

VEEVARUSTUSE JA-KÄITLUSE ALTERNATIIVID

Jaagarahu-Jaani veekihi vettandvaks kivimiks on dolomiit. Devoni setete levikualal ühineb Jaagarahu-Jaani veekiht Pärnu veekihiga. Kuna Jaagarahu-Jaani ja Adavere-Raikküla veekihti eraldavat vahekihti (domeriit, savikas dolomiit, metabentoniit, mergel) läbivad tektoonilised rikked ja lõhed, siis kihi veepidavus ei ole absoluutne ega pidev. Veekihi tusedus ulatub kuni 33 meetrini. Filtratsiooni koefitsient oleneb kivimite lõhelisusest ja võib ulatuda kuni 26 m/ööpäevas (sagedamini 4-8 m/ööpäevas).

Puurkaevu deebit muutub 1,3-22 l/s, veetaseme alandusel 6-26 m. Keemiliselt on põhjavesi valdavalt madala või keskmise mineraalsusega (0,3-0,6 g/l). Põhjavees kohati esinev lämmastikühendite kõrgendatud sisaldus võib olla erijuhul seotud mõningate geokeemiliste mõjudega, kuid üldjuhul on see ikkagi vee reostuse indikaatoriks.

Fluori suur sisaldus on seotud geoloogilise läbilõike geokeemiliste tingimustega, mida ei ole seni piisavalt uuritud. Kõik senised geokeemilised uuringud kinnitavad, et fluori suur sisaldus on tingitud Jaani ja Adavere lademe merglist, metabentoniidist ja savikast dolomiidist fluori leostumise tagajärjel. Kuid kahjuks avavad kõik tarbekaevud nii Adavere-Raikküla kui ka Jaagarahu-Jaani veekihi, mistõttu neist veekihtidest ei ole võimalik võtta eraldi veeproove.

Sellest lähtuvalt on vaadeldud uue kaevu rajamist ja võrreldud alternatiive

Alternatiiv A: uus puurkaev puuritakse Siluri veekompleksi Jaagarahu-Jaani veehorisondini sügavuseni alla 40 m. Kuna selles veehorisondis võib esineda rauaprobleeme, on vajalik paigaldada rauaärastussüsteem;

Alternatiiv B: uus puurkaev puuritakse Siluri veehorisondi Jaagarahu-Jaani veehorisondini, kuid ca 65-75 m sügavusele. Kuna selles veehorisondis on probleeme liigse fluori sisaldusega ja võib esineda ka rauaprobleeme, tuleb vee puhastamiseks kasutada membraantehnoloogiat.

Arvestades sellega, et Jaagarahu-Jaani veekiht võib devoni setete levikualal ühineda Pärnu veekihiga ning kihi veepidavus ei ole püsiv, on Pärnumaal probleeme liigse fluori/rauaühendite sisaldusega põhjavees. Seetõttu tuleks arvestada membraantehnoloogial põhinevate puhastusseadmetega joogivee kvaliteedinõuetele vastav vee tagamiseks elanikkonnale.

Lõplik seadmete valikuvariant selgub peale uue kaevu puurimist ning veeanalüüside tulemuste saamist.

Tehnohoone on mõlema alternatiivi korral üldjoontes sarnane, muutuda võivad mõõtmed.

Alternatiiv A: uus puurkaev puuritakse Siluri veekompleksi Jaagarahu-Jaani veehorisondi sügavuseni 38 m ja paigaldatakse rauaärastusseadmed.

Veetöötuse kirjeldus:

Veekäitluseks on valitud täisautomaatne ja eksploatatsioonis väiksemaid kulutusi ning hooldust nõudev süsteem. Veekäitluse tehnoloogia valiku aluseks on prognoositavalt raua eraldamine põhjaveest. Veekäitluse vajadus otsustatakse peale uue puurkaevu rajamist proovipumpamise järel võetud veeproovide analüüsitulemuste alusel. Eeldatav veekäitus põhineb aereerimisel-degaseerimisel, filtreerimisel ja desinfitseerimisel. Liigne süsihappegaas (CO_2) ja muud põhjaveega kaasa tulnud gaasid (nt. ka väävelvesinik ja radoon), eemaldatakse spetsiaalses aeraator-separaatoris. Samas rikastatakse vesi hapnikuga, et looduslikus vees lahustunud olekus olev kahevalentne raud viia üle kolmevalentseks mittelahustuvaks ühendiks, mis eemaldatakse filtrites.

Aereeritud vesi suunatakse vee kontaktmahutisse mahuga $V = 0,5 \text{ m}^3$, seejärel pumbatakse rauaeraldusfiltritele. Filtreeritud vesi suunatakse joogivee mahutitesse $V = 2 \times 10 \text{ m}^3$, sealt pumbatakse joogivesi veevõrku. Vahetult enne veemahuteid doseeritakse vajadusel NaOCl-lahust, et vett desinfitseerida. Puhastusseadme avarii korral on võimalik puurkaevu vett anda ka otse veemahutitesse või otse aleviku võrku.

Sukelpumba poolt pumbatud veekogus registreeritakse induksioonkulumõõtuuri poolt. Samuti registreeritakse filtreeritud ja võrku antava vee kogus. Vastavate andurite poolt registreeritakse ka rõhud.

Torustikele on paigaldatud vajalik armatuur (kuulkraanid, tagasilöögiklapid, rõhukaitseklapp). Samuti on ette nähtud proovivõtukraanid veetöötusseadme juures. Kontrollpumpamiseks ja veevõtuks on torustikul peale veemõõtjat ette nähtud kuulkraan koos kiirliiteotsikuga.

Aeraator peab võimaldama efektiivselt vett õhustada, et vähemalt lahustunud hapniku hulk vees oleks 15% rauasisaldusest. See on ka eeltingimuseks rauaeraldusfiltrite nõuetekohaseks töötamiseks. Aeratsioonisüsteem peab eraldama veega kaasakantud gaasid (näit süsihappegaas, radoon, väävelvesinik jms.). Näitena on välja pakutud täiskomplektne aeraator-degasaator GDT DS-100-WM või analoog. Aeraatori komplekti kuulub injektor, separaator ja vantuus.

Aereeritud vesi kogutakse vee kontaktmahutisse. Vee kontaktmahuti võib olla galvaniseeritud terasest vertikaalne mudel. Samuti võib mahuti valmistada ka PE-plastist või roostevaba terasest. Mahuti peab vastama joogivee kasutamissertifikaadile.

Mahuti on hermeetiline, varustatud hooldusluugiga, nivooanduriga, sisse-väljavoolu torudega. Tühjendamiseks on rõhutõstepumba imitorul eraldi kuulkraan. Õhu eraldamiseks ja vajadusel sisselaskmiseks on mahutil 2-süsteemne vantuus. Näitena võiks kasutada firma Schöttli Keskkonnatehnika mahutit, tüüp F-65S või analoog.

II astme pumpa: aereeritud vee pumpab läbi rauaeraldusfiltrite võrku rõhutõstepump (näiteks $Q = 2 \times 5 \text{ m}^3/\text{h}$; $H = 50 \text{ m}$, vertikaalse asetusega), millel on integreeritud sagedusmuundur. Rõhutõstepump töötab etteantud rõhu järgi võrgus.

Pumpade ja seadmete tehnilised näitajad tuleb enne tarnimist kontrollida ja arvutada lähtuvalt uute veetorustike projektidest.

Membraanhüdfoor on varustatud rõhuanduriga. Hüdfoor tuleb valida selliselt, et see võimaldab hoida pumba lülituste arvu lubatud piirides (mitte üle 20 lülituse tunnis). Õhu juurdepumpamiseks membraanhüdfoori, kasutatakse teisaldatavat kompressorit, mille lülitamine toimub käsitsi. Hüdfoori töösurve peab olema vähemalt 3-5 bar. Surve hoidmiseks on torustikul rõhukaitseklapp. Membraanhüdfooril on tühjenduskraan, mis võimaldab hüdfoori tühjendada hoone põrandatrappi.

Veest raua eraldamiseks on täisautomaatne rauaeraldusfiltrite paarissüsteem (duplex). Filtrid võimalikult efektiivse täidisega (BIRM, filtriliiv, kruus või FILTRASORB FMH). Filtrid peavad olema komplekteeritud ühendustorustikega, automaatklappide süsteemiga, rõhumõõtmise ja proovivõtukraanidega ning juhtimis-kontroll paneeliga. Filter läheb pesutsüklisse täisautomaatselt, uhtumiseks kasutatakse puurkaevu vett . Filtrid peavad võimaldama vee rauasisalduse viimise piirväärtuseni 0,05 mg/l.

Filterseadmesse sisenevat toorvett aereeritakse spetsiaalses kontaktmahutis enne filtrisse sisenemist. Aeratsiooniprotsessi käigus saavutatakse õhu ja vee efektiivne segunemine, mistõttu muudetakse lahustunud, kahevalentsed rauaioonid kolmevalentseteks oksiidideks ja hüdrosiidideks, mis on hästi filtreeritavad.

Oksüdatsiooni ja järgneva filtratsiooni efektiivsuse suurendamiseks kasutatakse filtrites erinevaid katalüütilisi filtrimaterjale.

Filtrites töödeldav vesi liigub filtripaakides ülevalt alla suunas läbides kihtidena asetunud filtrimaterjalid. Filtrite läbiuhtumine toimub vastupidises suunas. Mahutite olemasolu korral on mõistlik kasutada filtrite läbipesuks puhastatud vett. Filtrisüsteem on kemikaalivaba.

Filtri kasutamisel on võimalik saavutada raua- mangaani ja väävelvesiniku komponentide osas Eestis kehtivatele joogivee kvaliteedi nõuetele vastav joogivesi ning kõigele lisaks paranevad ka vee värvus, lõhn ja maitse.

Filtrimaterjali valiku puhul tuleks tähelepanu pöörata vee pH-le, mis peaks olema vahemikus 6,8-9,0. Samuti tuleb kontrollida, kas toorvees on olemas vajalik lahustunud hapnikusisaldus ning puudub väävelvesinik.

Juhuslikult veetöötlusruumi põrandale valguv vesi juhitakse põranda keskel oleva trapi kaudu väliskanaliseerimisele. Trappi juhitakse ka filtri uhteveed, vantuusidest kaasa kantud vesi. Põrandatrapp on tööstuslik, roostevaba terasest. Trapp peab olema varustatud vesilukuga.

Kanaliseerimine PVC-plasttorudest, läbimõõduga De 110 mm hoonest kuni kontrollkaevuni kanaliseerimistorustikul.

Tehnoloogiline skeem on toodud joonisel T-001 (alternatiiv A).

Tabel 1. Alternatiivi A peamised tegevused ja maksumus:

Alternatiiv	Tegevused	Maksumus (eur)	Märkused
Alternatiiv A	Uue puurkaevu rajamine sügavusega alla 40 m ja puhastusseadmete (rauaeralduse) paigaldamine	85 000	Maksumuse hetkeväärtus, käibemaksuta
	Veetöötlusjaama hoone ehitamine	25 000	
	Kinnistu haljastus ja heakord	1 500	
	Teenindustee- ja ala rajamine, sh võrkpiire ja lukustatavad tiibväravad	2 500	
	Elektri-ja automaatikatööd	1 500	
	Uuringud ja projekteerimine (10 %)	11 550	
	Ettenägematud kulud (10%)	11 550	
	Projekti juhtimine, järelevalve (5 %)	5 775	
KOKKU		144 375	

Märkus: Vee- ja kanalisatsioonitorustike tööd arvestatud torustike rajamise ja rekonstrueerimise osas

Alternatiiv B: uue puurkaevu rajamine Siluri veekompleksi Jaagarahu-Jaani veehorisondini sügavusele ca 65-75 m ja membraantehnoloogia (RO) kasutamine liigse fluori ning raua eraldamiseks.

Veekäitluse kirjeldus:

Kuna Siluri veekompleksi Jaagarahu-Jaani veehorisondis sügavusel ca 70 m on Taali küla piirkonnas liigselt fluori (üle 2,7 mg/l) ning esineb ka rauaprobleeme, on vee joogivee kvaliteedile vastavusse viimiseks vajalik paigaldada pöördosmoosi seadmed. Vee segamine Taali küla tingimustes pole võimalik, kuna selleks puuduvad vastavad rajatised (shveehaare) ning vaba maa nende püstitamiseks.

Pöördosmoosiga kõrvaldatakse veest fluoriide, kloriide, lahustunud orgaanilisi aineid, raskemetalle, radionukleide nagu näiteks radium ja uraan. Tööpõhimõte on filtreerimises läbi poolläbilaskva membraani, kusjuures filtratsioonirõhk peab ületama nn. osmoosse rõhu.

Tüüpilisemad kasutusvaldkonnad Eestis on asulate ja eratarbijate puhul kloriidide ning fluori eraldus ning kogusoolsuse vähendamine.

Näiteks Shöttli Keskkonnatehnika AS-i poolt pakutavad standard seadmed on valmistatud roostevabast terasest raamile. Seadme vajalik siserõhk tekitatakse kõrgsurvepumbaga ning läbi kõrgsurvetorudesse paigaldatud membraanide saavutatakse vajalik eraldusprotsess.

Veekäitlus hõlmab kõigepealt osaliselt vee pehendamist, mis on vajalik eelpuhastuseks membraanseadmele (kõrgenenud rauasisaldus, kaltsiumiühendid jm).

Veepihenduse lõplik vajalikkus selgub peale uue puurkaevu vee analüüsimist. Seejärel suunatakse pehmendatud vesi läbi pöördosmoosiseadme, kus eemaldatakse veest orgaanilised ja anorgaanilised ained, mis jäävad membraani pinnale, sealhulgas ka fluoriidid.

Kuna pöördosmoosi tulemusel saadakse ülipuhas vesi, mis pole joogikõlblik, segatakse see käitlemata puurkaevuveega. Käideldud ja käitlemata vee kokku- segamisel saadakse nõuetekohane joogivesi.

Segatud vesi kogutakse puhtavee mahutisse ning sealt pumpab rõhutõstepump vee tarbijatele. Puurkaevu pump töötab nivoo järgi veemahutis. Veehulk ja rõhk registreeritakse vastavate mõõteriistade poolt.

Rõhu hoidmiseks ja süsteemi stabiliseerimiseks on peale rõhutõstepumpa süsteemi ühendatud membraanhüdrofoor.

Membraanhüdrofoor valitakse selliselt, et see võimaldab antud pumba tootlikkuse juures hoida rõhku veevõrgus ning arvestab, et pumba sisse- ja väljalülitumine oleks optimaalne. Membraanhüdrofoori kasulik maht võiks olla $V=350$ liitrit, töösurve maksimaalselt 3.5 bar.

Sukelpumba tööd reguleeritakse rõhu järgi veetorus ja seda kontrollib nivooandur veemahutis. Rõhu mõõtmiseks on paigaldatud survetorule vastav rõhuandur ja visuaalseks jälgimiseks manomeeter.

Sukelpumba ja rõhutõstepumba poolt pumbatud veekogus registreeritakse induksioonkulumõõturite poolt. Survetorule on paigaldatud ka vajalik armatuur (kuulkraanid, tagasilöögiklapid, rõhukaitseklapp). Vajalik on paigaldada ka proovivõtukraanid enne ja peale veekäitlusseadmeid.

Kontrollpumpamiseks ja veevõtuks on peale veemõõtjat torustikul ette nähtud kuulkraan koos kiirliiteotsikuga.

Veepihendussüsteemist: see koosneb kahest filtrist, soolapaagist ja kontrollerist koos ühendustorustikega. Aja jooksul pehendusfiltri töövõime väheneb ning seetõttu on vajalik aeg-ajalt filtrit regenererida, kasutades selleks soola- lahust.

Regenererimiseks vajalik lahuse saamiseks lisatakse soolalahuse mahutisse spetsiaalseid soolatablette. Regenererimisprotsessi kulgu juhivad filtrite ühine kontroller. Kogu pehenduskompleks on täisautomaatne ja eksploatatsioonis tuleb vaid aeg-ajalt soolapaaki soolatablette lisada ja vajadusel filtrikontrolleri kella seadistada.

Soolalahuse paagile on ette nähtud nivooandur, mis annab teate soolalahuse nivoo kohta paagis. Filtri pesemisveed suunatakse pörandatrapi kaudu kanalisatsiooni välisvõrku. Vajalik rõhk enne veepehmenusseadet ~ 5 bar. Veepehmenusseade peab võimaldama alandada lähtevee karedust kuni 1° dH (Saksa).

Puhastatud vesi ehk permeaat, segatakse kokku käitlemata toorveega ühises veepaagis. Kontsentraat suunatakse pörandatrapi kaudu kanalisatsiooni. Permeaadi osakaal on ca 75 % töödeldavast veest, 25% kontsentraati ehk 0,5 m /h suunatakse pidevalt kanalisatsiooni.

Pöörosmoosseade on ette nähtud eelkõige kõrge fluoriididesisalduse viimiseks vähemalt alla piirväärtuse 1,5 mg/l, kuid ühtlasi eemaldatakse veest ka rauaühendid. Pöördosmoosseade peab olema täiskomplekte ja täisautomaatne, mida tuleb töövõtjal arvestada.

Pöördosmoosseadme komplekti kuulub:

- a) eelfilter
- b) sisendrõhu detektor
- c) kõrgrõhupump
- d) moodulid ja membraanid
- e) kontrollid (sisend- ja kõrgrõhu kontroll, membraanide loputuse juhtimine, automaatne
- f) väljalülitus)
- g) digitaalne elektri juhtivuse mõõtur
- h) roostevabaterasest kõrgsurvetorustikud ja armatuur
- i) permeaadi ja kontsentraadi vooluhulgamõõturid

Nõuded pöörosmoosi permeaadile (puhastatud vesi):

Soolade ärastus vähemalt 98-99 %

Fluoriididesisaldus vähemalt 1,4 mg/l või vähem.

Käideldud vesi (vahekorras ca 1,5 m /h ja käitlemata vesi ca 5 m /h), suunatakse ühisesse plastist veepaaki mahuga 10 m³. Veepaak peab olema hermeetiline, varustatud tühjenduskraaniga, ülevoolutoruga ja õhu ventileerimistorustikuga. Sissevoolutorustikul on magnetklapp, mis sõltuvalt veenivoole paagis annab vett paaki juurde.

Nivooandur paagis, registreerib nivoo ja annab alarm-signaali ületäitumise või tühjenemise korral. Tühjendus ja ülevool suunatakse pörandatrapi kaudu väliskanalisatsiooni. Õhuvahetus peab toimuma läbi õhufiltri.

Paagist pumpab rõhutõstepump vee küla võrku. Soovitatav on kasutada vähem ruumi nõudvat vertikaalasetusega rõhutõstepumpa.

Tehnoloogiline skeem on toodud joonistel T-002 (alternatiiv B).

Tabel 2. Alternatiivi B peamised tegevused ja maksumused:

Alternatiiv	Tegevused	Maksumus (eur)	Märkused
Alternatiiv B	Uue puurkaevu rajamine sügavusega kuni 80 m ja membraantehnoloogial põhinevate puhastusseadmete paigaldamine	140 000	
	Veetöötlusjaama hoone ehitamine	30 000	
	Kinnistu haljastus ja heakord	2 000	
	Teenindustee- ja ala rajamine, sh võrkpiire ja lukustatavad tiibväravad	2 500	
	Elektri-ja automaatikatööd	1 500	
	Uuringud ja projekteerimine (10 %)	17 600	
	Ettenägematud kulud (10%)	17 600	
	Projekti juhtimine, järelevalve (5%)	8 800	
KOKKU		220 000	

Märkus: vee-ja kanalisatsioonitorustike tööd arvestatud torustike rajamise ja rekonstrueerimise osas.

Alternatiivide võrdlemine

Alternatiivi valiku tegemisel on määravaks uue, rajatava puurkaevu vee kvaliteet, sest uue süsteemi rajamise eesmärgiks on joogivee kvaliteedinõuetele vastava vee tagamine kliendile.

Uue puurkaevu rajamisel selgub vee kvaliteet alles peale proovipumpamist ja veeanalüüside tegemist. Seetõttu tuleks arvestada halvema võimalusega, s.o. et toorvees võib esineda liigselt fluori.

Tabel 3. Alternatiivide võrdlemine

Alternatiiv A	Alternatiiv B	Märkused
Eelised:		
Rajatav puurkaev madalam		
Võrdluspuurkaevudes ei ole fluori probleemi		
Puhastusseade ainult raua eemaldamiseks		
Süsteemi rajamismaksumus odavam kui alternatiiv B puhul		
Opereerimiskulud väiksemad. RO tehnoloogia puhul energiatarve suhteliselt suur		
	Rajatava puurkaevu veekäitlustehnoloogia (pöördosmoos) tagab nii fluori kui rauaühendite eemaldamise	
	Sügav puurkaev ei ole reostustundlikus piirkonnas nii palju mõjutatav kui madalam	
	Kaevu eeldatav veeandvus hea	
Puudused:		
Põhjavee kaitstus pole tagatud		
Ainult rauaärastussüsteem ei taga vee stabiilset kvaliteeti		
Võib tekkida vajadus vee desinfitseerimise järele		
	Tehnoloogia keerukam	
	Energiakulu suurem	
	Pöördosmoosi seadme membraanid vajavad korrapärast hooldust	

Vaatamata sellele, et membraantehnoloogial põhinev veekäitlus on kallim, oleks see Pärnumaa põhjavee eripära arvestades, sobivam, kuna tagab nii rauaühendite kui fluori eemaldamise ja joogivee kvaliteedinõuetele vastava vee, hoides ära tekkida võivad ootamatused toorvee kvaliteedi muutumisel näiteks veevõtu suurenemisest (lähipiirkonnas samast veekihist) tingitud põhjaveekihtide segunemisel jms.

Mõlemad veekäitluse alternatiivid/tehnoloogiad vajavad regulaarselt, kvaliteetset hooldust vastavat kogemust omavalt firmalt (näit tellida väljastpoolt) või välja õpetatud personali poolt.