHÜ	1	0,1	0,14	0,11	0,09	0,15	0,1	7,1
Oksüdeeritavus	mgO ₂ /l	5	1,5	1,6	1,8	2,1	3,1	1,2	3,9
Elektrijuhtivus	µS/cm	2500	964	1044	962	994	978	935	898
Üldkaredus	mg- ekv/l		0,79	0,7	0,74	0,71	0,65	0,64	0,59
Leelisus	mg- ekv/l		3,46	3,22	3,39	3,19	3,33	3,4	3,55
pH		6,5- 9,5	8,25	8,26	8,23	8,26	8,25	8,25	8,46
Stabiilsusindeks			-0,15	-0,17	-0,18	-0,18	0,03	-0,23	-0,01
Vaba CO ₂	mg/l		2	2	2	2	2	2	1
Kloriid	mg/l	250	199	226	197	211	204	185	173
Sulfaat	mg/l	250	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Bikarbonaat	mg/l		211	196	207	195	203	207	217
Fluoriid	mg/l	1,5	0,55	0,55	0,53	0,51	0,53	0,54	0,56
Nitraat	mg/l	50	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Nitrit	mg/l	0,5	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	0,005
Ammoonium	mg/l	0,5	0,122	0,21	0,138	0,143	0,138	0,137	0,11
Kaltsium	mg/l		7,4	7,6	7,6	7,1	6,8	6,5	6,2
Naatrium	mg/l	200	183	197	185	188	185	182	169
Mangaan	µg/l	50	4,5	6,3	5,7	3,6	3,0	4,8	42,9
Raud	µg/l	200	89	110	105	85	106	74	1179

*Puurkaev seisis enne proovi võtmist

Nagu näha tabelitest 6 ja 7, vastavad uuringute jaoks võetud proovid kehtivatele nõuetele (välja arvatud puurkaev 2085, mis proovide võtmise ajal ei töötanud) kõikidest töötavatest puurkaevudest. Narva-Jõesuu puurkaevude vesi klassifitseerub

kareduse järgi pehmeks veeks. Tähelepanuväärne on naatriumi piirnormi lähedane näitaja. Kuigi üldraua näitajad proovivõtmise ajal on kooskõlas kehtivate nõuetega, tekitab rauasisaldus vees probleeme – puurkaevu nr 1 juures asuva veemahuti pinnad on kaetud tiheda limaja rauasettega, millest on lisatud pildid joonistel 1 - 3. Selline veest ärastatav raud tuleb eemaldada enne vee võrku laskmist.

Vaatamata puurkaevuvee vastavusele nõuetega, ei vasta nõuetele kliendile jõudev vesi. Töö käigus määrati pisteliselt Narva-Jõesuu linna trassis olevas vees üldrauda jm näitajaid. Tulemused tabelis 8.

Tabel 8. Narva-Jõesuu vee kvaliteet trassis

	Linnas määratud proovid	Üldraud, mg/l	pH	Hägusus, NHÜ	Värvus, PtCo
28.07	Aia 3, Spa	0,1	-	-	-
	Aia 17, Mereranna hostel	0,36	-	-	-
	Meresuu Spa kraanist	0,01	-	-	-
	Vabaduse 16, Maxima	0,22	-	-	-
11.08	Meresuu Spa sissetulev*	0,69	-	-	-
	Meresuu Spa kraanist	0,6	-	-	-
	Vabaduse tn, Lemmiku kohvik	0,47	-	-	-
	Metsa 5, Hooldekodu	0,33	-	-	-
11.09	Meresuu Spa sissetulev*	0,55	-	-	-
13.10	Karja 25, Lasteaed	0,29	7,3	2	8
	Poska 26, Keskkool	0,32	7,42	3	14
	Mäe 26a, Kauplus	0,05	7,52	1	10
	Pargi 10, Post	0,38	7,11	3	17
	Karja 26a, Kauplus Express	0,25	7,18	2	14

* Proovis esines liiva!

Joonis nr. 1. Narva-Jõesuu Pargi 3 pumpla vee reservuaari põhja foto, millel on näha linna
voolavast puurkaevuveest raudhüdroksiidi setete kiht



Joonis 2. Narva-Jõesuu Pargi 3 pumpla vee reservuaari seinä foto, millel on näha linna voolavast puurkaevu veest raudhüdroksiidi setete kiht.



Joonis 3. Suurendus raudhüdroksiidikihist.



1.1.5 Radioaktiivsus Narva-Jõesuu puurkaevude vees

Uudse probleemina on üles kerkinud põhjavee joogiveele lubatud piirsaldusest kõrgemad radioloogilised näitajad (efektiivdoos). Rein Perensi andmetel AS Narva Vesi kuuluvatele puurkaevudele (2079, 2080, 2081, 2082, 2083, 2085 ja 2089) võetud veeproovid osutasid vee väiksele radionukliidide sisaldusele. Puurkaevude vee keskmine arvatatud efektiivdoos on lähedane joogiveele lubatud piirnormile – 0,1 mSv/a.

Radioaktiivsuse piirnorm seadusandluses on antud efektiivdoosi kaudu. Efektiivdoosi arvutamisel lähtutakse iga üksiku radionukliidi sisaldusest ning temale omistatud doosikoeffitsendist vanusegrupiti ning joodava vee hulgast. Vastavalt WHO andmetele, ei ületa inimene joogiveest saadavat efektiivdoosi 0,1 mSv/a juhul kui summaarne α kiirgus ei ületa 0,5 Bq/l, summaarne β kiirgus 1 Bq/l ning summaarne γ kiirgus 100 Bq/l. Antud töö käigus määrati puurkaevust nr 1 (Pargi 3a, katastri nr 2079) α ja β summaarsed kiirgused Kiirguskeskuses. Saadud tulemused on tabelis nr 9 ning kinnitavad eelpooltoodud uurimuste tulemusi.

Tabel 9. Summaarsed α ja β kiirgused puurkaevust 1.

Proovi nimetus	$\Sigma\alpha$ (Bq/l)*	$\Sigma\beta$ (Bq/l)*
Narva-Jõesuu, Pargi 3a	0,26±0,08	0,26±0,10

* Määramatus väljendab radiomeetrilise mõõtmise kahekordset statistilist hälvet

1.2 Eeluuringu põhjavee puhastustehnoloogia

1.2.1 Pilootseade kui eksperimendi objekt

Pilootkatsetused viidi läbi saamaks vajalikku infot, mis kergendaks tehnoloogia ja materjalide valikut ning töötamaks välja sobiv veepuhastustehnoloogia. Pilootkatsetused viidi läbi puurkaevu nr 1 (Pargi 3a, katastri nr 2079) pumplas, mille asetus võimaldas püstitada piloodi (piisavalt ruumi, laekõrgus, vajalikud ühendused). Pilootseadme pilt on joonisel 4.

Joonis 4. Pilootseade Narva-Jõesuus.



1.2.2 Piloitseadme tehnoloogia skeemi kirjeldus

Piloitseadme tööd kirjeldab "Narva Jõesuu piloitseadme tehnoloogia skeem" (joonis 5). Vastavalt skeemile, läbib veevõrgust tulev vesi veemõõtja (1), veerõhu regulaatori (2), vee kulumõõtja - rotameetri (3), injektori (4) ja siseneb vee kontaktmahutisse (5). Esmalt puurkaevu vesi aereeritakse injektori abil - imetakse sisse õhk, mis seguneb veega, edasi suunatakse vesi kontaktmahutisse. Gaaside (väävelvesinik, süsinikdioksiid, radioaktiivne radoon) eraldumine toimub kontaktmahutis mööda seina alla voolates. Kontaktmahutit läbinud vesi voolab pilootfiltrisse (6), läbides selle filtri keha. Filtreerunud vesi väljub filtri põhjas asetseva pilumütsi kaudu ja läbib veekulu regulaatorventiili (8) rotameetrisse (7), mis on ühendatud veemahutiga (12). Teise astme filter (15) võetakse kasutusele kui esimese astme filter ei taga piisavat soovitud puhastusefektiivsust ning filtermaterjal valitakse vastavalt vajadusele.

Injektori abil vette viidud õhuhapniku toimel oksüdeerub vees lahustunud raud, oksüdatsiooniprotsessi võib kirjeldada alljärgnevalt:



Tekkinud raudhüdrokksiidi flokid akumulēruvad filtermaterjalile ning seovad endaga ka teisi vees leiduvaid ühendeid. Setted ummistavad filtri, mistõttu suureneb filtris rõhukadu. Setete väljapesemiseks kasutatakse filtrite uhtumist. Filtri uhtumist teostatakse filtreeritud veega puhta vee mahutist (12) uhteveepumba (16) abil. Uhtevee kulu mõõtmine toimub rotameetriga (9) ja kulu reguleerimine kas ventiiliga (10-4) või uhteveepumba (16) voolusageduse reguleerimise abil.

Filtrit läbinud veehulk peaks vastama sissevoolava vee hulgale. Filtri normaalseks tööks reguleeritakse filtril asuvat nivood ette antud piirides filtrist vee väljavoolu ventiiliga (8), millel paikneb elektriline ajam. El. ajamiga ventiili asendit juhib filtri pinnal asetsev elektrood rele (11). See toimib alljärgnevalt: filtril asuva vee nivoo tõusmisel avatakse filtrist väljavoolu torul asuva ventiili klapi asendit ning vastupidi - vee nivoo alanemisel etteantud piiridest alla poole, veeväljavoolu ventiili suletakse osaliselt el. ajami (8) abil.

Joonis 5. Narva-Jõesuu pilootseadme tehnoloogiline skeem.

Pilootseadme tehnilis-tehnoloogilised näitajad

Mõõtmed:

D = 160 mm; F = 2 dm²; H = 3100 mm

Pilootfiltri tootlikkus:

Filtreerimise kiirusel $v = 8 \text{ m/h}$, $Q = 160 \text{ l/h} = 2,6 \text{ l/min}$

Filtreerimise kiirusel $v = 10 \text{ m/h}$, $Q = 200 \text{ l/h} = 3,3 \text{ l/min}$

Filtri täitematerjalid:

Filtrimaterjal Everzit® N d = 0,8 – 1,6 mm; h = 1000 mm (esimene etapp)

Everzit® Spezial PLUS, d = 0,6 – 2,0 mm; h = 1000 mm (teine etapp)

Filtriliiv, d = 0,7 – 1,26 mm; h = 600 mm

Filtri täitematerjalide läbipesu (uhtumine):

Filtri läbipesu vee kiirus: $v = 35 \text{ m/h}$; $Q = F \times v = 2 \text{ dm}^2 \times 350 \text{ dm} = 700 \text{ dm}^3/\text{h} = 11,6 \text{ dm}^3/\text{min}$. Uhtumine teostatakse 6 minuti vältel. Uhteveekulu ühele tsüklile $Q = 11,6 \times 6 = 69,6 \text{ l} \sim 70 \text{ l}$

1.2.3 Katsetulemused

Katsetused pilootfiltril teostati kahes etapis. Esimeses etapis (13.08 – 11.09) kasutati filtermaterjalina Everzit® N, teises etapis (11.09 – 15.10) Everzit® Spezial PLUS (tutvustused lisas). Esimese etapi keskel avastati, et pilootfiltri töö oli häiritud - pumpla ei töötanud öisel ajal, vaatamata sellele on esimese etapi katsetulemused lisatud. Teise etapi alguses tagati pumpla ööpäevaringne töötamine ning pikendati vee kontaktaega lisamahuti lisamisega. Katsetulemused on tabelites 10 ja 11.

Tabel 10. Esimese etapi katsetulemused

Kuupäev	Veeproov	Raud mg/l
01.09.08	Enne filtrit	0,20
	Filtrist väljuv	0,10
05.09.08	Enne filtrit	0,13
	Filtrist väljuv	0,11
09.09.08	Puurkaevust	0,17
	Enne filtrit	0,15
	Filtrist	0,15
	Filtrist väljuv	0,10

Tabel 11. Teise etapi katsetulemused

Kuupäev	Veeproov	pH	Värvus Pt-Co	Hägusus NHÜ	Raud mg/l	NH ₄ -N mg/l	Mn mg/l
29.09	Enne filtrit	7,65	6	2	0,1	0,04	0,006
	Filtrist väljuv	7,58	0	1	0,03	0	0,005
09.10	Enne filtrit	7,82	12	2	0,15	0,09	0
	Filtrist väljuv	7,57	5	1	0,07	0	0
13.10	Enne filtrit	7,72	32	6	0,11	-	-
	Filtrist väljuv	7,43	0	0	0,05	-	-
14.10	Enne filtrit	7,33	38	6	0,15	-	-
	Filtrist väljuv	7,35	2	0	0,03	-	-

13. oktoobril määrati piloodil hapniku sisaldused. Tulemused tabelis 12.

Tabel 12. Hapniku sisaldus pilootseadmes

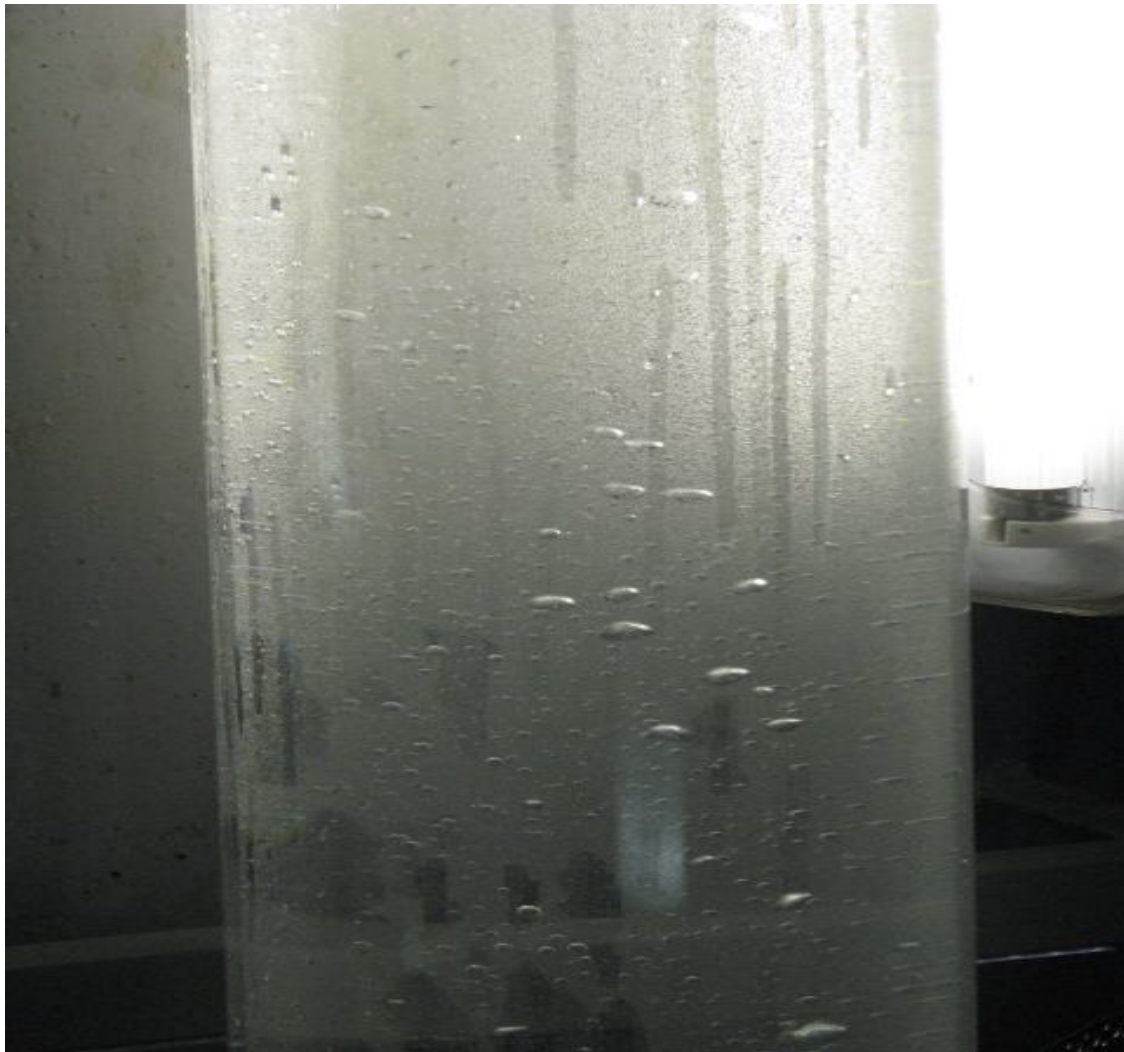
	Hapniku sisaldus, mg/l Kell 18.00	Hapniku sisaldus, mg/l Kell 19.00
Enne pilootseadet	1,5	1,3
Filtermaterjali sees	2,2	2,1
Pärast pilootseadet	4,7	5,0

Kuigi teise etapi tulemused on head (tänu ka stabiilsele režiimile), oli stabiilsusindeks pärast filtrit tõusnud -0,67 peale.

1.2.4 Lahustunud gaasid põhjavees

Lahustunud gaaside hulk põhjavees on kõrge, hinnanguliselt 5-7%. Pilootseadmel töötades teostati katse gaaside sisalduse illustreerimiseks põhjavees. Katse käigus lasti läbipaistval plastist torul täituda puurkaevu pumplas nr 1 põhjaveega. Läbipaistev toru sein võimaldas vaadelda gaaside aktiivset eraldumist veest. Katse kinnitas püstitatud hüpoteesi, et Narva-Jõesuu põhjavesi sisaldab suurel hulgal lahustunud gaase ning nende eraldamine enne vee trassi juhtimist on primaarne tagamaks vee kvaliteet trassis ja kliendi juures. Gaasiderikas põhjavesi trassis lõhub võrku, aitab kaasa korrosioonile ning „veab kaasa“ rauda. Pilt katsetusest on joonisel 6.

Joonis 6. Vee voolamisel torus on näha vees lahustunud gaaside eraldumine. Vesi võetud peale gaasieraldajat Pargi 3A pumplas.



1.2.5 Põhjavees lahustunud gaaside eraldamine GDT tehnoloogia rakendusel

Narva-Jõesuu põhjaveest tuleb eemaldada gaasid enne vee veevõrku andmist. Üks võimalikke efektiivseid meetodeid gaaside eraldamiseks on GDTTM (*Gas-Degas Treatment*) protsess, mis koosneb vett õhuga rikastavast injektorist ning sellele järgnevast gaaside separaatorist. Käideldava vee õhuga rikastamine toimub intensiivselt segavas ja kontaktpinda pidevalt uuendavas injektoris. Gaas eraldatakse veest tsentrifugaalseparaatoris.

1.2.6 Narva-Jõesuu põhjavee stabiilsus

Narva-Jõesuu puurkaevude vesi klassifitseerub kareduse järgi pehmeks veeks ning on agressiivne (stabiilsusindeksi väärtus on negatiivne: -0,33). Katsetused puurkaevuvee stabiilsuse tõstmiseks viidi läbi Tallinna Tehnikaülikooli keemiatehnika instituudis. Stabiilsuse tõstmiseks kasutati filtermaterjali Everzit® Carbonat (Juraperle), töötlemisjärgseks stabiilsusindeksiks saadi +0,12 ning pH muutus 8,19 pealt 8,44-ni. Professor Rein Munteri poolt antud stabiliseerimistöö on lisas.

1.2.7 Vee tarbimise hulk ja vajaliku veetöötlusvõimsuse hindamine

- Narva-Jõesuus on 23 juriidilise isiku üksust, kes tarbivad vett kuus 5600 m³.
- Narva-Jõesuus elab käesoleval ajal 3011 inimest.
- Maksimaalne pumbatud vee kogus on olnud 2008. aasta juulis – 34394 m³.
- Väiketarbijatele (elanikkond) pumbati vett koos vee võrgukaoga: 28794 m³/kuu. Arvestades vee võrgukaoga ~50%, on elanike veetarbivus 14397 m³/kuu. See teeb ühe elaniku kohta 159 l/d.

Vee tarbimine 159 l/d elaniku kohta on enam-vähem võrdne vabariigi keskmise veekuluga elaniku kohta ööpäevas.

Võttes arvesse, et lähiajal rekonstrueeritakse amortiseerunud veevõrk, mistõttu veekaod vähenevad 10-15%-ni (veekao vähenemise arvelt saame vett tarbijatele

juurde 100-150 m³/d), võib lähiajal arvestada üldiseks vee tarbimise hulgaks Narva-Jõesuus 50 m³/h.

Seega veetöötlusjaama optimaalseks võimsuseks võib arvestada $Q=60\text{m}^3/\text{h}$. Seejuures on vajalik võtta kasutusele puhta vee reservuaarid $2\times 250\text{ m}^3$, mis annab võimaluse puurkaevude toodangut ühtlustada ja kindlustada puhta joogiveega Narva-Jõesuu ka äkk-koormuste korral.

Vastavalt eksperthinnangule on Vendi Voronka veekiht Narva-Jõesuus ainuke magedat põhjavett andev veekiht: sügavam Gdovi veekiht on kõrge mineraalainete sisaldusega.

Arvestades eelpooltoodut, on vajalik teostada veetöötlust suure tootlikkusega puurkaevude piirkonnas. Konsulteerinud hüdroteoloogiga ning vastavalt tema ettepanekule tuleb puurida täiendav puurkaev puurkaevu nr 1 (kat nr 2079) lähisteles, et tagada veepuhastusjaama jaoks vajalik tootlikkus ühes piirkonnas. Seega varustaks veetöötlusjaama puurkaev nr 1 Pargi 3a, puurkaev nr 10 (2083), Raja 8 (150 m puurkaevust nr 1) ning uus puuritav puurkaev Pargi tänaval, kus asuks rajatav veetöötlusjaam.

1.2.8 Puhta vee reservuaaride kasutuselevõtt

Veetöötlusseadmed (filtersüsteem ja pöördosmoos) tagavad töökindluse stabiilse koormuse korral. Ühtlane koormus säästab ka seadmete suurust. Samuti on seadmete väljundil vajalik „0“ rõhk. Seetõttu on reservuaaride kasutuselevõtt vältimatu. Väidetut tõestavad joonistel 7 ja 8 toodud Narva-Jõesuu kahe puurkaevu pumpade töörežiimide graafikud – pumpade töö pole stabiilne ning selliste tööparameetrite korral ei saa tagada stabiilset koormust puhastusseadmetele. Pumpade töö tuleb optimeerida, tippkoormuste ajal toimub veevõrgu veega varustamine koormuseta (näiteks öine aeg) ajal puhastusseadmeid läbinud ning reservuaari täitnud veega. Olemasolevad puhta vee reservuaarid tuleb rekonstrueerida vastavalt tööle lisatud joonises (jooniste kaustas) toodud tehnilisele lahendusele.

Joonis 7. Puurkaevu nr. 1 töögraafik.

Joonis 8. Puurkaevu nr. 1 töögraafik.

2. Veetööstlustehnoloogia projektlahendus

2.1 Tehnoloogiline protsess ja vee kvaliteet

Veetööstlusjaama sisseseade on ettenähtud paigaldada olemasolevasse teise astme pumplasse Pargi 3a peale selle renoveerimist. Samaaegselt tuleb renoveerida pumplahoone kõrval asuvad puhtavee reservuaarid vastavalt joonisel näidatud eskiislahendusele.

Vee käitlemiseks on valitud täisautomaatne ja eksploatatsioonis väiksemaid kulutusi ning hooldust nõudev süsteem. Veeäritlustehnoloogia valikul on arvestatud olemasoleva põhjavee kvaliteedi näitajatega ja seadusandluses kehtestatud nõuetega (98/83/EC joogivee direktiiv, sotsiaalministri määrus nr 82). Lisaks, arvestades torustike võimalikku mõju vee kvaliteedi muutusele raua osas, on arvestatud maksimaalselt lubatud raua sisalduseks puhastatud vees 0,05 mg/l.

Seega võeti arvesse tööstlustehnoloogia väljatöötamisel järgnevate vee kvaliteedinäitajate saavutamist:

- veeslahustunud raua eemaldamine
- veeslahustunud gaaside eemaldamine
- vee negatiivset stabiilsuse indeksi muutmine positiivseks (aitab vältida korrosiooni teket torustikus)
- vee kõrge naatriumisisalduse vähendamine 2 korda
- vee kloriidide sisalduse vähendamine 2 korda

Veetööstluse tehnoloogia skeem on toodud eskiislahendusena käesoleva uuringu lisas (jooniste kaustas) kolmel joonisel. Järgmistes peatükkides käsitletakse üksikuid tehnoloogilisi sõlmi.

Puurkaevude vesi juhitakse aereerimis-degaseerimise seadmesse GDT, milles eraldatakse vees lahustunud gaasid ja rikastatakse vesi õhuhapnikuga. Seejärel suunatakse osa ($25 \text{ m}^3/\text{h}$) vett rauaeraldusfiltritesse, kus eraldatakse veest raud ja muud lisandid. Pärast filtrit juhitakse filtraat puhta vee reservuaaridesse ($2 \times 250 \text{ m}^3$). Teine osa töödeldavast veest ($2 \times 10 \text{ m}^3/\text{h}$), mis on läbinud aereerimis-

degaseerimissüsteemi suunatakse pöördosmoosi seadmetesse, mis eraldavad vees naatriumi ja kloriidi ioonid. Pöördosmoosi läbinud vesi suunatakse kolmandale filtrile. Vee desinfitseerimiseks on ette nähtud NaOCl-i lahuse doseerimissüsteem. Desinfektsiooniseade on ettenähtud ennetusmeetmena, kuna reostuse tõenäosus on väike (puurkaevu vesi on kaitstud veehorisondist, ventilatsiooniõhk on filtreeritud).

2.2 Veekäitlussüsteemis kasutatavate seadmete tehnilis-tehnoloogilised näitajad ja nende lühikirjeldus

2.2.1 Aereerimis-degaseerimissüsteem

Aeraator-degasaatoriks on valitud surve all töötav, minimaalseid hoolduskulusid nõudev seade. Uurimustöös on näiteks pakutud firma GDT Co poolt väljatootatud aeraator-degasaator seade, mis ei vaja õhustamiseks lisaenergiat, st kompressori olemasolu. Komplektne seade paigaldatakse seinale projekteeritud kõrgusele. Puurkaevuvesi juhitakse otse läbi injektori, kus vee suurel kiirusel hõrenduse tekkel, imetakse vette õhuhapnikku läbi õhufiltri. Separaatoris eraldatakse vees lahustumata jäänud hapnik ja vees olevad gaasid (süsihappegaas, väävelvesinik jt).

Tehnilised näitajad:

Tootlikkus $Q_{\text{vesi}} = 11,4 - 34 \text{ m}^3/\text{h}$

Maksimaalne lubatud rõhk $p = 551 \text{ kPa}$

Vajalik rõhk injektori ette vähemalt $p = 3,5 \text{ bar}$

Sobilik mudel näiteks GDT DS-200-WM (ette nähtud 2 tk)

2.2.2 Desinfektsioonisüsteem

Vee bakterioloogilise reostuse vältimiseks töötlemise käigus nähakse ette süsteemid:

- Aeratsiooniõhu tolmu- ja bakterioloogiline puhastamise süsteem. Kasutada vastavat spetsiaalset õhufiltrit.
- Joogivee mahuti õhu tolmu- ja bakterioloogiline puhastamise süsteem läbi spetsiaalse õhufiltri. Õhufilter, koos torustiku ja tagasivooluklappidega, asub vahetult vee kontaktmahutite vahekoridoris. Väljuv õhk suunatakse läbi seina välisatmosfääri.

- Võimalik on torustike, aeraatorite ja reservuaaride profülaktiline desinfitseerimine naatriumhüpokloriti (NaOCl) lahusega.

Desinfitseerimiseks on kemikaaliruumis ette nähtud (100 l) NaOCl-lahuse plastist mahuti koos dosaatorpumbaga. Mahuti paigaldada plastist kaitsevanni, et vältida lekke korral kemikaali laialivalgumine ruumi põrandale. Kemikaaliruumi seinale paigaldada esmaabivahendite kapp, avariidušš ja valamü koos elektriboileriga. Kemikaalilmahuti varustatakse tühjenduskraaniga ja nivooanduriga. Mahuti täitmine toimub käsitsi, vastavalt 30- liitrite kanistritega.

Naatriumhüpokloritit doseeritakse vastavalt vajadusele, vahetult joogivee mahutisse sisenevass torustikku. Vajadusel on võimalik desinfitseerida ka aeraatorseadet, doseerides lahust aeraatori pesemisvette.

Desinfitseerimisel tuleb arvestada:

1. Reservuaaride, sh joogivee mahuti, desinfektsioon toimub tavaliselt doosil 25 g/m³ aktiivkloori 24 tunni sees. Joogivee mahuti kasuliku mahuga V= 250 m³ desinfitseerimisele kuulub seega 6850 g aktiivkloori. Kasutades 15%-list NaOCl lahust, mille aktiivkloori sisaldus on ca 180 g/l, kulub umbes 35 liitrit. Enne kanaliseerimist tuleb desinfitseerimiseks kasutatud vesi lahjendada veega, kuna kanaliseeritavas vees ei tohi aktiivkloori sisaldus ületada 0,5 mg/l.
2. NaOCl-i vesilahus kaotab kiiresti aktiivsuse. Praktiline säilivusaeg on umbes 4 kuud. Aasta möödudes on kloori jääk raskesti määratav ning võib olla 4-6 % piires. Seega tuleb varu pidevalt uuendada, kusjuures vananenud kloorilahus tuleb neutraliseerida, sellesttulenevalt pole mõtet suurt varu hoida.
3. Kloori doseerimine veevõrku toimub vastavalt vooluhulgale ja etteantud doosiga. Kloori andmist kontrollib vastav aparatuur. Doos 0,3-0,5 mg/l. Orienteeruv 15% NaOCl vajadus ööpäevas, kui arvestada tootlikkust 1000 m³/d, oleks pideval kloreerimisel umbes 2,75 liitrit. Kemikaali 100 liitrisest mahust jätkub pideval doseerimisel 36 päevaks.

2.2.3 Filtratsioonisüsteem

Rauaeraldusfiltrid on valitud täisautomaatsed kiirfiltrid, mis võimaldavad efektiivselt suurkaevuveest eraldada eelkõige rauda. Rauaeraldusfilter peab tagama filtraadis üldraua sisalduse vähemalt 0,05 mg/l. Filter peab olema terasest epoksiidkattega, kuumgalvaniseeritud terasest või roostevaba terasest AISI304. Plastist filtreid ei ole soovitatav kasutada. Filter peab olema varustatud teenindusluukide, ühendustorustike ja automaatselt reguleeritavate siibrite süsteemiga tühjenduskraani ja niiskuse eraldajaga (vantuusiga).

Survefiltrid

Filtrite arv $N = 3$ komplekti.

Matejal: kuumgalvaniseeritud teras, AISI304 või teras koos email/inertol kattega.

Q filter: $3 \times 20 \text{ m}^3/\text{h}$

Filtreerimiskiiruse kiirus max: 10 m/h

Filtri läbimõõt min: $D = 1600 \text{ mm}$

Filtri pind: $S = 2,0 \text{ m}^2$

Esimese filtrikihina nähakse ette filtermaterjal Everzit® N ($d = 1,4\text{--}2,5 \text{ mm}$, $h = 500 \text{ mm}$).

Teise filtrikihina nähtakse ette filtermaterjal Everzit® Carbonate e Juraperle ($d = 2,0\text{--}3,0 \text{ mm}$, $h = 1500 \text{ mm}$, $h = 1500 \text{ mm}$).

Kolmanda kihina nähakse ette filtri kruusliiv ($d = 2\text{--}3,15 \text{ mm}$, $h = 300 \text{ mm}$)

Idealne oleks kasutada filtreid läbinud vett pöördosmoosi seadmete toiteveena. Veetöötlusseadme skeemis pole seda varianti näidatud, kuid seda on lihtne teostada. Vee stabiliseerimise eesmärgil kasutusele võetud Juraperle lahustub protsessis ning materjali tuleb aasta jooksul juurde lisada umbes 1400 kg st $\sim 1,0 \text{ m}^3$. Kogu Juraperle materjali maht on 9 m^3 . Filter on joonisel nr 9.

Filtri uhtesüsteem

Filtri uhtesüsteem on täisautomaatne, vastavalt valitud režiimile. Filtri uhtevesi võetakse joogivee reservuaarist. Uhteevee annab pesupump, vee kulu mõõdetakse induktsioonkulumõõturiga. Materjali kobestamiseks õhuga, enne vee uhtumist, on ette nähtud puhur. Täpse uhterežiimi ja vooluhulgad annab ette filtri tarnija firma.

Joonis 9. Rauaeraldusfilter nr. 1 ja nr. 2.

Orienteeruv pesutsükkel:

1) õhk 60 .. 90 m/h	kuni 2 min
2) vesi (25 .. 35 m/h) + õhk (60 .. 90 m/h)	4-5 min
3) vesi 25 .. 35 m/h	4-5 min

Pesemistsükli kontrollib automaatikaplokk, juhitakse vastavalt ette antud režiimile pneumeetilise ajamitega ventiilide kaudu. Pesuveed filtrist juhitakse spetsiaalse põrandatrapi kaudu väliskanaliseerimisele.

Pesupumba tootlikkus on umbes 70 m³/h. Töörõhk 0,82 bar. Uhtepump on varustatud sagedusmuunduriga. Puhuri toodang on 3,0 m³/min. Töörõhk 0,5 bar.

Filter läheb uhtuma kui:

- etteantud töötundide arv on täis
- vasturõhk on üle 1,5 mvs
- filtreeritud on piirmääraga antud kogus vett

Filtri filtreerimise kiirus

Filtri filtreerimise kiirus (toodang) peab olema nende tööajal omavahel võrdne, et tagada optimaalne tulemus vee puhastamisel, seetõttu on automaatikaskeemi sissearvutatud filtri keha rõhukadu. Uhtumise teostada ajagraafiku või etteantud rõhukao järgi.

2.2.4 Pöördosmoos

Pöördosmoosi protsess põhineb vees lahustunud soolade, raskemetallide ning lahustunud orgaanilise aine kõrvaldamises. Narva-Jõesuu põhjavees on kõrge naatriumi iooni kontsentratsioon (196-208 mg/l), mis on piirnormi lähedane või üle selle. Pöördosmoosi tööpõhimõte on filtreerimises läbi poolläbilaskva membraani, kusjuures filtratsiooni rõhk peab ületama nn osmootse rõhu. Membraan peab kinni soolamolekule aga puhastatud vesi läbib membraani ja juhitakse töödeldud vee reservuaari. Vesi jaotatakse madala kuivjäägiga permeaadiks ja kõrge soolsusega kontsentratsiooniks, viimane juhitakse kanalisatsiooni. Väikese soolasisaldusega

permeaat juhitakse eraldi toru abil töödeldud vee mahutisse. Pöördosmoosisüsteemist väljuv vesi on praktiliselt rõhuvaba.

Pöördosmoosi ühe seadme võimsus on 10 m³/h, seadmeid on kaks (2×10 m³/h). Automaatikakontroller võimaldab perioodiliselt teostada membraanide pesu ning juhtida pöördosmoosisüsteemi kõrgsurvepumba lülitusi. Pöördosmoosisüsteem koosneb juhtautomaatikast, kõrgsurvepumbast, membraanidest ja kõrgsurvetorudest mille sisse on asetatud membraanid. Pöördosmoosiseade on monteeritud roostevabast terasest AISI304 raamile.

Seadme konstruktsioon

Tugiraam on roostevabast terasest. Eelfilter on 5 µm filtrielemendiga, kõrgsurvepump mürasummutiga, mitmeastmeline tsentrifugaalpump, madalsurvealine membraanimoodul energiasäästlike PA/PS-komposiitmembraanidega ja GFK-survetorudega.

Toruarmatuur, sh proovivõtukraanid toiteveele ning pöördosmoosi permeaadile (igale survetorule), sisendventiil, roostevabast terasest ventiilid permeaadi, kontsentraadi ja kontsentraaditagastuse vooluhulkade reguleerimiseks.

Mõõte- ja kontrollseadmed, sh manomeetrid eelfiltri sisend- ja väljundrõhu, pumba surve, tööõhu ja kontsentraadi rõhu mõõtmiseks, rõhulüliti toitevee surve kontrolliks.

Vooluhulgamõõturid permeaadile, kontsentraadile ja kontsentraaditagastusele.

Juhtivuse mõõturid permeaadile, temperatuurikompensaatoriga, mõõtepiirkond 2-200 µS/cm.

Ühenduskomplekt manuaalseks puhastussüsteemiks ja kontsentraadi loputuse seadistamiseks.

Juhtkilp

Mikroprotsessoriga juhtimissüsteem RO 1000 seadme täisautomaatseks kontrolliks ja juhtimiseks. Lisaühenduste võimalused : sisendid tasemekontrollerile, karedusmõõturile, välissignaale kaudu väljalülitamine; väljundid pehmendile, magnetventiilidele kontsentraadi loputuseks, permeaadi juhtimiseks vms.

Programmeerimisvõimalused:

- Permeaadi kõrvalejuhtmine sõltuvalt juhtivusest koos ajalimiidiga
- Permeaadi kõrvalejuhtmine sõltuvalt ajast
- Väljalülitamine juhtivusnäitajate ületamisel
- Veateadete fikseerimine
- Tööfunktsioonid parooli kasutades
- Rõhu tõttu väljalülitamine 0-99 Sek.
- Juhtivuse piirmäära viivitus 0-99 Min.
- Pesu intervall, kui mahuti on täis 0-99 Std.
- Pesuaeg, kui mahuti on täis 0-99 Min.
- Kontsentraadi ärajuhtimisaeg 0-99 Min.
- Kontsentraadi loputusaeg 0-99 Min.
- Permeaadi kõrvalejuhtimisaeg, sõltuvalt juhtivusest 1-99 Min.
- Pumbalülituse viivitus 0-9,9 Sek.

Tehnilised andmed UO 10000 AS:

Permeaadi kogus	10.000 l/h
Min. soolaeralduse määr	97 %
Väljundi kogus algsest kogusest	75 %
Töörõhk	12 bar
Membranelemendi tüüp / Arv	8040 / 9
Elektriühendus	3 x 400 V/50 Hz
Elektrivõimsus	11 kW
Kaitse	25 A
Toitevee ühendus	DN 50

Permeaadi/Kontsentraadi ühendus DN 50 / DN 32

Puhastusühendus R ½"

Juhtivuse mõõtur 2-200 µS/cm

Toitevee rõhk min./max. 2/6 bar

Toitevee temperatuur min./max. 5/35°C

Töökeskonna temperatuur max. 40°C

pH 3-11

Kõrgus 1.900 mm

Laius 3.900 mm

Sügavus 800 mm

Kaal ca. 900 kg

Pöördosmoosi pilt on toodud joonisel 10, skeem joonisel 11.

Joonis 10. Pöördosmoosiseade.



Joonis 11. Pöördosmoosiseadme skeem.

Kokkuvõte

Narva-Jõesuu saab oma tarbevee Voronka veekihi, mille varu on kinnitatud 2500 m³/d, millest kasutatakse ära umbes 1000 m³/d. Seejuures võrgu kadudeks kulub 50-60% veevõrku antavast veest. Olemasoleva joogivee kvaliteet on halb, mis on põhjustanud elanikkonna rahulolematust.

Eeluuringu käigus selgitati välja need põhjused, mis tingivad vee halva kvaliteedi ning pilootseadme abil töötati välja veetöötuse tehnoloogia vee kvaliteedi näitajate tõstmiseks, mille alusel tuleb ehitada veetöötusjaam.

Veetöötusjaam tagab järgnevate näitajate paranemise:

- veeslahustunud raua vastavus täielikult standardi nõuetele
- veeslahustunud gaaside eemaldumine
- vee negatiivset stabiilsuse indeksi muutmine positiivseks, mis tagab veevõrgus korrosiooni lakkamise
- vee kõrge naatriumisisalduse vähenemine 2 korda, vastates täielikult nõuetele
- vee kloriidide sisalduse vähendamine 2 korda, vastates täielikult nõuetele

Vastavalt orienteeruval eelkalkulatsioonile maksab Narva-Jõesuu veetöötusjaama ehitus koos täiendava puurkaevu ehitusega 6,6 miljonit eesti krooni (eelarve lisas). Linna antav arvatav veehulk on 135000 m³/a. Kui kulutused 6,6 miljonit eesti krooni arvestada 6 aasta peale, tuleks igal aastal maksta tagasi laenu ~1 miljon krooni ehk ühe kuupmeetri vee kohta 7,4 EEK.

Kindlasti on vajalik rekonstrueerida veevõrk, mis on tugevalt amortiseerunud. Veevõrgu rekonstrueerimise orienteeruv maksumus on 15 – 20 miljonit krooni.

LISAD

LISA I Filtermaterjalide spetsifikatsioonid

LISA II Narva-Jõesuu veetöötlusjaama eelarve

LISA III prof. Rein Munteri ekspertarvamus

TÄNUD

Antud töö teostamisele aitasid kaasa:

AS Narva Vesi spetsialistid ja labor

AS Viimsi Vesi

Tallinna Tehnikaülikool, keemiatehnika instituut

AS Sweco Projekt

OÜ ELVI-Aqua

AS Kemivesi

OÜ Vee-ekspert

AS Schöttli Keskkonnatehnika

AS Tallinna Vesi Laborid

Kiirguskeskus