

Jaana Pulkkinen

RIKKIVETYYPITOISUUKSIEN
HALLINTA JA OPTIMOINTI
Pyhtään siirtolinjalla

Opinnäytetyö
Ympäristötekniikan koulutusohjelma


Helmikuu 2014




MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU

Mikkeli University of Applied Sciences

KUVAILULEHTI

 <p>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences</p>	Opinnäytetyön päivämäärä				
Tekijä(t) Jaana Pulkkinen	Koulutusohjelma ja suuntautuminen Ympäristötekniikan koulutusohjelma				
Nimeke Rikkivetytitoisuuksien hallinta ja optimointi Pyhtään siirtolinjalla					
Tiivistelmä Tämä opinnäytetyö on tehty Kymen Vesi Oy:lle kehittämään hajujen hallintaa Pyhtään siirtolinjalla. Tässä työssä tarkkailtiin rikkivetytitoisuuksia sekä jätevedettä kemiallisesti hapettavan kemikaalin syöttöpumppujen toimintaa. Tavoitteena oli optimoida kemikaalipumppujen toiminta sekä syötettävän kemikaalin määrä. Lisäksi tavoitteena oli selvittää vesihuolto-osuuskuntien jätevesien vaikutus Pyhtään linjan rikkivetytitoisuuksiin. Rikkivety on ilmaa raskaampi kaasu, jolla on tunnusomainen mädän kanan haju. Rikkivetyä muodostuu anaerobisissa oloissa paineviemäriosuuksilla ja sitä voidaan pitää haisevien yhdisteiden indikaattorina. Rikkivety aiheuttaa hajuhaittojen lisäksi terveyshaittaa sekä korrodoi betonia, useita metalleja ja jopa muoveja. Myös sähkölaitteet ovat herkkiä rikkivedylle. Pyhtäältä Mussalon jätevedenpuhdistamolle jätevesi matkaa sekä paine- että viettoviemäreitä pitkin yhteensä jopa 30 kilometriä. Varsinainen siirtolinja on noin 20 kilometriä pitkä ja käsittää viisi jätevedenpumppaamo. Siirtolinjalla on kaksi kemikaalin syöttöpistettä, joita molempia tarkkailtiin yhteensä seitsemän viikon ajan syys-marraskuussa 2013. Jatkuvatoimiset rikkivetymittarit seurasivat ilmatilan rikkivetytitoisuuksia kahdessa kohteessa, joista toinen oli vesihuolto-osuuskunnan jätevesipumppaamo. Kemikaalipumppu toimi parhaiten pumppaamolla P0. Pumppaamon P2 kemikaalipumpun toiminta täytyy säätää uudelleen jäteveden lappoamisen aiheuttamien ongelmien vuoksi. Tulosten perusteella optimaalinen kemikaalin syöttömäärä on 150–250 g/m ³ . Tarkkailujakson perusteella voidaan todeta vesihuolto-osuuskuntien jätevesien nostavan Pyhtään siirtolinjan rikkivetytitoisuuksia. On suositeltavaa harkita kemikaalin syöttöpisteen sijoittamista vesihuolto-osuuskunnan jätevesipumppaamolle. Tutkimuksen tuloksia tarkasteltaessa on huomioitava, että lämpimään vuodenaikaan rikkivetyä muodostuu enemmän.					
Asiasanat (avainsanat) Rikkivety, jätevesi, viemäri, hajuhaitat, kemikaali					
Sivumäärä 36 s	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Kieli</td> <td style="width: 50%;">URN</td> </tr> <tr> <td>Suomi</td> <td></td> </tr> </table>	Kieli	URN	Suomi	
Kieli	URN				
Suomi					
Huomautus (huomautukset liitteistä)					
Ohjaavan opettajan nimi Arto Sormunen	Opinnäytetyön toimeksiantaja Kymen Vesi Oy				

DESCRIPTION

 <p>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences</p>		Date of the bachelor's thesis	
Author(s)		Degree programme and option	
Jaana Pulkkinen		Environmental Engineering	
Name of the bachelor's thesis			
Controlling and optimizing hydrogen sulfide concentrations in waste transmission line of Pyhtää			
Abstract			
<p>This thesis is made to Kymen Vesi Oy in order to improve odour control in sewage transmission line of Pyhtää. The objective was to observe hydrogen sulfide concentrations and operation of chemical pumps which supply oxidizing chemical in to the waste water. The purpose was to optimize the operation of the pumps and to find an optimal dose of oxidizing chemical. One part of the observation was to sort out the effect of waste water coming from water cooperatives to the hydrogen sulphide concentration of Pyhtää sewage transmission line. Hydrogen sulfide is heavier than air and it has the specific odour of rotten eggs. Hydrogen sulfide results from anaerobic conditions in pressure sewer and it can be named as an indicator of odour nuisance. In addition to the odour nuisance, hydrogen sulfide is hazardous to health and causes corrosion.</p> <p>Waste water runs up to 30 kilometres from Pyhtää to Mussalo wastewater treatment plant. The sewage transmission line itself is about 20 kilometres and it includes five pumping stations. There are two chemical feed points on the transmission line which both were under observation for seven weeks from September to November 2013. There were two continuous hydrogen sulfide measurers collecting the concentration data of hydrogen sulfide. The other one was based in a pump station of water cooperative.</p> <p>The results of this observation show that there is no need to change the way the chemical pump works in pumping station P0. In pumping station P2 the chemical pump doesn't work optimally and needs to be focused. The results also show that the optimum dosage of the chemical is between 150-250 g/m³. Due to control period the sewage coming from the water cooperatives increase the hydrogen sulfide concentration in sewage transmission line of Pyhtää. It is recommended to consider placing a chemical pump to the pumping station of water cooperative. Concentration of hydrogen sulfide rises as the warm weather raises the temperature so it is recommended to have a new observation during summertime.</p>			
Subject headings, (keywords)			
Hydrogen sulfide, sewage, sewer, odor problems, chemical			
Pages	Language	URN	
36 p.	Finnish		
Remarks, notes on appendices			
Tutor		Bachelor's thesis assigned by	
Arto Sormunen		Kymen Vesi Oy	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	1
2	HAJUONGELMAT VIEMÄRIVERKOSSA	2
2.1	Rikkivedyn muodostuminen	2
2.1.1	Happipitoisuus ja redox -potentiaali	4
2.1.2	Viemäriputken ominaisuudet ja viipymä	7
2.1.3	Lämpötila ja pH	7
2.2	Rikkivedyn vaikutukset	8
3	HAJUJEN HALLINTAMENETELMÄT	11
3.1	Jäteveden käsittelymenetelmät	11
3.1.1	Kemikaalit	11
3.1.2	Ilmastus ja rakenteelliset seikat	13
3.2	Tuuletusilman käsittelymenetelmät	14
3.2.1	Kemiallinen ja biologinen kaasunpuhdistus	14
3.2.2	Otsonointi	15
3.2.3	Aktiivihiili	16
4	AINEISTOT JA MENETELMÄT	18
4.1	Kymen Vesi Oy:n viemäriverkosto	18
4.1.1	Pyhtään siirtolinja	19
4.2	Rikkivetytypitoisuuksien mittaaminen ja työturvallisuus	20
4.3	FIN-12 kemikaalin syöttö Pyhtään siirtolinjalla	21
4.3.1	Kemikaalin syötön tarkkailu	22
4.3.2	Kemikaalipumppujen syöttötiedot	24
5	TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU	25
5.1	Kemikaalin syötön vaikutus rikkivetytypitoisuuksiin	25
5.2	Kemikaalipumppujen toiminta	27
5.3	Virtaaman vaikutus rikkivetytypitoisuuksiin	27
5.4	Siltakylän ja Länsikylän-Myllykylän vesihuolto-osuuskuntien tulokset	29
6	JOHTOPÄÄTÖKSET	32
	LÄHTEET	34

1 JOHDANTO

Jäteveden puhdistuksen keskittäminen suuriin yksiköihin on johtanut siihen, että jätevesi kulkee siirtoviemäreissä jopa useita kymmeniä kilometrejä ennen päätymistä puhdistamolle. Viemärissä kulkiessa jäteveteen vaikuttavat fysikaaliset, kemialliset ja biologiset reaktiot, joista osa tapahtuu aerobisissa ja osa anaerobisissa olosuhteissa. Vajaana virtaavissa viettoviemäreissä olosuhteet ovat aerobiset, mutta paineviemärit ovat yleensä anaerobisia. Hajujen syntyyn vaikuttavat merkittävästi jäteveden ominaisuuksien lisäksi juuri anaerobiset olosuhteet. Paineviiemäreissä syntyvät haisevat yhdisteet vapautuvat ilmatilaan joko pumppaamoilla tai vietto-osuuksilla ja näistä edelleen ulkoilmaan tuuletuskanavien kautta. Usein pumppaamot sijaitsevat asutuksen läheisyydessä, jolloin haisevat yhdisteet vähentävät alueen viihtyisyyttä ja asiakastytyväisyyttä.

Haisevat yhdisteet voivat olla rikkiyhdisteitä, typpiyhdisteitä, happoja, aldehydejä tai ketoneja. Tyypillistä on, että hajuhaitan aiheuttaa useita yhdisteitä sisältävä hajukaasuseos. Jokaisella haisevalla yhdisteellä on ominaishajunsa ja usein myös hyvin alhainen hajukynnys. Rikkivetyä (vetysulfidi, H_2S) pidetään haisevien yhdisteiden indikaattorina. Jos olosuhteet eivät ole suotuisat rikkivedyn muodostumiselle, ei mitään haisevia yhdisteitä muodostu. Rikkivetyä muodostuu mikrobitoiminnan seurauksena anaerobisissa olosuhteissa, kun sulfaattia pelkistävät bakteerit pilkkovat sulfaatin sulfidiksi ja se reagoi edelleen vedyn kanssa. Rikkivety aiheuttaa hajuhaittojen lisäksi rakenteiden korroosiota sekä terveyshaittoja. Hajujen hallintaan on kehitetty erilaisia menetelmiä, jotka joko estävät rikkivedyn muodostumista tai puhdistavat haisevaa tuuletusilmaa.

Pyhtään siirtolinja johtaa jätevettä Pyhtäältä Mussalon jätevedenpuhdistamolle. Siirtolinjalla on pituutta 20 kilometriä ja jätevesi kulkee sekä paine- että viettoviemärissä. Siirtolinjalla on mitattu korkeita rikkivetypitoisuuksia ja pitoisuuksien hillitsemiseksi jäteveteen on syötetty hapettavaa kemikaalia kahdelta pumppaamolta. Kesällä 2013 kuitenkin ilmeni, ettei kemikaalin syöttö toiminut toivotulla tavalla. Tämä aiheutti tarpeen selvittää, toimivatko kemikaalipumput asianmukaisesti sekä kuinka paljon kemikaalia tulee syöttää, jotta rikkivetypitoisuudet pysyisivät alhaisina.

Yksi selvityskohteista oli vesihuolto-osuuskunnilta tulevan jäteveden vaikutus siirtolinjan rikkivetypitoisuuksiin. Vuonna 2016 voimaan astuva jätevesiasetus on vauhdittanut haja-asutusalueiden vesihuolto-osuuskuntien rakentamista, joka taas on johtanut siihen että siirtolinjoihin liittyy entistä enemmän vesihuolto-osuuskuntia. Osuuskuntien viemärit ovat pääasiassa paineviemäreitä, jotka purkautuvat viettoviemäriin vasta alueella operoivan vesihuoltoyrityksen viemäriverkostossa. Saatua dataa voidaan hyödyntää myös muissa vastaavissa kohteissa.

2 HAJUONGELMAT VIEMÄRIVERKOSSA

Jätevedellä on aina oma ominaishajunsa. Jäteveden lähteet vaikuttavat suurelta osin siihen, mitä komponentteja jätevesi sisältää ja kuinka herkästi haisevia yhdisteitä muodostuu. Komponentit itsessään voivat olla haisevia, hajuyhdisteitä voi syntyä biologisen toiminnan seurauksena tai hajuyhdisteet voivat liittyä prosessikemikaalien käyttöön eli olla peräisin teollisuudesta. Suurin osa haisevista yhdisteistä kuitenkin syntyy viemäriverkostossa anaerobisissa olosuhteissa biologisen toiminnan seurauksena. (Aatola 2007.)

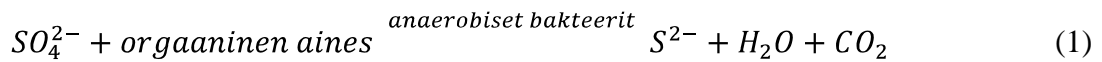
Rikkivety on yleisin viemärissä esiintyvä haiseva yhdiste (Aatola 2007). Rikkivety on ilmaa raskaampi, väritön, vesiliukoinen ja helposti syttyvä kaasu, jonka ominaishaju muistuttaa mädän kananmunan hajua. Ihminen haistaa rikkivedyn jo hyvin alhaisina pitoisuuksina, hajukynnys on 0,008 ppm eli $0,011 \text{ mg/m}^3$. (Työterveyslaitos 2013.)

Valtioneuvoston päätöksessä ilmanlaadun ohjearvoista ja rikkilaskeuman tavoitearvoista (VNp. 480/1996) on haiseville rikkiyhdisteille (Total Reduced Sulphur) annettu kansallinen vuorokautinen ohjearvo $10 \mu\text{g/m}^3$, alkuainerikkinä mitattuna. Mittaus suoritetaan ulkoilmasta alueilta, joilla ihmisillä on mahdollisuus altistua ilman epäpuhtauksille asumisen tai muun oleskelun seurauksena. Ohjearvo saa ylittyä vain kerran kalenterikuukauden aikana ja se mitataan pitoisuutena ulkoilmasta niiltä alueilta. Tämä ohjearvo koskee lähinnä selluteollisuutta, sillä jätevedenpuhdistuksessa hajupäästöt ovat ohjearvoa alempia.

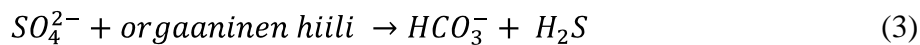
2.1 Rikkivedyn muodostuminen

Jätevesissä on normaalisti sekä orgaanisesti että epäorgaanisesti sitoutunutta rikkiä. Sulfaattimuodossa rikkiä esiintyy jopa raakavesilähteissä. Rikkivetyä muodostuu, kun viemäriputken pinnalla kasvavassa biofilmissä olevat mikrobit alkavat käyttää aineenvaihduntaansa sulfaattiin sitoutunutta happea. Tämä prosessi käynnistyy, kun jätevedessä oleva liuennut happi sekä nitraattiin sitoutunut happi on käytetty loppuun. (Aa-tola 2007.)

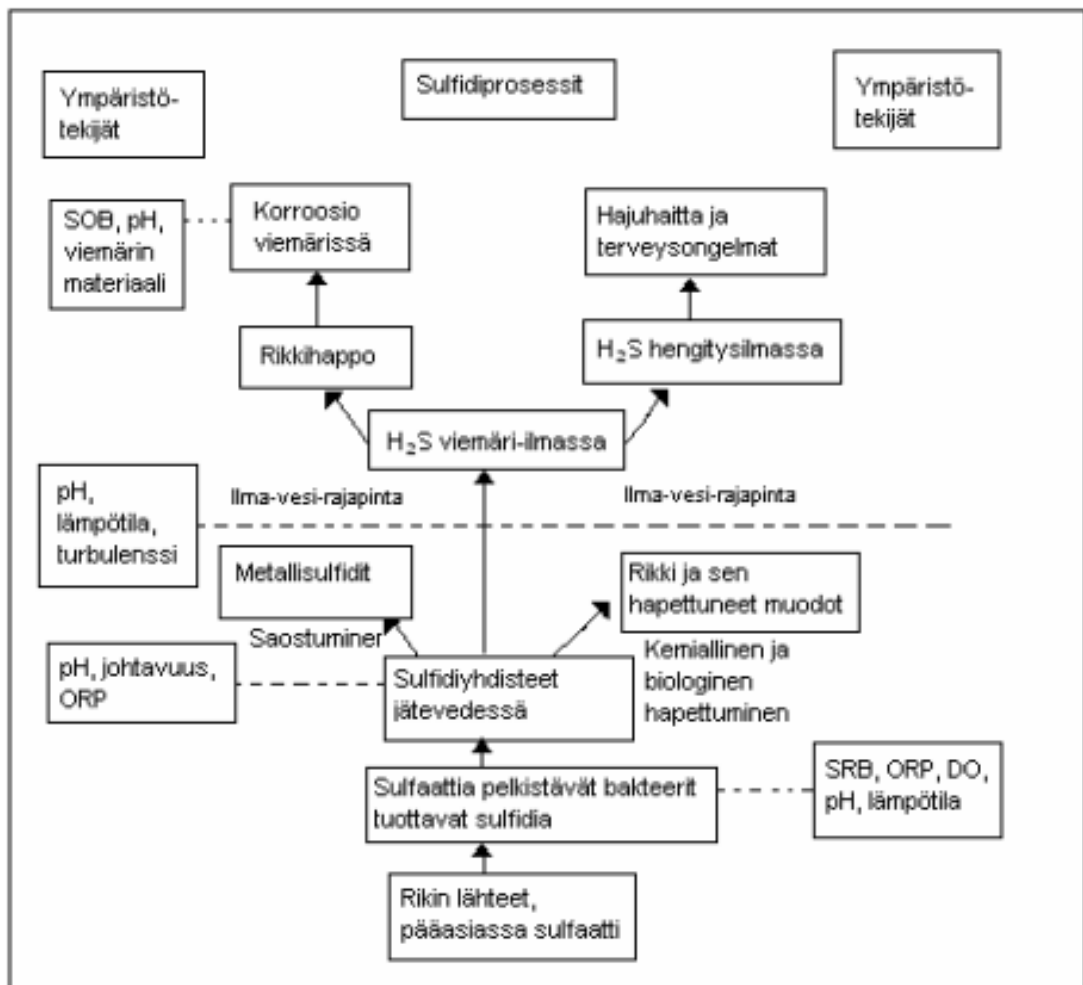
Sulfaatin pelkistyminen rikkivedyksi tapahtuu reaktioyhtälöiden 1 ja 2 mukaisesti



Biofilmin toimintaa voidaan kuvata reaktioyhtälöllä



Sulfaatin pelkistymistä tapahtuu myös putken pohjalla. Seinämien biofilmin paksuus vaihtelee välillä 0,3-1,0 mm ja siinä on useita eri kerroksia, joissa toimii erilaisia mikrobeja. Sulfaatinpelkistäjäbakteereista yleisin on *Desulfovibrio desulfuricans*. Sulfaatinpelkistäjät käyttävät ravinnonlähteenä orgaanista ainetta ja hapenlähteenä sulfaattia. (U.S. EPA, 1985). Rikkidyhdisteiden muuntumista viemäreissä sekä siihen vaikuttavia tekijöitä on esitelty tarkemmin kuvassa 1.

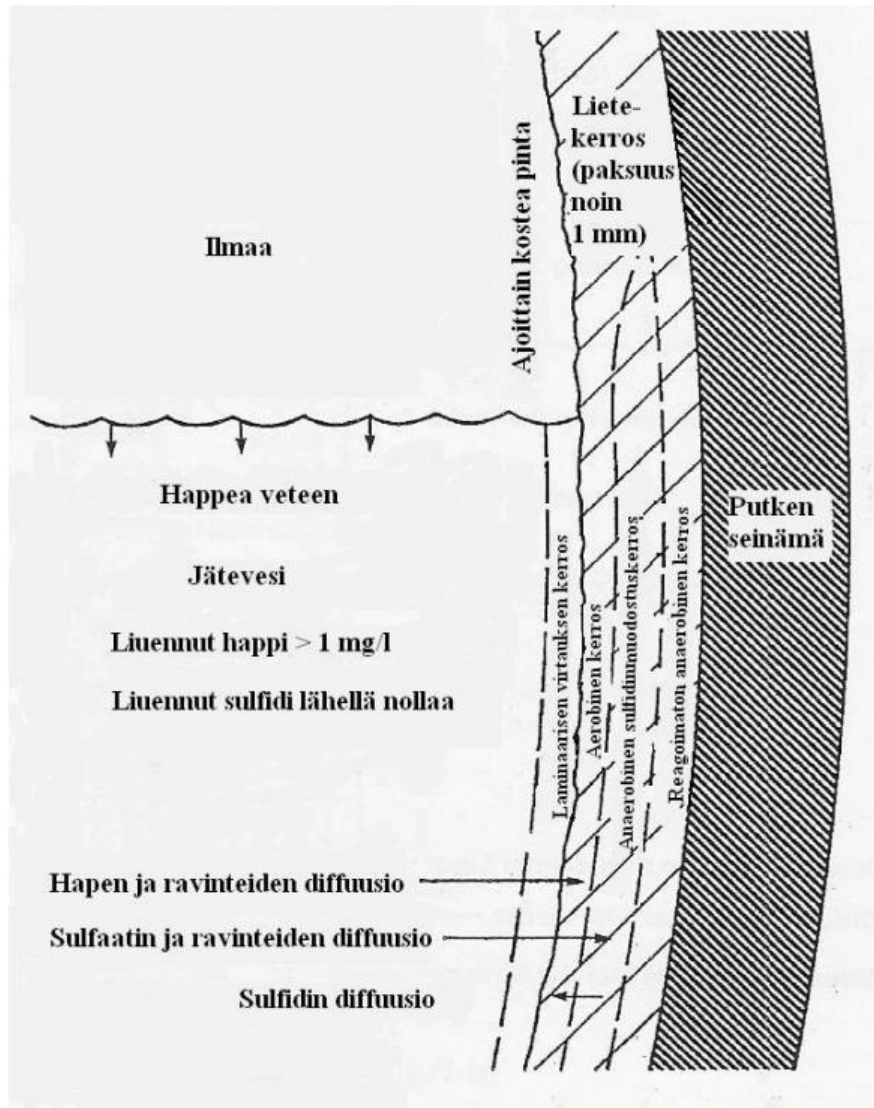


KUVA 1 Rikkiyhdisteiden muuntuminen ja siihen vaikuttavat tekijät. Lyhenteellä SOB tarkoitetaan sulfaattia hapettavia bakteereja, SRB -lyhenteellä sulfaattia pelkistäviä bakteereja. ORP tarkoittaa hapetus-pelkistyspotentiaalia ja DO liuennutta happea. (Aatola 2007, 13–14.)

Jäteveden korkea biologinen hapenkulutus eli BOD (biological oxygen demand) edesauttaa rikkivedyn muodostumista. Myös helposti biohajoavat hiilivety-yhdisteet vaikuttavat rikkivedyn muodostumiseen suotuisasti. (Anttila 2013.)

2.1.1 Happipitoisuus ja redox -potentiaali

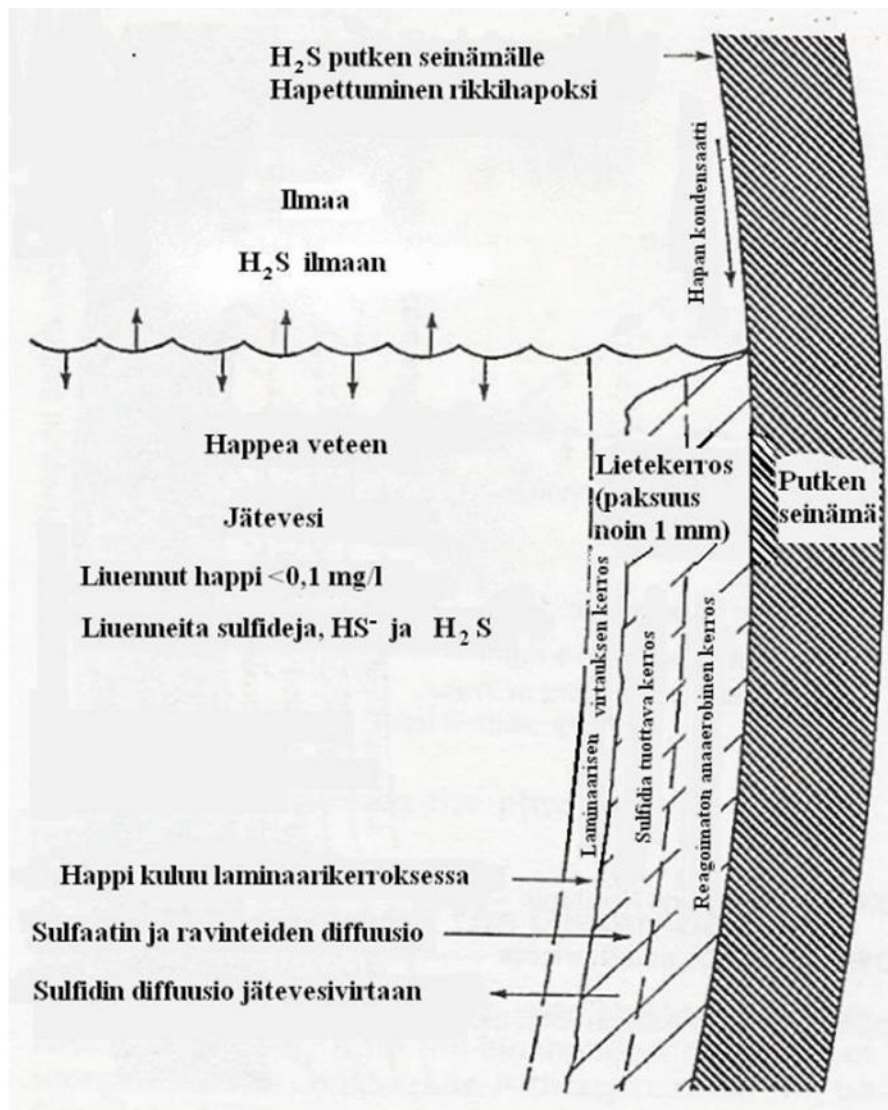
Jäteveden happipitoisuus vaikuttaa rikkivedyn esiintymiseen merkittävästi, sillä anaerobiset olosuhteet ovat välttämättömät rikkivedyn muodostumiselle. Jos jätevedessä on liuennutta happea yli 1 mg/l, se diffusoituu biofilmiin mikrobien käytettäväksi. Tällöin anaerobisessa kerroksessa muodostunut sulfidi hapettuu biofilmin aerobisessa kerroksessa eikä reagoi jätevedessä olevan vedyn kanssa (kuva 2). Veteen liunneen hapen pitoisuus on riippuvainen mikrobiologisen toiminnan ja viemärin ilmatilasta tapahtuvan hapen liukenemisen muodostamasta tasapainosta. (U.S. EPA 1985.)



KUVA 2 Biofilmin toiminta, kun happea on yli 1 mg/l. (U.S. EPA 1985; Aatola 2007).

Kun jäteveden liuenneen hapen pitoisuus on alle 0,1 mg/l, aerobisen kerroksen kyky hapettaa alemmissä kerroksissa muodostunutta sulfidia katoaa. Liuenneen hapen lopputtua biofilmin aerobinen kerros häviää ja kaikki anaerobisen kerroksen sulfidi vapautuu välittömästi jäteveeseen (kuva 3). Jäteveeseen vapautunut sulfidi reagoi vedyn kanssa ja vapautuu tuuletusilmaan rikkivetynä aiheuttaen hajuongelmia. (U.S. EPA 1985.)

Muodostuneesta rikkivedystä osa absorboituu rakenteiden seinämille, jossa se bakteeritoiminnan seurauksena hapettuu rikkihapoksi. Rikkihappo aiheuttaa korroosiota sekä betonisissa putkissa että muissa rakenteissa. (Aatola 2007.)



KUVA 3 Biofilmin toiminta, kun happea on alle 0,1 mg/l. (U.S EPA 1985; Aatola 2007).

Viettoviemäreissä on lähes poikkeuksetta jonkin verran ilmaa, jonka kanssa jätevesi voi reagoida. Paineviemäreissä sen sijaan vallitsee anaerobiset olosuhteet, joten rikkivetyä muodostuu lähinnä paineviemäreissä. Pumppaamoilla veden liike on usein turbulენტtista, joten vesi ja ilma sekoittuvat tehokkaasti. Putkistoissa virtaus muuttuu laminaarisesta turbulენტtiseksi virtausnopeuden kasvaessa. Turbulenssi altistaa hajujen vapautumiselle, mutta samalla se myös hapettaa sulfidia. Turbulenssilla on näin ollen sekä hyviä että huonoja puolia. (Aatola 2007; U.S. EPA 1985.)

Redox -potentiaalilla kuvataan liuoksen kykyä hapettaa tai pelkistää yhdisteitä. Mitä korkeampi redox-potentiaali, sitä enemmän tapahtuu aineen hapettumista. Samoin mitä alhaisempi redox-potentiaali, sitä enemmän tapahtuu aineen pelkistymistä. Jätevesi on happipitoista, kun redox-potentiaali on yli +300mV. (Aatola 2007.) Jäteveden

redox-potentiaalin ollessa välillä +50 – +300mV rikkivetyä ei synny, sillä nitraatti toimii hapen luovuttajana. Sulfidia muodostuu, kun redox -potentiaali tippuu alle +50 mV. (Räsänen ym. 2001.) Sulfaatin pelkistymiselle optimaalinen redox -potentiaali on välillä -200 – -300mV pH:n ollessa 6,5–8 (Aatola 2007).

2.1.2 Viemäriputken ominaisuudet ja viipymä

Rakenteellisista ominaisuuksista viemärin putkikoko eli halkaisija on tärkein vedenlaatuun vaikuttava ominaisuus. Rikkivedyn muodostumisen kannalta mielenkiintoisissa paineviemäreissä liian suureksi mitoitettu halkaisija hidastaa virtausnopeutta ja kasvattaa viipymää. Putkimateriaaleista vanhaa valurautaa ja sementtiä voidaan pitää parhaana biofilmin kasvualustana lähinnä karkean pinnan takia. Nykyään käytetään yleisesti viemäriputkien materiaalina polyeteeniä ja sen on tutkittu olevan kohtalaisen hyvä kasvualusta mikrobeille. (Pyykkönen 2010.)

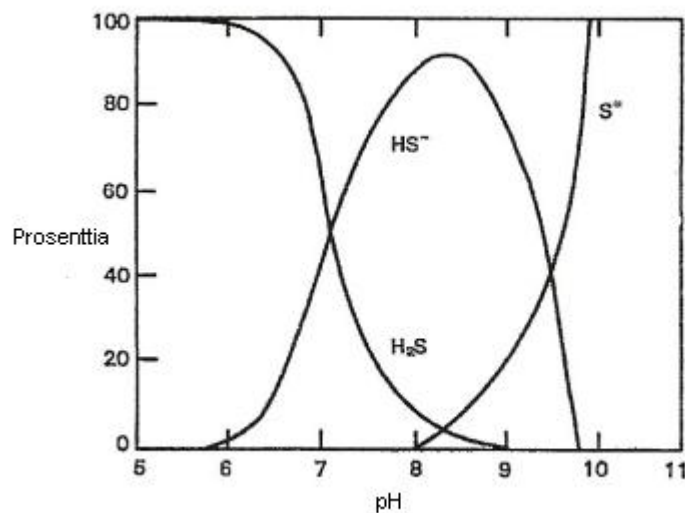
Viipymän kasvu lisää viemärissä tapahtuvaa mikrobiologista toimintaa (Pyykkönen, 2010). Viipymän kasvaessa hapen kulutus lisääntyy, redox-potentiaali pienenee ja orgaaninen aines muuttuu enenevässä määrin liukoiseen muotoon. Tällaiset olosuhteet lisäävät sulfaattia pelkistävien bakteerien aktiivisuutta. (U.S. EPA 1985.) Jäteveden anaerobinen eli hapeton viipymä vaikuttaa oleellisesti rikkivedyn sekä muiden haju-kaasujen muodostumiseen. Viipymä on anaerobista lähinnä paineputkissa, sillä vajaa- ja virtaavissa viettoviemäreissä on lähes poikkeuksetta riittävästi happea. Hajuongelmat esiintyvät paineputkesta tulevan anaerobisen jäteveden purkautuessa viettoviemäriin. Virtausnopeuden kasvu aiheuttaa biofilmin eroosiota, mikä vähentää hajunmuodostuspotentiaalia hapettomissa olosuhteissa. Hapellisissa olosuhteissa virtausnopeuden vaikutus sulfidin muodostumiseen biofilmin eroosion kautta on vähäisempi, koska tällaisissa olosuhteissa eroosio kohdistuu lähinnä biofilmin aerobiseen kerrokseen. (Aatola 2007; U.S. EPA, 1985.)

2.1.3 Lämpötila ja pH

Jäteveden lämpötilalla on suuri vaikutus rikkivetytuloisuuksiin, sillä lämpötilan nousu lisää biologista aktiivisuutta ja sitä kautta vaikuttaa sulfidin muodostumisnopeuteen. Mikäli jäteveden lämpötila pysyttelee jatkuvasti yli +15 °C, alkaa sulfidia muodostua ongelmallisia määriä jopa viettoviemäreissä. (Aatola 2007.) Ilmassa olevan rikkivedyn

maksimipitoisuus riippuu veden H_2S -pitoisuudesta sekä lämpötilasta. Mitä korkeampi lämpötila, sitä enemmän rikkivetyä on ilmassa. (U.S.EPA 1985.)

Veteen liuennut rikkivety dissosioituu vetysulfidiksi (H_2S), bisulfidiksi (HS^-) ja sulfidiksi (S^{2-}) (Fierer ym. 2007). Liuoksen pH määrää H_2S ja HS^- -ionien suhteellisen määrän. Jos pH laskee alle kahdeksaan, kasvaa H_2S -pitoisuus eksponentiaalisesti. HS^- -ionien pitoisuus on suurimmillaan pH:n ollessa 8–9. Toisin kuin H_2S , HS^- ei aiheuta hajuhaittoja. (U.S. EPA 1985.) Sulfaatinpelkistäjät pystyvät toimimaan pH:n ollessa välillä 5,0–9,0 (Aatola 2007.) pH:n vaikutusta sulfidi-ionin esiintymiseen on esitetty graafisesti kuvassa 4.



KUVA 4 pH:n vaikutus sulfidi-ionin esiintymiseen (U.S. EPA 1985, muokattu).

2.2 Rikkivedyn vaikutukset

Jätevedestä ilmaan päässyt rikkivety aiheuttaa ensisijaisesti hajuhaittaa. Hajuhaitalla tarkoitetaan ihmisen hajuaistin käsittelemää hajupäästöä (Aatola 2007). Koska rikkivedyn hajukynnys on todella alhainen, aiheuttaa pienikin päästö asutuksen läheisyydessä hajuhaitan.

Sosiaali- ja terveysministeriö on laatinut arvioita työntekijöiden hengitysilman epäpuhtauksien pienimmistä turvallisuutta ja terveyttä haittaavista ja vaarantavista pitoisuuksista. Näitä arvioita kutsutaan HTP-arvoiksi. (Työsuojeluhallinto 2013.) Rikkivedyn HTP-arvot on esitetty taulukossa 1. Rikkivetyaltistuksen kroonisista vaikutuksista ei toistaiseksi ole varmoja tutkimustuloksia (Aatola 2007).

TAULUKKO 1 HTP-arvot rikkivedylle (Sosiaali- ja terveysministeriön asetus 1213/2011).

HTP-arvot	ppm	mg/m ³
8 h	5	7
15 min	10	14

Rikkivety on myrkyllinen yhdiste, joka suurina pitoisuuksina voi johtaa jopa kuolemaan. Pienemmissä pitoisuuksissa rikkivety muun muassa ärsyttää limakalvoja sekä aiheuttaa päänsärkyä. Rikkivedyn ominaishaju varoittaa hyvin terveysvaarasta, mutta altistuksen jatkuessa hajuaisti turtuu nopeasti. Pitoisuuden ylittäessä 100 ppm (150 mg/m³) hajuaisti lamaantuu. (Työterveyslaitos 2013.) Taulukkoon 2 on kirjattu rikkivedyn terveysvaikutuksia eri pitoisuuksissa.

TAULUKKO 2 Rikkivedyn terveysvaikutukset (Työterveyslaitos 2013).

Pitoisuus [ppm]	Oire
10–20	Silmän ärsytysoireet: punoitus, tulehdus
50–100	Silmän ärsytysoireet voimistuvat: polttava kipu, kyynelvuoto, näön sumeneminen; nenän ja kurkun kuivuminen ja ärsytys, vetinen vuoto nenästä, yskä, käheys, hengenahdistuksen tunne
100–150	Hajuaisti lamaantuu, äkillisen myrkytyksen vaara
100–500	Voimakas ärsytys, päänsärky, huimaus, pahoinvointi, heikkous, sekavuus, keuhkopöhö (yli 300 ppm)
>500	Vakavat hermostolliset oireet jo viidessä minuutissa, hengityskeskuksen lamaantuminen, kuolema jopa puolessa tunnissa
>1000	Välitön tajuttomuus ja kuolema hengityksen lamaantuessa

Pumppaamoilla ja kaivoilla työskennellessä on hyvä muistaa, että ilmaa raskaampana yhdisteenä rikkivety painuu alaspäin. Näin ollen ennen kaivon laskeutumista pitää mitata ilman rikkivetypitoisuus siltä korkeudelta, johon ollaan laskeutumassa.

Hapettavien aineiden kanssa rikkivedyn reaktiot voivat olla voimakkaita. Rikkivety reagoi vesiliuoksessa happamasti ja se syövyttää metalleja muodostaen metallisulfideja. Mikä tahansa syttymislähde voi sytyttää rikkivedyn ja ilman seoksen. Itsestään

syttymisen vaara on, kun rikkivety reagoi voimakkaiden hapettimien tai metallioksidien kanssa. Rikkivety on erittäin myrkyllistä vesieliöille. (Työterveyslaitos 2013.)

Kuten jo aiemmin on todettu, rikkivety aiheuttaa korroosiota sekä betonissa, metalleissa että joissain muoveissakin. Myös sähkölaitteet ovat herkkiä rikkivedylle. Korrosio lisää kunnossapitotarvetta ja sitä kautta myös kustannuksia. (U.S. EPA 1985.) Jätevesiviemäreiden betonirakenteiden pettäminen voi pahimmassa tapauksessa johtaa pohjaveden tai maaperän saastumiseen. (Anttila 2013.)

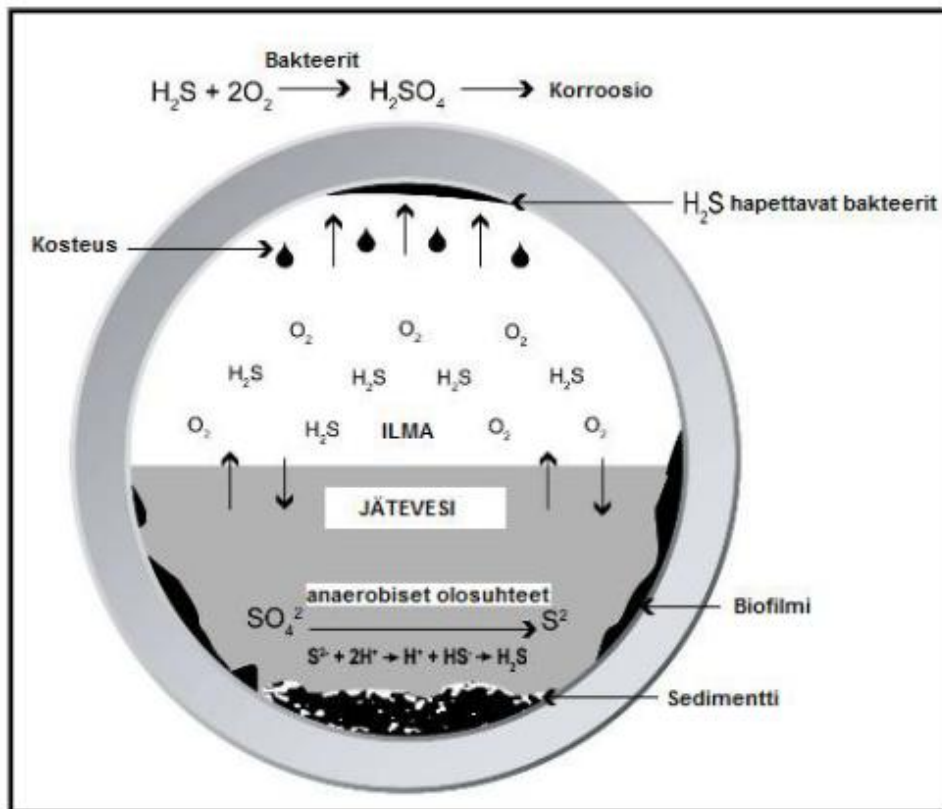


KUVA 5 Rikkivedyn korrodoima riippulukko (Pulkkinen 2013).

Pumppaamon ilmatilaan vapautunut rikkivety hapettuu rakenteiden pinnalla elävien bakteerien seurauksena rikkihapoksi alla olevan reaktioyhtälön mukaisesti.



Reaktiossa vaikuttavat etenkin *Thiobacillus*-bakteerit, jotka sietävät hyvin alhaista pH:ta. Ne ovat omavaraisia hapen suhteen ja käyttävät rikkiyhdisteitä energiakseen. Kosteissa olosuhteissa bakteerit tuottavat rikkihappoa. Jos betoni on uutta, sen pinnalle kondensoitunut vesi on hyvin emäksistä, pH:n vaihdella välillä 11–13. Näissä oloissa rikkihappoa ei synny, koska *Thiobacillus*-bakteerit menestyvät pH:n ollessa alle 9. (U.S. EPA 1985.) Ajan kuluessa betonin pH laskee ja rikkivetyä hapettavat bakteerit alkavat kasvaa sen pinnalla (Vincke ym. 2000).



Kuva 6 Korroosion muodostuminen (Pitkonen 2013).

3 HAJUJEN HALLINTAMENETELMÄT

3.1 Jäteveden käsittelymenetelmät

Jätevesistä vapautuvien hajujen hallintaan on kehitetty vuosien saatossa useita eri menetelmiä. Menetelmät joko vähentävät hajuja aiheuttavien yhdisteiden muodostumista viemäreissä tai poistavat hajumolekyylejä tuuletusilmasta. Jätevettä voidaan käsitellä erilaisilla fysikaalisilla ja kemiallisilla menetelmillä, jotta hajuyhdisteiden muodostuminen saataisiin estettyä. (Aatola 2007.)

3.1.1 Kemikaalit

Hajujen hallintaan voidaan käyttää useita eri kemikaaleja. Niiden avulla rikkivetyä voidaan estää muodostumasta, hapettaa kemiallisesti, sitoa tai muuttaa sulfidiksi. Kemikaaleilla voidaan myös pyrkiä biofilmin toiminnan estämiseen. Jotta näihin tuloksiin päästäisiin, jäteveteen syötetään kemikaaleja, jotka hapettavat sulfideja, vapautta-

vat happea, estävät sulfaatinpelkistystä, saostavat metallisulfideja tai vaikuttava liuoksen pH:hon. (Räsänen ym. 2001; U.S. EPA 1985.)

Nitraattia voidaan käyttää ehkäisemään rikkivedyn muodostumista, koska tietyt bakteerit pystyvät hyödyntämään nitraattia hapenlähteenä. Nitraatin läsnä ollessa sulfaatin pelkistymistä ei tapahdu vaan se alkaa vasta nitraatin loputtua. (U.S.EPA 1985.) Viemäreissä ei kuitenkaan välttämättä kasva luonnostaan nitraatin pelkistykseen erikoistuneita bakteereita, jolloin nitraatin pelkistymiseen voi kulua useita päiviä. Nitraatin etuna esimerkiksi happeen nähden on se, että sitä voidaan annostella haluttu määrä viemärin paineesta riippumatta. (Räsänen ym. 2001.)

Yksittäisestä kohteesta tapahtuvaan rikkivedyn poistoon voidaan käyttää hapettavia kemikaaleja. Näitä ovat vetyperoksidi, kloori ja kaliumpermanganaatti. Vetyperoksidi on näistä eniten käytetty, mutta Suomessa sen käytöstä ei ole paljoa kokemusta. Vetyperoksidin reaktio- ja sivutuotteet ovat vaarattomia, mutta sen vaikutus viemäriverkostossa on kovin lyhytaikainen. Kloorin käyttöä ei suositella, sillä sen käytössä voi syntyä orgaanisia klooriyhdisteitä. Kaliumpermanganaatti on kallis kemikaali, joten se soveltuu käytettäväksi ainoastaan pienissä kohteissa. (Räsänen ym. 2001.)

Sulfideja voidaan saostaa myös erilaisilla metallisuoloilla. Näin muodostuvat metallisulfidit ovat heikosti vesiliukoisia. Käytännössä ferromuotoinen rauta on ainoa tähän tarkoitukseen sopiva metalli-ioni. Rautasuolojen eduksi voidaan laskea sulfidin saostamisen lisäksi sen, että ne saostavat fosforia ja vähentävät näin ollen puhdistamalla saostuskemikaalin tarvetta. (Räsänen ym. 2001.)

Kemira FIN-12 on nestemäinen kolmiarvoisia rautayhdisteitä sisältävä nestemäinen ferrinitraattisulfaatti, jota käytetään jäteveden hapetus- ja saostuskemikaalina (Kemira, 2012). Ferrinitraatti sisältää sekä rautasuolaa että nitraattia. Vedessä oleva nitraatti estää rikkivedyn muodostumista. Kun nitraatti on kulutettu, ferrimuodossa oleva rauta pelkistyy ferromuotoon estäen Redox - potentiaalia alenemasta. Ferrorauta sitoo myös rikkivetyä. Ferrinitraatti vähentää jäteveden biologista hapenkulutusta, mikä helpottaa jätevedenkäsittelyä. Kun jäteveeseen syötetään ferrinitraattia, lähtee pH ensin alenemaan ennen kuin se nitraatin pelkistymisen seurauksena nousee. (Räsänen ym. 2001.)

Kemira on antanut suuntaa-antavan ohjeistuksen FIN-12 kemikaalin syötölle sekä rikkivetytitoisuudet, joihin tietyn määrän kemikaalia pitäisi tehota. Jätevesien ominaisuudet kuitenkin vaihtelevat niin paljon, että tietyssä kohteessa parhaan tuloksen saa kokeilemalla. (Anttila 2013.)

TAULUKKO 3 FIN-12 kemikaalin annostusohjeet (Anttila 2013).

retentioaika [h]	maksimi rikkivetytitoisuus [ppm]	FIN-12 annostus [g/m ³]
0–1	0–40	~50
1–2	40–80	~100
2–4	80–120	~150
4–8	120–250	~250
8–12	250–500	~500
12–24	500–1000	~1000
lämpötilan ollessa noin 15 °C		

pH-arvoa nostamalla voidaan vaikuttaa sekä sulfidien esiintymismuotoon että biofilmin toimintaan. pH-arvo voidaan nostaa syöttämällä jäteveden joukkoon lipeää eli natriumhydroksidia. Pitämällä jäteveden pH arvossa 12 vähintään puolen tunnin ajan, saadaan biofilmin biologinen toiminta lakkaamaan noin viikoksi. Tällainen käsittely on toistettava säännöllisesti, sillä biofilmin toiminta palaa ennalleen uuden mikrobikannan muodostumisen myötä. (Räsänen ym. 2001.)

3.1.2 Ilmastus ja rakenteelliset seikat

Ilmastus on yksi jäteveden fysikaalisen käsittelyn muodoista. Jäteveteen voidaan puhaltaa joko ilmaa tai puhdasta happea pyrkimyksenä estää anaerobisten olosuhteiden muodostuminen. Puhdas happi on ilmaa parempi, mutta myös kalliimpi, vaihtoehto, sillä se liukenee veteen ilmaa paremmin eikä sisällä viemärin toimintaa haittaavia kaasuja. Hapen syötössä on kuitenkin huomioitava, että liukoisuus pienenee lämpötilan kasvaessa. Paras hapen annostelupaikka on pumppaamolta lähtevä paineputki. Ilmastus soveltuu vain harvoin käytännössä toteutettavaksi menetelmäksi. (Räsänen ym. 2001.)

Viemäreissä on lähes poikkeuksetta ihanteelliset olosuhteet sulfidin muodostukselle. Suurilta haju- ja korroosio-ongelmilta voidaan kuitenkin välttyä huolellisen suunnitte-

lun ja hoitotoimenpiteiden avulla. Pitkät sekä väärin mitoitettut siirtolinjat ovat hajuhaittojen kannalta otollisimpia kohteita, sillä linjan pidetessä kasvaa myös viipymä sekä mahdollisten hajukohteiden määrä. (U.S. EPA 1985.)

Rakenteellisissa asioissa huomiota tulee kiinnittää erityisesti viipymän optimointiin sekä liettymisen estoon. Pumppaamoilla viipymää voidaan optimoida minimoimalla imualtaan vesitilavuus, tehollinen tilavuus, jolla tarkoitetaan käynnistysrajan ja pysäytysrajan välistä tilavuutta, sekä pysäytysrajan alapuolelle jäävä niin kutsuttu kuollut tilavuus. (Räsänen ym. 2001.)

3.2 Tuuletusilman käsittelymenetelmät

Hajukaasuja voidaan poistaa esimerkiksi hapettamalla erilaisilla kemikaaleilla tai termisesti, puhdistamalla biologisesti sekä aktiivihiilen avulla. Termiset menetelmät tarkoittavat erilaisia polttojärjestelmiä, joissa hajuaaineet poltetaan suoraan tai katalyytin avulla. Nämä menetelmät ovat harvoin käytössä pelkässä hajunpoistossa, sillä ne ovat kalliita. (Aatola 2007.)

3.2.1 Kemiallinen ja biologinen kaasunpuhdistus

Hajuaineiden kemiallisina hapettimina käytetään yleensä happi- ja klooriyhdisteitä, tarkemmin otsonia, vetyperoksidia, klooria, hypokloriittia sekä kaliumpermanganaattia. Hapettamalla hajua aiheuttavia yhdisteitä saadaan hajuhaitta joko kokonaan poistettua tai vähennettyä sitä. Kemiallinen hapettaminen tarkoittaa käytännössä lähinnä kaasunpesua liuospesurilla. Liuospesurin toiminta perustuu täytemateriaaleilla pakattuihin reaktoreihin, joissa kiertää kemikaaliliuos. Kemikaaliliuoksen läpi ajetaan haisevaa ilmaa, jolloin tapahtuu kaasun sorptiota nesteeseen. Kemiallisen puhdistuksen huonoina puolina ovat mahdolliset haitalliset sivutuotteet sekä kemikaalivuodot. (Aatola 2007.)

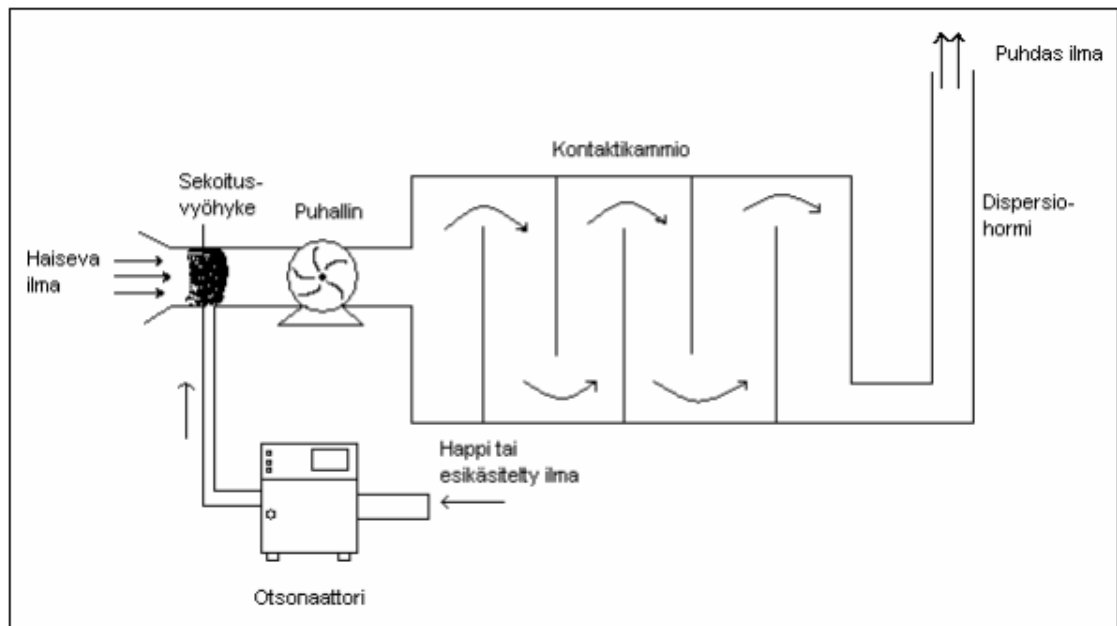
Biologiset hajunpoistomenetelmät sopivat parhaiten laimeille hajukaasuille, koska niiden koko on suoraan verrattavissa käsiteltäviin hajukaasumääriin. Biologiset hajunpoistomenetelmät voidaan jakaa biopesureihin ja biosuodatukseen. Puhdistettavan epäpuhtauden tulee olla biologisesti hajoava ja vesiliukoinen, jotta biologista menetelmää voidaan käyttää. Biologisten menetelmien etuina ovat yksinkertaisuus, edulli-

suus sekä se, ettei niissä synny haitallisia yhdisteitä. Huonoja puolia ovat herkkyyss lämpötilan vaihteluille sekä muille muutoksille. (Aatola 2007.)

3.2.2 Otsonointi

Otsoni O_3 on kolmesta happiatomista koostuva ilmaa raskaampi, väritön tai sinertävä kaasu, jolla on tunnusomainen pistävä haju (Työterveyslaitos 2009). Otsoni on erittäin voimakas hapetin, jolla on kyky reagoida lähes kaikkien aineiden kanssa. Otsoni aiheuttaa terveyshaittaa vaurioittamalla hengitysteitä ja vaikeuttamalla ilman ja verenkierron välistä kaasujen vaihtoa. (Tarvainen 2008.) Otsonin hajukynnys 0,04 ppm on hyvin matala, joten ihminen yleensä havaitsee otsonin ja osaa varoa sitä ennen haitallisten vaikutusten syntyä. (U.S. EPA 1985.) Otsoni on epästabiili alkuainehapesta muodostuva yhdiste, joka syntyy endotermisessä reaktiossa. Koska otsoni hajoaa lämmitettäessä ja on herkästi räjähtävää, se täytyy valmistaa käyttökohteessa. (Aatola 2007.)

Otsonia voidaan valmistaa sähköpurkauksen, UV-säteilyn, elektrolyysin tai radioaktiivisen säteilyn avulla. Sähköpurkaukseen perustuvassa menetelmässä hyödynnetään elektronien energiaa ja UV- säteilyyn perustuvassa menetelmässä fotonien energiaa. Vesihuollossa yleisimmin käytetty menetelmä on sähköpurkaukseen perustuva otsonintuotto. Valmistettaessa otsonia sähkövirran avulla ilma johdetaan voimakkaan sähkökentän läpi, mikä johtaa hapen ionisoitumiseen ja muuttumiseen osittain otsoniksi. Optimaalinen otsonintuotto on 15–20 mg ilmalitraa kohden. Valmistusprosessi käsittää yleensä seuraavat osat: kaasulähde, pölysuodattimet, kaasunkuivain, otsonigeneraattori, kontaktori sekä prosessista lähtevässä kaasuvirrassa olevan reagoimattoman otsonin tuhoaja. (Aatola 2007.) Otsonaattoriin voidaan johtaa joko puhdasta happea tai esikäsiteltyä ilmaa. Syötettävän ilman orgaaniset epäpuhtaudet sekä kosteus heikentävät otsonintuottoa. Viileämmästä ilmasta muodostuu otsonia tehokkaammin kuin lämpimästä ilmasta. (U.S. EPA 1985.)



KUVA 7 Hajunpoistossa käytettävä tyypillinen otsonointijärjestely (Aatola 2007).

Otsonilla voidaan puhdistaa sekä nesteitä että kaasuja. Nesteessä reaktiot ovat huomattavasti kaasufaasissa tapahtuvia nopeampia, mutta rikkivety reagoi otsonin kanssa hyvin myös kaasufaasissa. Otsonin nestefaasin reaktiot tunnetaan kaasufaasin reaktioita paremmin. (Aatola 2007.)

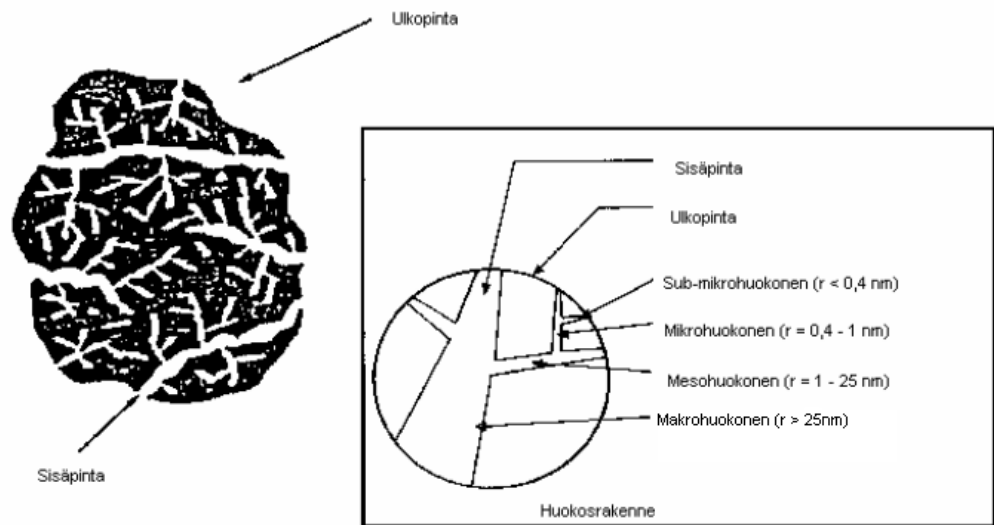
Suunniteltaessa otsonointijärjestelmää hajunpoistotehtäviin on otettava huomioon: hajun laatu ja pitoisuus, poistokaasun lämpötila ja kosteus, kontaktiaika sekä otsonin jakautuminen kontaktitilaan (U.S. EPA 1985). Otsoniannos ja kontaktiaika ovat tärkeimmät suunnittelussa huomioitavat seikat. Oikea annostus selviää kuitenkin lähinnä kokeilun kautta. Yleisohjeena voidaan pitää yksi ppm otsonia 10 ppm rikkivetyä kohden. On huomioitava, että tuotettu otsoni ei reagoi ainoastaan hajuyhdisteiden kanssa vaan otsonia kuluu myös reaktioihin muiden yhdisteiden kanssa sekä hajoamiseen. Koska otsoni on terveydelle haitallista, on tärkeää tuulettaa tila, jossa otsonaattori on käytössä, ennen kuin sinne menee sisälle. (Aatola 2007.)

3.2.3 Aktiivihiili

Eri puulaadut, pähkinänkuoret ja hiili sopivat aktiivihiilen raaka-aineiksi. Aineksesta poistetaan hiilivedyt pitämällä se punahehkuisena, mutta palaminen estetään rajoittamalla prosessin happipitoisuutta. Tämän jälkeen hiili aktivoidaan käsittelemällä se

höyryllä tai hiilidioksidilla. Näin muodostuu toivottu huokosrakenne. Aktiivihiilen käyttöikä on verrannollinen sen kapasiteettiin ja kuormitukseen. (Aatola 2007.)

Aktiivihiilen rakenne sekä ominaisuudet muodostavat aktiivihiilelle kyvyn adsorboida useita orgaanisia ja epäorgaanisia aineita. Rakennetta, huokoskokoa ja ominaisuuksia voidaan muokata valmistusvaiheessa haluttuun käyttötarkoitukseen sopiviksi. Aktiivihiilen suuri pinta-ala, jopa $2000\text{m}^2/\text{g}$, on seurausta sen huokoisesta rakenteesta. Aktiivihiiltä voidaan käyttää monessa eri muodossa, esimerkiksi jauheena, rakeina, nanoputkina, kuituina sekä pelletteinä. Rakeet ovat yleisimmin käytettyjä. (Aatola, 2007; Pulkkinen, 2010.) Puuterimuotoisesta aktiivihiilestä käytetään lyhennettä PAC ja rakeisesta muodosta lyhennettä GAC (Iisakkala 2011). Huokosten koko ja rakenne vaihtelee. Huokokset jaotellaan koon mukaan makro-, meso-, mikro- ja sub-mikrohuokosiin (kuva 6). (Aatola 2007.)



KUVA 8 Aktiivihiilen rakenne (Aatola 2007, muokattu).

Aktiivihiilen pinta on pooliton, joten se adsorboi orgaanisia ja useita epäorgaanisia yhdisteitä paremmin kuin esimerkiksi vesihöyryä. Mikäli orgaanisen aineen molekyylipaino on yli 45 g/mol ja kiehumispiste yli $0\text{ }^\circ\text{C}$, se adsorboituu hyvin todennäköisesti aktiivihiileen. (U.S. EPA 1985.) Aktiivihiilen pinnalla on sekä happamia että emäksisiä ryhmiä, joten aktiivihiilen pinnan varaus voi muuttua pH:n vaihdella. pH:n voidaan vaikuttaa myös käsittelemällä aktiivihiiltä esimerkiksi hapolla. (Iisakkala 2011.) Aktiivihiilen tehokkuuteen vaikuttavia tekijöitä ovat aktiivihiilen kapasiteetti poistettavan aineen suhteen, kontaktiaika sekä orgaanisten aineiden osallistuminen proses-

siin. Myös suodatettavan ilman kosteudella ja lämpötilalla on merkitystä. (Aatola 2007.)

Kun haiseva yhdiste adsorboituu aktiivihiileen, tapahtuvat seuraavat reaktiot: massansiirto, pintadiffuusio, diffuusio rakeiden sisään, fysikaalinen adsorptio, kaasun desorptio, kemiallisia reaktioita ja pinnan uusiutuminen. Mikäli syntyvä reaktiotuote ei adsorboidu, se jatkaa matkaansa väliaineen (ilma, vesi) mukana. Esimerkiksi rikkivety hapettuu aktiivihiilisuodattimessa ensin rikkihapoksi ja adsorboituu sitten tehokkaasti aktiivihiileen. (Aatola 2007.)

Yksinkertaisimmillaan aktiivihiilisuodatin toimii siten, että käsiteltävä ilman puhalletaan aktiivihiilikerroksen läpi. Suodatin on yleensä sylinterinmallinen, jonka sisällä rakeinen aktiivihiili on staattisena patjana. (Aatola 2007.) Suodatusjärjestelmän suunnittelussa on otettava huomioon puhdistettavan ilman laatu ja vaihtelut sekä poistoilman haluttu konsentraatio. (U.S. EPA 1985.) On olemassa myös eri menetelmiä yhdisteleviä tuuletusilman käsittelymahdollisuuksia. Tuuletusilma voidaan ensin esimerkiksi otsonoida ja sen jälkeen syöttää aktiivihiilisuodattimeen. (OdorOff Oy 2013.)

4 AINEISTOT JA MENETELMÄT

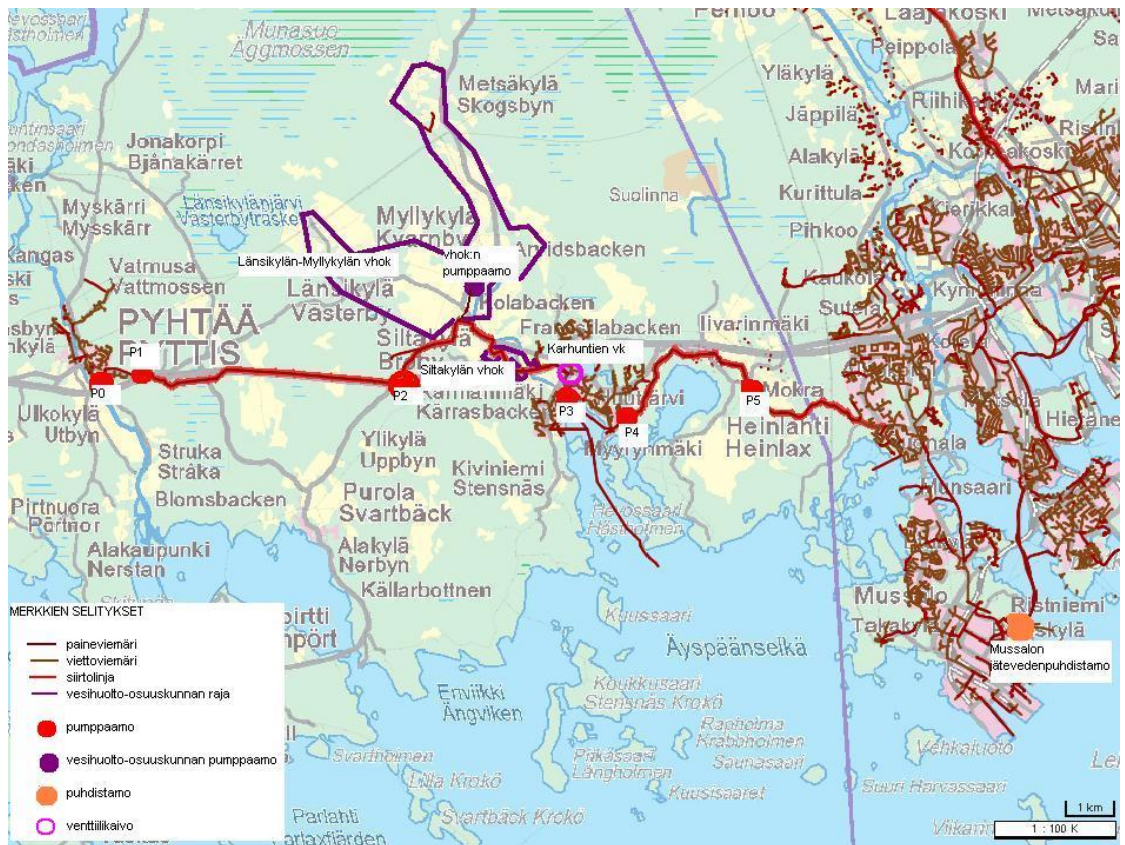
4.1 Kymen Vesi Oy:n viemäriverkosto

Kymen Vesi Oy:n viemäriverkoston kokonaisvirtaama oli vuonna 2012 noin 13,6 miljoonaa kuutiota, joista puhdistamoilla puhdistettiin noin 13,5 miljoonaa kuutiota. Kymen Vesi Oy:llä on neljä puhdistamo, joista jatkuvasti käytössä on Mussalon jätevedenpuhdistamo sekä Sippolan pienpuhdistamo. Mussalon jätevedenpuhdistamolla puhdistetaan pääsääntöisesti Kotkan, Haminan, Pyhtään ja Anjalankosken jätevedet. Mussalon jätevedenpuhdistamo on nykyaikainen puhdistamo, jonka laajennus- ja saneeraustyöt valmistuivat joulukuussa 2009. Sippolan pienpuhdistamolla puhdistetaan Kouvolan Sippolan alueen jätevedet. Tarpeen vaatiessa Anjalankosken siirtolinjan varrelta voidaan ottaa käyttöön kaksi vanhempaa puhdistamo, eli Halkoniemen ja Huhdanniemen puhdistamot. (Kymen Vesi Oy 2013.)

4.1.1 Pyhtään siirtolinja

Pyhtäältä jätevesi matkaa jopa 30 kilometriä ennen päätymistä Mussalon jätevedenpuhdistamolle (kuva 8.). Varsinaisen siirtolinjan pituus on noin 20 kilometriä. Päivittäinen virtaama vaihtelee 200 kuution ja 2000 kuution välillä. Virtaamaa nostaa viemäreihin päätyvät hulevedet sekä verkoston vuotovedet. Pyhtään kunnan puolella on viisi siirtolinjaan kuuluvaa pumppaamo (P0, P1, P2, P3, P4 ja P5), joiden jälkeen jäteveden matka jatkuu Kotkan kaupungin puolella olevia pumppaamoja pitkin (Kuva 8.).

Pumppaamolta P0 lähtien jätevesi kulkee paineviemärissä pumppaamolle P2 asti. Pumppaamo P0 on toinen Pyhtään siirtolinjan FIN-12 -kemikaalin syöttöpisteistä. Juuri ennen pumppaamo P2 paineviemäri purkautuu viettoviemäriin. Viettoviemärisä on tuuletusputki, jossa on aktiivihiilisuodatin puhdistamassa tuuletusilmaa. Pumppaamalla P2 on sekä aktiivihiilisuodatin puhdistamassa pumppaamon tuuletusilmaa että FIN-12 -kemikaalin syöttömahdollisuus. P2:lta jätevesi matkaa paineviemärissä Karhuntien venttiilikaivoon asti, missä se purkautuu viettoviemäriin. Karhuntien ja pumppaamon P3 välinen matka on viettoviemäriä.



KUVA 9 Pyhtään siirtolinja (KeyAqua, muokattu).

4.2 Rikkivetytitoisuuksien mittaaminen ja työturvallisuus

Kymen Vesi Oy:n henkilökunnalla on tällä hetkellä käytössä useita taskukokoisia MX4 iQuad monikaasuilmaläisimiä. MX4 iQuad mittaa samanaikaisesti ilmatilan happipitoisuutta, rikkivetytitoisuutta sekä metaanipitoisuutta ja hälyttää äänen, värinän ja punaisen vilkkuvalon avulla jonkin kaasun pitoisuuden noustessa korkeaksi tai vastaavasti happipitoisuuden pudotessa liian alhaiseksi.

Rikkivetytitoisuuksia mitatessa otettiin huomioon työturvallisuusnäkökohdat. Pumpaamolle saavuttaessa ensimmäinen pitoisuusmittaus tehtiin pumppaamon ulkopuolella ja seuraava pumppaamon sisätilasta. Mikäli pumppaamorakennuksen sisätilan rikkivetytitoisuudet olisivat osoittautuneet tuuletettuinakin HTP-arvoihin nähden liian korkeiksi, ei pumppaamon vesitilan mittauksia olisi tehty. Pumpaamon säiliötilan rikkivetytitoisuuksien mittaukset toteutettiin laskemalla käsikäyttöinen rikkivetymittari narun varassa mahdollisimman lähelle pumppaamon säiliötilan vesirajaa. Pitoisuudet lähellä vesirajaa ovat huomattavasti korkeampia kuin pitoisuudet pumppaamorakennuksen ilmatilassa, koska ilmaa raskaampana kaasuna rikkivety painuu alaspäin.

Eräillä pumppaamoilla veden liike on voimakkaan turbulenttista, jolloin rikkivetypi-
toinen ilma ryöpsähtää mittausta suoritettaessa ylöspäin ja nostaa rikkivetypitoisuuden
haitallisen korkeaksi myös pumppaamon sisätilassa. Tämä asia huomioitiin suorittaes-
sa mittauksia.

Käsitöiden mittareiden isäksi yrityksellä on kaksi jatkuvatoimista Kemiran H₂S
Guard -rikkivetymittaria, jotka voidaan tarpeen vaatiessa sijoittaa eri kohteisiin (Kuva
9.). Mittari lähettää sykleissä dataa rikkivetypitoisuuden lisäksi ilman lämpötilasta,
akun tehosta ja yhteyden toimivuudesta internetissä olevaan portaaliin. Portaalista
tietoja on helppo seurata ja siellä voi säätää muun muassa mittarin mittaussykliä, da-
tan lähettämissykliä sekä tallentaa mittaustuloksia esimerkiksi Exceliin. Kemiralta on
myös saatavissa sovellus, joka säätää jätevetä hapettavan kemikaalin syöttöä rikkive-
typitoisuuksien mukaan (Anttila 2013). Kemiran H₂S-Guard jatkuvatoiminen rikkive-
tymittari sijoitettiin tarkkailujakson 24.9.–18.11.2013 ajaksi Karhuntien venttiili-
kaivoon. Mittari säädettiin mittaamaan kaivon ilmatilan rikkivetypitoisuutta sekä läm-
pötilaa minuutin välein.



KUVA 10 Kemiran jatkuvatoiminen rikkivetymittari (Anttila 2013).

4.3 FIN-12 kemikaalin syöttö Pyhtään siirtolinjalla

Kemiran FIN-12 (fennorox) -kemikaalia syötetään Pyhtään siirtolinjalle kahdella eri
pumppaamolla (P0 ja P2). Molemmilla pumppaamoilla kemikaalia syöttävät kalvo-
pumput on säädetty käymään silloin, kun jätevesipumput käyvät. Kymen Vesi Oy on
kerännyt FIN-12 kemikaalin syötöstä pumppaamolla P2 tietoja talteen jo usean vuo-
den ajan. Varsinaista selvitystä kemikaalin syötöstä suhteessa jätevesimääriin tai rik-

kivetypitoisuuksiin ei kuitenkaan ole aiemmin tehty. Alkusyöksystä 2013 selvisi, ettei kemikaalipumppu syöttänyt kemikaalia entiseen tapaan, joten vanhaa dataa syöttömääristä ei pystytty hyödyntämään.

4.3.1 Kemikaalin syötön tarkkailu

Kemikaalipumppujen toimintaa ja kemikaalin syöttöä suhteessa jätevesimääriin sekä rikkivetytitoisuuksiin tarkkailtiin seitsemän viikkoa syys-marraskuussa 2013. Tutkittavaksi kohteeksi valittiin ensin pelkkä pumppaamo P2 ja pumppaamon P0 kemikaalipumppu kytkettiin pois päältä. Myöhemmin käynnistettiin kemikaalin syöttö myös pumppaamolta P0. Kemikaalipumpun syöttötehoa säädettiin viisi kertaa. Lisäksi kemikaalin syöttömäärä muuttui kemikaalin loppumisen ja kemikaalipumpun rikkoutumisen takia kerran.

Varsinainen kemikaalipumppujen toiminnan tarkkailu alkoi selvittämällä, miksi pumppaamon P2 kemikaalipumpun toiminta oli muuttunut. Kemikaalipumpussa todettiin sähkövika, joka yritettiin korjata. Pumppaamon P0 kemikaalipumpun syöttömäärää nostettiin P2:sen kemikaalipumpun korjaustöiden ajaksi.

Rikkivetytitoisuuksien jatkuvaksi tavoitetasoksi ajateltiin kolmea ppm:ää. Kemikaalin syöttöä lähdettiin hakemaan sen verran korkeaksi, että tavoitetaso toteutuu. Myöhemmin tavoitetasoa laskettiin.

Syyskuussa 2013 toteutuneen ensimmäisen tarkkailujakson alussa pumppaamon P2 kemikaalipumpun syöttötehoksi säädettiin 175 ml/min. Kemikaalipumpun todellinen teho selvitettiin mittaamalla pumpun minuutissa syöttämän kemikaalin määrä. Kemikaalipumppu käynnistettiin käsikäytöllä minuutin ajaksi. Syötetty kemikaali valui erlenmayeriin, josta tarkka tilavuus mitattiin mittalasin avulla. Kemikaalipumppujen käynti säädettiin yhteen jätevesipumppujen käynnin kanssa.

Syöttömäärällä ei ollut haluttua vaikutusta, joten se nostettiin 225 ml/min ja pidettiin samalla tasolla reilun viikon ajan. Rikkivetytitoisuudet eivät kuitenkaan olleet laskeutuneet toivotulla tavalla, joten määrää yritettiin nostaa. Kemikaalipumppu meni jälleen epäkuntoon ja viikonlopun ajaksi kemikaalisyöttö jouduttiin keskeyttämään. Ensimmä-

mäinen tarkkailujakso kesti reilun viikon ajan päättyen kemikaalipumpun rikkoutumiseen.

Ensimmäiseltä tarkkailujaksolta saatujen tulosten perusteella päätettiin käynnistää kemikaalin syöttö myös pumppaamolta P0. Tämäkin kemikaalipumppu vaati huoltoa ennen kuin se saatiin toimimaan, koska imuletkun siivilä oli tukkeutunut. Pumppaamon P0 kemikaalipumpun käynnistyksen yhteydessä sen syöttötehon mitattiin olevan huomattavasti P2:n pumppua heikempi. Tämä kalvopumppumalli eroaa pumppaamon P2 kemikaalipumpusta siten, että siinä on enemmän säätövaraa. Pumppaamon P0 kemikaalipumppu säädettiin syöttämään kemikaalia 46,5 ml/min. Mittaus suoritettiin erlenmayerin ja mittalasin avulla. Heikommasta pumppaustehosta ei ole pumppaamolla P0 haittaa, sillä pumppaamon tehollinen tilavuus on alhainen. Tämä tarkoittaa sitä, että jätevesipumput käynnistyvät usein. Pumppaamon P2 kemikaalipumppu saatiin jälleen kuntoon 7.10.2013 ja sen syöttömääräksi asetettiin 285 ml/min. Edellä esitetyt kemikaalin syöttömäärät olivat käytössä 7.10.–21.10.2013. Toinen tarkkailujakso päättyi kemikaalin loppumiseen. Kemikaalin loppumisajaksi arvioitiin 21.10.2013 iltana Karhuntien venttiilikaivon kohonneiden rikkivetypitoisuuksien perusteella.

Kemikaalipumppujen annettiin toimia samalla teholla useamman viikon ennen kuin syöttömääriä muutettiin. Tämä johtui osittain siitä, että haluttiin tarkkailla kemikaalipumppujen toimintaa pidemmällä aikavälillä ja osittain siitä, että ne olivat kovin herkkiä rikkoutumaan. Kemikaalia tilattiin lisää ja kemikaalin syöttö saatiin uudelleen käyntiin perjantaina 1.11.2013, jolloin alkoi kolmas tarkkailujakso. Pumppaamon P0 kemikaalipumppua ei enää saatu toimimaan, joten kemikaalin syöttöä jatkettiin ainoastaan pumppaamalla P2. Kemikaalipumppujen toimintaa oli tässä vaiheessa tarkkailtu useampi viikko ja niitä voitiin pitää suhteellisen varmatoimisina. 6.11.2013 kemikaalin syöttö laskettiin pumppaamalla P2 200 ml/min. Kemikaalin syöttö pysäytettiin suurten virtaamien vuoksi 8.11.2013. Suurien virtaamien aikana kemikaalin syöttö ei ole perusteltua, koska viipymä verkostossa on vähäistä. Kemikaalin syötön suhteen dataa kerättiin yhteensä seitsemältä viikolta aikavälillä syyskuu-marraskuu 2013.

Taulukko 4 Kemikaalipumppuihin asetetut syöttötehot ja niiden muutokset pumppaamoilla P2 ja P0.

pvm	pumppaamo P2 FIN-12 [ml/min]	pumppaamo P0 FIN-12 [ml/min]
Ensimmäinen tarkkailujakso		
23.9.	175	0
24.9.–3.10.	225	0
4.10.	0	0
Toinen tarkkailujakso		
7.10.–20.10.	285	46,5
21.10.	0	0
Kolmas tarkkailujakso		
6.11.–7.11.	200	0
8.11.	0	0

4.3.2 Kemikaalipumppujen syöttötiedot

Kemikaalipumput olivat kytketty toimimaan siten, että ne käyvät jätevesipumppujen kanssa yhtä aikaa. Jätevesipumppujen hallinnointia ja toiminnan tarkkailua varten Kymen Vesi Oy:llä on käytössä Elsa-ohjelma. Elsaan tallentuu tiedot muun muassa jätevesipumppujen käyntiajoista, pumpatusta vesimäärästä ja pumppujen käynnistyskerroista. Elsaan tiedot tallentuvat viiveellä ja tarkkailujakson aikana Elsasta otettiin tietoja laskutoimituksia varten viikon välein.

Elsa-ohjelma ilmoittaa jätevesipumppujen käyntiajat sekunteina tuntia kohden. Tämän tiedon avulla on laskettu kemikaalipumppujen käyntiajat ja käyntiaikojen perusteella edelleen kemikaalin syöttömäärät, kun on tiedetty kemikaalipumpun syöttöteho ml/min. FIN-12 kemikaalin tiheys on käyttöturvallisuustiedotteen mukaan 1,45–1,55 g/cm³. Laskettaessa kemikaalin syöttömäärää grammoina kuutiota kohden on käytetty näiden lukujen keskiarvoa eli 1,50 g/cm³. Laskutoimitukset on toteutettu Excel- taulukkolaskentaohjelmalla.

Tarkkailujakson aikana selvisi, etteivät pumppaamon P2 virtaamatiedot pidä paikkaansa lappoamisen takia. Lappoamisella tarkoitetaan sitä, että jätevesi siirtyy pump-

paamolta eteenpäin ilman, että jätevesipumput käynnistyvät. Pumppaamon P0 jätevesisäiliön tilavuus käytiin tarkastamassa tarkkailujakson aikana. Pumppaamon P0 virtaamatietoja voidaan siis pitää luotettavina, sillä sieltä jätevesi siirtyy eteenpäin ainoastaan pumpattuna. Tuloksia laskettaessa virtaamatietoina on käytetty pumppaamon P0 tietoja. Pumppaamon P0 ja P2 välillä siirtolinjaan liittyy ainoastaan yksi pieni viemäriin, jonka vaikutus jätevesimääriin arvioitiin vähäiseksi.

5 TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU

Pyhtään siirtolinjan pumppaamoilta on mitattu rikkivetypitoisuuksia säännöllisesti lähes viikoittain vuodesta 2010 lähtien. Kaikkien tarkkailuvuosien aikana korkeimmat pitoisuudet ovat olleet pumppaamolla P2 sekä Karhuntien venttiilikaivossa, jossa paineviemäri purkautuu viettoviemäriin. Karhuntien venttiilikaivossa rikkivetypitoisuudet ovat etenkin kesäisin korkeita. Alueen omakotitaloasukkailta on aiemmin tullut hajuvalituksia, joten Karhuntien venttiilikaivoa voidaan pitää hajuvalitusten osalta toisena Pyhtään linjan kriittisimmistä kohdista. Toinen kriittinen kohta on pumppaamo P2, jota ennen paineviemäri purkautuu hetkeksi viettoviemäriin. Pumppaamon P2 läheisyydessä on liiketiloja.

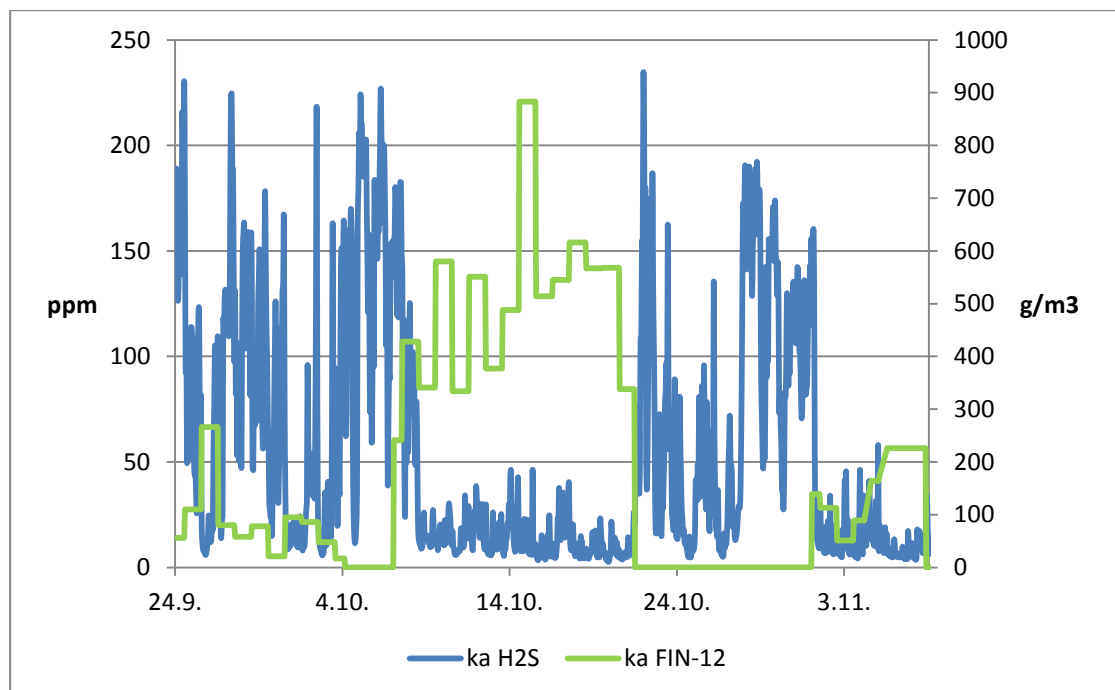
Pyhtään siirtolinjan korkeimmat rikkivetypitoisuudet ovat vaihdelleet välillä 110–140 ppm:ää ja olleet kesäkuukausina. Vuoden 2012 kesä oli sateinen ja korkein rikkivetypitoisuus 90 ppm:ää ajoittui poikkeuksellisesti helmikuulle. Vuonna 2013 Karhuntien venttiilikaivon rikkivetypitoisuus nousi ennätyskorkeaksi ollen lähes 250 ppm:ää. Karhuntien venttiilikaivon rikkivetypitoisuudet ovat nousseet ja pumppaamon P2 pitoisuudet laskeneet vuosina 2010–2013.

5.1 Kemikaalin syötön vaikutus rikkivetypitoisuuksiin

Tarkasteltaessa rikkivetypitoisuuksia täytyy muistaa, ettei vuodenaika ole otollisin rikkivedyn synnylle. Luotettavimmat tulokset huippupitoisuuksien osalta saadaan kesällä, jolloin korkeampi lämpötila edesauttaa rikkivedyn syntyä. Vaikka kemikaalipumppuihin säädetty syöttöteho pysyi useita viikkoja muuttumattomana, vaihteli kemikaalin todellinen syöttömäärä jätevesikuutiota kohden huomattavan paljon. Tämä johtui siitä, etteivät pumppaamon P2 jätevesipumput käy tasaisesti vesimäärän mu-

kaan vaan osa jätevedestä siirtyy linjassa eteenpäin lappoamalla. Pumppaamalla P0 ei ole tällaista ongelmaa.

Tarkkailujakson ajalta saatujen tulosten perusteella keskimääräinen kemikaalin syöttö tulisi olla välillä 150–250 g/m³. Tulos vastaa hyvin Kemiran antamaa ohjeistusta kemikaalin syötöstä. Kemikaalin syötön ollessa yli 100 g/m³ Karhuntien venttiilikaivon rikkivetytitoisuudet pysyttelivät alle 50 ppm:ää (Kuva 11.). Rikkivetytitoisuuksien vaihteluväli oli 2,5 ppm - 280 ppm. On huomioitavaa, ettei kemikaalin syöttöä lisäämällä saatu rikkivetytitoisuuksien huippuja tiettyä tasoa alemmas, vaikka enimmillään kemikaalipumput syöttivät kemikaalia lähes 900 g/m³. Tämän määrän olisi Kemiran antaman ohjeistuksen mukaan pitänyt vaikuttaa yli 500 ppm:ään rikkivetyä. Saatu tulos viittaa siihen, että Karhuntien venttiilikaivoon tulee rikkivetytitoista jätevettä sellaisilta viemärilinjoilta, joilla ei ole kemikaalin syöttöä. Käytännössä tämä osoittaa vesihuolto-osuuskuntien jätevesien olevan rikkivetytitoisia. Saadut tulokset ovat yhdenmukaisia Anttilan (2008) tutkimuksen kanssa. Kyseisessä tutkimuksessa on selvitetty erilaisten kemikaalien vaikutusta rikkivetytitoisuuksiin ja saatu tulokseksi, että kemikaalin syötön avulla rikkivetytitoisuuksia voidaan merkittävästi alentaa, muttei kokonaan poistaa.



KUVA 11 Koko tarkkailujakson 24.9.–8.11. tulokset. Rikkivetytitoisuudet on esitetty tuntikeskiarvoina ja FIN-12-kemikaalin syöttömäärät päiväkohtaisina keskiarvoina.

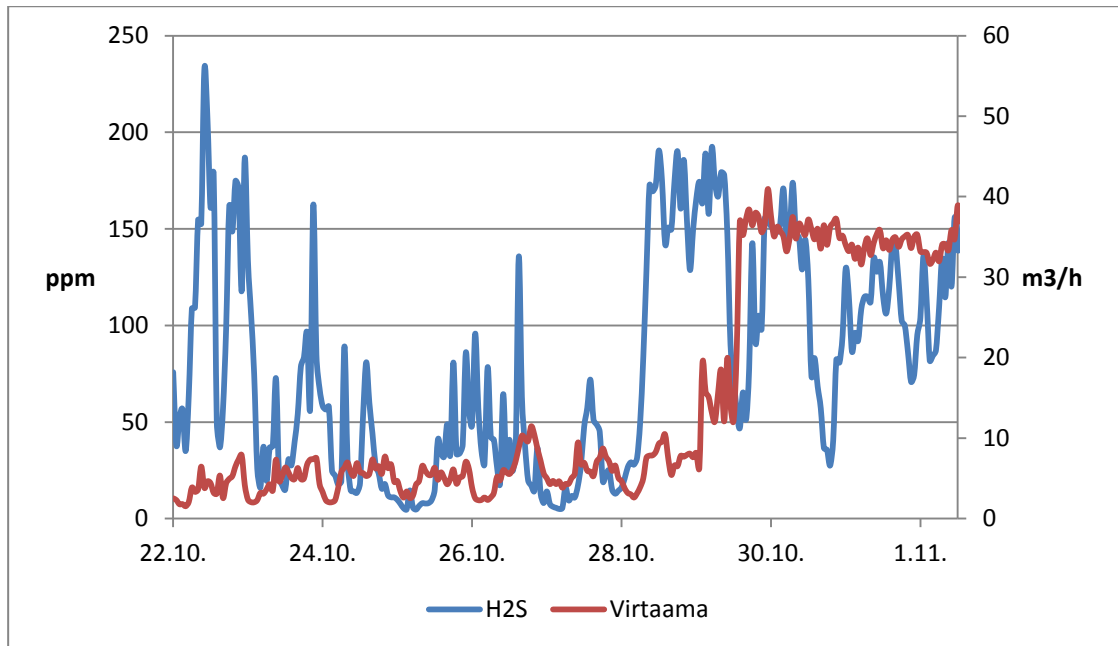
Rikkivetypitoisuuksien vähentämisen tavoitteena voi olla hajuhaittojen ennaltaehkäisy ja/tai korroosiovaikutusten ehkäisy. Karhuntien venttiilikaivon läheisyydestä ei tullut tarkkailuajanjaksolta yhtään hajuvalitusta, vaikka pitoisuudet olivat hetkittäin hyvin korkeita. Pumppaamon P2 läheisyydestä sen sijaan tuli yksi valitus. Tämä valitus oli seurausta siitä, ettei viettoviemäriosoituksen tuuletusputken aktiivihiihluodatin ollut paikallaan. Tilanne korjattiin asentamalla tuuletusputkeen uudet aktiivihiihlet. Nämä asiat huomioden kemikaalisyöttö ei siis hajuhaittojen poistamisen näkökulmasta ole välttämätöntä näillä pitoisuuksilla tähän vuodenaikaan.

5.2 Kemikaalipumppujen toiminta

Kemikaalipumpun käynnin yhdistäminen jätevesipumppujen käyntiin toimii vain sellaisilla pumppaamoilla, joilla jätevesi ei siirry eteenpäin lappoamalla. P0 pumppaamolla kemikaalipumppu syötti kemikaalia tasaisesti ja näin ollen sen toimintakäyttöä ei tarvitse muuttaa. Pumppaamolla P2 kemikaalipumppu syötti kemikaalia toisinaan huomattavasti toivottua määrää enemmän johtuen siitä, että jätevesipumput pumppasivat joinakin päivinä enemmän suhteessa virranneeseen jätevesimäärään. P2 pumppaamolla optimaalinen kemikaalipumpun toiminta on parhaiten saavutettavissa siten, että kemikaalipumpun toiminta on käänteisesti verrannollinen jäteveden virtaamaan. Tämä on toteutettavissa virtaamamittarin avulla. Kemikaalipumpun jatkuva päällä olo ei vaikuttaisi olevan järkevä ratkaisu kummassakaan kohteessa, koska se on kaikista hankalimmin säädettävissä optimaaliseksi jatkuvasti vaihtelevan virtaaman vuoksi.

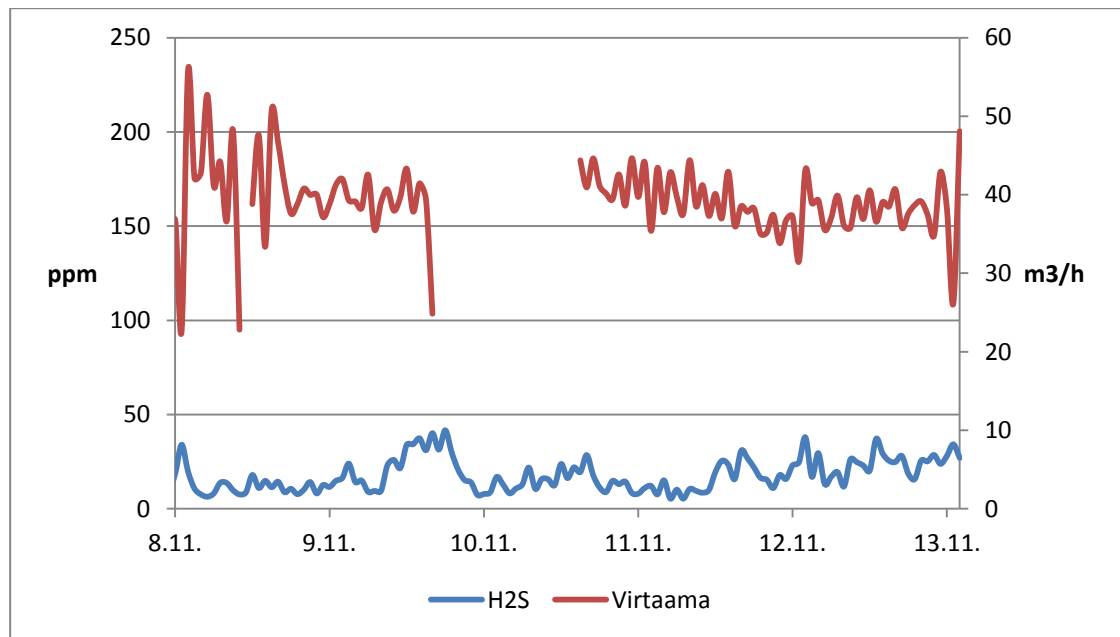
5.3 Virtaaman vaikutus rikkivetypitoisuuksiin

Virtaamat Pyhtään siirtolinjan tarkasteluun kuuluneessa osassa pysyttelivät melkein koko tarkkailujakson noin $10 \text{ m}^3/\text{h}$. Tarkkailujakson aikana oli kaksi jaksoa, jolloin ei syötetty kemikaalia. Näiltä ajanjaksoilta voidaan tarkastella virtaaman vaikutusta rikkivetypitoisuuksiin. Ensimmäinen kemikaalin syötön katkos oli loka-marraskuun vaihteessa (Kuva 12.). Virtaaman nousu ei vaikuttanut rikkivetypitoisuuksiin, joten kemikaalin syöttö käynnistettiin uudelleen 1.11.2013.



KUVA 12 Virtaamaan vaikutus rikkivetypitoisuuksiin kun kemikaalin syöttö ei ole päällä, tarkkailujakso 1

Kemikaalin syöttö päätettiin lopettaa 8.11. koska virtaamat olivat entistä suurempia. Rikkivetypitoisuudet eivät kohonneet, vaikka kemikaalin syöttö lopetettiin (Kuva 13.). Tulokseksi saatiin, että virtaaman pysytellessä yli 20 m³/h ei kemikaalin syöttö ole tarpeellista. Elsa -ohjelma mittaa pumppaamon virtaamatiedot astiamenetelmän avulla. Astiamenetelmä tarkoittaa käytännössä sitä, että ohjelmaan on laskettu pumppaamon jätevesisäiliön tilavuus dm³/cm (kuinka paljon vettä on senttimetrin matkalla säiliössä). Jätevesisäiliössä veden pinnan korkeus vaihtelee ja edellä mainitun tilavuustiedon perusteella ohjelma laskee virtaaman. Astiamittausmenetelmä on epätarkka etenkin silloin, kun vesi siirtyy eteenpäin osittain lappoamalla tai vettä on niin paljon, että vaikka pumput kävisivät täydellä teholla, niin säiliön pinnankorkeus ei muutu. Kuvaajassa (kuva 13.) näkyvä katkos virtaamatiedoissa johtuu siitä, että jätevesipumput ovat käyneet tauotta eikä luotettavaa virtaamamittaustulosta ole saatu.



KUVA 13 Virtaaman vaikutus rikkivetypitoisuuksiin

5.4 Siltakylän ja Länsikylän-Myllykylän vesihuolto-osuuskuntien tulokset

Kemikaalin syötöstä huolimatta Karhuntien venttiilikaivon rikkivetypitoisuuksissa oli selkeitä huippuja. Syitä pitoisuuspiikkeihin lähdettiin etsimään pumppaamon P2 ja Karhuntien venttiilikaivon välisellä matkalla siirtovesilinjaan liittyviltä viemäri- ja siirtovesilinjoilta. Nämä viemäri- ja siirtovesilinjat ja sitä kautta mahdolliset vesihuolto-osuuskunnat kartoitettiin KeyAqua -ohjelman avulla.

Siirtolinjaan liittyy kaksi vesihuolto-osuuskunnan viemäri- ja siirtovesilinjaa: Länsikylän-Myllykylän vesihuolto-osuuskunta ja Jokitien pumppaamon kautta tuleva Siltakylän vesihuolto-osuuskunnan viemäri- ja siirtovesilinja. Molemmat vesihuolto-osuuskunnat ovat liittyneet Kymen Vesi Oy:n verkostoon vuonna 2012 ja molempien jätevesi kulkee paineviemäreissä. Koska vesihuolto-osuuskuntien viemäriverkosto on uutta, voidaan olettaa, ettei siihen juurikaan tule vuotovesiä. Molempien vesihuolto-osuuskuntien päivittäinen virtaama on hyvin alhainen, Länsikylän-Myllykylän vesihuolto-osuuskunnalla noin 12 m³/d ja Siltakylällä alle 2 m³/d. Mikäli viemäriverkosto on oikein mitoitettu, ei alhainen virtaama johda pitkään viipymään. (Kymen Vesi Oy 2013.)



Kuva 14 Länsikylän-Myllykylän vesihuolto-osuuskunnan pumppaamo (Pulkkinen 2013).

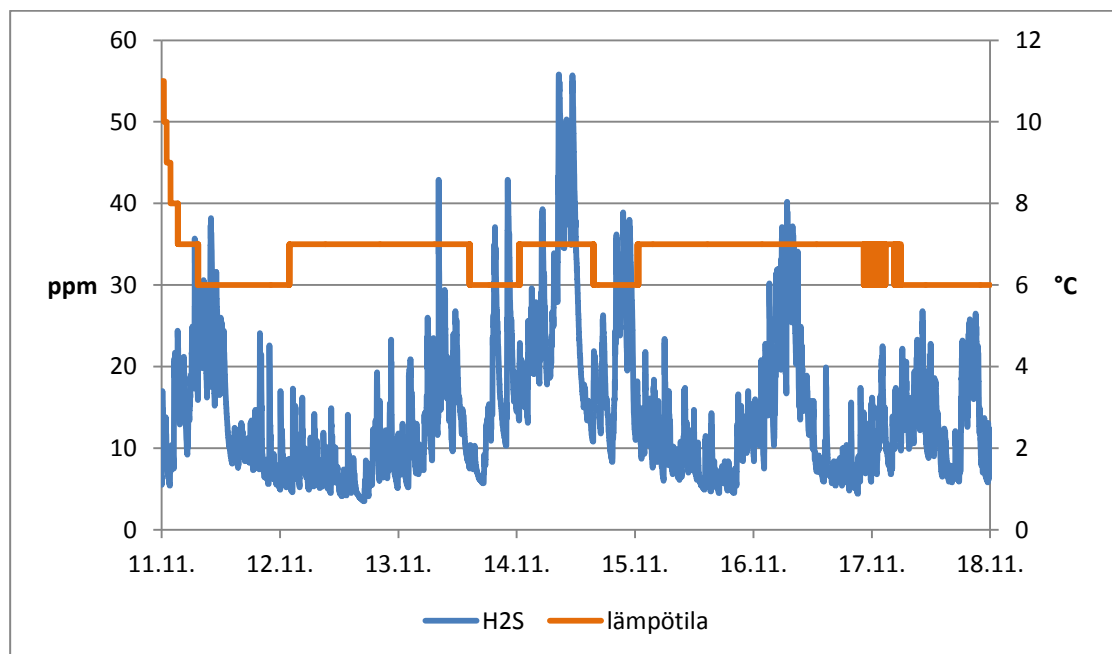
Jokitien pumppaamolta mitattiin rikkivetytitoisuus 8.10.2013 ja tulokseksi saatiin alle 1 ppm. Pumppaamolla oli selkeä kiintoainekakku jäteveden pinnalla, mikä estää rikkivedyn pääsyn vesifaasista pumppaamon ilmatilaan. Mittaustulos ei kerro koko totuutta jäteveden rikkivetytitoisuudesta, koska rikkivedyn siirtymistä vesifaasista kaasufaasiin ei pääse tapahtumaan. Lyhyessä viemäriverkostossa jätevesi ei matkaa kovin kauaa hapettomassa tilassa, joten Siltakylän vesihuolto-osuuskunnan jätevesillä todettiin olevan vain vähän vaikutusta siirtolinjan rikkivetytitoisuuksiin.

KeyAqua-karttaohjelman avulla selvitettiin Länsikylän-Myllykylän vesihuolto-osuuskunnan jätevesien tilaa ennen liittymistä siirtolinjaan parhaiten kuvaava pumppaamo. Käytännössä tämä tarkoittaa lähinnä siirtolinjaa olevaa pumppaamo, joka kokoaisi jätevedet mahdollisimman suurelta alalta. Tällainen pumppaamo löydettiin ja siellä vierailtiin vesihuolto-osuuskunnan luvalla 28.10.2013. Pumppaamoon ei kuitenkaan päästy sisälle, sillä lukko oli niin pahasti ruostunut, ettei sitä saatu auki. Rikkivetytitoisuudeksi saatiin 14,5 ppm:ää, kun pumppaamossa ei ollut virtausta. Rikkivetytitoisuudet ovat suurimmillaan silloin, kun pumppaamoon tulee vettä.

Karhuntien venttiilikaivon mittaustulosten perusteella voidaan todeta pitoisuuksien vaihtelevan veden liikkeen mukaan voimakkaastikin, joten luotettavimman tuloksen

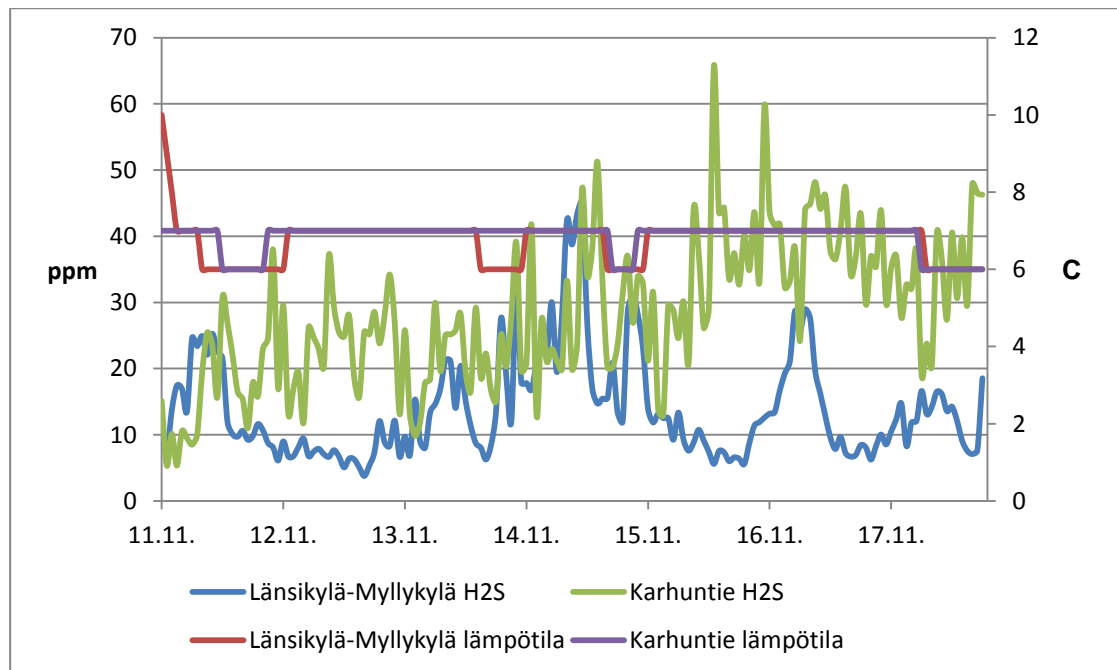
pumppaamon rikkivetypitoisuuksista saa jatkuvatoimisella rikkivetymittarilla. Kemiran jatkuvatoiminen H₂S-Guard rikkivetymittari vietiin Länsikylän-Myllykylän vesiosuuskunnan pumppaamolle ja pumppaamon rikkivetypitoisuuksia seurattiin viikon ajan marraskuussa 2013. Mittari säädettiin tarkkailemaan pumppaamon ilmatilan rikkivetypitoisuutta ja lämpötilaa minuutin välein. Jatkuvatoimista rikkivetymittaria vielessä tehtiin havainto, että uudessa lukossa näkyi jo pieniä korroosiomuutoksia.

Länsikylän-Myllykylän vesihuolto-osuuskunnan pumppaamon rikkivetypitoisuudet vaihtelivat välillä 2,5–55,8 ppm:ää (kuva 15.). Huippuarvoja voidaan pitää vuodenaikaan nähden melko korkeina, sillä alhainen lämpötila ei suosi rikkivedyn muodostumista.



KUVA 15 Länsikylän-Myllykylän vesihuolto-osuuskunnan pumppaamon rikkivetypitoisuudet 11.11.–18.11.

Tarkkailussa olleen Länsikylän-Myllykylän jätevesipumppaamon etäisyys Karhuntien venttiilikaivosta on noin 4,5 kilometriä. Jätevesi kulkee koko matkan Karhuntien venttiilikaivoon paineviemäriässä. Koska rikkivetyä muodostuu eniten juuri paineviemäreissä, voidaan päätellä, että Länsikylän-Myllykylän vesihuolto-osuuskunnan jätevesillä on vaikutusta Karhuntien venttiilikaivon rikkivetypitoisuuksiin. Tulos tarkentuisi, jos saataisiin Länsikylän-Myllykylän pumppaamoiden käyntiajat ja tiedot pumpatusta vesimäärästä.



KUVA 16 Länsikylän-Myllykylän ja Karhuntien venttiilikaivon rikkivetypitoisuuksien tuntikeskiarvojen vaihtelu

On syytä harkita kemikaalin syötön sijoittamista tarkkailussa olleelle Länsikylän-Myllykylän vesiosuuskunnan pumppaamolle. Mikäli tähän päädytään, tulee selvittää, liikkuuko jätevettä pumppaamolta eteenpäin lappoamalla. Jos jätevesi siirtyy ainoastaan pumppujen avulla eteenpäin, voidaan kemikaalipumppu säätää toimimaan yhdessä jätevesipumppujen kanssa.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Pumppaamolla P0 kemikaalipumppu toimii riittävän varmatoimisesti eikä sen toimintajärjestelyjä ole tarpeen muuttaa. Pumppaamolla P0 sijaitsevan kemikaalipumpun imuletkun siivilän ajoittainen tukkeutuminen on suurin käyttöä häiritsevä tekijä. Pumppaamolla P2 kemikaalipumpun toiminta on epätasaista, joten se vaatii toimenpiteitä. Ehdotuksena on kemikaalipumpun toiminnan ajoittaminen virtaamamittariin yhdistettynä siten, että kemikaalipumpun toiminta on sitä aktiivisempaa, mitä pienempi virtaama on.

Mikäli kemikaalin syöttöä jatketaan entisistä kohteista eli pumppaamoilta P0 ja P2, tavoiteltavaksi rikkivetypitoisuuksien tasoksi on järkevintä asettaa huippupitoisuuksien osalta alle 50 ppm:ää. Tehokkaimmin rikkivetypitoisuudet alhaalla pitävä kemikaali-

limäärä on noin 150–250 g/m³. Kemikaalin syöttöä ei tarvita virtaaman ollessa noin 20 m³/h tai sitä korkeampi.

Pyhtään siirtolinjaan ennen Karhuntien venttiilikaivoa liittyvien vesihuolto-osuuskuntien jätevedet ovat rikkivetytitoisia ja nostavat näin ollen Karhuntien venttiilikaivon rikkivetytitoisuuksia. Mikäli rikkivetytitoisuuksien halutaan pysyvän Karhuntien venttiilikaivossa jatkuvasti alle 50 ppm:n, on harkittava FIN-12 kemikaalin syöttöpistettä Länsikylän-Myllykylän vesihuolto-osuuskunnan pumppaamolle.

Jatkotoimenpiteinä suosittelen harkitsemaan kemikaalin syötön aloittamista Länsikylän-Myllykylän jätevesiosuuskunnan pumppaamolta. Mikäli vesihuolto-osuuskunnan pumppaamoon sijoitettaisiin kemikaalin syöttö, niin voitaisiin luopua toisesta tällä hetkellä käytössä olevasta kemikaalin syöttökohteesta. Vaikuttaisi olevan toimivampaa valita kemikaalin syöttöpisteeksi pumppaamo P0, koska tällä pumppaamolla kemikaalipumppu on varmatoiminen eikä vaadi uusia säätötoimenpiteitä. Kesäaikaan olisi hyvä suorittaa uusi tarkkailuajanjakso, jotta voitaisiin varmistua, että kemikaalin syöttö on optimaalista annetuilla ohjearvoilla myös lämpimään vuodenaikaan.

LÄHTEET

- Aaltola, Laura 2007. Viemärihajujen synty ja hallintamenetelmät. Tampereen teknillinen yliopisto. Ympäristö- ja energiatekniikan koulutusohjelma. Diplomityö. PDF-dokumentti. http://www.vvy.fi/files/217/Dtyo_Aatola_291207.pdf. Päivitetty 6.11.2008. Luettu 15.9.2013
- Anttila, Elina 2008. Helsingin vesi (nykyinen Helsingin seudun ympäristöpalvelut eli HSY). PDF-dokumentti. http://www.vvy.fi/files/22/anttila_elina.pdf. Ei päivitystietoja. Luettu 17.9.2013
- Anttila, Kauko 2013. Kemira Water. Kemiran hajunpoistotuotteet. PDF-dokumentti. Kemira waterin jätevesikoulutuspäiviltä. Päivitetty 2.9.2013 Luettu 18.9.2013
- Firer, Dan, Friendler, Eran & Lahav, Ori 2007. Control of sulfide in sewer systems by dosage of iron salts: Comparison between theoretical and experimental results, and practical implications. PDF-dokumentti. http://gwri-ic.technion.ac.il/pdf/gwri_abstracts/2008/35.pdf. Ei päivitystietoja. Luettu 10.10.2013
- Hvitved-Jacobsen, T., Vollertsen, J., Yongsiri, C., Nielsen, A.H. & Abdul-Talib, S. 2002. Sewer microbial processes, emissions and impacts. PDF-dokumentti. <http://ptarpp2.uitm.edu.my/suhaimiabdultalib/fulltext/sewer%20microbial.pdf>. Päivitetty 5.7.2002. Luettu 16.10.2013.
- Iisakkala, Toni-Pekka 2011. Aktiivihiilen adsorptiokyky. Satakunnan ammattikorkeakoulu. Kemianteekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. PDF-dokumentti. https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/26813/Iisakkala_Toni-Pekka.pdf?sequence=1. Ei päivitystietoja. Luettu 22.10.2013.
- Kemira 2013. Käyttöturvallisuustiedote, Kemira FIN-12.
- Kymen Vesi Oy/Keypro, KeyAqua -karttaohjelma. <https://kymenvesi.keyaqua.keypro.fi/> Päivitetään jatkuvasti. Karttapohja otettu 19.11.13
- Kymen Vesi Oy, 2013. Kymen Vesi Oy:n toimintakertomus vuodelta 2012.
- OdorOff Oy, 2013. Tiedonanto Kymen Vesi Oy:lle.
- Pitkonen, Paula, 2013. Selvitys rikkivetypitoisuuksista viettoviemärissä Mikkeliissä, Kemikaalin käytön vaikutus rikkivetypitoisuuksiin. Mikkelin ammattikorkeakoulu. Ympäristötekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. PDF-dokumentti. http://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/62237/Paula_Pitkonen.pdf?sequence=1. Ei päivitystietoja. Luettu 12.11.2013.
- Pulkkinen, Jaana 2013. Kuvamateriaalia opinnäytetyön aiheesta. Amk-opiskelija (ympäristötekniikka). Mikkelin ammattikorkeakoulu.
- Pulkkinen, Matti, 2010. Aktiivihiilen aktivointi, regenerointi ja käyttö. Keski-Pohjanmaan ammattikorkeakoulu. Kemianteekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. PDF-dokumentti

https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/24820/Matti_Pulkkinen.pdf?sequence=1. Ei päivitystietoja. Luettu 21.10.2013.

Pyykkönen, Olli 2010. Jäteveden orgaanisen kuorman muuttuminen pitkissä siirtolinjoissa. Oulun yliopisto, teknillinen tiedekunta. Prosessi- ja ympäristötekniikan osasto. Diplomityö. PDF-dokumentti.

<http://www oulu.fi/poves/pages/publ/dipl/ollipyykkonen.pdf>. Ei päivitystietoja. Luettu 13.11.2013

Pöyry Finland Oy 2010. Kymen Vesi Oy Anjalankoski – Kotka siirtoviemäri Hajuhaittojen lieventäminen. Selvitys ja ratkaisuehdotuksia. Kymen Vesi Oy:n sisäistä tietoa.

Räsänen, J., Siltanen, T., Vahlman, T., Pääkkönen, J. & Ojanen, H. 2001. Jätevesiviemäreiden hajuhaittojen vähentäminen. VTT tiedotteita 2089.

Sosiaali- ja terveysministeriö, 2011. Suomen säädöskokoelma 1213/2011 Sosiaali- ja terveysministeriön asetus haitallisiksi tunnetuista pitoisuuksista. PDF-dokumentti.

<http://www.edilex.fi/virallistieto/saadskokoelma/20111213.pdf>. Luettu 10.10.2013

Tarvainen, Virpi, 2008. Ilmanlaatuportaali 2013. Otsoni ilmansaasteena. WWW-dokumentti.

http://www.ilmanlaatu.fi/ilmansaasteet/tietosivut/otsoni_ilmansaasteena.php. Päivitetty 13.2.2008. Luettu 21.10.2013.

Työsuojeluhallinto, 2013. Haitalliseksi tunnetut pitoisuudet (HTP-arvot) WWW-dokumentti. <http://www.tyosuojelu.fi/fi/HTP-arvot>. Päivitetty 16.8.2013. Luettu 10.10.2013

Työterveyslaitos 2013. Rikkivedyn OVA -ohje. WWW-dokumentti.

<http://www.ttl.fi/ova/rikkivet.html>. Päivitetty 28.8.2013. Luettu 1.10.2013

Työterveyslaitos, 2009. Otsonin kemikaalikortti. WWW-dokumentti.

<http://kappa.ttl.fi/kemikaalikortit/khtml/nfin0068.htm>. Päivitetty 4.2009. Luettu 17.10.2013

United States Environmental Protection Agency (U.S. EPA), 1985. Design Manual: Odor and corrosion control in sanitary sewage systems and treatment plants. PDF-dokumentti.

<http://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe/300045C6.PDF?ZyActionP=PDF&Client=EPA&Index=1981%20Thru%201985&File=D%3A%5CZYFILES%5CINDEX%20DATA%5C81THRU85%5CTXT%5C00000003%5C300045C6.txt&Query=&SearchMethod=&FuzzyDegree=0&User=ANONYMOUS&Password=anonymous&QField=pubnumber%5E%22625185018%22&UseQField=pubnumber&IntQFieldOp=1&ExtQFieldOp=1&Docs=>. Ei päivitystietoja. Luettu 10.10.2013

Valtioneuvoston päätös ilmanlaadun ohjearvoista ja rikkilaskeuman tavoitearvoista 480/1996.

<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1996/19960480?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=ilmanlaadun%20ohjearvot>. Luettu 10.2.2014

Vincke, Elke, Monteny Joke, Beeldens, Anne, De Belie, Nele, Taerwe, Luc, van Gemert, Dionys & Verstraete, Willy 2000. Recent developments in research on biogenic sulfuric acid attack of concrete. Teoksessa P.N.L. Lens & L. Hulshoff Pol (toim.) Environmental technologies to treat sulfur pollution -principles and engineering. London: IWA Publishing. PDF-dokumentti. <http://books.google.fi/books?id=O4ebv2-KRAYC&pg=PA516&dq=biogenic+sulfuric&hl=fi&sa=X&ei=TrdKUoK9DKmg4gT3rYGICQ&ved=0CDwQ6AEwAQ#v=onepage&q=biogenic%20sulfuric&f=false> Ei päivitystietoja. Luettu 14.10.2013