

samk



Satakunnan ammattikorkeakoulu
Satakunta University of Applied Sciences

AKI MÄKELÄ

RO- laitoksen huoltojen koordinaatio

ENERGIA- & YMPÄRISTÖTEKNIIKAN
TUTKINTO-OHJELMA 2024

TIIVISTELMÄ

Mäkelä, Aki: RO- laitoksen huoltojen koordinointi
Opinnäytetyö, AMK
Energia- ja ympäristötekniikka
Kesäkuu 2024
Sivumäärä: 31

Opinnäytetyön tarkoituksena oli luoda ennakkohuolto-ohjelma RO-laitteistolle, jonka tarkoitus on tehdä täyssuolapoistettua vettä voimalaitoksen tarpeisiin. Ennakkohuolto-ohjelman merkitys on turvata laitteiston käyttövarmuus. Työssä tarkasteltiin RO-laitoksen toimintaa ja vedenkäsittelyprosessia sekä tunnistettiin kriittiset komponentit, joiden vikaantuminen voi aiheuttaa merkittäviä häiriöitä tuotantoprosessiin.

Tutkimuksessa kerättiin tietoa RO-laitoksen toiminnasta, vedenkäsittelyprosessista ja kriittisistä komponenteista. Näiden tietojen perusteella laadittiin kattava ennakkohuolto-ohjelma, joka sisältää yksityiskohtaiset huolto-ohjeet ja aikataulut eri komponenteille. Ohjelmassa käsitellään myös huollon turvallisuuskäsitteitä ja vesianalyysien merkitystä laitteen kunnossapidossa.

Työn tuloksena syntyi käytännöllinen työkalu, joka auttaa varmistamaan RO-laitoksen häiriöttömän toiminnan ja pidentämään sen käyttöikää. Työ auttaa tulevaisuudessa laitoksen ylläpidossa ja tuo laitoksen käyttäjille lisää informaatiota laitoksesta sekä vedenkäsittelystä.

Avainsanat: RO-laitos, käänteisosmoosi, vedenkäsittely, ennakkohuolto, huolto-ohjelma

ABSTRACT

Mäkelä, Aki: Coordination of RO plant maintenance

Bachelor's thesis

Energy and Environmental Engineering

June 2024

Number of pages: 31

The purpose of this thesis was to create a preventive maintenance program for an RO plant designed to produce demineralized water for power plant needs. The significance of the preventive maintenance program is to ensure the operational reliability of the equipment. The thesis examined the operation of the RO plant and the water treatment process, and identified critical components whose failure could cause significant disruptions to the production process.

The study collected information on the operation of the RO plant, the water treatment process, and critical components. Based on this information, a comprehensive preventive maintenance program was prepared, including detailed maintenance instructions and schedules for different components. The program also addresses the safety aspects of maintenance and the importance of water analyses in equipment maintenance.

The result of the thesis is a practical tool that helps ensure the smooth operation of the RO plant and extends its service life. The thesis will assist in future plant maintenance and provide plant users with more information about the plant and water treatment.

Keywords: RO plant, reverse osmosis, water treatment, preventive maintenance, maintenance program

ALKUSANAT

Kiitokseni Pori Energialle ja erityisesti työn ohjaajalle Juho Silvastille opettavaisesta ohjauksesta vedenkäsittelyn maailmaan. Lisäksi haluan kiittää kaikkia porienenergialaisia, jotka ovat kanssani olleet mukana laitteiston huolloissa ja käytössä.

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	6
2 PROSESSIN KUVAUS	7
2.1 Kemiallisesti puhdistettu vesi.....	8
2.2 Täyssuolapoistettu vesi	9
2.3 Humussuodatus	10
2.4 Pussisuotimet	10
2.5 Pehmentimet	11
2.6 Käänteisosmoosi	12
2.7 Sähköinen ioninvaihto	13
2.8 Ioninvaihto	14
3 YRITYSESITTELY	15
4 ENNAKKOHUOLTO	16
4.1 Huollon turvallisuus	16
4.2 Vesianalysien tulkitseminen huollon ennakoinnissa	16
4.3 Veden epäpuhtauksien vaikutus ja kriittisten laitteiden vikaantumisen vaikutuksia.....	17
5 HUOLTO-OHJELMA.....	19
5.1.1 Pussisuotimet	19
5.1.2 Pehmennin	20
5.1.3 Paineenkorotuspumppu	22
5.1.4 Käänteisosmoosi	22
5.1.5 Sähköinen ioninvaihdin (EDI)	24
5.1.6 Ioninvaihto (MixBed)	25
5.2 Resurssitarpeet	26
6 JOHTOPÄÄTÖKSET	27
LÄHTEET.....	28
LIITE 1: TIIVISTELMÄ HUOLTO-OHJELMASTA.....	30

1 JOHDANTO

RO-laitos eli käänteisosmoosilaitos on keskeinen osa monia teollisia prosesseja, joissa tarvitaan erittäin puhdasta vettä. Laitoksen toiminta perustuu useisiin peräkkäisiin vaiheisiin, joissa vesi puhdistetaan epäpuhtauksista, kuten suoloista, mineraaleista ja orgaanisista yhdisteistä. Laitoksen luotettavuus ja tehokkuus ovat tärkeitä tuotannon jatkuvuuden kannalta, ja siksi säännöllinen huolto on välttämätöntä.

Huolto-ohjelman suunnittelu ja toteutus vaativat syvällistä ymmärrystä RO-prosessin eri vaiheista sekä veden epäpuhtauksien vaikutuksesta laitteen komponentteihin. Opinnäytetyössä tarkastellaan RO-laitoksen toimintaa ja vedenkäsittelyprosessia sekä tunnistetaan kriittiset komponentit, joiden vikaantuminen voi aiheuttaa merkittäviä häiriöitä tuotantoprosessiin. Työn tavoitteena on kehittää kattava ennakkohuolto-ohjelma, joka auttaa varmistamaan laitoksen häiriöttömän käyttövarmuuden.

2 PROSESSIN KUVAUS

Täyssuolapoistettu vesi on vettä, josta on poistettu kaikki liuenneet suolat ja mineraalit. Tämä erityisen puhdas vesi on välttämätöntä esimerkiksi voimalaitoksissa. Vedenkäsittelyprosessi on monivaiheinen ja vaatii monenlaisten laitteiden sekä menetelmien käyttöä, jotta saavutetaan vaadittu puhtausaste.

Prosessi alkaa raakaveden esikäsittelyllä, jossa vesi suodatetaan suurten hiukkasten ja roskien poistamiseksi. Esikäsittelyn jälkeen vesi johdetaan jatkokäsittelyyn, jossa vesi kemiallisesti käsitellään juomakelpoiseksi. Vesi menee tämän jälkeen tiheämpien suotimien läpi, jotka poistavat pienempiä hiukkasia ja sen jälkeen vesi pehmennetään, jolla saadaan poistettua tiettyjä suoloja. Seuraavaksi vesi menee käänteisosmoosiin, joka käyttää puoliläpäisevää kalvoa, mikä poistaa suurimman osan liuenneista suoloista, orgaanisista yhdisteistä ja bakteereista. Tämä vaihe on ratkaiseva, koska se vähentää veden kokonaismineraalipitoisuutta merkittävästi. Tämän jälkeen täyssuolapoistetun vedenkäsittelyssä on sähköinen ioninvaihdin (EDI, Electrodeionization). EDI yhdistää ioninvaihtohartsin ja sähkövirran käytön, mikä mahdollistaa ionien eli suolojen poistamisen. Tämä teknologia parantaa veden puhtautta entisestään ja on keskeinen erityisesti sovelluksissa, joissa tarvitaan erittäin korkeaa puhtausastetta. Lopuksi prosessissa on sekaioninvaihdin, joka varmistaa veden laadun poistamalla siitä vielä viimeisiäkin epäpuhtauksia.

Mittaukset ovat tärkeä osa vedenkäsittelyä, jotka varmistavat prosessin tehokkuuden ja veden laadun. Johtokyky on esimerkiksi keskeinen mittari, joka mittaa jäljellä olevien ionien määrää ja veden puhtautta. TOC-mittaukset arvioivat orgaanisten yhdisteiden määrää vedessä. Prosessin seuranta sisältää myös suodattimien ja kalvojen paine- ja virtausmäärien mittaamista. Seuraavissa kappaleissa kerron tarkemmin prosessin eri vaiheista ja niiden teoreettista tietoa.

2.1 Kemiallisesti puhdistettu vesi

Suolanpoistolaitokselle kemiallisesti puhdistettu vesi tulee STEP:in vesilaitok-
selta, joka sijaitsee Kaanaan teollisuusalueella. Kimmo Laakso esitteli minulle
vesilaitoksen toimintaa ja prosessia yksityiskohtaisesti ja avaan sitä seuraava-
vaksi vähän. Ensiksi vesi pumpataan rantavesipumppaamolta karkeiden seu-
lojen läpi, jottei suurimmat partikkelit päädy makeavesialtaaseen, josta vesi
jatkaa flotaatioon, ennen flotaatiota siihen syötetään klooria, joka estää biolo-
gisen kasvuston muodostumisen ja ferrisulfaattia, joka edes auttaa koagulaa-
tiota. Lipeää syötetään myös pH säätöä varten, joka pyritään asettamaan 4,8
tasolle. Flotaatio altaassa veteen syötetään dispersioilmaa, että flokkautunut
kuona-aine nousee pintaan, josta se huuhdotaan pois ja puhdas vesi poistuu
altaan pohjalta hiekkasuodatukseen. (Laakso, 2024.)



Kuva 1. Tyhjä flotaatio allas ja flotaatio allas, missä pintaan noussutta sak-
kaa.

Hiekkasuodatuksesta vesi jatkaa puhdasvesialtaisiin ja matkalla veteen syöte-
tään klooria tasolle 0,55 mg/l sekä lipeää pH säädön takia, joka halutaan n.
9,2 tasolle (Laakso, 2024).



Kuva 2. Hiekkasuodatin ja sen elvytys.

2.2 Täyssuolapoistettu vesi

Kun kemiallisesti puhdistettu vesi tulee suolanpoistolaitokselle se käy tietyt vaiheet läpi, ennen kuin siitä tulee täyssuolapoistettua vettä. Suolanpoistolla tarkoitetaan veteen liuenneiden mineraalien poistamista. Suolattoman veden puhtaus todetaan sen ominaisvastuksesta (Ohm) tai sähkönjohtavuuskyvystä (μS) ja eri menetelmillä päästään seuraaville tuloksille: erillisioninvaihdin 50–0,2 μS , sekaioninvaihdin 10–0,1 μS , käänteisosmoosi 200–5 μS , tislauk 30–3 μS . (Roos, ym., 1984.) Taulukossa 1 mainitaan täyssuolapoistetun veden arvoja, jotka täytyy täydyä, jotta vesi on tarpeeksi puhdasta.

Taulukko 1. Täyssuolapoistetun veden arvoja.

Muuttuja	Yksikkö	
Sähkönjohtavuus 25 °C lämpötilassa	μS/cm	<0,05
pH-arvo 25 °C lämpötilassa		n.7
Kokonaiskovuus (Ca + Mg)	mmol/l	<0,0005
Natrium ja kalium (Na • K)	mg/l	<0,02
Rauta (Fe)	mg/l	<0,02
Kupari (Cu)	mg/l	<0,003
Silikaatti (SiO ₂)	mg/l	<0,01
Orgaaniset aineet (TOC)	mg/l	<0,1
KMnO ₄	mg/l	< 3

2.3 Humussuodatus

Humus on luonnossa esiintyvä orgaaninen aine, joka voi aiheuttaa veden värjäytymistä, makuongelmia, heikentää veden laatua sekä likaa kalvot ja hartsit. Humussuodatin, joka käyttää hartsirakennetta, on suunniteltu sitomaan humusta hartsiin. Humussuodattimen ioninvaihtohartsi on tyypillisesti vahvasti emäksistä anioninvaihtohartsia, joka on regeneroitavissa. Hartsi toimii sitomalla negatiivisesti varautuneita humusaineita itseensä. Kun hartsi on kyllästynyt, se regeneroidaan suolaliuoksella, joka vapauttaa humusaineet hartsin pinnalta. (Levchuk, Marquez & Sillanpää, 2018, s.90–104.)

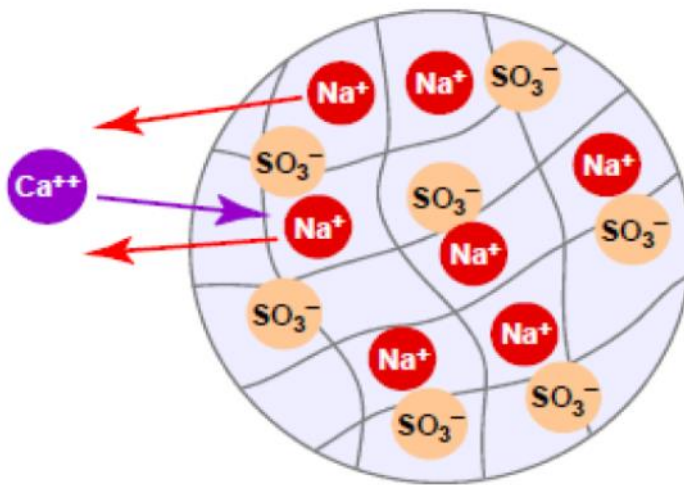
2.4 Pussisuotimet

Pussisuotimet koostuvat suodatinsäiliöstä, joka sisältää suodatinpussin. Pussit valmistetaan erilaisista materiaaleista, kuten polypropeenista, polyesteristä tai nailonista, riippuen sovelluksesta ja vaaditusta suodatusasteesta. Vesi johdetaan suodatinpussiin, jossa kiintoaineet kerääntyvät pussin pinnalle ja suodattuvat. Suodatettu vesi jatkaa eteenpäin järjestelmässä, kun taas kiintoaineet jäävät pussiin. Pussisuotimet voivat poistaa hyvin pieniä hiukkasia, ja niitä

on saatavilla eri suodatusasteilla, yleensä 1 mikronista 800 mikroniin. (Bag filter for mechanical filtration, 2024.) Suodatinpussit tulee vaihtaa säännöllisesti riippuen veden laadusta ja suodatusvaatimuksista. Tukkeutumisasteen seuranta on tärkeää optimaalisen toiminnan varmistamiseksi. (Everything you need to know about bag filter for water treatment, 2024.)

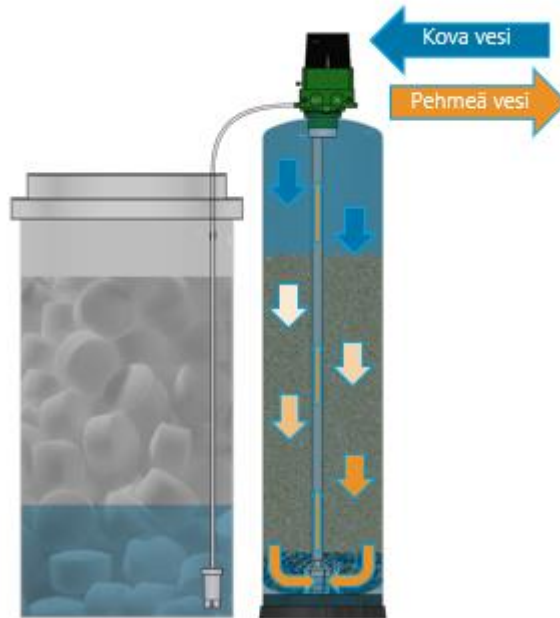
2.5 Pehmentimet

Veden pehmentäminen ioninvaihtohartsilla on prosessi, jossa veden kovuus vähennetään korvaamalla vedessä olevat kalsium- (Ca^{2+}) ja magnesiumionit (Mg^{2+}) natriumioneilla (Na^+). Ioninvaihtoharts on synteettinen polymeeri, joka on yleensä valmistettu polystyreenistä ja siihen liittyvistä monomeereistä. Hartsin sisältäviä monia pieniä helmiä (resiinipartikkeleita), jotka sisältävät aktiivisia ioninvaihtopaikkoja. Nämä paikat voivat sitoa ja vapauttaa tiettyjä ioneja. (Hyxo esite, 2022; Roos, ym., 1984.)



Kuva 3. Veden pehmentäminen tapahtuu, kun hartsin luovuttaa (Na^+) ja ottaa tilalle (Ca^{2+}) (Hyxo esite, 2022).

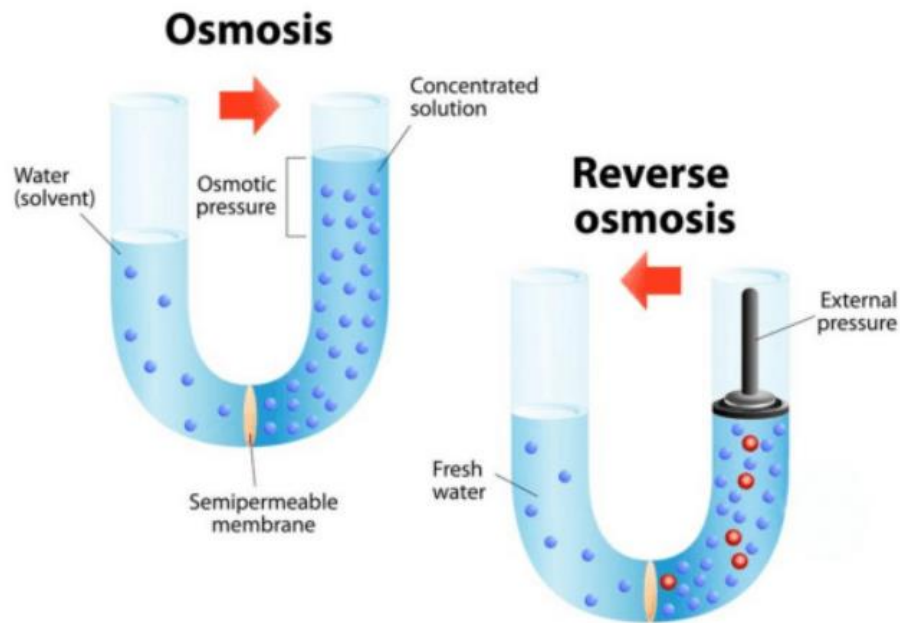
Kuvassa 4 näkyy pehmentimen rakennetta, jossa kova vesi paineella pakotetaan ioninvaihtohartsin läpi. Hartsin elvytys tapahtuu kylläisellä NaCl-liuoksella, jossa konsentraatio syrjäyttää kovuussuolat.



Kuva 4. Kuvassa suolasäiliö ja vedenpehmentin sekä kuinka vesi kiertää pehmentimessä (Hyxo esite, 2022).

2.6 Käänteisosmoosi

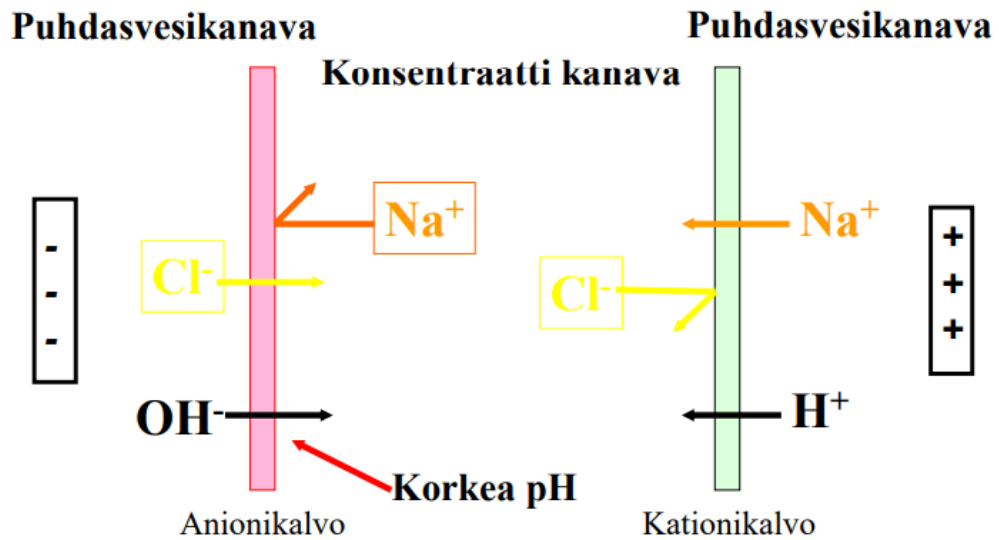
Käänteisosmoosi (RO, Reverse Osmosis) on vedenpuhdistustekniikka, jossa vesi johdetaan puoliläpäisevän kalvon läpi korkeassa paineessa. Prosessi perustuu siihen, että kalvo toimii esteenä määrätyille molekyyleille eikä laske näitä laimeaan liuokseen. Tämä menetelmä poistaa vedestä epäpuhtauksia, kuten suoloja, mineraaleja, bakteereja ja viruksia. Vesiliuos puhdistetaan ajamalla vesimolekyylit kalvon läpi, kun sitä vastoin mineraalimolekyyleillä väkevöitynyt vesi johdetaan viemäriin. (Roos, ym. 1984; REVERSE OSMOSIS (RO) FACT SHEET, 2019.)



Kuva 5. Kuvassa kuvailtu käänteisosmoosin periaate eli paineella pakotetaan vesi tiheän kalvon läpi (NEWater, 2021).

2.7 Sähköinen ioninvaihto

Sähköinen ioninvaihto (EDI) koostuu sarjasta kammioita, jotka on erotettu toisistaan ioniselektiivisillä kalvoilla. Kammioiden välillä on sähkökenttä, joka ohjaa positiivisesti varautuneet kationit ja negatiivisesti varautuneet anionit eri suuntiin. Ionit kulkeutuvat kalvojen läpi erityisiin konsentraattikammioihin, joista ne poistetaan järjestelmästä. Puhdas vesi kerätään erilliseen kammiioon. (Hyxo esite, 2022.)



Kuva 6. Kuvassa kuvailtu ionien liike EDI laitteistossa (Hyxo esite, 2022).

2.8 Ioninvaihto

Sekavaihdin prosessin lopussa on kationi- ja anionivaihtohartsien seos, joka poistaa mahdollisesti karanneet ionit $H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$ (Ojala, 2021). Tämä vaihe on tärkeä, vaikka vesi on jo todella puhdasta, sillä se varmistaa veden demineralisoitumisen. Sekavaihtimia käytetään laajalti teollisuudessa, kuten voimalaitoksissa.

3 YRITYSESITTELY

Tämä työ on tehty Pori Energia Oy:lle. Se on energia-alan yritys, joka tarjoaa palveluitaan sekä energiaa pääasiassa Satakunnan alueella. Sen liiketoiminta sisältää teollisuuden energiapalvelut, sähkönjakelun, tuulivoimapalveluja sekä kaukolämpö- ja viilennyspalvelut. Pori Energian konsernin palveluksessa vuonna 2023 työskenteli keskimäärin 191 työntekijää ja liikevaihto oli 135,5 miljoonaa euroa sekä liikevoitto 26 miljoonaa euroa. (Pori Energia, 2023.)

Porin prosessivoima Oy on Pohjolan Voima Oy:n tytäryhtiön ja sen omistuksessa on Kaanaan voimalaitos, jonka käytöstä ja kunnossapidosta vastaa Pori Energian henkilöstö (Pohjolan Voima Oy, n.d.). Voimalaitos, joka valmistui vuoden 2008 lopussa tuottaa energiaa Kaanaan ja Pihlavan alueen teollisuuden ja kaukolämpöä Pori energian verkkoon sekä sähköä. Kaanaan voimalaitos on kiertoleijupetikattilaa hyödyntävä ja käyttää pääasiassa biopolttoaineita, mutta sen monipuolisuus mahdollistaa käytettäväksi puuta, turvetta, hiiltä, kiertäyspolttoainetta (REF), öljyä ja LNG-kaasua.

4 ENNAKKOHUOLTO

Ennakkohuolto on kunnossapidon osa-alue, jossa pyritään ennakoimaan ja estämään laitteiden vikaantumista ja toimintakatkoksia säännöllisillä tarkastuksilla, joiden perusteella tehdään huoltoja ennakoivasti. Käytännössä ennakkohuolto sisältää säännölliset tarkastukset, kunnonvalvonnan, dokumentoinnin, henkilöstön koulutuksen sekä kunnossapito-ohjelmien hyödyntämisen. (Hyxo kunnossapitokoulutus, 2022.)

4.1 Huollon turvallisuus

Ennen kuin aloitat laitteiston huollon tai korjauksen, on tärkeää katkaista virransyöttö ja lukita paikallinen virtakytkin off-asentoon sekä sulkea veden tulo/meno venttiilit ja tehdä järjestelmästä paineeton. Huolto- ja korjaustöitä saa tehdä vain henkilöstö, joka tuntee laitteet ja niiden ominaisuudet.

Ennen kuin laitteisto otetaan uudelleen käyttöön, on tarkistettava, että kaikki työt on suoritettu oikein ja että kaikki työkalut, välineet ja ylimääräiset esineet on poistettu laitteista. (Hyxo kunnossapitokoulutus, 2022.)

4.2 Vesianalyysien tulkitseminen huollon ennakoinnissa

Vesianalyysien tulkitseminen huollon ennakoinnissa on keskeinen osa ennakoivaa kunnossapitoa erityisesti teollisuudessa ja muissa ympäristöissä, joissa vesi on keskeisessä roolissa prosessien ja laitteiden toiminnassa. Vesianalyysit voivat paljastaa tietoa esimerkiksi korroosiosta, saastumisesta, järjestelmän yleisestä kunnosta tai tarpeesta muuttaa veden käsittely prosessia. Tärkeitä parametrejä ovat esimerkiksi pH, johtokyky, sameus, hapen määrä, erilaiset ionipitoisuudet, KMnO₄-kulutus, joka mittaa veden orgaanisen aineksen määrää, kovuus, silikaatti. (Oravainen, 1999.)

4.3 Veden epäpuhtauksien vaikutus ja kriittisten laitteiden vikaantumisen vaikutuksia.

Veden laatu vaihtelee vuodenajan, veden lähteen ja vedenkäsittelyprosessien mukaan, joka pitää huomioida kunnonvalvonnassa ja käytössä. Eri vuoden aikojen välillä on suuret vaihtelut, kun vesimassat vaihtuvat ja lämpenevät/kylmenevät yms. Talvella lämmin vesi on pohjassa, kun taas kesällä pinnassa yms. Sekä syksyllä että keväällä veden laatu voi vaihdella merkittävästi. Silloin veden laatu voi heikentyä lisääntyneen orgaanisen aineksen sekä rauta- ja mangaanipitoisuuksien vuoksi. Pintavalunnalla on suuri merkitys juuri syksyllä suurien sade määrien takia ja keväällä sulamisvesien aikaan, kun ilmiö on aktiivisimmillaan. Talvella veden laatu on yleensä parempi kuin kesällä johtuen alhaisemmasta lämpötilasta ja vähäisemmästä biologisesta aktiivisuudesta. Kesällä leväkukinnat, haihtuminen ja rankkasateet voivat heikentää veden laatua. Nämä erot ovat vain muutamia havaintoja, mitä tapahtuu, mutta on tärkeä huomioida kaikki veden laadun vaihtelut vedenkäsittelyssä, sillä vedenkäsittelylaitosten on kyettävä käsittelemään erilaisia veden laatuja ympäri vuoden. (Ouyang, ym., 2006, s.3800–3810; Oravainen, 1999.)

Ongelmien havaitseminen ja korjaaminen on vaikeaa. Esimerkiksi jos pehmentimestä vuotaa kovuutta eteenpäin, voi se aiheuttaa kalkkikerrostumia RO-kalvoille. Tämä voidaan havaita mittaamalla veden kovuus pehmentimen jälkeen. Ongelma voidaan todennäköisesti korjata säätämällä pehmentimen suola-annostusta tai regenerointijaksoa. Kalkkikerrostumien, kovuussuolojen ja likaantumista aiheuttavien suolojen muodostumista voidaan hillitä myös kemiallisilla antiskalanteilla, joiden tarkoitus on lisätä aineiden liukoisuutta. Ne estävät kalsiumkarbonaatin muodostumista sitomalla kalsiumioneja, jolloin ne eivät pääse reagoimaan karbonaatti- tai bikarbonaatti-ionien kanssa. (Fritzmänn, ym. 2021, 4.1.).

Tukkeutunut pussisuodatin voi aiheuttaa painehäviötä ja heikentää veden virtausta. Vikaantunut suodatin voi myös päästää kiinteitä aineita läpi, mikä voi vahingoittaa seuraavia komponentteja. Suodatin on vaihdettava säännöllisesti valmistajan ohjeiden mukaisesti.

Paineenkorotuspumpun vikaantuminen voi estää veden virtauksen tai riittävän paineen tuoton, mikä on kriittistä käänteisosmoosikalvon toiminnalle. Riittämätön paine voi heikentää veden puhdistusprosessia ja johtaa alhaiseen tuotantoon tai järjestelmän pysähtymiseen.

Käänteisosmoosikalvon vaurio tai tukkeutuminen johtaa suodatuksen heikentymiseen, mikä aiheuttaa merkittäviä häiriöitä veden puhtaudessa. Tämä myös kuormittaa EDI-yksikköä ja sekaioninvaihdinta, mikä lisää koko järjestelmän riskiä vikaantua.

EDI-yksikön toimintahäiriö johtaa veden puhtauden heikkenemiseen. Tämä voi vaikuttaa lopputuotteen laatuun ja kuormittaa sekaioninvaihdinta, joka seuraa EDI-yksikköä.

Hartsin kyllästyminen tai regenerointiongelmat ovat ongelma, kun sekaioninvaihdin ei toimi oikein, se voi johtaa ionien pääsyyn loppuveteen, mikä heikentää veden laatua merkittävästi. Tämän komponentin toimintahäiriö vaikuttaa suoraan koko järjestelmän lopputuotteeseen

Veden laatu vaikuttaa merkittävästi vedenkäsittelylaitteiden toimintaan ja käyttöikänsä. Säännöllinen analysointi auttaa tunnistamaan mahdolliset ongelmat ajoissa. Ongelmien ennakointi, havaitseminen ja korjaaminen ovat tärkeitä veden laadun varmistamiseksi ja laitteiden käyttöikänsä pidentämiseksi.

5 HUOLTO-OHJELMA

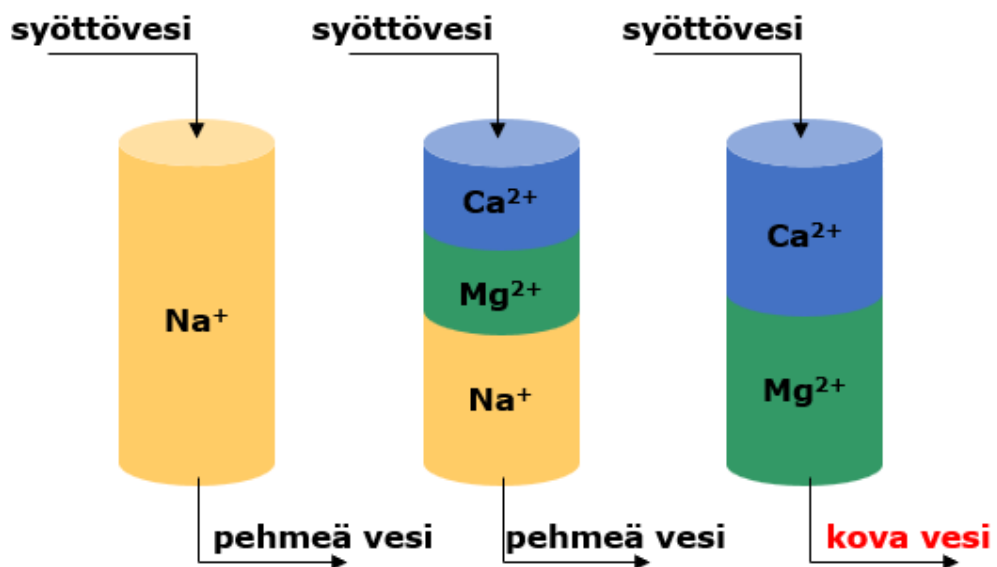
Tässä luvussa esitellään huoltojen aikataulut sekä tämän mukaiset huollot. Huolto-ohjelmassa ennakkohuollot on aikataulutettu kerätyn datan ja omien havaintojen sekä valmistajan ohjeiden mukaan, mutta kyse on vedenpuhdistuksesta niin aikataulu on vain suuntaa antava ja on tärkeää seurata muuttuvaa kenttää jatkuvasti, jotta vältytään vahingoilta tai isommilta ongelmilta. Liitteessä 1 on tiivistelmä huolto-ohjelmasta, mutta huoltojen tarkempi kuvaus löytyy työstä ja laitetoimittajan käyttöohjeista.

5.1.1 Pussisuotimet

Viikoittain: Tarkista pussisuodattimien paine-erot. Korkea paine-ero voi viitata tukkeutumiseen. Vaihda suodatinpussit tarpeen mukaan eli jos paine-ero yli 1 bar tai pussi on vaurioitunut tai niissä on näkyviä epäpuhtauksia. Ennen käänteisosmoosia olevat pussisuotimet eivät välttämättä ilmoita likaantumisestaan paine-erolla, koska vesi on niin puhdasta. Ne ovat silti hyvä tarkistaa, joka viikko ja vaihtaa tarvittaessa, jos ovat likaiset tai pussin pohjalle kertynyt pehmentimen hartsia, mikä viittaa pehmentimen tiiveyden heikkenemiseen, jolloin pehmentimen hartsi määrä on vähentynyt. Tarkistuksien yhteydessä tarkistetaan myös suotimenkannen o-renkaan kunto sekä suotimen sisäisensihdin kunto ja bakteeri kasvusto. Tarkista myös yleinen kunto vuotojen ja vikojen varalta. (Pussisuodattimet, 2000.)

5.1.2 Pehmennin

Valvo jatkuvasti veden kovuutta pehmentimen jälkeen varmistaaksesi, että pehennys toimii oikein. Pehmennetty vesi < 0.5 °dH. Suorita regenerointi, jos kovuus nousee. Hartsien elvytys tapahtuu automaattisesti ajojakson tultua täyteen. Ajojakso määritellään vesianalyysien perusteella, jotta pehmentimen kapasiteetti ei ehdy. Raakaveden kovuus määrittää ajojakson ja tästä on hyvä tehdä taulukko, jossa on kovuus suhteutettuna ajojakson pituuteen. (Hyxo esite, 2022).

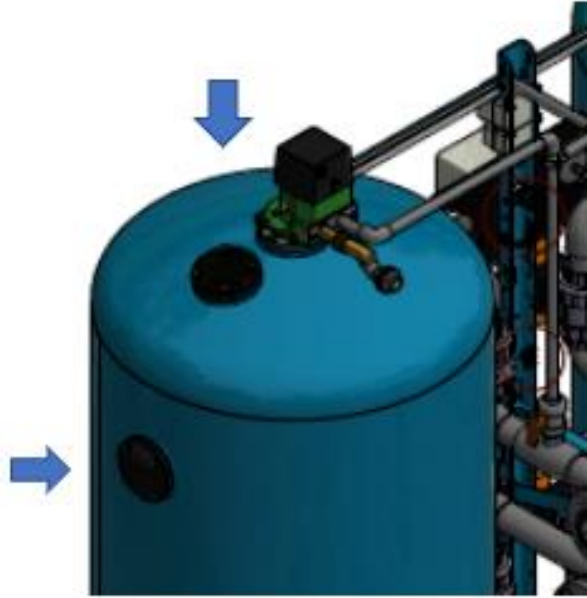


Kuva 7. Mineraalien kertyminen hartsiin, jolloin pehmentämis- kyky heikenee (Hyxo esite, 2022).

Elvytys tapahtuu normaalilla ruokasuolalla (kylläinen NaCl-liuos). Korkea NaCl konsentraatio syrjäyttää kovuussuolat hartsista. (Hyxo esite, 2022.)

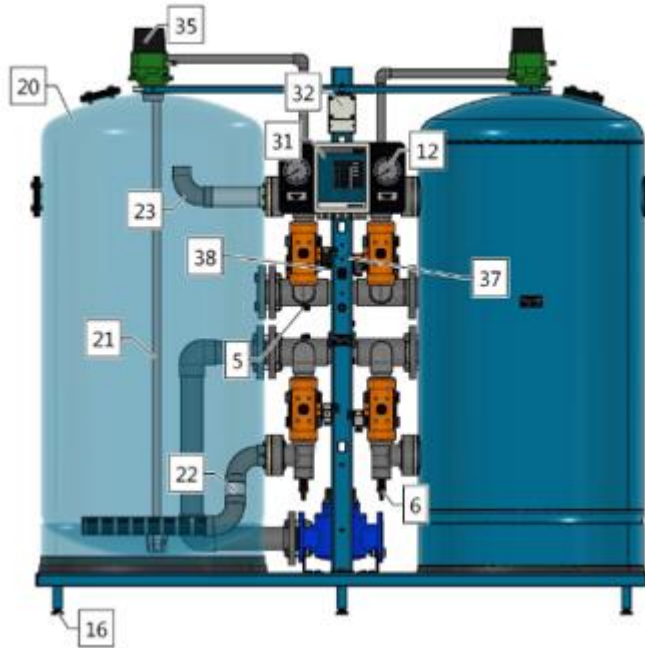
Viikoittain: Tarkista suolataso suolasäiliössä ja täytä tarvittaessa. On tärkeää täyttää suola ennen kuin suolaliuossäiliön nestetaso nousee suolan yläpuolelle. Suolataso on aina oltava yli suolatankin vähimmäisviivan. (Automaattinen vedenpehennin, 2015.) Tarkista pehmentimien sekä suolasäiliön yleinen kunto ja puhtaus vuotojen ja vikojen varalta. Tarkista myös onko paineet ja virtaukset normaalit. Vesianalyysien perusteella ajojakson pituus, jottei kovuutta pääse karkaamaan.

Vuosittain: Kun suolasäiliön pohjalle on kertynyt n.10 cm kerros liukenemattonta ainetta on säiliö tyhjennettävä ja puhdistettava vedenkulutuksesta riippuen. Hävitä jätteet ympäristömääräysten mukaisesti. Lisää säiliöön suolatabletteja, ei hienojakoista suolaa. (Hyxo esite, 2022.)



Kuva 8. Pehmenin kuvattuna ylhäältä (Hyxo esite, 2022).

Tarkista myös hartsin pinta/kunto nuolilla merkittyihin ylä- tai etulaipan kautta. Pinta tarkistetaan mitalla ylälaipan kautta. Onko hartsin pinnalle kertynyt kasvustoa tai onko siinä jotain muuta ylimääräistä. Pehmennysyksikön venttiilit tulee myös tarkastaa säännöllisesti. Laitoksen automaattisiin venttiileihin, viivisvaiheventtiiliin, ohjausventtiiliin, tuloventtiiliin ja poistovenntiiliin on tehtävä tarkistus, että ne toimivat ja niihin ei ole kertynyt kerrostumia, jotka voivat häiritä niiden toimintaa. (Automaattinen vedenpehmenin, 2015).



Kuva 9. Pehmentimen läpileikkäuskuva (Hyxo esite, 2022).

5.1.3 Paineenkorotuspumppu

Ennen RO-kalvoja on pumput, jotka ovat kriittinen osa laitteiston toimintaa. Pumppujen toiminta täytyy tarkistaa, kun laite on käytössä. Niiden yleisestä kunnosta pitää huomioida, onko vuotoja tai ylimääräisiä ääniä havaittavissa. Pumppujen tarkastuksiin sisällytetään säännölliset värinämittaukset muutosten seurannasta.

5.1.4 Käänteisosmoosi

Valvo veden laatua jatkuvasti kalvon jälkeen, jos mittaus ei käyttydy normaalisti tai veden laatu ei täytä laatu vaatimuksia. Jos vikaa ilmenee siihen, täytyy puuttua välittömästi. Alla mainittuna viikoittain, kuukausittain ja vuosittain tarvittavia huoltoja.

Viikoittain: Tarkista paine-ero kalvojen yli sekä rotametrien arvot ovatko ne normaalit sekä näyttääkö laitteiston yleisilme normaalilta. Kun paine-ero kasvaa 20 % tulee suorittaa puhdistus. (Käänteisosmoosilaite, 2002.)

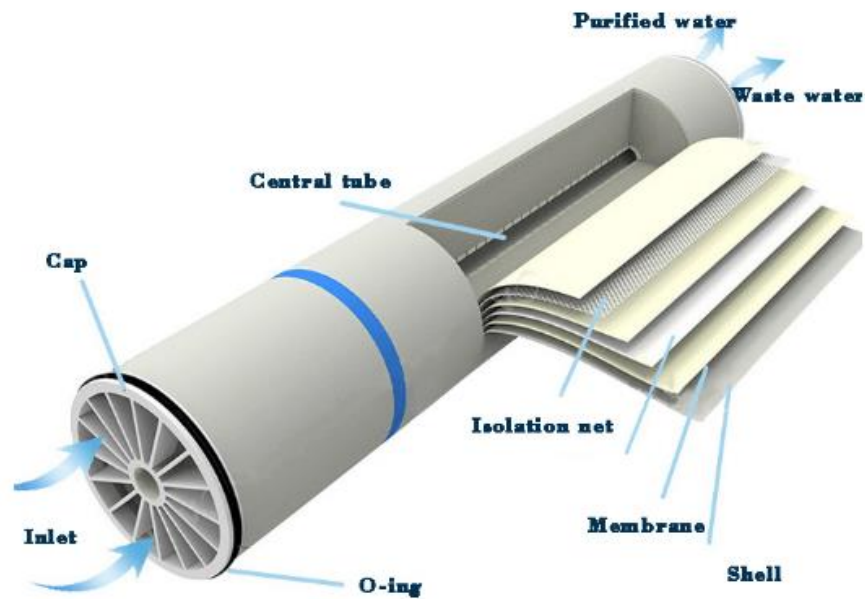
Kuukausittain: Suorita kemiallinen puhdistus kalvoille valmistajan ohjeiden mukaan, jos paine-ero on kasvanut liialliseksi tai suodatusteho on heikentynyt (Hyxo, 2022; Käänteisosmoosilaitte, 2002).

Vuosittain: Vaihda kalvot, jos kalvojen kemiallinen puhdistus ei enää auta. Kalvot sijaitsevat teräs putkissa, joista on hyvä tarkistaa kalvojen vaihdon yhteydessä putkien polyeteeni pinnoitus ja vaihtaa päätylaippojen tiivisteet uusiin. Desinfiointi suoritetaan, mikäli putkien tai laippojen pinnalla havaitaan orgaanista kerrostumaa, jotta mikro-organismien kasvu minimoidaan. (Hyxo, 2022; Käänteisosmoosilaitte, 2002.)

Lisähuomiona jos laitetta ei tulla käyttämään yli viikkoon kalvoille täytyy tehdä säilöntä tai sitten niitä täytyy aika-ajoin käyttää n.20 min. (Hyxo esite, 2022).



Kuva 10. Kuvassa on käänteisosmoosi laitteisto (Hyxo esite, 2022).

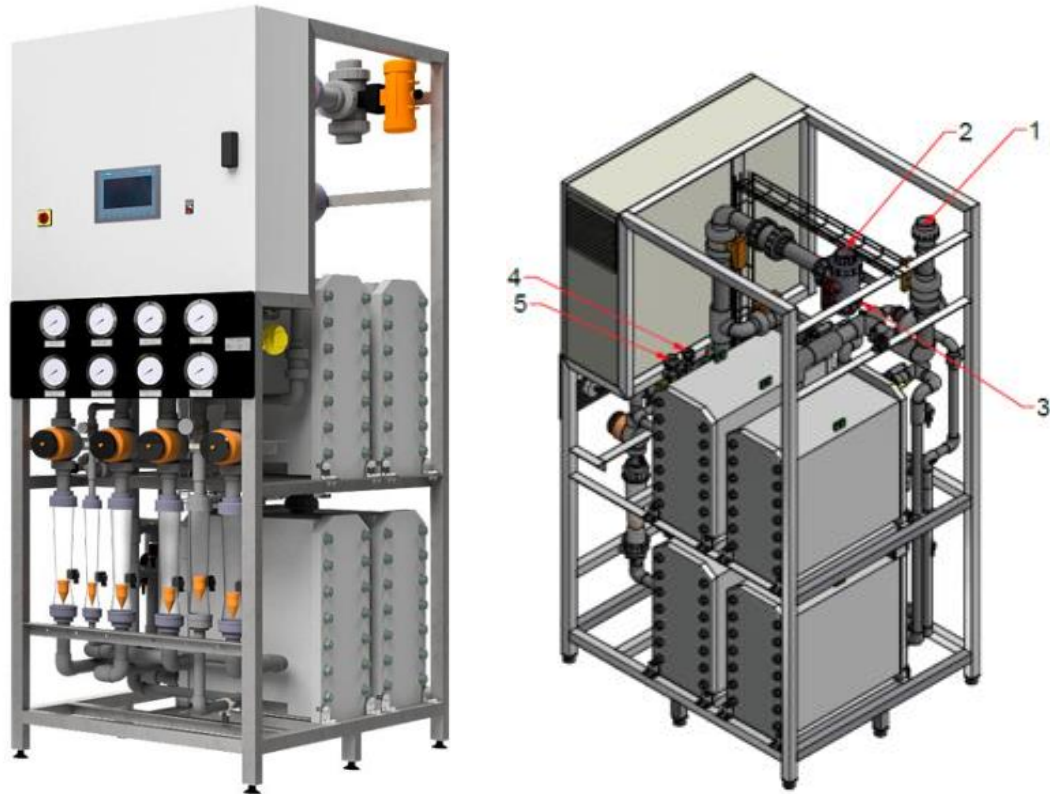


Kuva 11. Käänteisosmoosi kalvon läpileikkauskuva (NEWater, 2021).

5.1.5 Sähköinen ioninvaihdin (EDI)

Valvo jatkuvasti veden laatua ja varmista, että EDI-yksikön sähkönsyöttö toimii normaalisti. Jos käytön aikana EDI-järjestelmän toimintaparametrit - virtaus, painehäviö, jännite ja johtokyky – muuttuvat paljon on järjestelmä puhdistettava ammattilaisen toimesta. Virrankulutuksen trendiä täytyy seurata, koska likaantuminen tapahtuu pikkuhiljaa. Pesutiheys vaihtelee tyypillisesti yhdestä neljään kertaa vuodessa riippuen käyttötavasta ja veden laadusta paikan päällä. (EDI-järjestelmä, 2017.)

Viikoittain: Tarkista EDI-yksikön rotametrit ja paineet, että ne ovat normaalilla tasolla, koska valtaosa energiasta vapautuu lämpönä. Ajopäiväkirjaan täytetään havainnot, rotametrien lukemat ja paineet. (Hyxo, 2022.)



Kuva 12. EDI- yksikkö jossa on 4 ioninvaihtokennoa (Hyxo esite, 2022).

5.1.6 Ioninvaihto (MixBed)

Hartsin ehtymisen seurataan laskemalla järjestelmässä veden kulutusta, kun on saavutettu veden laskennallinen määrä, on aika vaihtaa hartsi. Lisäksi niin seurataan lähtevä johtokyky, ja jos se lähestyy ja ylittyy asetettua raja-arvoa, niin on aika vaihtaa hartsi. (Käyttöohje MixBed, 2018.)

Viikoittain: Tarkista säiliöiden venttiilit ja yleinen kunto. Tarkista mittauksien paikkansa pitävyys ja niiden muuttuminen eli paine-ero, johtokyky ja silikaattiarvo.



Kuva 13. Sekaioninvaihtimet, jotka ovat laitoksen viimeisimmät veden käsittelylaitteet (Käyttöohje MixBed, 2018).

5.2 Resurssitarpeet

Rutiinihuollot ovat tärkeitä laitteen optimaalisen toiminnan ja käyttöiän pidentämisen kannalta. Pussisuodattimen sekä suolasäiliön huollon pystyy tekemään henkilö, joka on perehdytetty aiheeseen. On kuitenkin suotavaa järjestää säännöllisiä koulutuksia koko laitteistosta, ja minkä takia kohteet tarvitsevat säännöllisiä huoltotoimenpiteitä. Muut huollot tarvitsevat syvempää tunte-
musta laitteesta ja menetelmistä sekä kemikaaleista, joita tarvitsee käyttää huolloissa.

Huolloista ja tarkastuksista täytyy pitää kirjanpitoa sekä havaittuihin vikoihin täytyy puuttua, jotta tuotteen laatu tai toimitus varmuus ei häiriinny. Muutokset ja epänormaalit löydöt on hyvä dokumentoida, että jatkossa niihin voi palata, jos ne aiheuttavat muutoksia laitteeseen.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Työni RO- laitoksen huoltojen koordinoinnista vastaa tavoitteita, jotka liittyvät ennakkohuoltoon ja vedenkäsittelyyn. Työ auttaa tulevaisuudessa laitoksen ylläpidossa ja tuo laitoksen käyttäjille lisää informaatiota laitoksesta sekä vedenkäsittelystä. Työssä saatiin koostettua hyvin tietoa vedenkäsittelystä ja vesianalyysien tärkeydestä sekä hyvä huoltoaikataulu laitteille, joka pitää sisällään huoltotoimenpiteet. Jatkotutkimukset, jotka liittyvät tarkempaan ja syvällisempään tutkimukseen laitoksen huoltamisesta on syytä tehdä laitetoimittajan kanssa.

Yhteenvetona voidaan todeta, että täyssiulapoistetun vedenkäsittely on monimutkainen mutta välttämätön prosessi, joka takaa puhtaan veden saatavuuden erilaisiin vaativiin käyttötarkoituksiin. Tämä saavutetaan monivaiheisella käsittelyllä, joka sisältää edistyneitä suodatusmenetelmiä ja tarkkaa laadunvalvontaa.

LÄHTEET

- Alshami, A., Taylor, T., Ismail, N., Buelke, C. & Schultz, L. (2021). Desalination. Elsevier B.V.
- Automaattinen vedenpehmenin. (2015). Eurowater. Ohje.
- Bag filter for mechanical filtration. (n.d.). Eurowater. Haettu osoitteesta 5.6.2024 <https://www.eurowater.com/en/water-treatment-plants/filtration/bag-filter>
- Basile, A., Cassano, A. & Rastogi, N. (edit). (2015). Advances in membrane technologies for water treatment: materials, processes and applications. Woodhead Publishing.
- Bergman, R. (2007). Reverse Osmosis and Nanofiltration. American Water Works Assoc.
- Burn, S. & Gray, S. (edit). (2016). Efficient desalination by reverse osmosis: a guide to RO practice. IWA Publishing.
- EDI-järjestelmä. (2017). Eurowater. Ohje.
- Everything you need to know about bag filter for water treatment. (n.d.). Brother Filtration. Haettu 5.6.2024 osoitteesta <https://www.brotherfiltration.com/everything-you-need-to-know-about-bag-filter-for-water-treatment/#:~:text=Bag%20filter%20water%20treatment%20is,pre%2Dfiltration%2C%20and%20more>.
- Fritzmann, C., Löwenberg, J., Wintgens, T. & Melin, T. (2007). State-of-the-art of reverse osmosis desalination. Institut für Verfahrenstechnik.
- HYXO. (2022). Kunnossapitokoulutus. Esite.
- HYXO. (2022). Lisävesilaitos 2022. Esite.
- Käyttöohje MixBed. (2018). Eurowater. Ohje.
- Käänteisosmoosilaite. (2002). Eurowater. Ohje.
- Laakso, K. (2024). STEP- vesilaitos. Haastattelu.
- Levchuk, I., Marquez, J. & Sillanpää, M. (2018). Chemosphere Removal of natural organic matter (NOM) from water by ion exchange. Elsevier Ltd.
- NEWater. (n.d.). 9-advantages-of-reverse-osmosis-system. Haettu 5.6.2024 osoitteesta <https://www.newater.com/9-advantages-of-reverse-osmosis-system/>
- Ojala, P. (2021). Voimalaitoksen vesikoulu Porin Energia. KL-Lämpö.

Oravainen, R. (1999). Vesistötulosten tulkita. KVVY. <https://kvvy.fi/wp-content/uploads/2015/10/opasvihkonen.pdf>

Ouyang, Y., Nkedi-Kizza, P., Wu, Q.T., Shinde, D. & Huang, C.H. (2006). Assessment of seasonal variations in surface water quality. Elsevier Ltd.

Pohjolan voima Oy. (n.d.). Porin prosessivoima, Pori. Haettu 21.3.2024 osoitteesta <https://www.pohjolanvoima.fi/voimalaitokset/porin-prosessivoima-pori/>

Pori Energia Oy. (14.3.2024). Tilinpäätös 2023. Noudettu osoitteesta <https://porienergia.sharepoint.com/sites/Pentti/SitePages/Pori-Energian-tilinp%C3%A4%C3%A4t%C3%B6s-2022---julkaisuvapaa-to-14.3.2024-klo-13-00.aspx?web=1>

Pussisuodattimet. (2000). Eurowater. Ohje.

Roos, K., Salmi, V., Raatikainen, R. & Tolvanen, J. (1984). VESIKIRJA. Insinööritoimisto Kaiko Oy.

Water Quality Association. (2019). REVERSE OSMOSIS (RO) FACT SHEET. https://wqa.org/wp-content/uploads/2022/09/2019_RO.pdf

LIITE 1: TIIVISTELMÄ HUOLTO-OHJELMASTA

Viikko:	Laite	Huolto
	Pussisuodattimet	Tarkista paine-erot, vaihda suodatinpussit tarpeen mukaan. Tarkistuksien yhteydessä tarkistetaan myös suotimenkannen o-renkaan kunto sekä suotimen sisäisen-sihdin kunto ja bakteeri kasvusto.
	Pehmennin	Tarkista suolataso suolasäiliössä ja täytä tarvittaessa. Tarkista pehmentimien sekä suolasäiliön yleinen kunto ja puhtaus vuotojen ja vikojen varalta. Tarkista myös onko paineet ja virtaukset normaalit. Vesi-analyysien perusteella ajojakson pituus, jottei kovuutta pääse karkaamaan.
	Paineenkorotuspumppu	Pumppujen toiminta täytyy tarkistaa, kun laite on käytössä ja niiden yleinen kunto onko vuotoja tai ylimääräisiä ääniä havaittavissa. Säännölliset moottorin/pumpun värinämittaukset muutosten seurannasta.
	RO	Tarkista paine-ero kalvojen yli sekä rotametrien arvot ovatko ne normaalit sekä näyttääkö laitteiston yleisilme normaalilta. Kun paine-ero kasvaa 20 % tulee suorittaa puhdistus.
	EDI	Tarkista EDI-yksikön rotametrit ja paineet, että ne ovat normaalilla tasolla. Ajopäiväkirjaan täytetään havainnot, rotametrien lukemat ja paineet.
	MixBed	Tarkista säiliöiden venttiilit ja yleinen kunto. Tarkista mittauksien paikkansa pitävyys ja niiden muuttuminen eli paine-ero, johtokyky ja silikaattiarvo.

Kuukausi:	Laite	Huolto
	RO	Suorita kemiallinen puhdistus kalvoille valmistajan ohjeiden mukaan, jos paine-ero on kasvanut liialliseksi tai suodatusteho on heikentynyt.
Vuosittain:	Laite	Huolto
	Pehmennin	Suolasäiliö on tyhjennettävä ja puhdistettava. Tarkista pehmentimen hartsin pinta/kunto. Pehmennysyksikön venttiilit tulee myös tarkastaa säännöllisesti. Laitoksen automaattisiin venttiileihin, viisivaiheventtiiliin, ohjausventtiiliin, tuloventtiiliin ja poistovenntiiliin on tehtävä tarkistus.
	RO	Vaihda kalvot, jos kalvojen kemiallinen puhdistus ei enää auta. Tarkista kalvojen vaihdon yhteydessä putkien polyeteeni pinnoitus ja vaihda päätylaippojen tiivisteet uusiin. Desinfiointi suoritetaan, mikäli putkien tai laippojen pinnalla havaitaan orgaanista kerrostumaa.
	EDI	Jos EDI-järjestelmän toimintaparametrit - virtaus, painehäviö, jännite ja johtokyky – ovat muuttuneet paljon on järjestelmä puhdistettava.
	MixBed	Jos on saavutettu veden laskennallinen määrä tai lähtevä johtokyky ylittää asetetun raja-arvon on aika vaihtaa hartsi.