



Suorahöyryprosessissa käytetyn höyryn vaikutus elintarvikkeen laatuun ja tuoteturvallisuuteen

Jouni Alenius

Opinnäytetyö, ylempi AMK

Joulukuu 2023

Tekniikan ala

Kestävä energia

Alenius Jouni

Suorahöyryprosessissa käytetyn höyryn vaikutus elintarvikkeen laatuun ja tuoteturvallisuuteen

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Joulukuu 2023, 90 sivua

Tekniikan ala. Kestävä energia. Opinnäytetyö, ylempi AMK.

Julkaisun kieli: suomi

Julkaisulupa avoimessa verkossa: kyllä

Tiivistelmä

Työn toimeksiantaja Spirax Oy toimii Suomessa maahantuojana ja jälleenmyyjänä emoyhtiö Spirax-Sarco Engineering plc:n höyry- ja lauhdejärjestelmien tuotteille, ratkaisuille ja palveluille. Höyry on tärkeä lämmönsiirtoaine elintarviketeollisuudessa. Ominaisuuksiensa ansiosta höyryä voidaan käyttää niin sanotuissa suorahöyryprosesseissa, joissa höyry on suorassa kontaktissa valmistettavan tuotteen tai sen valmistukseen käytetyn pinnan kanssa. Näissä prosesseissa käytetyn höyryn puhtaus on ensiarvoisen tärkeää, jotta elintarviketurvallisuus ei vaarannu ja tuotteen laatu pysyy korkeana.

Työn tavoitteena oli koostaa suomenkielinen, tutkittuun tietoon perustuva selvitys siitä, millainen on suorahöyryprosesseihin liittyvä elintarviketeollisuuden toimintaympäristö mukaan lukien säädökset ja tarjolla olevat tekniset ratkaisut. Painotuksena oli määrittää höyryn puhtauteen vaikuttavia tekijöitä ja esittää keinoja torjua epäpuhtauksia. Lainsäädännön mukaan elintarvikelaitos on vastuussa tuottamiensa elintarvikkeiden turvallisuudesta. Turvallisuuden ja laadun varmistus perustuu omavalvontaan. Tuotantolaitosten nykyistä tapaa käsitellä suorahöyryprosesseja ja niissä käytettävän höyryn puhtautta tutkittiin määrällisen tutkimuksen keinoin. Nykytilan selvittämisessä päätyökaluna käytettiin verkkokyselyä.

Kyselytutkimus tuotti tietoa siitä, mitkä ovat kotimaisessa elintarviketeollisuudessa yleiset käytännöt, joilla valvotaan ja varmistetaan suorahöyryprosesseissa käytettävän höyryn puhtaus. Tutkimuksen tulosten mukaan lakisääteiset velvollisuudet toteutuvat kattavasti, mutta elintarvikelaitosten itse laatimien riskiarvioiden piiriin jäävien keinojen ja toimenpiteiden hallinnassa vaikuttaisi olevan kehitettävää. Kehitystarpeet vaihtelevat laitoksittain.

Tutkimuksen perusteella elintarvikelaitosten höyryn puhtauden seurantakäytännöissä ja epäpuhtauksien torjunnassa olisi kehitettävää. Osalla kyselyyn vastanneista tuotantolaitoksista on vaatimattomat valmiudet varmistua suorahöyryprosessissa käytetyn höyryn turvallisuudesta. Tutkimuksessa esitettyä tietoa ja suosituksia voidaan hyödyntää entistä tarkempien riskiarvioiden aikaansaamiseksi. Riskiarvioiden pohjalta voidaan kehittää paremmat menetelmät epäpuhtauksien torjumiseksi. Puhtaalla höyryllä tuotettujen elintarvikkeiden turvallisuus ja laatu paranevat.

Avainsanat (asiasanat)

Höyry, elintarviketeollisuus, suorahöyryprosessi, puhdashöyry, kulinäärihöyry, elintarviketurvallisuus, kyselytutkimus

Alenius Jouni

The impact of the steam used in direct steam applications on food quality and safety

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, December 2023, 90 pages

Engineering and Technology. Degree Programme in Sustainable Energy. Master's thesis.

Permission for open access publication: Yes

Language of publication: Finnish

Abstract

The thesis was prepared for Spirax Oy which is responsible for importing and selling products, services and solutions of parent company Spirax-Sarco Engineering plc. Steam is an important medium for heat transfer in food and beverage industry. Due to its unique properties steam can be used in so-called direct steam applications in which steam becomes in contact with food or with a surface used to produce food. High level of steam purity is essential in these processes to avoid compromising of food safety and to keep product quality at expected level.

Purpose of the thesis was to collect a comprehensive set of scientific information in Finnish about circumstances, legislation and available technical solutions regarding the direct steam supply to food. Main focus was to sort out factors affecting steam purity and methods to prevent impurities in steam. According to current legislation the food manufacturer is responsible for safety of the produced food. Ensuring the safety and high quality of the food is based on self-monitoring. Typical ways to approach safety of direct steam supply processes and following the steam purity used were examined with help of quantitative research. Online survey was used as a main tool.

Frequently used practices to monitor and ensure steam purity in direct steam processes of Finnish food & beverage industry were defined based on survey results. The conclusion seems to be bipolarized: the requirements stated in legislation and official guidance are fulfilled comprehensively but preventing the remaining threats that fall on manufacturers' responsibility may have room for improvement. Development needs vary from plant to plant.

Based on the study there is room for improvement in food & beverage manufacturers' ability to spot and prevent impurities in steam that comes in direct contact with food. Some of the plants that responded to the survey appear to have very limited ability to ensure the safety of the steam used in direct steam applications. The information gathered to the thesis may be utilized to improve risk assessments related to direct steam applications. Once the level of risk assessments is improved better practices to prevent impurities in steam may take place. If steam is free from impurities both food safety and quality are improved.

Keywords/tags (subjects)

Steam, food & beverage industry, direct steam application, clean steam, culinary steam, food safety, online survey

Sisältö

1	Johdanto	7
2	Tutkimusasetelma	9
2.1	Tutkimuksen tavoite ja tausta	9
2.2	Tutkimuskysymykset	11
2.3	Tietoperustan kuvaus.....	11
2.4	Tutkimusmenetelmät.....	12
2.5	Työn rajaukset.....	14
3	Höyryn elintarvikekäyttöön liittyvä lainsäädäntö ja ohjeistus	15
3.1	Vaatus höyryn turvallisuudesta	15
3.2	Vertaus juomaveden laatuun.....	15
3.3	Höyryn kemiallinen turvallisuus.....	15
3.4	Kontaktimateriaaleja koskeva kehysasetus	17
3.5	Elintarvikevalmistajan vastuu	17
4	Höyryn tuotanto ja jakelu	18
4.1	Lisäveden esikäsittele.....	20
4.1.1	Veden pehmennys	20
4.1.2	Täyssuolanpoisto	21
4.1.3	Käänteisosmoosi	21
4.1.4	Sähköinen ioninvaihto	22
4.2	Syöttövesisäiliön toiminta ja tehtävät	23
4.3	Kattilavesikemikaalit ja niiden käyttötarkoitukset.....	24
4.4	Höyrykattilatyyppit.....	25
4.4.1	Tulitorvi-tuliputkikattila	25
4.4.2	Vesiputkikattila	26
4.5	Höyrykattilan toiminta	27
4.6	Höyryakku.....	30
4.7	Höyryn jakelu.....	31
5	Mahdolliset poikkeamat höyryn puhtaudessa	32
5.1	Biologiset haitat	32
5.2	Kemialliset haitat.....	33
5.2.1	Kattilavesikemikaalit.....	33
5.2.2	Ristikontaminaatio.....	36
5.3	Mekaaniset haitat	37

5.4	Yhteenveto mahdollisista poikkeamista höyryn puhtaudessa	40
6	Keinot höyryn käyttöön liittyvien riskien vähentämiseksi	41
6.1	Kulinäärihöyry	41
6.2	Kemikaalivapaa puhdashöyry.....	44
6.3	Lauhteen laadun mittaus	45
6.4	Höyryn puhtauden seuranta näytteen avulla	46
7	Tutkimus höyryn käytöstä ja puhtauden valvonnasta elintarviketeollisuuden suorahöyryprosesseissa	49
7.1	Verkkokyselylomakkeen valmistelu	50
7.2	Kyselytutkimuksen toteutus.....	52
7.3	Kyselytutkimuksen tulokset	53
7.4	Kyselytutkimuksen tulosten analysointi	57
7.5	Johtopäätökset.....	60
8	Pohdinta.....	63
8.1	Ajatuksia tuloksista	63
8.2	Tutkimuksen luotettavuus ja eettisyys	65
8.3	Suositukset jatkotoimenpiteistä	66
9	Päätelmät.....	68
	Lähteet	69
	Liitteet	73
	Liite 1. Luettelo elintarvikehyväksytyistä kattilavesikemikaaleista	73
	Liite 2. Verkkokyselyn saatekirje	77
	Liite 3. Verkkokyselylomake	78
	Liite 4. Verkkokyselylomakkeeseen annetut vastaukset	81
Kuviot		
Kuvio 1.	Opinnäytetyön päävaiheet.....	7
Kuvio 2.	Arvio takaisinvedon aiheuttamasta taloudellisesta vaikutuksesta yritykselle	10
Kuvio 3.	Kvantitatiivisen tutkimuksen prosessikaavio	13
Kuvio 4.	Ilmiöön liittyvän teorian muodostaminen muuttujien avulla.....	14
Kuvio 5.	Tyypillisen matalapaineista höyryä tuottavan kattilalaitoksen rakenne	18
Kuvio 6.	Veden kiertokulku luonnossa.....	19
Kuvio 7.	Veden pehmennysuodattimen toimintaperiaate	21
Kuvio 8.	Käänteisosmoosimoduulin toimintaperiaate.....	22

Kuvio 9. Syöttövesisäiliön rakenne ja toimintaan liittyvät virtaukset	23
Kuvio 10. Hapen ja typen liukoisuus veteen lämpötilan funktiona	24
Kuvio 11. Tulitorvi-tuliputkihöyrykattilan toimintaperiaate	26
Kuvio 12. Vesiputkihöyrykattilan toimintaperiaate	27
Kuvio 13. Höyrykattilan kiinteän paineen säätötapa	29
Kuvio 14. Höyryakun toimintaperiaate	30
Kuvio 15. Laitoshöyryn jakelu ja lauhteen palauttaminen höyrykattilalaitokselle.....	31
Kuvio 16. Höyrykattilan käyttäytyminen paineen alentuessa äkillisesti.....	34
Kuvio 17. Höyryputkeen asennetun pisaranerottimen toimintaperiaate	35
Kuvio 18. Lauhdetulpan muodostuminen puutteellisesti vesitettyyn höyryputkeen	39
Kuvio 19. Potentiaaliset epäpuhtauksien lähteet höyryn tuotannossa ja jakelussa	40
Kuvio 20. Höyryn kategorisointi puhtausasteen mukaan	41
Kuvio 21. Kulinäärihöyryvaatimusten mukaisen putkistojärjestelyn toteutusmalli.....	42
Kuvio 22. Eri suodatustapojen kyky erottaa epäpuhtauksia	43
Kuvio 23. Puhdashöyrykehittimen toimintaperiaate.....	45
Kuvio 24. Lauhteen laadun mittaus ja likaisen lauhteen automaattinen ohjaus viemäriin	46
Kuvio 25. Isokineettisen näytteenoton periaate	47
Kuvio 26. Höyryn näytteenottopisteen rakenne	48
Kuvio 27. Työn keskeisimmät pää- ja välivaiheet	49
Kuvio 28. Kuva elintarvikelaitoksessa suora höyryprosessiin johtaneesta höyryputkesta	67

Taulukot

Taulukko 1. Elintarvikehyväksytyjen kattilavesikemikaalien käyttö ja kemikaalien annostelu	54
Taulukko 2. Elintarvikkeen kanssa kosketuksiin joutuneen höyryn sisällyttäminen HACCP-riskiarvioon.....	54
Taulukko 3. Suorahöyryprosessissa käytetyt höyrylaadut.....	55
Taulukko 4. Suorahöyryprosessissa käytetyn höyryn laadun seurannan säännöllisyys.....	55
Taulukko 5. Suorahöyryprosessissa käytetty höyrylaatu ja höyryn laadun seurantataajuus	56
Taulukko 6. Höyryntuotantoon palautettavan lauhteen laadun seurannan säännöllisyys.....	57
Taulukko 7. Suorahöyryprosessissa käytetty höyrylaatu ja lauhteen laadun seurantataajuus .	57

1 Johdanto

Höyry on tärkeä lämmönsiirtoaine elintarviketeollisuudessa. Vesihöyry on puhtautensa ja korkean energiasisältönsä puolesta erinomainen valinta tähän tehtävään. Tiivistyessään nestemäiseen muotoon höyrystä vapautuu huomattava määrä energiaa ja lopputuloksena muodostuu vettä. Tämä mahdollistaa höyryn käytön niin sanotuissa suora höyryprosesseissa, joissa höyry on kontaktissa elintarvikkeen tai sen valmistukseen käytetyn pinnan kanssa. Höyryn käyttötarkoitukset ovatkin hyvin monipuoliset. Sillä voidaan esimerkiksi kypsentää, steriloida, kostuttaa, kuivata, valkaista, ruskistaa, kohottaa, lämmittää, pastöroida, lämpökäsitellä, kuoria ja pehmentää. Höyrysovelluksia on lukuisittain.

Elintarvikkeen kanssa kosketuksiin joutuva höyry ei ole automaattisesti puhdasta. Juomakelpoisesta vedestäkin tuotettu höyry voi sisältää epäpuhtauksia, jotka voivat aiheuttaa elintarvikkeeseen maku-, haju- tai värivärjäytymiä. Pahimmassa tapauksessa höyryn sisältämät epäpuhtaudet saattavat vaarantaa elintarviketurvallisuuden. Höyryn tuotantoon ja jakeluun liittyviä haittoja on tutkittu aiemmin laajasti. Kirjallisuudessa aihetta on lähestytty teknisestä näkökulmasta ja höyrykattilan toimintaan keskittyen, jolloin ilmiöiden vaikutukset höyryä käyttävään prosessiin ovat jääneet pimentoon. Tässä työssä näkökulmaksi on otettu höyryn kanssa kosketuksissa olleen elintarvikkeen turvallisuus ja laatu, jolloin ilmiöille saadaan suurempi ja täysin erilainen painoarvo. Aihetta tutkitaan kotimaisille elintarvikevalmistajille kohdistetun kyselytutkimuksen avulla. Tutkimuksen avulla pyritään saamaan selville yleisimmät käytännöt suora höyryprosessissa käytetyn höyryn elintarvikekelpoisuuden seuraamiseksi ja varmistamiseksi. Kotimaisen elintarviketeollisuuden tapoja käyttää höyryä ja suhtautumista höyryprosessien seurantaan ei tiettävästi ole aiemmin tutkittu vastaavalla tavalla. Opinnäytetyön päävaiheet on esitetty kuviossa 1.



Kuvio 1. Opinnäytetyön päävaiheet

Opinnäytetyön aihe valikoitui yhteistyössä toimeksiantajan, Spirax Oy:n kanssa. Spirax Oy on englantilaisen Spirax-Sarco Engineering plc -konsernin tytäryhtiö, joka myy Suomessa emoyhtiön höyryjärjestelmiin liittyviä tuotteita, palveluita ja ratkaisuja. Lontoon pörssissä listattu Spirax-Sarco Engineering plc on perustettu vuonna 1888. Toiminta on alkanut lauhteenpoistinten valmistamisesta, joten yrityksellä on yli 130 vuoden kokemus höyryjärjestelmistä ja niihin liittyvistä tuotteista. Yrityksen periaatteisiin kuuluu korkean osaamisen kerryttäminen ja tietotaidon jakaminen myös sidosryhmille, kuten tuotteiden loppukäyttäjille. (At a glance 2023.)

Opinnäytetyön tarkoituksena oli koostaa suomenkielinen, tutkittuun tietoon perustuva selvitys siitä, millainen on suora höyryprosesseihin liittyvä elintarviketeollisuuden toimintaympäristö mukaan lukien säädökset ja tarjolla olevat tekniset ratkaisut. Työhön kerättyä materiaalia on tarkoitus käyttää sisäiseen ja ulkoiseen koulutukseen sekä tarjota julkisena tietolähteenä aiheesta kiinnostuneille. Tutkimusosalla haettiin tietoa elintarviketeollisuudessa höyryn puhtauden seurantaan ja varmistamiseen liittyvien käytäntöjen levinneisyydestä ja hyödyntämisestä.

2 Tutkimusasetelma

2.1 Tutkimuksen tavoite ja tausta

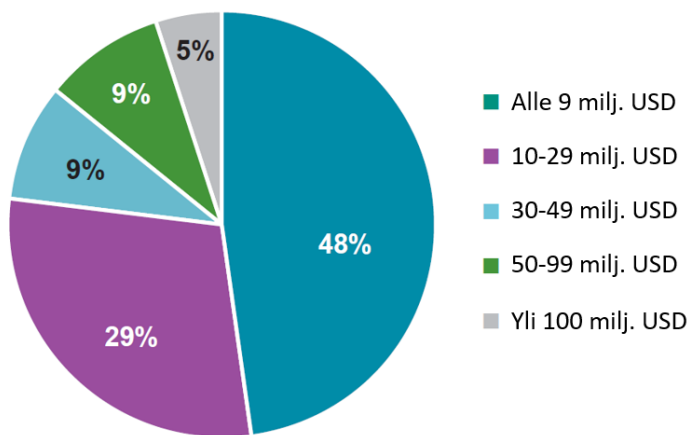
Työssä syvennytään elintarviketeollisuuden suorahöyryn käyttöä koskeviin määräyksiin ja ohjeistuksiin sekä valtakunnallisella että Euroopan Unionin tasolla. Sen lisäksi luodaan läpileikkaus höyryn tuotantoon ja käyttöön liittyviin uhkiin, joita elintarviketoimijan tulisi riskiarvioissaan kyetä tunnistamaan. Tämä on tärkeä näkökulma, sillä elintarviketeollisuuden tuoteturvallisuus perustuu toimijan itse laatimaan riskiarvioon ja siihen liittyviin riskinhallintatoimenpiteisiin.

Korkea tuoteturvallisuus on elintarviketeollisuuden kulmakivi. Elintarviketurvallisuus tarkoittaa sellaisten vaarojen poissaoloa, jotka voivat vahingoittaa tuotteen kuluttajien terveyttä. Elintarvikkeiden tulee olla kemialliselta, fysikaaliselta ja mikrobiologiselta sekä terveydelliseltä laadultaan, koostumukseltaan ja muilta ominaisuuksiltaan sellaisia, että ne soveltuvat ihmisravinnoksi, eivät vaaranna ihmisen terveyttä eivätkä johda kuluttajia harhaan (Virtanen 2020). Tuoteturvallisuuden varmistaminen vaatii hyvien tuotantotapojen vaalimista, huolellisesti laadittua riskiarviointia, riskejä ehkäisevien toimenpiteiden täytäntöönpanoa ja prosessien jatkuvaa seuranta ja jäljitettävyyden mahdollistamiseksi. Sosiaalisen vastuun lisäksi aiheeseen liittyy liiketaloudellinen näkökulma. Elintarvikevalmistajien on vedettävä markkinoilta pois tuotteet, jotka eivät ole turvallisuutta koskevien vaatimusten mukaisia. Elintarvikkeen poistamista markkinoilta kutsutaan takaisinvedoksi. Suomessa takaisinvetojen lukumäärä vuonna 2022 oli 288. (Elintarvikkeiden takaisinvetojen määrät 2022 2023.) Euroopassa tehtiin vuonna 2022 yhteensä 4519 elintarvikkeen takaisinvetoa (European product recalls rose in 2022 for the second consecutive year 2023).

Takaisinvedot muodostavat merkittävän riskin yritysten liiketoiminnalle. Vuonna 2011 toteutetun tutkimuksen (Capturing Recall Costs: Measuring and Recovering the Losses 2011) mukaan takaisinvedoilla oli ollut vaikutuksia noin 58 %:iin tutkimukseen osallistuneista elintarvikkeista ja kotitaloustuotteista valmistavista yrityksistä. 36:sta kyselyyn vastanneesta yrityksestä elintarvikevalmistajien osuus oli 91 %. Tutkimuksen mukaan keskimääräinen takaisinvedosta aiheutunut taloudellinen vaikutus arvioitiin noin 10 miljoonan Yhdysvaltain dollarin arvoiseksi. Kyselyyn vastanneiden arviot takaisinvedosta aiheutuneista taloudellisista vaikutuksista yritykselle on esitetty kuviossa 2. Kustannuksia syntyy mm. epäkuranttien tuotteiden hävittämisestä, tuotannon keskeytymisestä, rahal-

lisistä hyvityksistä kuluttajille, kuljetuskustannuksista, vian selvityksestä sekä asian käsittelyyn tarvittavista resursseista. Vastaajat arvioivat, että takaisinvedosta yritykselle koitua mainehaitta ja sen vaikutus myyntiin ovat taloudellisesti merkittävämpi osuus kokonaisuudesta kuin takaisinvedosta aiheutuvat suorat kustannukset. Mainehaitan tai brändin heikentymisen arvoa on tosin hyvin vaikea arvioida. Tutkimukseen vastanneet arvioivat takaisinvetojen määrän ja vakavuuden kasvavan tulevaisuudessa johtuen: (Capturing Recall Costs: Measuring and Recovering the Losses 2011, 1–5.)

- Tehokkaista logistiikkaketjuista, jotka levittävät tuotteet nopeasti laajalle alueelle
- Raaka-aineiden tuotannon keskittymisestä muutamille yrityksille, jolloin häiriö heidän tuotannossaan vaikuttaa laajaan jatkojalostusketjuun ja/tai suureen määrään kuluttajia
- Entistä kehittyneemmistä valvontamenetelmistä, joiden avulla haitat voidaan tunnistaa tehokkaasti
- Kiristyvästä vaatimustasosta ja viranomaisvalvonnasta.



Kuvio 2. Arvio takaisinvedon aiheuttamasta taloudellisesta vaikutuksesta yritykselle (Capturing Recall Costs: Measuring and Recovering the Losses 2011, 3, muokattu)

Tutkimusongelmana on eurooppalaisesta lainsäädännöstä juontuva asetelma, jossa elintarvikevalmistajalla on yksiselitteinen vastuu valmistamiensa tuotteiden turvallisuudesta ja riskien eliminoinnista. Höyryn elintarvikekäyttöä koskeva lainsäädäntö ja muu ohjeistus on suppea ja kertoo asioista epäsuorasti. Useissa mekanismeissa höyryn turvallisuuden varmistaminen perustuu oletamaan, että höyryjärjestelmä toimii aina ihanteellisella tavalla. Laitteiston joutuminen epäkuuntoon tai järjestelmän hallintatapa voivat aiheuttaa häiriöitä, jotka johtavat vähemmän ihanteelliseen toimintaan. Turvallisuuden varmistaminen ja riskien minimointi näissä, pitkällä aikavälillä varsin todennäköisissä tilanteissa edellyttää haittoja ehkäisevien toimien käyttöä höyryjärjestelmässä. Elintarvikevalmistajia veloitetaan varmistamaan elintarvikkeeseen syötetyn

höyryn turvallisuus, mutta suositeltavia metodeja tai höyrystä mitattavia raja-arvoja ei ilmoiteta. Riskienhallintaoppaissa pääpaino vaikuttaa olevan biologisten haittojen torjunnassa, höyryä käsitellään niissä vain ohuesti. Elintarvikevalmistajat asetetaan höyryn käyttöön liittyvien riskien tunnistamisen ja hallinnan kannalta haastavan tehtävän eteen. Menetelmiä höyryn käyttöön liittyvien riskien hallitsemiseksi on olemassa, mutta niiden tunnettuus on rajallinen. Kyselytutkimuksella pyrittiin selvittämään, miten laajalti näitä menetelmiä käytetään kotimaisessa elintarviketeollisuudessa.

Ongelman ratkaisu – tai vähintäänkin julkituominen – on tarpeellista, jotta elintarviketeollisuudessa höyryn käyttöön liittyvät riskit voidaan tunnistaa nykyistä paremmin ja saada ne hallintaan. Höyryn korkean puhtausasteen varmistavia menetelmiä käyttämällä kuluttajille valmistetut elintarvikkeet ovat entistä puhtaampia ja turvallisempia. Elintarvikkeen laadun ja turvallisuuden paraneminen kohentavat elintarvikevalmistajien liiketaloudellisia mahdollisuuksia.

2.2 Tutkimuskysymykset

Ensisijaisina tutkimuskysymyksinä pyrittiin selvittämään, millaisia keinoja ja menetelmiä kotimaisessa elintarviketeollisuudessa käytetään höyryn puhtauden varmistamiseksi ja miten laajasti ne ovat käytössä. Lisäksi tutkimuksella haettiin tietoa siitä, millä tavoin ja miten usein suora höyryprosessissa käytettävän höyryn puhtautta seurataan. Vastausten perusteella voidaan arvioida, millä tarkkuudella höyryn käyttöön liittyvät riskit on osattu ottaa huomioon tuotantolaitosten riskiarvioinnissa ja prosessien seurannassa. Koska aiempaa tutkimusta ei ole toteutettu, tavoitteena on piirtää kuva nykytilasta kotimaisessa elintarviketeollisuudessa. Työllä ei pyritä vastaamaan kysymykseen, miksi tai miten nykytilaan on päädytty.

2.3 Tietoperustan kuvaus

Tietoperusta jakautuu kolmeen osioon. Ensimmäisessä osiossa perehdytään höyryn elintarvikekäyttöä koskeviin säädöksiin ja ohjeisiin. Toisessa osiossa käsitellään höyryn tuotantoa, höyryjärjestelmän toimintaa ja eri toimintoihin liittyviä riskejä. Kolmas osio esittelee keinoja esille nousseiden riskien hallintaan.

Aiheeseen liittyvät säädökset ja määräykset ovat kompleksisia, kerrostuneita ja osin myös melko vaikeasti sisäistettäviä. Suomen paikallinen lainsäädäntö tukeutuu Euroopan Unionin säädöksiin. EU-tasollakin säädöksissä on puutteita. Näiltä osin elintarviketeollisuus voi hyödyntää Yhdysvalloissa luotuja standardeja ja muita ohjeita.

Laitoshöyryä tuottavan höyrykattilan sekä siihen liitetyn höyryjärjestelmän toiminta on pyritty kuvaamaan sopivalla tarkkuudella toimintaympäristöön liittyvien riskien ymmärtämiseksi. Riskejä sisältyy höyryn tuotantoon, jakeluun ja lauhteen palautukseen. Suomen elintarviketeollisuudessa on melko yleistä, että höyryn tuotanto on eri yrityksen vastuulla kuin höyryä käyttävä elintarviketuotanto. Riskiarviomielessä höyry-lauhdekiertoa tulisi käsitellä kokonaisuutena. Höyryä tuottavan ja höyryä käyttävän yrityksen tulisi tehdä tiivistä yhteistyötä riskiarvion laadinnassa hyvän lopputuloksen aikaansaamiseksi.

Luvussa 6 esitetään teknisiä keinoja höyryn käyttöön liittyvien riskien hallitsemiseksi ja epäpuhtauksien torjumiseksi. Riskejä ehkäiseviä prosessiratkaisuja on olemassa. Kyselytutkimuksen avulla saatiin tietoa ratkaisujen käytön yleisyydestä Suomen elintarviketeollisuuslaitoksissa.

2.4 Tutkimusmenetelmät

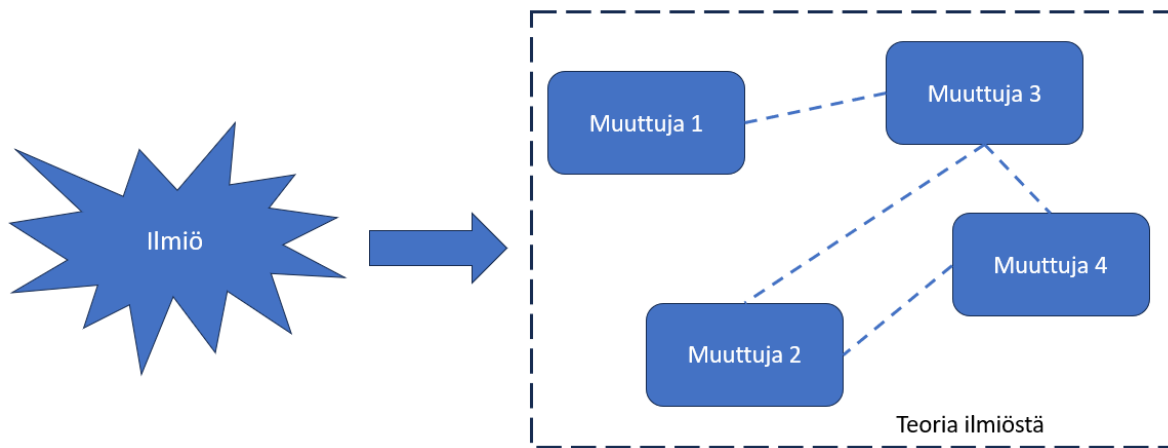
Tutkimuksella pyritään rakentamaan kuva elintarvikevalmistajien tavoista käyttää ja valvoa suora höyryprosessissa käytettyä höyryä. Käytännössä tutkimuksessa haetaan tietoa eri metodien käytön yleisyydestä eli miten useassa laitoksessa kukin metodi on käytössä. Kanasen (2010, 35) mukaan kvantitatiivinen tutkimus vastaa määrällisiin kysymyksiin, joten se valittiin tutkimusotteeksi. Kvantitatiivinen tutkimus etenee tyypillisesti ennalta määrättyjen vaiheiden mukaisesti tilastotieteen sääntöjen mukaan. Tutkimusote edellyttää ilmiön tuntemista ja teoriapohjaa. Kvantitatiivisen tutkimuksen prosessikaavio on esitetty kuviossa 3.



Kuvio 3. Kvantitatiivisen tutkimuksen prosessikaavio (Kananen 2010, 74, muokattu)

Tavoitteena oli saada mahdollisimman laaja aineisto käsiteltäväksi, minkä saavuttamiseksi aineistonhankinnassa käytettiin menetelmänä kyselytutkimusta. Tutkimuslomake koostuu tarkasti muotoilluista kysymyksistä, joilla kerätään numeraalista tietoa ilmiöstä (Kananen 2010, 74). Lomakkeella kerätty tieto tallennettiin analysointia varten. Tuloksia tutkittiin suorien jakaumien avulla ja niistä tehtiin tulkinnat. Kyselylomakkeella tiettyjen kysymysten jälkeen oli tekstikenttä vapaamuotoiselle tarkennukselle annettuun vastaukseen. Tekstikenttiin kirjoitetuista lisätiedoista haettiin vahvistusta suorista jakaumista tehdyille tulkinnoille.

Kvantitatiivinen tutkimus perustuu mittauksiin. Mittaaminen suoritetaan perustellusti valitulla mittarilla, jonka muuttuja voidaan ilmaista numerona tilastollista tietojenkäsittelyä ajatellen. Muuttuja on ominaisuus, josta tutkimuksella haetaan tietoa. Muuttuja voi olla laadullinen tai määrällinen, yksinkertainen tai monimutkainen. Muuttujia mitataan erilaisilla mittareilla ja niihin liittyvillä mitta-asteikoilla. Mittarin valinta vaikuttaa myös tulosten käsittelytapaan. (Kananen 2010, 78–81.) Muuttujien riippuvuussuhteiden avulla pyritään vahvistamaan ilmiötä kuvaava teoria kuvion 4 mukaisesti. Tutkimuksen kyselylomakkeella käytettiin pääasiassa monivalintakysymyksiä, joissa vastausvaihtoehdot olivat etukäteen määriteltynä. Lähestymistavan tarkoitus oli helpottaa sekä vastaajan työtä että tulosten käsittelyä.



Kuvio 4. Ilmiöön liittyvän teorian muodostaminen muuttujien avulla (Kananen 2010, 78, muokattu)

2.5 Työn rajaukset

Opinnäytetyössä tutkittiin kotimaisten elintarviketuotantolaitosten tapoja käyttää höyryä, kykyä huomioida höyryprosesseihin liittyvät potentiaaliset riskit ja valmiuksia valvoa höyryn puhtautta. Pääpaino oli suora höyryprosesseissa, joissa käytetyllä höyryllä voi olla vaikutus lopputuotteen laatuun ja tuoteturvallisuuteen. Koska suora höyryprosesseja käyttävien laitosten lukumäärä on Suomessa rajallinen, valittiin lähestymistavaksi kokonaistutkimus. Periaatteen mukaan kaikilla perusjoukon jäsenillä on mahdollisuus osallistua tutkimukseen.

Laajat haut ammattikorkeakoulun ja yliopiston tietokannoista eivät tuottaneet tuloksia, joissa aiheutta olisi tutkittu vastaavalla tavalla. Suuret elintarvikkeita valmistavat yritykset ja elintarviketeollisuuden laitevalmistajat ovat todennäköisesti tehneet sisäistä tutkimusta tuoteturvallisuuteen liittyen, mutta se ei ole julkista tietoa. Tämän tutkimuksen mittakaavalla pyritään kattamaan yhden yrityksen sijaan kaikki Suomen elintarviketeollisuuden suora höyryprosessit yli yritysrajojen. Lähestymiskulma aiheeseen on tietävästi täysin uusi.

3 Höyryn elintarvikekäyttöön liittyvä lainsäädäntö ja ohjeistus

3.1 Vaatimus höyryn turvallisuudesta

EU:n yleisen elintarvikehygieniasetuksen 852/2004/EU mukaan ”elintarvikkeiden kanssa suoraan kosketukseen joutuva höyry ei saa sisältää mitään terveydelle vaarallista tai elintarvikkeita mahdollisesti saastuttavaa ainetta” (A 852/2004/EU, liite II, luku VII, kohta 5). Suomen Ruokavirasto viittaa ohjeistuksessaan tähän asetukseen (Höyryn kemiallinen turvallisuus ja vaatimustenmukaisuus 2022). Kirjaimellisesti noudatettuna vaatimus takaa korkean elintarviketurvallisuuden suora-höyryprosessiin syötetyn höyryn osalta.

3.2 Vertaus juomaveden laatuun

Ruokaviraston julkaiseman ohjeen mukaan ”elintarvikkeisiin käytettävää tai elintarvikkeiden kanssa kontaktissa olevaa vesihöyryä koskee samat vaatimukset kuin talousvettä tai puhdasta vettä, riippuen kumpaa vettä toiminnassa käytetään” (Veden ja jään valvonta elintarvikehuoneistossa 2022, kohta 4.3). Ihmisten käyttöön tarkoitetun veden laatu on määritelty Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivissä 2020/2184/EU. 62-sivuinen direktiivi kattaa muun muassa juomaveden sekä elintarviketeollisuudessa käytettävän veden laatuvaatimukset. Direktiivi 2020/2184/EU on korvannut aiemmin käytössä olleen ja useasti muutetun direktiivin 98/83/EU. (D 2020/2184/EU.)

Juomavesidirektiivi tarjoaa laajan kirjon vähimmäisvaatimuksia ja tarkkoja raja-arvoja, joihin elintarvikkeeseen syötettävän höyryn ominaisuuksia voidaan laboratoriotestein verrata. Lisäksi artiklan 4 kohdassa 1a kerrotaan vähimmäisvaatimuksena, ettei vesi saa sisältää mitään aineita sellaisina määrinä tai pitoisuuksina, joista voi olla vaaraa ihmisten terveydelle. (D 2020/2184/EU.)

3.3 Höyryn kemiallinen turvallisuus

Höyryn kemiallista turvallisuutta sivutaan useissa ohjeistuksissa kattilavesikemikaalien osalta. Suomen Ruokaviraston mukaan höyrykattilakemikaalien tulee täyttää kemikaalilainsäädännön vaatimukset. Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksessa 807/2001 luokitusperusteista ja merkintöjen

tekemisestä on terveydelle vaaralliset kemikaalit jaettu ryhmiin niiden haitallisuuden mukaan. Valvonta kuuluu Turvallisuus- ja kemikaalivirasto Tukesille. (Höyryn kemiallinen turvallisuus ja vaatimustenmukaisuus 2022.)

Prosessissa helposti höyrystyvät kemikaalit ovat elintarvikkeen kannalta merkityksellisimpiä. On tärkeää huolehtia, etteivät höyrykattilassa käytettävä kemikaalit sisällä CMR-aineita, jotka voivat aiheuttaa syöpää, vaurioittaa ihmisen perimää tai haitata lisääntymistä. Kemikaalin valmistajan tulee osoittaa, mihin tuotteen turvallinen käyttö elintarviketeollisuudessa perustuu. Valmistajan on pyynnöstä toimitettava tiedot EU:n hygienia-asetuksen vaatimusten täyttymisestä. Korroosionestokemikaaleja on käytettävä hyvien käytäntöjen mukaisesti. Määrien tulee olla vain sellaisia, joilla haluttu vaikutus saavutetaan. Valmistajan annostelurajoituksia tulee noudattaa. Hyvien käytäntöjen noudattamisesta vastaa elintarviketoimija. Kattilakemikaaleista aiheutuvat kemialliset vaarat ja riskit on sisällytettävä omavalvontaan kuuluvaan riskiarvioon. (Höyryn kemiallinen turvallisuus ja vaatimustenmukaisuus 2022.) Elintarvikehygienia-asetuksessa edellytetään, että jos laitteiden ja säiliöiden ruostumisen estämiseksi on tarpeen käyttää kemiallisia lisäaineita, niitä on käytettävä hyvien käytäntöjen mukaisesti (A 852/2004/EU, liite II, luku V, kohta 3).

Elintarvikekäyttöön sallituista kattilavesikemikaaleista ei ole olemassa luetteloa Suomessa tai EU-tasolla. Paikallisen säädännön puuttuessa kattilavesikemikaaleissa viitataan yleensä Yhdysvalloissa elintarviketurvallisuutta hallinnoivan Food and Drug Administrationin (FDA) luetteloon. Elintarvikehyväksytyjen kattilavesikemikaalien käyttö ohjeistetaan dokumentissa Secondary direct food additives permitted in food for human consumption. Section 173.310 Boiler water additives. Listaus on esitetty liitteessä 1. Aineita voidaan käyttää turvallisesti, jos niiden annostelu on suhteessa käyttötarkoitukseen ja elintarvikkeen kanssa kosketuksiin joutuvan höyryn määrä ei ylitä halutun efektin mukaista annostusta. Elintarvikekäyttöön hyväksytyt kattilavesikemikaalit on tarkasti listattu ja osalle niistä on määritetty suurin sallittu pitoisuus kattilavedessä, höyryssä tai muussa väliaineessa. Jos höyry joutuu kosketukseen maidon kanssa, tiettyjen kattilavesikemikaalien käyttö on kiellettyä. Näissä toimintaympäristöissä on kiellettyä käyttää haihtuvia alkaleja, joilla tyypillisesti neutraloidaan hiilidioksidin ja veden muodostaman hiilihapon syövyttävä vaikutus lauhdejärjestelmässä. Maitoa käsittelevissä tuotantolaitoksissa kielletyt kemikaalit on lueteltu liitteen 1 taulukossa d. (Secondary direct food additives permitted in food for human consumption. Section 173.310 Boiler water additives.)

3.4 Kontaktimateriaaleja koskeva kehysasetus

Juomavesidirektiivissä 2020/2184/EU on viittaus Euroopan parlamentin ja neuvoston asetukseen 1935/2004/EU, joka määrittää elintarvikkeen kanssa kosketukseen joutuvat materiaalit ja tarvikkeet. Asetusta sovelletaan materiaaleihin ja tarvikkeisiin, jotka lopullisessa muodossaan on tarkoitettu joutumaan kosketukseen elintarvikkeen kanssa tai niiden voidaan perustellusti odottaa joutuvan kosketuksiin elintarvikkeen kanssa. Materiaalit ja tarvikkeet on valmistettava hyvää valmistustapaa noudattaen niin, että niistä ei tavallisissa käyttöolosuhteissa siirry elintarvikkeeseen sellaisia määriä ainesosia, että ne voisivat vaarantaa terveyden, aiheuttaa sopimattomia muutoksia elintarvikkeeseen tai aiheuttaa elintarvikkeen aistinvaraisten ominaisuuksien heikentymistä. (A 1935/2004/EU 1. artikla kohta 2, 3. artikla kohta 1.)

3.5 Elintarvikevalmistajan vastuu

1.3.2006 voimaan astunut ja EY:n yhteistä lainsäädäntöä noudattava elintarvikelaki edellyttää elintarvikealan toimijoilta huolellisuutta, vastuuta, hygieniaosaamista, jäljitettävyyttä ja omavalvontaa. Omavalvonnassa yritys itse valvoo hygienian tasoa ja tuotteidensa laatua jatkuvasti ja järjestelmällisesti. Omavalvonta on Hazard Analysis and Critical Control Points (HACCP) -periaatteisiin nojaavaa toimintaa ja se koskee kaikkia elintarviketoimijoita. HACCP-menettelyn ensimmäisessä vaiheessa (Hazard Analysis) vaaratekijät tunnistetaan ja niiden aiheuttaman riskin suuruus arvioidaan. Jos riski arvioidaan merkittäväksi, määritetään kriittiset hallintapisteet (Critical Control Points), joiden avulla vaara poistetaan tai sen todennäköisyyttä alennetaan siedettävälle tasolle. (Ijäs 2007, 73–75, 96–98).

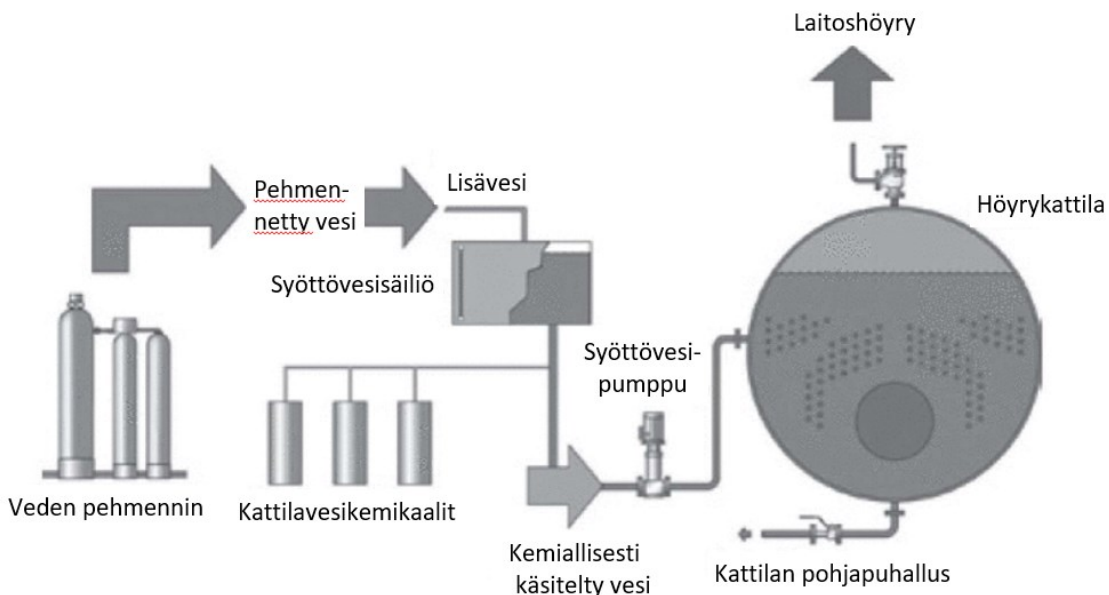
Elintarvikehygieniasetuksen 852/2004/EU mukaan elintarvikealan yrityksissä tulee soveltaa HACCP-periaatteiden mukaisia menettelyjä. Periaatteisiin kuuluvat muun muassa seuraavat (A 852/2004/EU, 5. artikla, kohta 2):

- Tunnistetaan vaarat, joita on valvottava
- Määritetään kriittiset valvontapisteet ja asetetaan kriittiset rajat
- Laaditaan tehokkaat seurantamenettelyt ja pannaan ne käytäntöön
- Toteutetaan tarvittaessa korjaavia toimia
- Laaditaan menettelyjä, joilla varmistetaan, että HACCP-menettelyt toimivat tehokkaasti
- Laaditaan asiakirjoja ja pidetään kirjaa sen varmistamiseksi, että HACCP-menettelyjä sovelletaan tehokkaasti.

4 Höyryn tuotanto ja jakelu

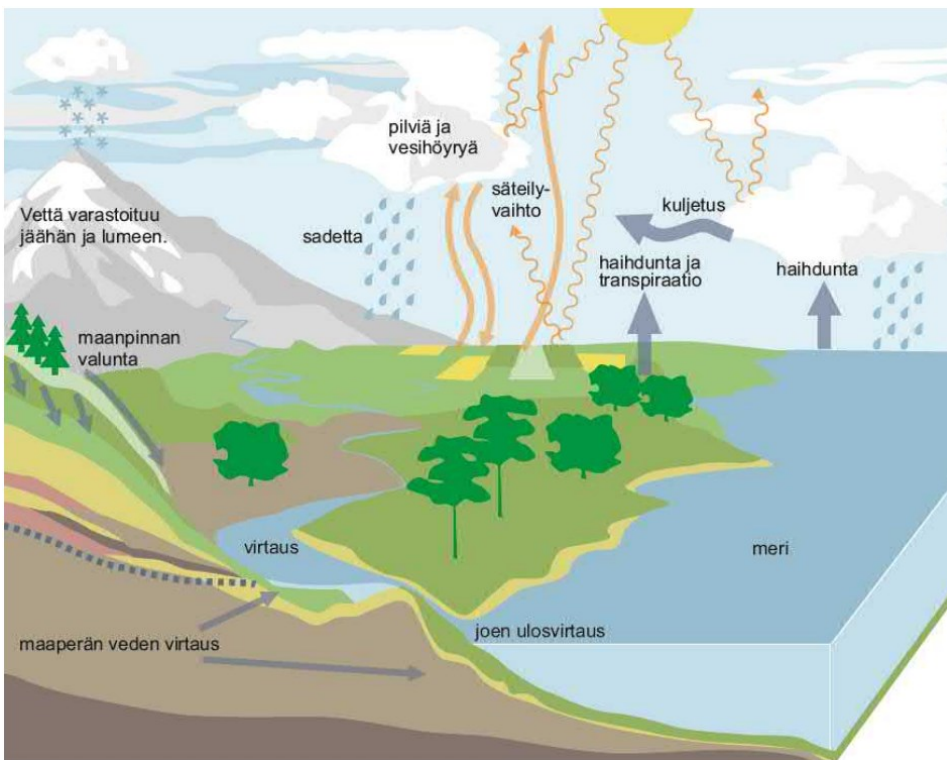
Höyry on veden kaasumainen muoto. Erinomaisen lämmönsiirtokykynsä takia sitä käytetään moniin eri tarkoituksiin teollisuuden prosesseissa. Höyry luovuttaa suuren määrän energiaa tiivistyessään vedeksi. Se on lämmönsiirtoaineena halpa, turvallinen, ympäristöystävällinen ja yleisesti saatavilla. (Manivasakam 2011, 3; Huhtinen, Kettunen, Nurminen & Pakkanen 1994, 7; Huhtinen, Korhonen, Pimiä & Urpalainen 2013, 80.)

Yleisin lähtökohta teollisen mittakaavan höyryntuotannolle on laitoshöyryä tuottava kattila. Laitoshöyry soveltuu käytettäväksi höyryprosesseissa, joissa höyry ei ole suorassa kosketuksessa elintarvikkeiden tai niihin liittyvien prosessien kanssa. Esimerkkeinä laitoshöyrylle soveltuvista käyttökohteista ovat esimerkiksi lämmönsiirtimet, höyry/ilmapatterit ja keittopadat, joissa metallipinta erottaa höyryn ja väliaineen toisistaan. Kuviossa 5 on esitetty tyyppillinen, varustelultaan yksinkertaistettu matalapaineista laitoshöyryä tuottava kattilalaitos, joka koostuu vedenpehmentimestä, syöttövesisäiliöstä, kemikaalisyöttöjärjestelmästä, syöttövesipumpusta ja höyrykattilasta sekä näitä yhdistävästä putkistosta. (Holah & Lelieveld 2011, 560.)



Kuvio 5. Tyyppillisen matalapaineista höyryä tuottavan kattilalaitoksen rakenne (Holah & Lelieveld 2011, 560, muokattu)

Puhdas vesi sisältää vain H₂O:ta. Kaikki muu, mitä vedessä on, luokitellaan epäpuhtauksiksi. Käytännössä puhdasta vettä ei ole olemassa, vaan vesi sisältää aina jonkin verran epäpuhtauksia. Kuviossa 6 on esitetty veden kiertokulku luonnossa. Auringon tuottaman lämmön vaikutuksesta vesi haihtuu ilmakehään. Tuulet kuljettavat vesihöyryä ilmakehässä. Lopulta vesihöyry tiivistyy pisaroiksi ja sataa maahan. Vesi valuu painovoiman vaikutuksesta alaspäin kohti jokia ja laajempia vesistöjä aina mereen saakka. Maan pinnalla virtaavaan veteen päätyy vieraita aineita sekä liuenneissa muodossa että kiintoaineena. (Leppäranta, Virta & Huttula 2017, 58; 137.)



Kuvio 6. Veden kiertokulku luonnossa (Leppäranta ym. 2017, 137)

Vesi sisältää luonnostaan epäorgaanisia suoloja, liuenneita kaasuja ja orgaanista ainesta. Suolat voivat muodostua natriumista (Na), kalsiumista (Ca), kaliumista (K), magnesiumista (Mg), raudasta (Fe), alumiinista (Al), kloridista (Cl), sulfaatista (SO₄), karbonaatista (CO₃), vetykarbonaatista (HCO₃), nitraatista (NO₃) ja nitriitistä (NO₂). Vedessä voi olla myös piioksidia (SiO₂) eli silikaattia ja mangaania (Mn). Tyypillisimmät liuenneet kaasut ovat happi, hiilidioksidi ja typpi. Orgaaninen aines voi olla esimerkiksi humusta tai levää. Veden sisältämät epäpuhtaudet aiheuttavat haasteita höyrykattilan toiminnalle, joten kattilaan syötettävää vettä on käsiteltävä haittojen poistamiseksi tai vähentämiseksi. (Manivasakam 2011, 31–34; Huhtinen ym. 2013, 26; Huhtinen ym. 1994, 297.)

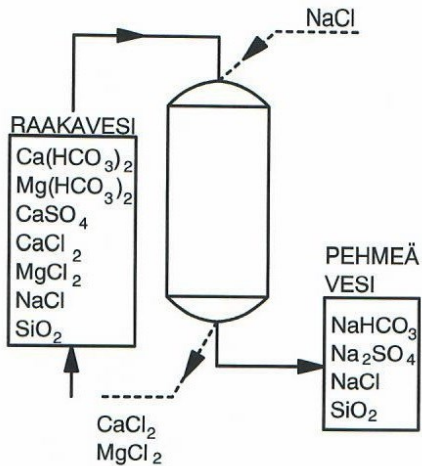
4.1 Lisäveden esikäsittely

Lisävedellä tarkoitetaan höyrykattilaan syötettäväksi kelpaavaa vettä, jolla korvataan höyry-lauhdekierrosta poistunut vesi. Lisävedelle asetetut laatuvaatimukset riippuvat höyrykattilan rakenteesta ja käyttöpaineesta, kattilan suurimmasta paikallisesta lämpökuormasta ja höyryn käyttötarkoituksesta (Huhtinen ym. 2013, 27). Kattilalaitosten vesien ohjearvoja on kerätty eri maiden höyrykattilayhdistysten laatimiin taulukoihin. Yhteispohjoismaisen DENÅ:n (Dansk Kedelforening + Ekono + Norsk Dampfedforening + Ångpanneförening) suositukset perustuvat saksalaisen VGB:n kokemuksiin ja laatuvaatimuksiin. (Huhtinen ym. 1994, 300.)

4.1.1 Veden pehmennys

Veteen liuenneet kalsium ja magnesium saostuvat kattilaveden lämpötilan kohotessa ja ne kovettuvat karbonaateina ja sulfaatteina kattilan kuumille lämpöpinnoille. Silikaatti saattaa saostua suolojen mukana tai reagoidessaan alumiinin kanssa. Kerrostumia kutsutaan kattilakiveksi. Kerrostumat haittaavat merkittävästi lämmönsiirtoa, voivat tukkia kattilan vesikierron ja aiheuttaa vakavia vikatilanteita. (Manivasakam 2011, 35–36, 88; Huhtinen ym. 2013, 26.)

Vettä voidaan käsitellä pehmenyysuodattimella, joka vaihtaa kalsium- ja magnesiumionit natriumioneihin, joiden liukoisuus veteen kasvaa lämpötilan kohotessa. Pehmenyysuodattimen toimintaperiaate on esitetty kuviossa 7. Natrium on suodattimessa hartsipallojen pinnalla. Suodattimessa virtaavan veden kalsium- ja magnesiumionit vaihtuvat natriumioneihin. Natriumionien loppuessa suodatin on elvytettävä. Elvytyksessä käytetään noin 10 % natriumkloridiliuosta, jolloin natriumionit tarttuvat hartsiin ja kalsium- ja magnesiumionit poistuvat suodattimesta liuoksen mukana viemäriin. Elvytys on esitetty kuviossa 7 katkoviivalla. Jatkuvan toiminnan takia käytetään yleensä kahta rinnan kytkettyä suodatinta, joista toinen on käytössä samalla kun toista elvytetään. Veden pehmenyksessä kokonaissuolapitoisuus pysyy vakiona. Metodia käytetään yleensä matalapaineista höyryä tuottavissa kattiloissa ja kehittimissä (tuotetun höyryn paine 1–20 bar(g)). (Huhtinen ym. 1994, 29–30.)



Kuvio 7. Veden pehennysuodattimen toimintaperiaate (Huhtinen ym. 2013, 29)

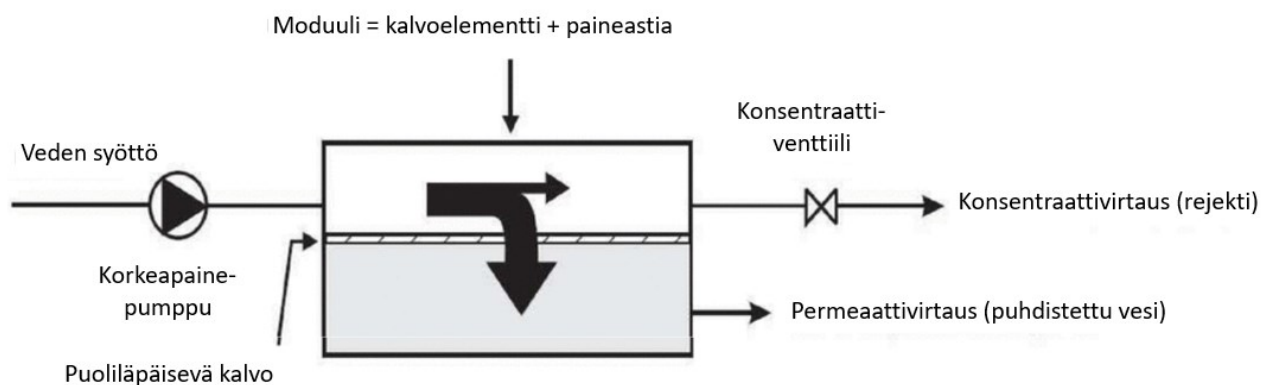
4.1.2 Täyssuolanpoisto

Korkeamman käyttöpaineen höyrykattiloissa käytetään täyssuolanpoistoa, jossa on yksi tai useampi ioninvaihdin sarjassa. Sarja voi koostua seuraavista suodattimista: humussuodatin, heikko kationinvaihdin, vahva kationinvaihdin, heikko anioninvaihdin, CO₂-poistin, vahva anioninvaihdin, sekavaihdin. Tavoiteltu lisäveden laatu ja veden lähtötilanne vaikuttavat vaihtimien määrään. Kationinvaihtimissa vedessä olevat metalli-ionit, kuten Na⁺, Mg²⁺ ja Ca²⁺, vaihdetaan vetyioneihin H⁺. Suodattimen toiminta perustuu hartsimassaan, jolla on kyky vetää puoleensa positiivisia ioneja. Kationinvaihtimet elvytykseen käytetään laimennettua H₂SO₄- tai HCl-liuosta. Anioninvaihtimessa epämetalli-ionit, kuten kloridi Cl⁻ ja sulfaatti SO₄²⁻ vaihdetaan hydroksyyli-ioneiksi OH⁻. Kationivaihtimesta tullut vetyioni H⁺ ja anionivaihtimesta tullut OH⁻ muodostavat yhdessä vesimolekyylin H₂O. Anioninvaihtimet elvytetään natriumhydroksidiliuoksella (NaOH). Sekasuodattimissa on vahvaa kationin- ja anioninvaihtomassaa. Sen tehtävä on vaihtaa aiemmista vaihtimista vuotaneet ionit. Jatkuvan toiminnan mahdollistamiseksi ioninvaihtosarjoja on oltava vähintään kaksi rinnakkain. (Huhtinen ym. 2013, 30.)

4.1.3 Käänteisosmoosi

Käänteisosmoosi on mekaaninen käsittelytapa, jossa veden sisältämät epäpuhtaudet poistetaan erotuskalvoa käyttäen. Puoliläpäisevä kalvo läpäisee vesimolekyylejä, mutta ei suolamolekyylejä. Osmoottinen paine pyrkii tasaamaan kalvon eri puolilla olevien liuosten suolapitoisuuden, eli vesi

pyrkii liikkumaan kohti korkeampaa suolapitoisuutta. Vesi saadaan liikkumaan osmoottiselle paineelle käänteiseen suuntaan kohottamalla suolapitoisen veden painetta. Käänteisosmoosilaitteisto on saanut nimensä tämän periaatteen mukaisesti. Laitteiston toiminta on kuvattu kuviossa 8. Suolapitoinen, paineistettu vesi ohjataan kalvon yläpuolelle. Veden paineen ollessa osmoottista painetta suurempi puhdas vesi suodattuu kalvon läpi. Tyypillinen käyttöpaine on alueella 2–17 bar. Kalvon läpäisseen veden eli permeaatin saanto on noin 75 % laitteistoon syötetystä vedestä. Epäpuhtaudet jäävät rejektijakeeseen, joka johdetaan viemäriin. Väkevöityneen veden eli konsentraatin viemäröinti estää kalvon tukkeutumisen. Konsentraatin määrää voidaan vähentää noin 75 % johtamalla rejekti toiseen käänteisosmoosiyksikköön. Laitteistolla saavutettu johtokyky on alle 20 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Laitteiston etuna on yksinkertainen toimintaperiaate ja tehokas suodatuskyky. Käänteisosmoosilaitteisto poistaa jopa 99 % ioneista ja liuenneista aineista. Virusten, bakteerien ja pyrogeenien erotuskyky on jopa 99,9 %. Laitteisto ei vaadi lämpöenergiaa toimiakseen. (Huhtinen ym. 2013, 31–32; Manivasakam 2011, 256.)



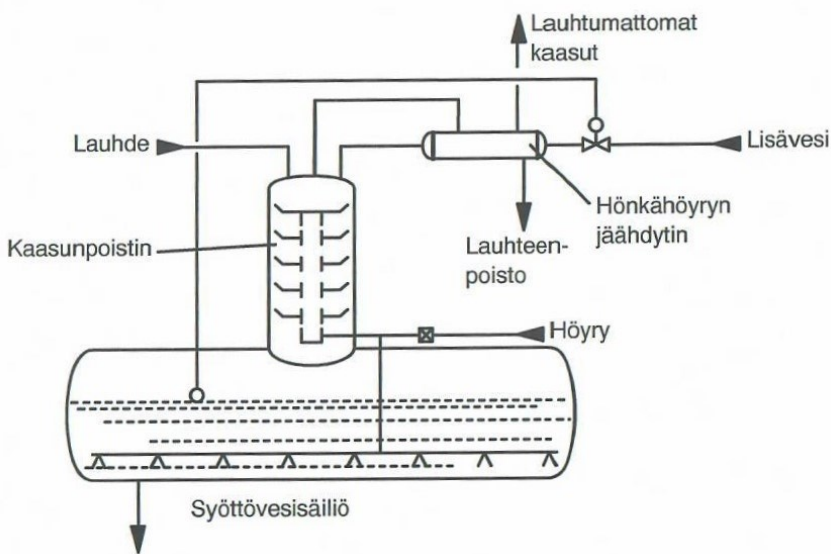
Kuvio 8. Käänteisosmoosimoduulin toimintaperiaate (Manivasakam 2011, 256, muokattu)

4.1.4 Sähköinen ioninvaihto

Sähköinen ioninvaihto on sovellutus, joka perustuu täyssuolanpoiston tavoin ioninvaihtohartsien käyttöön. Erona on ioninvaihtohartsin elvytystapa, joka sähköisessä ioninvaihdossa tapahtuu tasajännitteen avulla. Toimintaperiaatteen ansiosta elvytyskemikaaleja ei tarvita ja toiminta on jatkuvaa. Sähköisellä ioninvaihtimella voidaan poistaa käänteisosmoosilaitteiston tuottamasta vedestä loputkin suolat. Saavutettu johtokyky on alle 0,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Tällä laitteistolla voidaan usein korvata täyssuolanpoistolaitteistossa käytetty sekavaihdin. (Huhtinen ym. 2013, 32–33.)

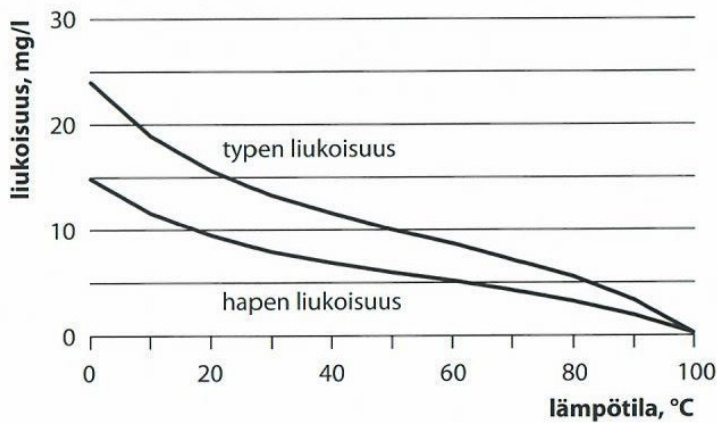
4.2 Syöttövesisäiliön toiminta ja tehtävät

Syöttövesisäiliö vastaanottaa prosessista palaavan lauhteen sekä esikäsittelystä tulevan lisäveden ja syöttää kulloinkin tarvittavan vesimäärän kattilaan pumpun avulla. Syöttövesisäiliön nestetilavuus vastaa tyypillisesti höyryntuotantokapasiteettia, johon kattila kykenee maksimiteholla 10–20 minuutin aikana. Syöttövesisäiliön tärkeimmät tehtävät ovat liuenneiden kaasujen poisto ja syöttöveden lämmitys haluttuun lämpötilaan ennen sen pumppaamista kattilaan. (Merritt 2016, 212, 219.) Syöttövesisäiliön rakenne ja säiliön toimintaan liittyvät virtaukset on esitetty kuviossa 9.



Kuvio 9. Syöttövesisäiliön rakenne ja toimintaan liittyvät virtaukset (Huhtinen ym. 2013, 32)

Korroosio syövyttää hiiliteräksestä valmistetun kattilan metallirakenteita ja höyryputkistoa eri mekanismeilla. Esimerkiksi happi kiihdyttää korroosiota ja hiilidioksidi muodostaa lauhteen kanssa hiilihappoa. Liuenneet kaasut voivat päätyä kattilaan syöttöveden mukana. Jos ilmiöön ei puututa, kattilan kunto heikkenee, kunnes se pettää. Veden aiheuttamaan korroosioon vaikuttavia tekijöitä ovat alhainen pH, liuenneen hapen määrä ja vapaa hiilidioksidi. Happi ja hiilidioksidi pyritään poistamaan järjestelmästä kuumentamalla vesi syöttövesisäiliössä nopeasti painetta vastaavaan kiehumispisteeseen, jolloin kaasujen liukoisuus veteen on nolla. Tätä kutsutaan termiseksi kaasunpoistoksi. Kaasunpoiston tehokkuuteen vaikuttaa kiehumispisteen saavutusnopeus, kiehumisen kesto kaasunpoistotornissa sekä pisaroinnin hajautuminen. (Manivasakam 2011, 35–36; 88, Huhtinen ym. 2013, 26, 33.) Kuviossa 10 on esitetty hapen ja typen liukoisuus veteen lämpötilan funktiona.



Kuvio 10. Hapen ja typen liukoisuus veteen lämpötilan funktiona (Huhtinen ym. 2013, 33)

4.3 Kattilavesikemikaalit ja niiden käyttötarkoitukset

Hallittu vedenkäsittely luo mahdollisuudet kustannustehokkaalle, laadukkaalle ja katkottomalle höyryntuotannolle. Tärkeimpänä tavoitteena on kattilan kerrostumien estäminen ja sitä kautta kattilan jatkuvan toiminnan varmistaminen. Lisäksi vedenkäsittelyllä voidaan välttää korroosiosta ja kattilaveden vaahtoamisesta aiheutuvia haittoja sekä sitoa syöttövesisäiliön kautta termisestä kaasunpoistosta huolimatta tuleva jäännöshappi. Näistä syistä laitoshöyryä tuottavassa kattilassa ja sen syöttövesijärjestelmässä on välttämätöntä käyttää kemikaaleja. (Manivasakam 2011, 88, 303.)

Korroosion estämiseksi kattilaveden pH pyritään pitämään emäksisenä (noin 7,5–9,5). Liian emäksinen vesi on altis kuohumaan, joten pH-arvo ei saa nousta liian korkeaksi. Kattilaveden kuohunta heikentää höyryn laatua ja voi aiheuttaa kattilaveden kulkeutumisen höyryjärjestelmän eri osiin. Alkalointiin käytetään yleensä joitakin seuraavista kemikaaleista: natriumhydroksidi, ammoniakki, morfoliini, butanolamiini tai aminometyylipropanoli. Natriumhydroksidi on kiinteä aine, muut haihtuvat höyryn sekaan. Natriumhydroksidin haittapuolena on sen taipumus väkevöityä kerrostumien alle, josta voi aiheutua alkalikorroosiota. (Huhtinen ym. 1994, 307.)

Vesi sisältää liuenneita aineita, jotka kiteytyvät pinnoille veden haihduttua. Kiteytynyttä ainetta kutsutaan kerrostumaksi. Kerrostumien laatu vaihtelee käytetyn veden ominaisuuksien mukaan. Kerrostumat johtavat erittäin heikosti lämpöä, mikä voi heikentää höyrykattilan suorituskykyä. Lopulta tilanne voi johtaa lopulta kattilan rikkoutumiseen, kun savukaasujen kuumentaman putken

jäähdytys vedellä ei enää onnistu eristeenä tai tukkeena toimivan kerrostuman takia. (Manivasakam 2011, 35.) Kattilan käyttöpaineen ollessa alle 30–50 bar veden kovuutta voidaan vähentää lisäämällä syöttövedeen trinatriumfosfaattia. Se saostaa kalsiumin ja magnesiumin hienoksi lietteeksi, joka poistetaan kattilasta ulospuhalluksen kautta. (Huhtinen ym. 1994, 307). Kattilavesikemikaali voi myös sisältää dispergointiaineita, jotka estävät kerrostumien muodostumista ja liuottavat vanhoja kerrostumia pois.

Termisestä kaasunpoistosta huolimatta kattilaan ja höyryjärjestelmään voi päätyä happea ja hiilidioksidia, jotka yhdessä veden kanssa tuottavat haastavat olosuhteet metallille (Manivasakam 2011, 36). Termisessä kaasunpoistossa syöttöveden jäänyttä vapaata happea voidaan poistaa lisäämällä hydratsiinia (N_2H_4). Reaktiossa muodostuu vettä ja typpeä. (Huhtinen ym. 2013, 33.) Toinen suosittu hapenpoistokemikaali on katalysoitu natriumsulfiitti (Merritt 2016, 245).

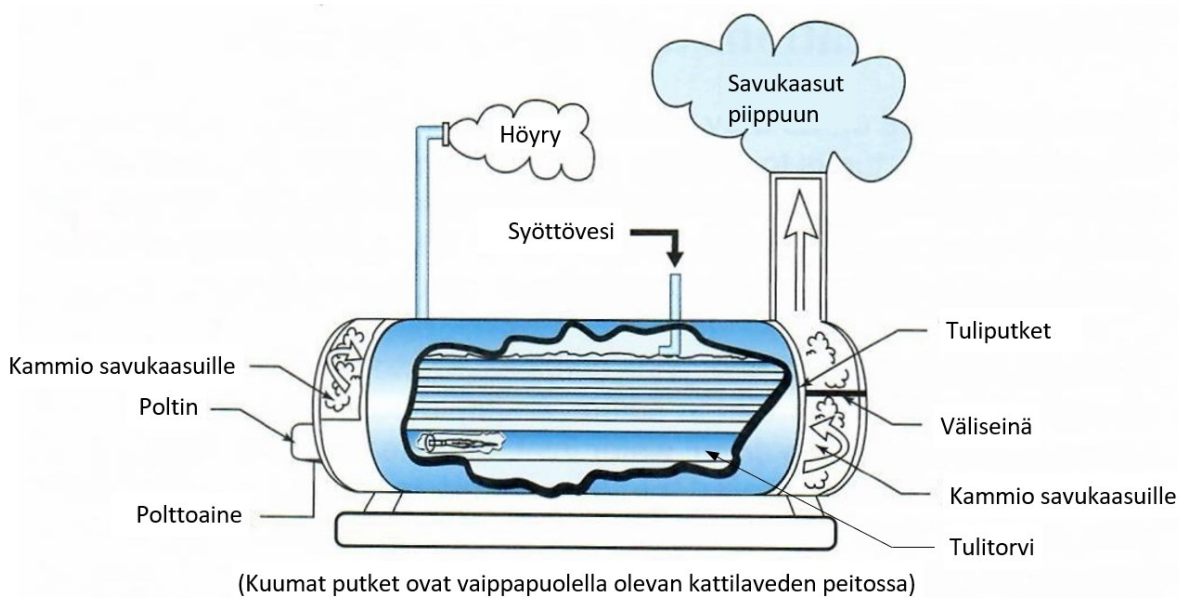
4.4 Höyrykattilatyyppit

Höyryä tuotetaan yleensä jatkuvatoimisissa, polttoon perustuvissa höyrykattiloissa, joiden energianlähteenä voi olla hiili, öljy, maakaasu, biomassa tai muu polttoaine. Palamisreaktiossa ilman sisältämä happi reagoi polttoaineen kanssa vapauttaen polttoaineeseen sitoutuneen kemiallisen energian. Reaktion seurauksena syntyy kuumia savukaasuja. Niiden sisältämä energia pyritään siirtämään mahdollisimman tehokkaasti kattilan sisällä olevaan veteen ja höyryntuotantoon. (Manivasakam 2011, 3; Huhtinen ym. 1994, 7; Huhtinen ym. 2013, 80.) Höyryä on mahdollista tuottaa myös polttoon perustuvalla höyrykehittimellä tai sähköä hyödyntäen. Työssä esitellään kaksi yleistä höyryntuotantotapaa. Opinnäytetyön kannalta olennaista on laitoshöyryn tuotantoprosessin kuvaus, ei tuotantolaitteen tyyppi. Lukujen 4 ja 5 teksti koskee myös sähköllä toimivia tai polttoon perustuvia höyrykehittäjiä, pois lukien puhdashöyrykehittimet.

4.4.1 Tulitorvi-tuliputkikattila

Matalapaineisissa höyryjärjestelmissä käytetään usein tulitorvi-tuliputkikattilaa. Kattila koostuu suuresta vaipasta, jonka sisällä on höyrystettävä vesi. Vaipan sisällä on päästä päähän ulottuvat putket, joiden sisällä kuumat savukaasut kulkevat. Polttimen edessä on yleensä suurihalkaisijainen tulitorvi. Kun savukaasujen kulkusuunta muuttuu kattilan päädyssä, kaasut syötetään pienemmän

halkaisijan omaaviin tuliputkiin. Putkien pienellä läpimitalla ja suurella lukumäärällä pyritään kasvattamaan lämpöä siirtävää pinta-alaa tehokkuuden nostamiseksi. Kattilatyypin edustaa vanhaa, koeteltua tekniikkaa, jolla on tiettyjä etuja. Tuliputki-tulitorvikattilassa on suuri vesitilavuus, joka mahdollistaa energian varaamisen ja tasaa kuormituksen vaihteluita. Kuormituksen kasvaessa kattilan paine alenee, jolloin kiehumispisteessä olevasta vesimassasta muodostuu paisuntahöyryä tukemaan höyryntuotantoa. Tämä mahdollistaa kattilan yksinkertaisen ohjaustavan. Mitä tehokkaampi kattila on, sitä suuremmaksi kattilan vaipan halkaisija kasvaa. Voima on paineen ja pinta-alan tulo. Suurta tehoa ja/tai korkeaa höyrynpainetta tavoiteltaessa vaipan seinämään kohdistuvat voimat kasvavat huomattavan suuriksi, jolloin vaipan seinämävahvuudesta tulisi epäkäytännöllisen paksu. Tulitorvi-tuliputkikattilan rakenne on järkevä noin 20 bar(g) paineeseen asti. Makaava kattila vaatii kohtalaisen paljon lattiapinta-alaa, mutta korkeus on maltillinen. (Taplin 2014, 3; Merritt 2016, 101.) Tulitorvi-tuliputkikattilan toimintaperiaate on esitetty kuviossa 11.

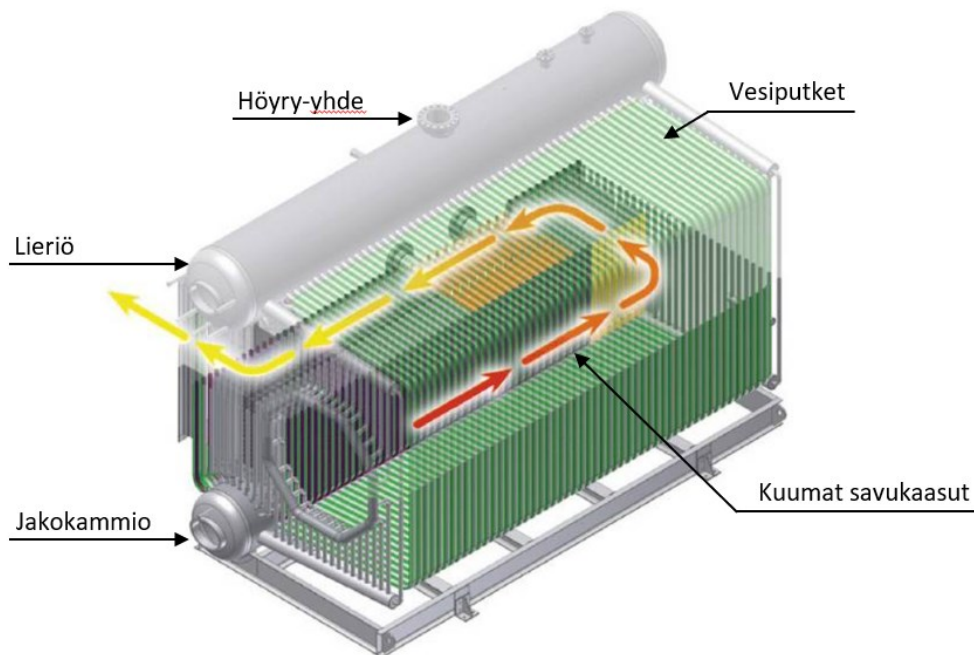


Kuvio 11. Tulitorvi-tuliputkihöyrykattilan toimintaperiaate (Thomas 2011, 215, muokattu)

4.4.2 Vesiputkikattila

Vesiputkikattilassa vettä kuumennetaan pienihalkaisijaisen putken sisällä ja savukaasut ohjataan putkien ympärille. Vesiputket yhdistyvät yläosasta kokoojakammioon, josta käytetään myös nimitystä lieriö, ja alasasta jakokammioon. Rakenne mahdollistaa huomattavasti korkeammat käyttöpainet kuin tulitorvi-tuliputkikattila. Suuri määrä pienihalkaisijaisia putkia tuottaa suuren pinta-alan, joka tehostaa lämmönsiirtoa savukaasuista veteen. Vesiputkikattilassa oleva vesimassa on

pieni suhteessa tehoon, mikä mahdollistaa nopean reagoitakyvyn. Samalla kattilan hallinta hie-
man vaikeutuu, sillä kattilaveteen varastoitunut energiapuskuri on pienempi kuin tuliputkikatti-
lassa. Vesiputkikattila vaatii vähemmän lattiapinta-alaa kuin tulitorvi-tuliputkikattila, mutta sen
korkeus on huomattava. (Taplin 2014, 3–4; Merritt 2016, 101–102; 106.) Vesiputkikattilan toimin-
taperiaate on esitetty kuviossa 12.



Kuvio 12. Vesiputkihöyrykattilan toimintaperiaate (Merritt 2016, 107, muokattu)

4.5 Höyrykattilan toiminta

Aluksi savukaasujen tai sähkön tuottama energia lämmittää vettä kohti kiehumispistettä. Kun kie-
humispisteessä olevaan veteen kohdistetaan energiaa, energia alkaa sitoutua muodonmuutok-
seen. Nestemäinen vesi muuttuu kaasumaiseksi aineeksi, höyryksi. Höyry johdetaan ulos kattilasta
kohti höyryjärjestelmän putkistoa. Kattilasta höyrystynyt vesimäärä korvataan syöttövedellä, jotta
veden pinta kattilan sisällä pysyy vakiona. Ideaalitalanteessa vain puhdas vesihöyry poistuu höyry-
kattilasta. (Huhtinen ym. 2013, 40.)

Esikäsittelystä huolimatta syöttöveden mukana tulee pieni määrä epäpuhtauksia, jotka jäävät kat-
tilaan veden höyrystyessä. Höyrystymisprosessin jatkuessa syöttöveden mukana tulleiden epäpuh-
tauksien suhteellinen määrä kattilavedessä kasvaa. Toisin sanoen kattilavesi väkevöityy jatkuvasti,

kun höyryä tuotetaan. Liiallisen väkevöitymisen välttämiseksi kattilasta puhalletaan ulos väkevää vettä joko jaksottaisesti tai jatkuvasti. Niin sanotun ulospuhalluksen avulla kattilaveden laatu saadaan pidettyä halutuissa rajoissa ja välttyään kattilaveden kuohunnalta ja kerrostumien muodostumiselta kattilan pinnoille. Tarvittavan ulospuhalluksen määrä voidaan laskea yhtälöllä 1. (Huhtinen ym. 2013, 40.)

$$Z = \frac{a-b}{A-a} \quad (1)$$

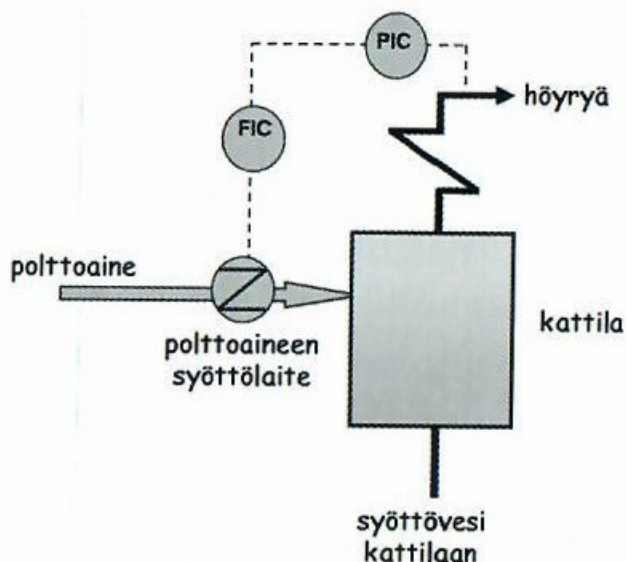
missä Z = ulospuhallusvirran suhde höyryvirtaan
 a = syöttöveden suolapitoisuus (mg/kg)
 b = höyryn lauhteen suolapitoisuus (mg/kg)
 A = kattilaveden sallittu suolapitoisuus (mg/kg).

Kattilaveden suolapitoisuus on korkeimmillaan lähellä nesteen rajapintaa, joten väkevää vettä kannattaa poistaa sieltä. Suolapitoisuuden säätöön perustuvaa veden poistamista kattilasta kutsutaankin pintapuhallukseksi. Pintapuhalluksen ohjaus perustuu yleensä kattilaveden jatkuvaan johtokykymittaukseen. Johtokyky kuvaa veden suolapitoisuutta: mitä korkeampi johtokyky, sitä enemmän vedessä on suoloja. Automatiikan avulla kattilaveden suolapitoisuus saadaan pidettyä halutulla tasolla. (Manivasakam 2011, 361–363.) Kattilaveden johtokykyyn perustuva automaattinen ulospuhallus on hyvä tapa hallita kattilan toimintaa, mutta kaikissa kattiloissa sitä ei ole.

Kattilaan kertyy jatkuvasti lietettä, joka muodostuu esimerkiksi lisäveden sisältämistä liuenneista kiintoaineista, ruosteesta, palautuneen lauhteen mukana tulleista epäpuhtauksista sekä kattilavesikemikaalien toiminnan seurauksena. Lieite on poistettava, jotta se ei vaaranna kattilan toimintaa. Lieite on kattilavettä raskaampaa, joten se laskeutuu kattilan pohjalle. Tästä syystä lietteen poistoyhde on hyvä sijoittaa sinne. Menetelmää kutsutaan pohjapuhallukseksi. Pohjapuhallus voidaan suorittaa manuaalisesti tai automatisoidusti. Tarvittava puhallustaajuus riippuu kattilan tyypistä, syöttöveden laadusta ja käytetystä kattilavesikemikaaliohjelmasta. Tärkeää on, että puhallus suoritetaan avaamalla venttiili hyvin lyhyeksi aikaa kerrallaan. (Manivasakam 2011, 363–364.)

Tuliputki-tulitorvikattilan vaipan yläosan ja vesiputkikattilan lieriön tehtävänä on erottaa kaasumainen vesihöyry nestemäisestä vedestä. Erotuksessa käytetään apuna jakeiden tiheyseroa ja painovoimaa. Erotuskyky paranee, kun höyryn virtausnopeus laskee riittävän alas. Höyryn virtausnopeus määräytyy höyryn tilavuusvirran ja nestepinnan yläpuolella käytettävissä olevan kaasutilan koon perusteella. Lieriöiden pisaranerotuskykyä voidaan parantaa erilaisin sisäisin rakentein. Nestepinnan taso lieriön sisällä siis vaikuttaa lieriöstä lähtevän höyryn laatuun ja puhtauteen. Taso pyritään pitämään vakiona automatiikan avulla. (Huhtinen ym. 1994, 117, 269–270; Merritt 2016, 98–99.)

Prosessihöyryä tuottavissa kattiloissa tyypillinen tehon ohjaustapa on kiinteän paineen säätö. Kytkeä on esitetty kuviossa 13. Kattilassa tuotetun höyryn painetta mitataan jatkuvasti ja se pyritään pitämään vakiona hallitsemalla kattilaan johdettavaa polttoainevirtaamaa. Höyryn paineen laskiessa kattilaan syötetään enemmän polttoainetta. Jos höyryn paine pyrkii nousemaan liian korkeaksi, polttoaineen syöttöä pienennetään. (Huhtinen ym. 2013, 153.) Kattilan kuorman muutokset heijastuvat myös palamisilman ja syöttöveden ohjauksiin. Jotta höyryjärjestelmän paine pysyisi vakiona, kattilan on tuotettava joka hetki täsmälleen saman verran höyryä kuin sitä höyryjärjestelmässä kuluu. (Merritt 2016, 145; Huhtinen ym. 1994, 263.)

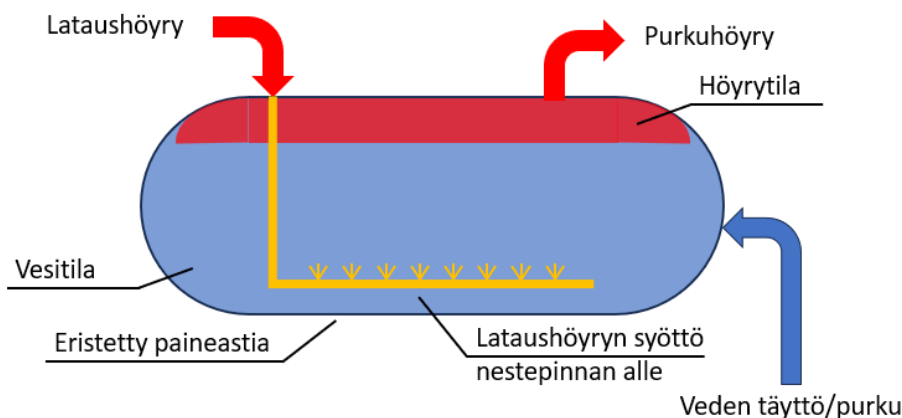


Kuvio 13. Höyrykattilan kiinteän paineen säätötapa (Huhtinen ym. 2013, 154)

4.6 Höryakku

Höyrykattilan tuoton ja höyryn kulutuksen on aina vastattava toisiaan. Prosessin luonteesta johtuvat äkilliset kuormamuutokset voivat johtaa höyryn puhtauden heikkenemiseen. Äkillisiä kuormamuutoksia voivat aiheuttaa esimerkiksi prosessit, joiden höyrynsyöttöä ohjataan on/off-venttiileillä. Ongelmaa voidaan ehkäistä mitoittamalla kattila tarpeettoman suureksi tai rajoittamalla höyryn virtausta prosessiin. Ylimäitys johtaa kohonneisiin investointi- ja käyttökustannuksiin. Kattilasta lähtevän höyryvirtauksen rajoitus voi aiheuttaa ongelmia prosessin toiminnalle, kun höyryjärjestelmän paine laskee kuormituksen kasvaessa eikä höyryä välttämättä riitä kaikille prosesseille. Kolmas vaihtoehto ongelman vähentämiseksi on höryakun käyttö. (Merritt 2016, 167.)

Höryakku on paineastia, johon varastoidaan kuumaa vettä. Vesi kuumennetaan tyypillisesti höyrykattilan painetta vastaavaan kylläiseen lämpötilaan syöttämällä höyryä veden sekaan. Höyryjärjestelmän kuormituksen kasvaessa järjestelmän paine laskee. Paineen lasku muodostaa höryakussa olevasta kylläisestä vesimassasta paisuntahöyryä, jota voidaan käyttää kattilassa tuotetun höyryn tavoin. Korkean kuormituksen aikana höyrykattila ja höryakku toimivat rinnakkain. Kuormituspiikin jälkeen höyryjärjestelmän paine tasaantuu normaaliin arvoonsa. Höryakku ladataan takaisin täyteen paineeseen. Höryakku ei tuota aktiivisesti höyryä, vaan se varastoi höyrykattilalla tuotettua energiaa kuormituspiikkejä varten. Höryakun tuottaman paisuntahöyryn määrä riippuu veden massasta ja paineen muutoksesta. (Merritt 2016, 169–171.) Höryakkuun voidaan varastoida energiaa noin 20–30 kWh/m³. Höryakun toimintaperiaatteen haittapuolena on, että varastoitu höyry saadaan käyttöön lataushöyryä alemmassa paineessa. (Dinçer & Rosen 2010, 538.) Periaatekuva höryakusta on esitetty kuviossa 14.

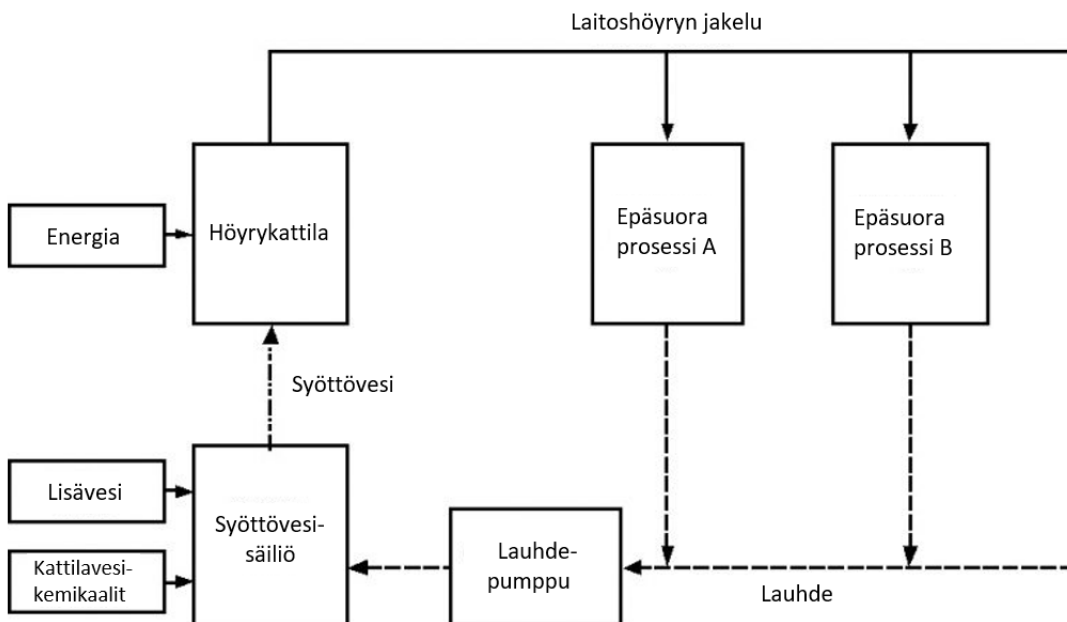


Kuvio 14. Höryakun toimintaperiaate (Dinçer & Rosen 2010, 539, muokattu)

4.7 Höyryn jakelu

Höyry- ja lauhdejärjestelmä muistuttaa kuviossa 6 esitettyä luonnon vesikiertoa. Tyypillisesti höyry- ja lauhdejärjestelmä muodostaa suljetun kierron. Kierron tarkoituksena on palauttaa mahdollisimman suuri osuus höyrystä tiivistyneestä lauhdevedestä takaisin höyrykattilaan, jossa se höyrystetään uudelleen. (Heselton 2014, 21.)

Höyrykattilalaitokselle palautettu kuuma lauhde parantaa höyryjärjestelmän energiatehokkuutta. Palauttamatta jäänyt lauhde on korvattava höyrykattilalaitoksella lisävedellä. Kylmä lisävesi lämmitetään höyrykattilassa tuotetulla höyryllä, joten korkea lisäveden kulutus lisää merkittävästi polttoaineen kulutusta lisäämättä tuotetun höyryn määrää. Lisävedessä on aina epäpuhtauksia, jotka lisäävät kattilan ulospuhallustarvetta. Tästä aiheutuu energiahukkaa ja kohonnut vedenkulutus. Lauhde on tislattua vettä, joten sitä ei ole tarvetta käsitellä kemikaalein eikä se juurikaan sisällä epäpuhtauksia. (Taplin 2014, 45; 49; 118–119.) Palauttamaton lauhde lisää suoraan ja välillisesti höyrykattilalaitoksen käyttökustannuksia. Mahdollisimman suuri osa lauhteesta kannattaakin palauttaa höyrykattilalaitokselle taloudellisista syistä. Kuviossa 15 on esitetty suljetun höyry-lauhdekierron periaatekuva. Kattilalaitokselle palaavat lauhdevirrat on esitetty kuvassa katkoviivalla.



Kuvio 15. Laitoshöyryn jakelu ja lauhteen palauttaminen höyrykattilalaitokselle (Bowser 2017, 142-5, muokattu)

5 Mahdolliset poikkeamat höyryn puhtaudessa

Höyryjärjestelmäympäristössä höyryn laadulla viitataan yksinomaan höyryn kosteuspitoisuuteen. Tarkka termi on höyryn kuivuuskerroin, joka voidaan laskea yhtälöllä 2 (Holah & Lelieveld 2011, 560). Yleensä kuivuuskerroin ilmoitetaan prosentteina.

$$Kuivuuskerroin = \frac{Höyryn\ massa}{Höyryn\ massa + pisaroiden\ massa} \quad (2)$$

Arvioitaessa höyryn sisältämien epäpuhtauksien määrää on kyse höyryn puhtaudesta. Epäpuhtaudet voivat olla liuenneita kiintoaineita, haihtuvia aineita tai muita höyryyn kuulumattomia aineita. Epäpuhtauksien määrä höyryssä on yleensä verrannollinen sen kosteuspitoisuuteen. Mitä korkeampi höyryn kosteuspitoisuus on, sitä enemmän höyryn seassa on epäpuhtauksia. (Holah & Lelieveld 2011, 559–560.)

5.1 Biologiset haitat

Biologisilla haitoilla tarkoitetaan ihmisille haitallisia eloperäisiä mikrobeja, kuten mikro-organismeja ja niiden itiöitä. Ihmissilmälle näkymättömät bakteerit lisääntyvät otollisissa olosuhteissa voimakkaasti ja voivat aiheuttaa haittaa terveydelle. Bakteerit ovat yleisin syy elintarvikkeiden biologisille haitoille. Muita biologisia haittoja ovat virukset, loiset ja prionit. Mikro-organismeja ja niiden itiöitä voidaan tuhota lämmöllä. Tuhoutuminen ei ole välitöntä, vaan reaktioon vaikuttavat lämpötila ja altistumisaika. Korkea lämpötila lyhentää tuhoutumiseen tarvittavaa aikaa. (Surak 2014, 22; 150–151.) Kylläisen vesihöyryn käyttö on yksi tehokkaimmista keinoista torjua eloperäisiä haittoja. Höyryn lauhtuessa muodostuva kosteus auttaa tuhoamaan mikro-organismeja jo suhteellisen matalissa lämpötiloissa. Pinnan lämmittämisen vähintään 85 °C lämpötilaan 1 minuutiksi pitäisi tuhota eloperäiset haitat lukuun ottamatta bakteerien itiöitä. (Forsythe 1998, 352.) Bakteerien itiöiden kyvyssä sietää lämpöä on eroja. Yksi parhaiten korkeita lämpötiloja sietävistä bakteerien itiöistä on *Bacillus stearothermophilus*, jonka populaatio vähenee kymmenesosaan alkuperäisestä noin 4 minuutissa, kun lämpötila on 121 °C. (Brennan & Grandison 2012, 54.)

Elintarviketeollisuuden höyryjärjestelmissä käyttölämpötila on karkeasti ottaen alueella 130–215 °C (höyryn paine noin 1,5–20 bar(g)). Järjestelmän ollessa käyttöpaineessa lämpötila on jatkuvasti

tuolla alueella. Korkea lämpötila ja sen pysyvyys huomioiden on epätodennäköistä, että höyryn seassa olisi eläviä mikrobeja tai niiden itiöitä.

5.2 Kemialliset haitat

5.2.1 Kattilavesikemikaalit

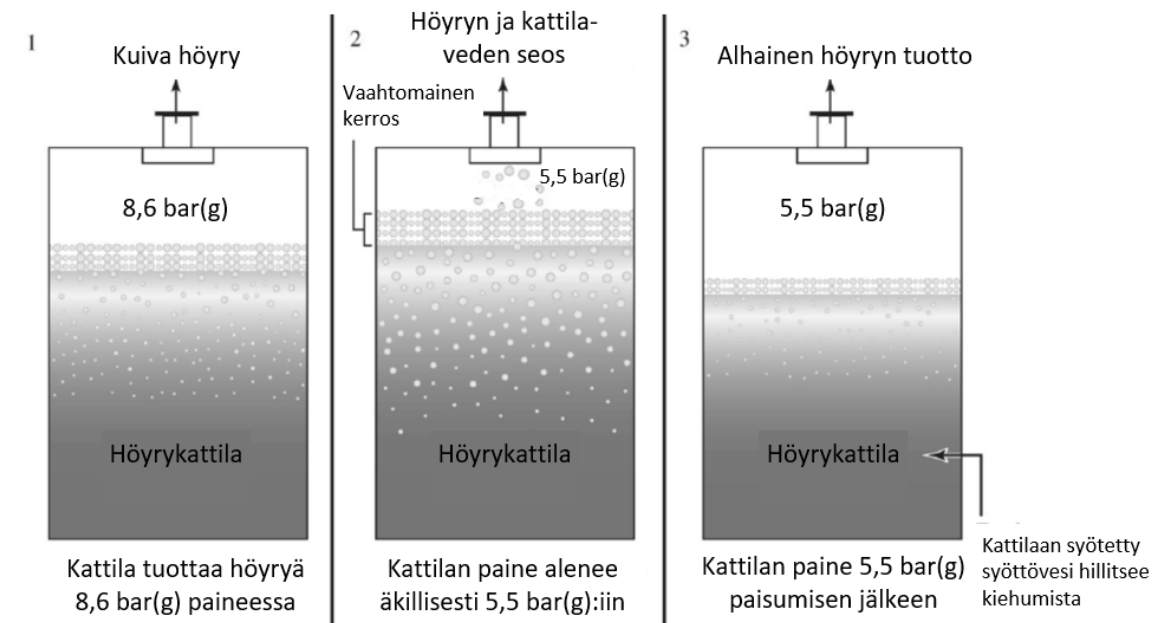
Kattilavesi sisältää väkevöityneitä suoloja ja useita kattilan toiminnan kannalta olennaisia kemikaaleja. Kattilan tuottaman höyryn laatu ja puhtaus ovat korkeita vain, jos kiehumistapahtuma kattilan sisällä pysyy hallittuna ja kattilasta lähtevä höyry on kuivaa. Mikäli höyryn mukaan lähtee kosteutta, pisarat sisältävät yhtä paljon epäpuhtauksia kuin kattilavesi.

Kattilaveden sekoittuminen höyryyn on merkittävin höyryn puhtautta uhkaava riski. Tyypillisiä tekijöitä, jotka voivat aiheuttaa kattilaveden päätyminen höyryn sekaan ovat (Manivasakam 2011, 357–358; Taplin 2014, 11–13.):

- Höyrykuplan puhkeamisesta aiheutuvan hienojakoisen vesisumun päätyminen höyryvirtauksen mukaan
- Vesipinta kattilan/lieriön sisällä nouseminen liian korkeaksi, jolloin höyryn virtausnopeus kattilan/lieriön sisällä nousee, mikä heikentää pisaranerotuskykyä
- Nopeasti vaihteleva höyrykattilan kuorma
- Kattilaveden vaahtoaminen orgaanisen aineen, öljyn tai rasvan seurauksena
- Virheellinen vaahtonestoaineen tai muun kemikaalin annostelu
- Liaksi väkevöitynyt kattilavesi
- Liian korkea pH
- Kattilan kuormitus sen mitoitusarvojen yläpuolella
- Vikaantuneet pisaranerotuskomponentit kattilassa/lieriössä (jos sellaisia on käytössä).

Yleisin tapa ohjata prosessihöyryä tuottavaa höyrykattilaa on kiinteän paineen säätö. Periaatteen mukaan kattilan paine pyritään pitämään vakiona. Paine pysyy vakiona, kun höyryä tuotetaan joka hetki saman verran kuin sitä kulutetaan. Jos höyryjärjestelmässä jonkin prosessin kuorma nousee äkillisesti tai aiemmin suljettuna ollut höyryprosessi käynnistyy, höyryä kulutetaan tässä tilanteessa enemmän kuin sitä tuotetaan. Tilanne johtaa paineen laskuun höyryjärjestelmässä. Kattilaan liitetty painemittaus havaitsee paineen laskun ja alkaa ohjata kattilan tehoa korkeammaksi. (Huhtinen ym. 1994, 263.) Havaittu paineenpudotus riippuu kuormanmuutoksen suuruudesta, muutosnopeudesta, kattilan ominaisuuksista ja sen kyvystä reagoida muutokseen. Jos kattilan paine alenee nopeasti, kattilavedessä olevat pienet höyrykuplat reagoivat muutokseen paisumalla

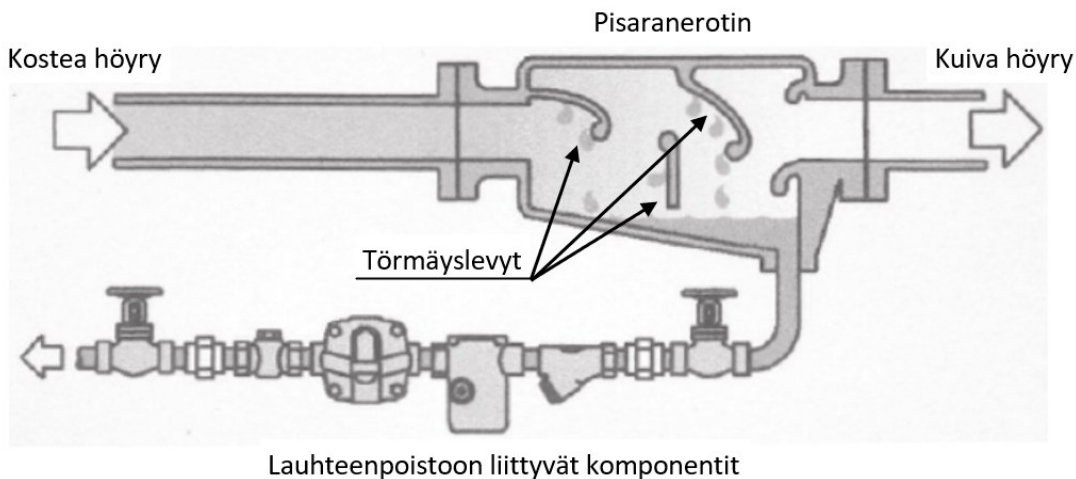
äkillisesti. Kattilan tai lieriön sisällä oleva vesimassa ”kuohahtaa” kuin nopeasti avattu samppanjapullo. Kuplat muodostavat kattilavedestä vaahtoa, jolloin kattilan/lieriön kaasutilavuus pienenee ja höyryn virtausnopeus tilassa nousee. Korkea virtausnopeus heikentää kattilan/lieriön kykyä erottaa pisaroita höyrystä. Vaarana on väkevän kattilaveden ja sen sisältämien kemikaalien päätyminen höyryputkistoon. Höyryn laadun heikentymisen lisäksi tapahtuma voi aiheuttaa kuivakeittosuojan aktivoitumisen ja höyryntuotannon pysähtymisen. (Merritt 2016, 69–70.) Tapahtumaa kutsutaan höyrykattilan ryöstämiseksi. Tapahtumaketjua on havainnollistettu kuviossa 16.



Kuvio 16. Höyrykattilan käyttäytyminen paineen alentuessa äkillisesti (Merritt 2016, 70, muokattu)

Riskiä kattilaveden päätymiseksi höyryn sekaan voidaan alentaa ottamalla käyttöön seuraavia toimenpiteitä ja toimintaperiaatteita (Holah & Lelieveld 2011, 565; Taplin 2014, 150–151.):

- Vaihdetaan höyrnsyöttöä ohjaavat on/off-venttiilit hitaammin avautuviksi säätöventtiileiksi
- Asennetaan höyrykattilasta lähtevään linjaan höyrymäärämittari ja käytetään sen tuottamaa tietoa myötäktykennän avulla kattilan tehonsäätöön
- Asennetaan kattilasta lähtevään höyryputkeen ylivirtausventtiili, joka rajoittaa poikkeustilanteissa höyryn virtausta kattilasta höyryjärjestelmään ja estää kattilan paineen putoamisen liian alhaiselle tasolle
- Hidastetaan höyryventtiilien avautumista
- Lisätään järjestelmään höyryakku
- Varastoidaan höyryenergiaa varalla oleviin kattiloihin (niiden hyödyntäminen höyryakkuna)
- Höyrykattiloiden/polttimien kytkentä sarjaan reagointikyvyn parantamiseksi
- Asennetaan höyrykattilasta lähtevään höyryputkeen pisaranerotin, joka poistaa höyrystä pisaroita eli kuivaa höyryä (ks. kuvio 17).



Kuvio 17. Höyryputken asennetun pisaranerotin toimintaperiaate (Taplin 2014, 151, muokattu)

Kattilasta lähtevän höyryn tulisi sisältää aina alle 5 % kattilavedestä peräisin olevaa kosteutta. Yli 5 % kosteutta sisältävää höyryä kutsutaan märäksi höyryksi. Jos höyryn kosteuspitoisuus on 1–5 %, höyryä kutsutaan kosteaksi. Hyvissä olosuhteissa ja asianmukaisesti suunnitellun kattilan avulla höyryn kosteuspitoisuus voi olla 0,1–0,5 %. Tällainen höyry on kuivaa. (Frayne 2002, 9.) Elintarvikkeeseen tai syötävään tuotteeseen lisätty höyry saa sisältää enintään 1 % kosteutta. Korkeaa höyryn laatua haettaessa kattilan höyrytilan tulisi olla suuri, höyryn virtausnopeuden matala ja kattilan tulisi olla rakennettu kestävästä materiaaleista kemikaaliannostelun minimoimiseksi. (Merritt 2016, 83.)

Kattilavesipitoisuutta höyryssä voidaan tutkia mittaamalla höyrystä lauhdutetun veden sähkönjohtavuus. Jos näytteessä on vain höyrystä lauhtunutta puhdasta vettä, sähkönjohtavuus on alhainen. Mitä suurempi höyryn sähkönjohtavuus on, sitä todennäköisempää on kattilaveden päätyminen höyryyn tai vuoto höyry- ja lauhdejärjestelmässä. Samasta näytteestä tulee mitata veden kovuus. Jos veden kovuus on koholla, se viittaa vuotoon höyry-lauhdejärjestelmässä, esimerkiksi lämmönsiirtimessä. Kattilaan syötetty lisävesi on pehmennettyä tai täysin suolanpoistettua, joten kattilaan tarkoituksella syötetty vesi on pehmeää. Kova vesi on peräisin vuodosta. (Taplin 2014, 283.)

Kiinteää polttoainetta käyttävien kattiloiden tehonsäätö on hidas, joten niiden kyky reagoida nopeasti muuttuviin kuormiin on heikko. Kattilan tuottaman höyryn laatu dynaamisissa tilanteissa voi

olla alhainen. Reagointikykyä voidaan parantaa käyttämällä kaasu- tai öljypoltinta kiinteän polttoaineen kattilan rinnalla. Kiinteällä polttoaineella tuotetaan peruskuorma, kaasu- tai öljypoltinta käytetään täyttämään kuormapiikkien tarpeet. (Merritt 2016, 112.)

Elintarviketeollisuus on prosessiteollisuutta, jossa tuotantotilanteet muuttuvat lähes jatkuvasti. Osa prosesseista pysähtyy, toiset käynnistyvät. Tuotannollinen toiminta heijastuu suoraan höyryjärjestelmään, jonka kuormitus muuttuu joka hetki. Energiaa varastoiva ja sitä tarvittaessa nopeasti purkava höyryakku on yksi parhaista keinoista pehmentää höyrykattilan kokemia äkillisiä kuormamuutoksia. Höyryakku voi vähentää alttiutta kattilan ryöstämiselle puskuroimalla kuormapiikkejä. Höyryakku ei silti voida pitää ehkäisykeinona kattilavesikemikaaleista aiheutuvalle kemialliselle haitalle.

5.2.2 Ristikontaminaatio

Elintarvikealalla ristikontaminaatiolla tarkoitetaan mikrobien tai muiden epäpuhtauksien siirtymistä elintarvikkeesta toiseen joko suoralla kosketuksella tai välillisesti käsien, välineiden tai pintojen kautta. Välillisen saastumisen havaitseminen näköaistin avulla on usein mahdotonta. (Ristikontaminaatio 2022). Tässä yhteydessä ristikontaminaatiolla tarkoitetaan vieraan aineen päätymistä suljettuun höyry- ja lauhdejärjestelmään. Vieras aine voi päätyä lauhdekierron kautta höyrykattilaan ja heikentää siellä tuotetun höyryn puhtautta. Myös tämän häiriön havaitseminen ilman oikeanlaisia mittauksia on käytännössä mahdotonta.

Höyry- ja lauhdejärjestelmät pyritään usein rakentamaan mahdollisimman suljetuiksi. Suljettu kierto mahdollistaa korkean energiatehokkuuden sekä merkittäviä säästöjä veden ja kemikaalien kulutuksessa. Suljetun kierron periaatteen mukaan mahdollisimman suuri osa höyrystä muodostuneesta lauhteesta palautetaan höyrykattilaan ja keitetään uudelleen höyryksi. Periaatteen seurauksena kemialliset epäpuhtaudet voivat myös olla peräisin höyry-lauhdekierrosta. Jos höyrylämmönsiirrin tai muu höyrylaite alkaa vuotaa sisäisesti, vuoto tapahtuu yleisimmin nestepuolelta höyrypuolelle johtuen prosessin luonteesta. Höyrypuolen paine on usein toisiopuolta matalampi, jolloin toisiopuolen väliaine vuotaa paine-eron takia höyrypuolelle. Toisiopuolelta voi vuotaa käsittelemätöntä vettä, glykolia, pesuliuoksia tai öljyä. Vieras aine kulkeutuu lauhteenpoistimen läpi lauhtesäiliöön, josta se useimmiten pumpataan takaisin kattilalaitokselle ja keitetään uudelleen

höyryksi. Vieras aine voi aiheuttaa haasteita höyrykattilan toimintaan ja heikentää tuotetun höyryn puhtautta esimerkiksi päätyessä kattilan kautta höyryyn tai aiheuttamalla kattilaveden vaahdotamisen. Prosessilaitteen sisäinen vuoto ei näy ulospäin, joten sitä on erittäin vaikea havaita. Riskinä on, että vuotoa ei huomata, jolloin vikatilanne voi jatkua pitkäänkin. Vikatilanteen havaitsemiseksi kattilalaitokselle palautettavan lauhteen laatua tulisi mitata jatkuvasti. Puhtaan lauhteen johtokyky on alhainen. Jos johtokyky nousee äkillisesti, lauhde tulee ohjata kattilalaitoksen sijasta viemäriin. Samalla tulee käynnistää korjaavat toimenpiteet häiriön korjaamiseksi. Lauhteen sekaan päässyt öljy voidaan tunnistaa sameusmittarilla. (Manivasakam 2011, 289; Holah & Lelieveld 2011, 562–563.)

Sähköä ja/tai kaukolämpöä tuottavissa teollisuuden voimalaitoksissa voi olla lauhteenpuhdistuslaitos, jossa lauhdetta puhdistetaan mekaanisesti, magneettisesti tai ioninvaihtimilla. Laitteistolla voidaan kokoonpanon mukaan poistaa lauhteesta kiinteitä partikkeleita, öljyä ja suoloja. Puhdistuksen tarkoitus on nopeuttaa prosessin puhdistumista käyttöönoton jälkeen sekä poistaa korrosiotuotteiden ja lauhdutin- ja lämmönsiirrinvuotojen aiheuttamat epäpuhtaudet. (Huhtinen ym. 2013, 34.) Lauhteenpuhdistuslaitteistolla voidaan vähentää ristikontaminaation riskiä. Yksinomaan prosessihöyryä tuottavissa kattilalaitoksissa nämä laitteistot ovat harvinaisia.

5.3 Mekaaniset haitat

Laitoshöyryä käyttökohteisiin jakava höyryjakeluputkisto on yleensä rakennettu hiiliteräksestä. Kattilan tavoin sitä uhkaa korrosio eli ruostuminen. Kattilasta höyryn mukana kulkeutunut hiilidioksidi muodostaa veden kanssa hiilihappoa, joka syövyttää teräsputken pintoja. Kattilaan päässyt happi kulkeutuu höyryn mukana putkistoon ja kiihdyttää korroosioreaktiota. Höyryputkistossa liikkuu ruosteen lisäksi putkistohilsettä ja kerrostumista muodostunutta kiintoainetta. (Taplin 2014, 257; Holah & Lelieveld 2011, 563.)

Hiiliteräksestä valmistettuja höyrykattilaa ja höyryputkistoa suojataan korroosiolta magnetiitin avulla. Magnetiitti (Fe_3O_4) on raudan oksidi, joka hapettomissa ja emäksisissä olosuhteissa muodostaa hiiliteräksen pinnalle ohuen, korroosiolta suojaavan kerroksen yhtälössä 3 esitetyn reaktion mukaisesti (Manivasakam 2011, 330–331.):

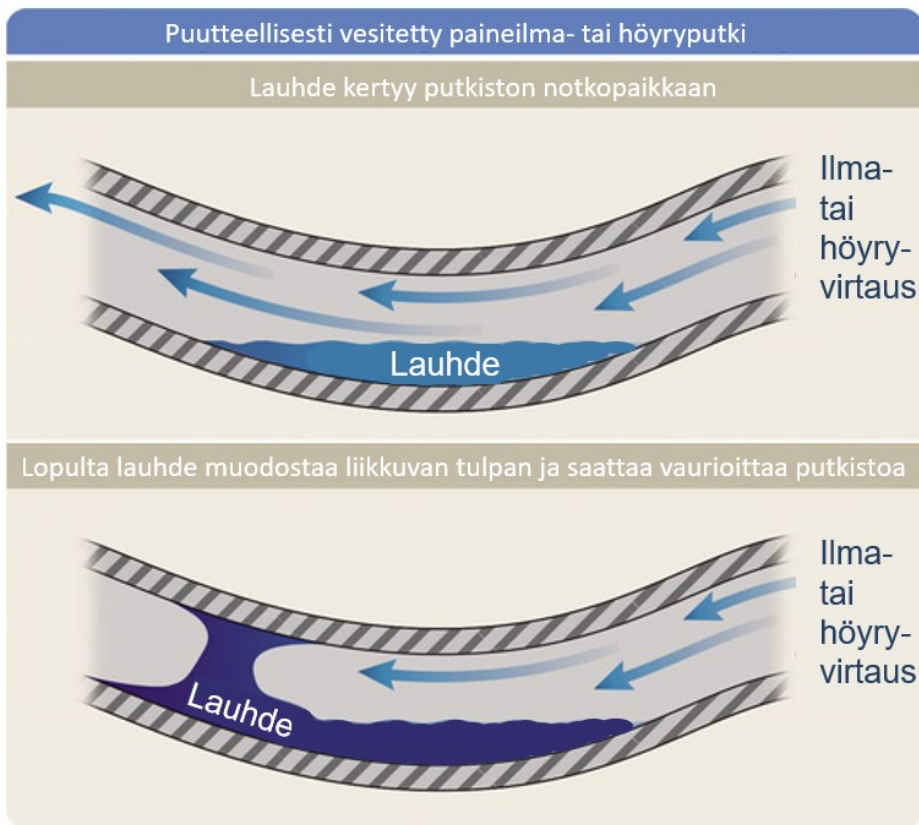


Rautaa päätyy höyrykattilaan useissa eri olomuodoissa ja kemiallisissa yhdisteissä. Magnetiitin muodostama kerros on väriltään musta. Musta väri kattilan tai hiiliteräksisen höyryputken sisäpinnalla kertoo hyvän korroosiosuojan muodostumista. Happipitoisissa olosuhteissa ja/tai pH:n ollessa alhainen vapaasta raudasta muodostuu punaista tai ruosteen väristä hematiittia (Fe_2O_3). Hematiitti ei suojaa hiiliterästä magnetiitin tavoin. Prosessin toimintaa tulee korjata, jotta happikorroosion seuraamuksilta vältytään. (Merritt 2016, 236.)

Turbulenttisesti virtaava lauhde estää magnetiittia tarttumasta putken sisäpintaan ja paljastaa suojaamattoman hiiliteräspinnan. Tällaiset olosuhteet voivat olla höyryputkessa, jossa kulkee märkää höyryä, lauhteenpoisto on toteutettu huonosti tai se ei toimi lainkaan. Suojaavan magnetiittikerroksen puuttuessa hiiliteräspankki alkaa syöpyä nopeasti, etenkin jos höyryputkistossa on hapetta ja hiilidioksidia. Syöpyminen on voimakkainta 130–150 °C lämpötilassa. (Dooley & Lister 2018, 197–198.) Tämä on melko tyypillinen lämpötila-alue elintarviketeollisuuden suora höyryjärjestelmissä, joissa käytetään pääsääntöisesti matalapaineista höyryä.

Hyvin toteutetussa höyryputkistossa riittävä ja oikein sijoitettu lauhteenpoisto estää lauhteen kerääntymisen höyryputkeen. Jos lauhteenpoisto eli vesitys on puutteellinen joko putkiston rakenteen tai lauhteenpoiston vikaantumisen takia, lauhde kertyy painovoiman vaikutuksesta putkiston alimpaan kohtaan. Tilanteen pitkittyessä notkopaikkaan kertyneen lauhteen määrä kasvaa, kunnes höyryvirtaus alkaa työntää lauhdetta tulppana edellään kuvion 18 mukaisesti. Vaarana on suurella nopeudella kulkevan lauhdetulpan iskeytyminen venttiiliin tai muihin putkiston rakenteisiin. (Dixon & Kajtaz 2021, 67.) Höyryjärjestelmäympäristössä tätä ilmiötä kutsutaan vesi-iskuksi.

Putken pohjalle kertynyt lauhde liikkuu rauhattomasti yllä virtaavan höyryn takia. Olosuhteet ovat otolliset magnetiittikerroksen liuottamiseksi. Lauhteeseen sekoittunut magnetiitti muodostaa mustan, metallipitoisen seoksen. Jos tällaisesta putkesta otetaan höyryä suora höyryprosessiin, seos saattaa lähteä höyryn mukana. Magnetiitin ja lauhteen seosta muodostuu putkistoon jatkuvasti, mutta se voi kuvion 18 mukaisesti purkautua purskeina. Elintarvikkeen sekaan saattaa päätyä höyryn mukana rautaa eri muodoissa (magnetiitti, hematiitti, ruoste). Seurauksena voi olla väri-, haju- ja makumuutoksia. Ongelmaa voidaan ehkäistä parantamalla höyryputkiston mekaniikkaa ja lauhteenpoistoa.



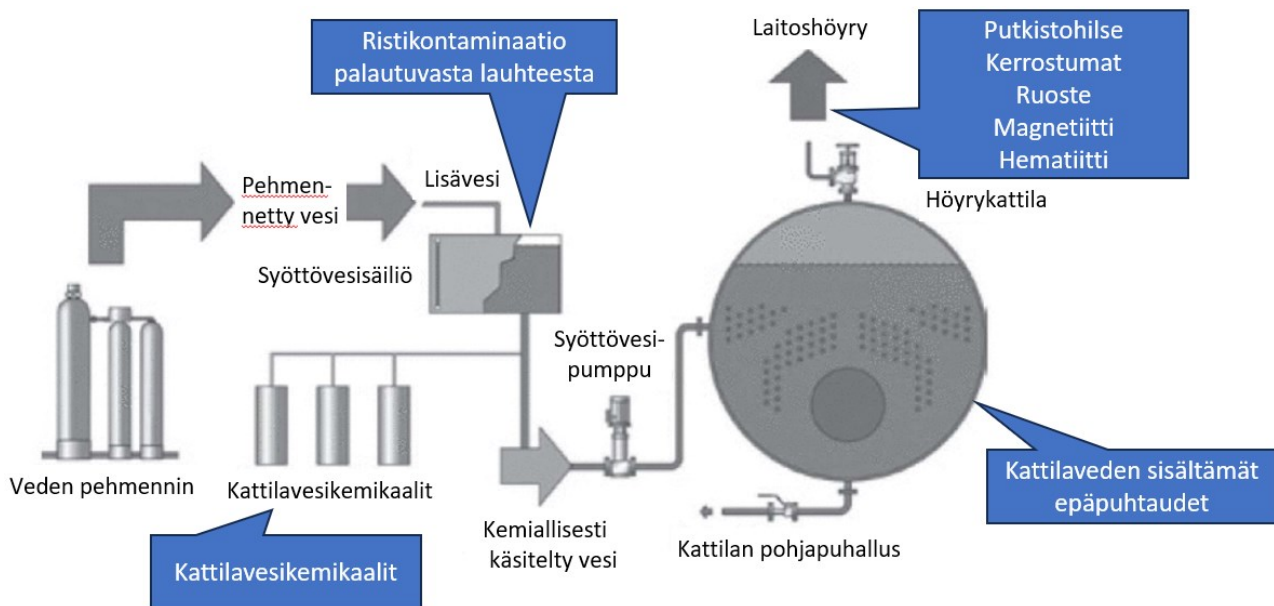
Kuvio 18. Lauhdetulpan muodostuminen puutteellisesti vesitettyyn höyryputkeen (Dixon & Kajtarz 2021, 68, muokattu)

Höyryputkistoon päätynyt väkevä kattilavesi muodostaa jäähtyessään kiinteitä kerrostumia putkiston sisäpinnoille. Kerrostumat voivat sisältää mm. suoloja, ruostetta ja putkistohilsettä. (Merritt 2016, 67.) Putkiston lämpöliikkeiden vaikutuksesta kerrostumat voivat murentua ja lähteä höyryn kuljettamana liikkeelle kohti prosessia. Jos suora höyryprosessissa ei ole oikeaoppisesti toteutettua suodatusta, useita epäpuhtauksia sisältävät partikkelit voivat päätyä elintarvikkeeseen saakka.

Laitoshöyryä tuottava kattila, syöttövesisäiliö ja höyryn jakeluputkisto ovat lähes poikkeuksetta valmistettu käsittelemättömästä hiiliteräksestä, joka ei täytä kehysasetuksen 1935/2004/EU vaatimuksia. Vaikka putkisto olisikin valmistettu ruostumattomasta tai haponkestävästä teräksestä, kattilavesikemikaalien sisältämät rautaionit muodostavat kemiallisen reaktion seurauksena putken sisäpinnalle mustan magnetiittikalvon. Puutteellisesti järjestetty ilman- tai lauhteenpoisto voi aiheuttaa häiriön magnetiittikalvon muodostukseen, jolloin magnetiittia tai hematiittia voi päätyä höyryn mukana suora höyryprosessiin. Höyryputkiston aiheuttamat mekaaniset haitat eivät poistu täysin, vaikka putkistomateriaaliksi valitaan ruostumaton tai haponkestävä teräs.

5.4 Yhteenveto mahdollisista poikkeamista höyryn puhtaudessa

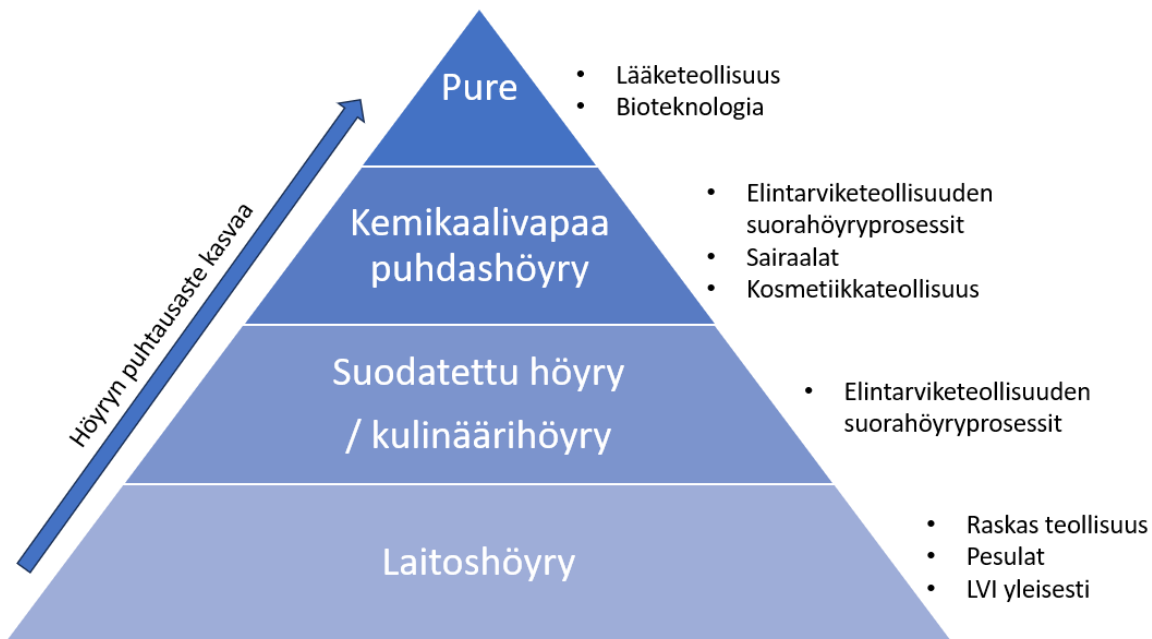
Kuviossa 19 on esitetty höyryn potentiaalisesti sisältämät epäpuhtaudet, jotka ovat peräisin höyryn tuotannosta ja jakelusta. Höyry-lauhdekierrosta syöttövesisäiliöön palaavat epäpuhtaudet voivat häiritä höyrykattilan toimintaa ja aiheuttaa esimerkiksi kattilaveden kuohumista. Kattilavesikemikaalit muodostavat kemiallisen haitan riskin. Väkevöityneitä suoloja, kattilavesikemikaaleja ja muita epäpuhtauksia sisältävää kattilavettä voi päätyä höyryn sekaan höyrykattilan ei-toivotun toiminnan seurauksena. Hiiliteräksestä valmistetussa putkistossa on useita mekaanisia haittoja. Jos höyryä käytetään suorassa kontaktissa elintarvikkeen tai sen valmistukseen käytetyn pinnan kanssa, höyryssä olevat epäpuhtaudet voivat heikentää lopputuotteen laatua tai suurina määrinä vaarantaa elintarviketurvallisuuden. Viranomaisohjeistuksessa tunnistetaan kuviossa 19 esitetyistä haitoista ainoastaan kemiallinen haitta ja sekin vain käytettävän laadun ja annostelun osalta. Muut haitat jäävät elintarvikelaitoksen itse laatiman HACCP-menettelyn torjuttavaksi.



Kuvio 19. Potentiaaliset epäpuhtauksien lähteet höyryn tuotannossa ja jakelussa (Holah & Lelieveld 2011, 560, muokattu)

6 Keinot höyryn käyttöön liittyvien riskien vähentämiseksi

Höyryn käyttöön liittyvät riskit aiheutuvat epäpuhtauksista. Höyryn puhtaustason nostamiseksi ja riskitason alentamiseksi on olemassa useita vaihtoehtoja. Kuviossa 20 on esitetty höyryn kategorisointi puhtausasteen mukaan sekä eri höyrylaaduille tyypilliset teollisuudenalat ja sovelluskohteet.



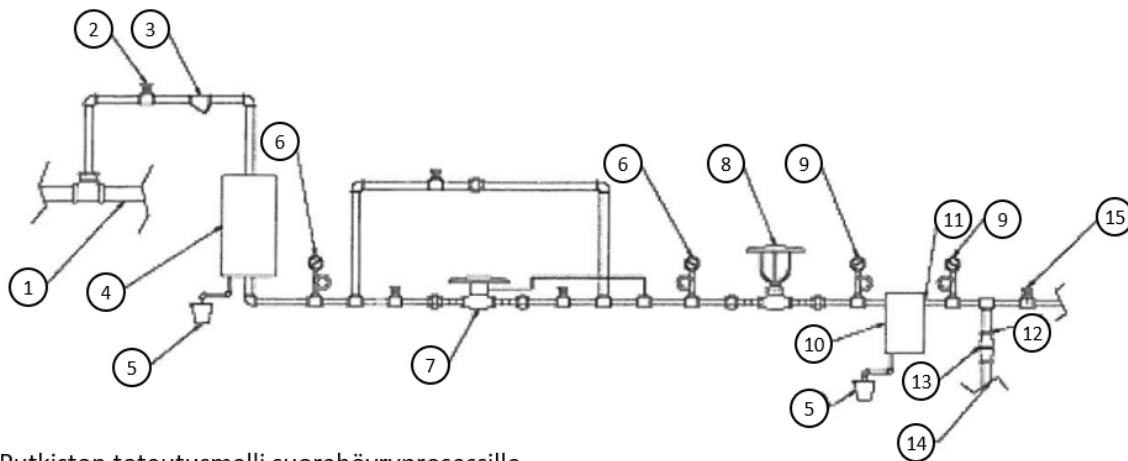
Kuvio 20. Höyryn kategorisointi puhtausasteen mukaan (Holah & Lelieveld 2011, 559, muokattu)

Alimman kategorian, laitoshöyryn, valmistusta ja puhtautta on käsitelty aiemmissa luvuissa laajalti. Kirjallisuudessa sitä suositellaan käytettäväksi prosesseissa, joissa höyry ei ole suorassa kosketuksessa elintarvikkeen kanssa. Ylimmän kategorian pure-laadun höyry on suunnattu lääketeollisuuden ja bioteknologian tarpeisiin, joten sitä ei käsitellä tässä työssä. Alla kerrotaan tarkemmin kulinäärihöyryn ja kemikaalivapaan puhdashöyryn tuottamisesta sekä niiden puhtausasteesta.

6.1 Kulinäärihöyry

Suodatus on yleisesti hyväksytty tapa käsitellä höyryä ennen sen syöttämistä kontaktiin elintarvikkeen, muun syötävän tuotteen tai näiden tuottamiseen tarkoitetun kontaktipinnan kanssa. Suodatusta koskeva prosessiosuus on esitelty esimerkiksi tuoteturvallisuutta edistävän, yhdysvaltalaisen 3-A Sanitary Standards -organisaation dokumentissa 609–03. 3-A Sanitary Standards -organisaatio

toimii yhteistyössä USA:n valvovien viranomaisten kanssa. Dokumentti määrittää kulinäärihöyryprosessissa vaadittavien komponenttien tyytit, ominaisuudet, materiaalit ja liitostavat. Kulinäärihöyryllä tarkoitetaan höyryä, jossa ei ole mukana kulkeutuvia epäpuhtauksia, on suhteellisen kiviä ja soveltuu käytettäväksi suorassa kosketuksessa elintarvikkeen tai muun syötäväksi tarkoitetun tuotteen kanssa. (Accepted Practices for A Method of Producing Culinary Steam, Number 609–03, 1.)



Putkiston toteutusmalli suoraehöyryprosessille

- | | |
|---|---|
| 1 Päähöyryputki | 9* Paine-eron mittaus |
| 2 Sulkuventtiili | 10* Suodatin |
| 3 Roskasihti | 11* Putkimateriaalina RST tai HST tästä alkaen |
| 4* Pisanerotin | 12* Hygieeninen putkisto ja liitokset tästä alkaen |
| 5* Lauhteenpoistin | 13* Jousikuormitettu, hygieeninen takaiskuventtiili |
| 6 Painemittari | 14* Hygieeninen putkisto prosessiin |
| 7 Paineenalennusventtiili | 15* Näytteenottomahdollisuus |
| 8 Kuristusventtiili (käsikäyttöinen tai säätö) tai kuristinlevy | |

* = pakolliset komponentit

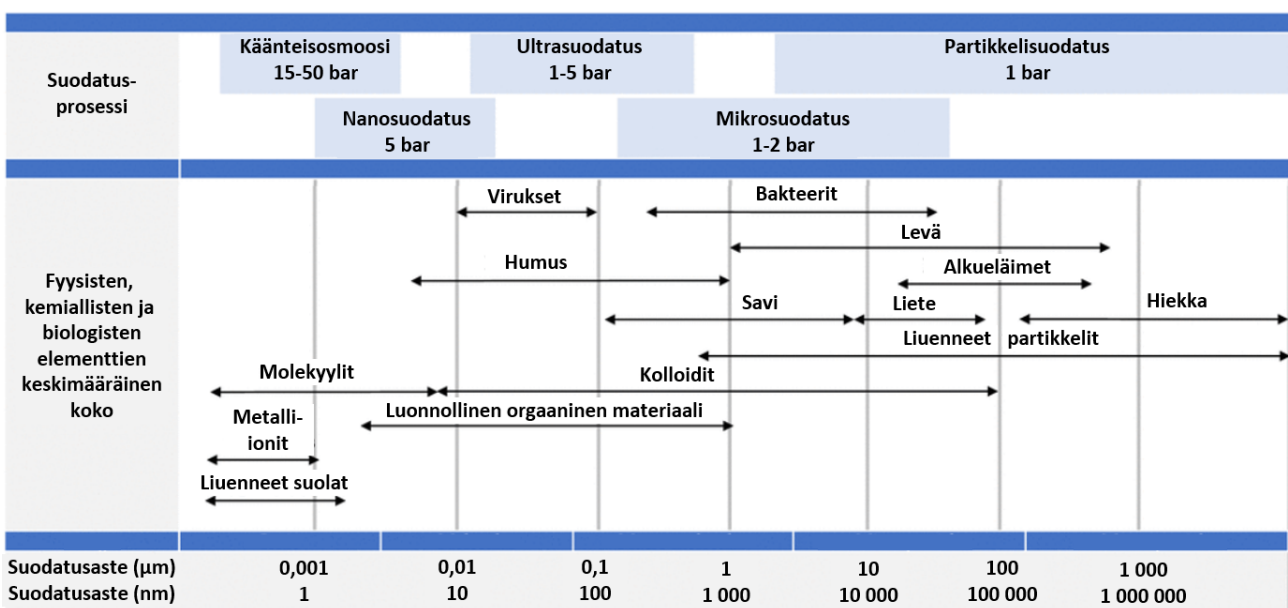
Kuvio 21. Kulinäärihöyryvaatimusten mukaisen putkistojärjestelyn toteutusmalli (Accepted Practices for A Method of Producing Culinary Steam, Number 609–03, 6, muokattu)

Lähtökohtana prosessille on teollisesti tuotettu laitoshöyry, joka syötetään kuviossa 21 esitettyyn järjestelyyn. Höyryä erotetaan vesipisarat käyttämällä pisanerotinta ja sen pohjaan liitettyä lauhteenpoistoa. Tarvittaessa suoritetaan paineenalennus. Sen jälkeen höyry syötetään suodattimeen, joka poistaa vähintään 95 % yli 2 µm kokoisista partikkeleista. Suodattimen rungon ja sitä seuraavan putkiston on oltava AISI 300 -sarjan (ruostumatonta tai haponkestävää) terästä. Suodattimen yli vallitsevaa paine-eroa tulee kyetä seuraamaan paikallisista painemittareista. Kohonnut paine-ero indikoi tarpeesta vaihtaa suodatinelementti uuteen. Suodatinelementti on kertakäyttöinen, sitä ei tule puhdistaa ja käyttää uudelleen. Suodattimen jälkeen tulee olla takaiskuventtiili

sekä mahdollisuus näytteenottoon jäähdyttimen kautta. Järjestelyyn voidaan lisätä muitakin komponentteja valvontaa ja käyttöä helpottamaan. Oleellista on, että suora höyryprosessiin johdetun höyryn laatua valvotaan säännöllisesti. (Accepted Practices for A Method of Producing Culinary Steam, Number 609–03, 2–5.)

Suodatuksen tarkan kuvauksen lisäksi dokumentissa 609–03 painotetaan höyrykattilan hallinnan tärkeyttä kemiallisen riskin minimoimiseksi. Vedenkäsittely tulee jättää siihen erikoistuneiden henkilöiden hoidettavaksi ja heille tulee kertoa, että höyry tulee kontaktiin elintarvikkeen kanssa. Kattilaympäristössä käytettävien kemikaalien on oltava elintarvikekäyttöön hyväksytyjä. Kemikaaleja saa käyttää vain juuri sen verran, että haluttu vaikutus saavutetaan. Kattilaa tulee operoida niin, että se tuottaa kuivaa, kylläistä höyryä. Vaahtoamista ja kattilaveden päätymistä höyryyn sekaan tulee välttää. (Accepted Practices for A Method of Producing Culinary Steam, Number 609–03, 2004, 5.) Toimenpiteitä ja toimintamalleja kattilaveden vähentämiseksi höyryssä on esitetty luvussa 5.2.1.

On tärkeää huomata, että pelkkä höyryputkeen asennettu partikkelisuodatin ei täytä kulinäärihöyryn vaatimuksia. Kulinäärihöyryyn liittyy standardin mukainen putkistokomponenteista koostuva järjestely ja tiukat edellytykset kattilan hallintaan liittyen. Höyryprosessia tulee hallita kokonaisvaltaisesti, jotta tavoiteltu höyryn laatuvaatimus täyttyy.

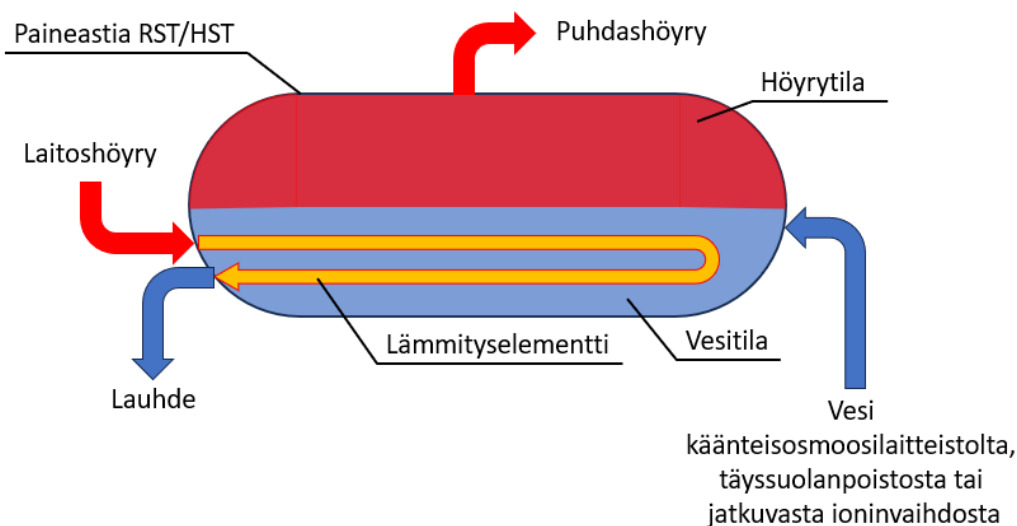


Kuvio 22. Eri suodatustapojen kyky erottaa epäpuhtauksia (Andersen 2023, 355, muokattu)

Kuviossa 22 on esitetty eri suodatustapojen kyky erottaa epäpuhtauksia. Sen mukaan 2 µm suodatus ei riitä erottamaan liuenneita suoloja eli ioneja, joita on voinut päätyä höyryyn kattilavedestä. Koska suodatus ei poista kaikkia höyryssä olevia epäpuhtauksia, riski tuotteen tai prosessin kontaminaatiolle on olemassa. (Holah & Lelieveld 2011, 570.)

6.2 Kemikaalivapaa puhdashöyry

Puhdashöyry sisältää erityisen vähän epäpuhtauksia. Puhdashöyryä tuotetaan erittäin puhtaasta syöttövedestä epäsuorassa puhdashöyrykehittimessä, jonka käyttövoimana toimii sähkö tai tuotettua puhdashöyryä korkeampipaineinen laitoshöyry. Kehittimessä oleva vesi kuumennetaan painetta vastaavaan kiehumispisteeseen. Kun kiehumispisteessä olevan veden lämmittämistä jatketaan, energia alkaa sitoutua muodonmuutokseen ja vesi höyrystyy. Laitoshöyryä energialähteenään käyttävän puhdashöyrykehittimen toimintaperiaate on esitetty kuviossa 23. Tähän prosessiin soveltuvia vedenkäsittelyvaihtoehtoja ovat käänteisosmoosi, täyssuolanpoisto tai jatkuva sähköinen ioninvaihto. Puhdas vesi on erittäin aggressiivista, joten kehittimen ja siihen liitetyn puhdashöyryjärjestelmän rakennusmateriaalina tulee olla ruostumaton tai haponkestävä teräs (AISI 300 -sarja). Syöttövesi ei juurikaan sisällä epäpuhtauksia eikä korroosionsuojausta tarvita valittujen rakennemateriaalien ansiosta, joten sitä ei ole tarvetta käsitellä kemikaalein. Laitteistolla tuotettu höyry on siis täysin kemikaalivapaata. Puhdashöyrykehittintä käyttämällä voidaan poistaa höyryyn liittyvät riskit mekaanisten, kemiallisten ja tuotantoprosessista peräisin olevien epäpuhtauksien päätyemisestä lopputuotteeseen. (Merritt 2016, 72; Holah & Lelieveld 2011, 570–572.) Energialähteenään sähköä käyttävät puhdashöyrykehittimet ovat yleistymässä. Tyypillisesti niiden toimintaperiaate on lämmönlähdettä lukuun ottamatta kuvion 23 mukainen. Jos vedenkäsittelymenetelmäksi valitaan käänteisosmoosi, se poistaa puhdashöyrykehittimen syöttövedestä myös lähes kaikki biologiset haitat (ks. kuvio 22).



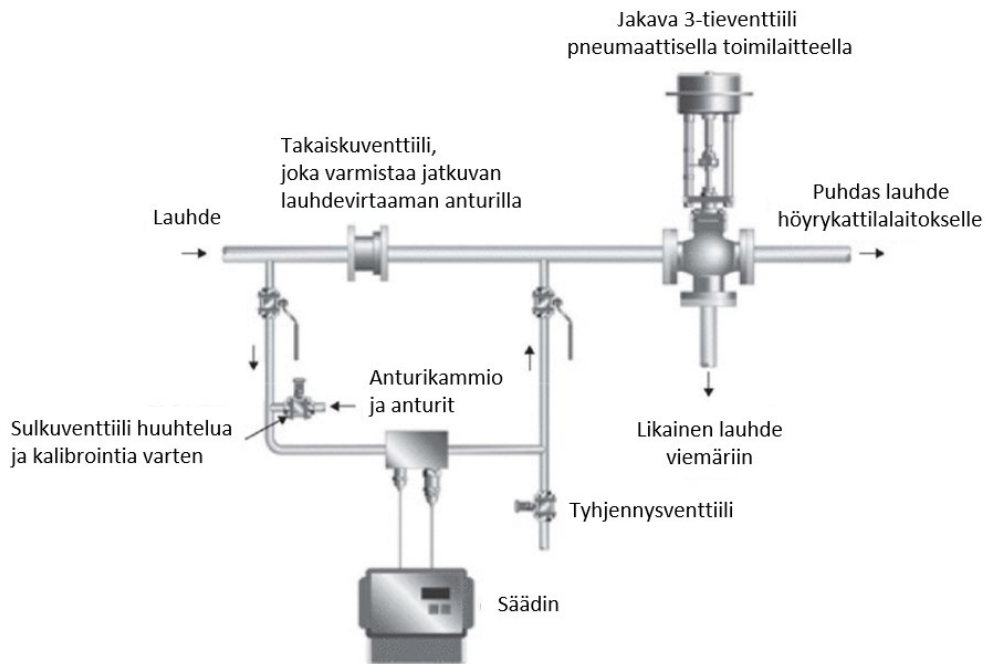
Kuvio 23. Puhdashöyrykehittimen toimintaperiaate (Merritt 2016, 119, muokattu)

Ristikontaminaation välttäminen perustuu siihen, että puhdashöyryjärjestelmän lauhdetta ei palauteta puhdashöyrykehittimeen. Valtaosa tuotetusta puhdashöyrystä menee tyypillisesti elintarvikkeen sekaan ja höyryputkiston linjavesityksistä purkautuva lauhde johdetaan viemäriin. Puhdashöyry valmistetaan siis aina tuoreesta, huolellisesti puhdistetusta vedestä. Syöttöveden ja tuotetun höyryn laatua on seurattava säännöllisesti. Kehittimen on kyettävä tuottamaan kuivaa, hyvälaatuista höyryä.

6.3 Lauhteen laadun mittaus

Höyrykattilalaitokselle palautettavan lauhteen laatua tulisi valvoa jatkuvatoimisin anturein. Lauhteen laatua voidaan seurata johtokykymittauksella, pH-mittauksella, sameusmittauksella tai näiden yhdistelmällä riippuen siitä, millaisia epäpuhtauksia halutaan seurata. Johtokykymittaus paljastaa lauhteen sekaan päätyneen veden, sameusmittauksella voidaan havaita öljyvuoto. pH-mittaus ilmaisee muutokset lauhteen happamuudessa. (Holah & Lelieveld 2011, 562–563.) Mittauksille suureille voidaan määrittää raja-arvo, jonka ylittyttyä lauhde ohjataan automaattisesti höyrykattilalaitoksen sijaan viemäriin. Raja-arvon ylittymisestä annetaan myös hälytys valvomoon, jotta korjaavat toimenpiteet saadaan käynnistettyä nopeasti vian syntymisen jälkeen. Kun likaisen lauhteen päätyminen höyrykattilaan estetään automaattisesti, höyrykattilan toiminta tai tuotetun höyryn puhtaus eivät vaaranna ristikontaminaation takia. Periaatekuva lauhteen laadun mittauksesta ja automaattisesta ohjauksesta viemäriin on esitetty kuviossa 24. Jatkuvatoiminen lauhteen johto-

kykymittaus määritellään yhteispohjoismaisissa DENÅ:n suosituksissa välttämättömäksi vesihöyrykierron laadunvalvonnan tehtäväksi (Huhtinen ym. 1994, 300). Ideaalilanteessa lauhteen laatua seurattaisiin jokaisen lauhdesäiliön jälkeen. Säiliökohtainen mittaus mahdollista vuodon sijainnin rajaamisen. Vain yhtä mittausta käyttämällä vuodon paikantaminen ei onnistu.

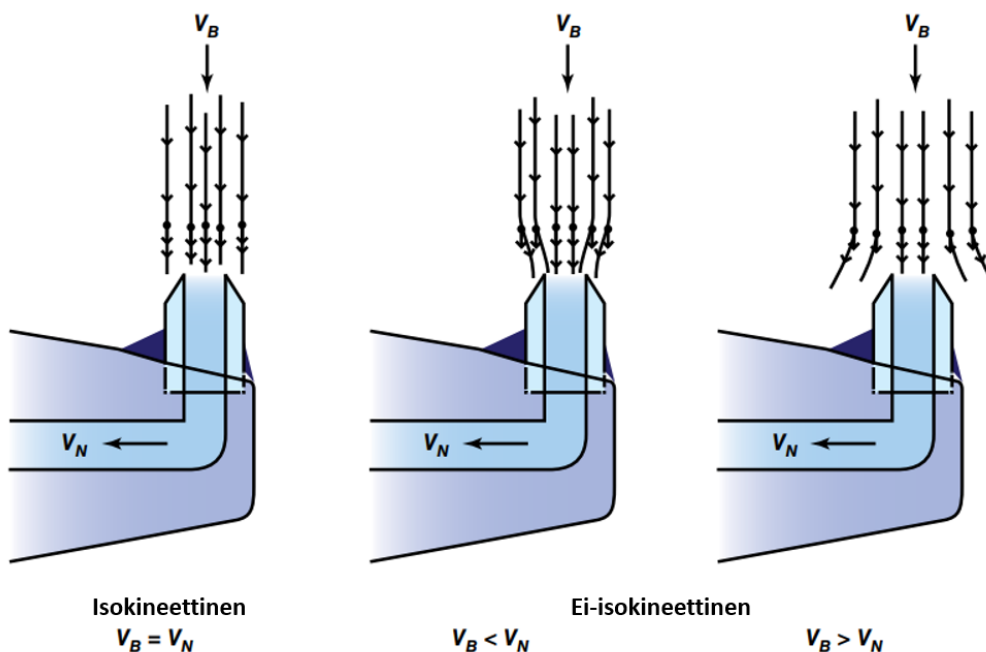


Kuvio 24. Lauhteen laadun mittaus ja likaisen lauhteen automaattinen ohjaus viemäriin (Holah & Lelieveld 2011, 566, muokattu)

6.4 Höyryn puhtauden seuranta näytteen avulla

Tyypillinen tapa varmistaa elintarvikkeen tuotantoprosessin turvallisuus ja korkea laatu on ottaa näyte raaka-aineesta tai valmiista tuotteesta ja tutkia sitä. Useimmilla väliaineilla tämä on toimiva menetelmä, kunhan näytteenotto ja näytteen analysointi suoritetaan laadukkaasti. Höyryn mukana virtaavat epäpuhtaudet ovat nestettä, nesteeseen sitoutuneita tai kiinteitä aineita. Epäpuhtauksien virtauskäyttäytyminen poikkeaa merkittävästi kaasumaisesta höyrystä, mikä tuo haastetta näytteenottoon. Lisäksi höyryn olomuoto muuttuu lämpötilan laskiessa, mikä tulee huomioida toiminnassa.

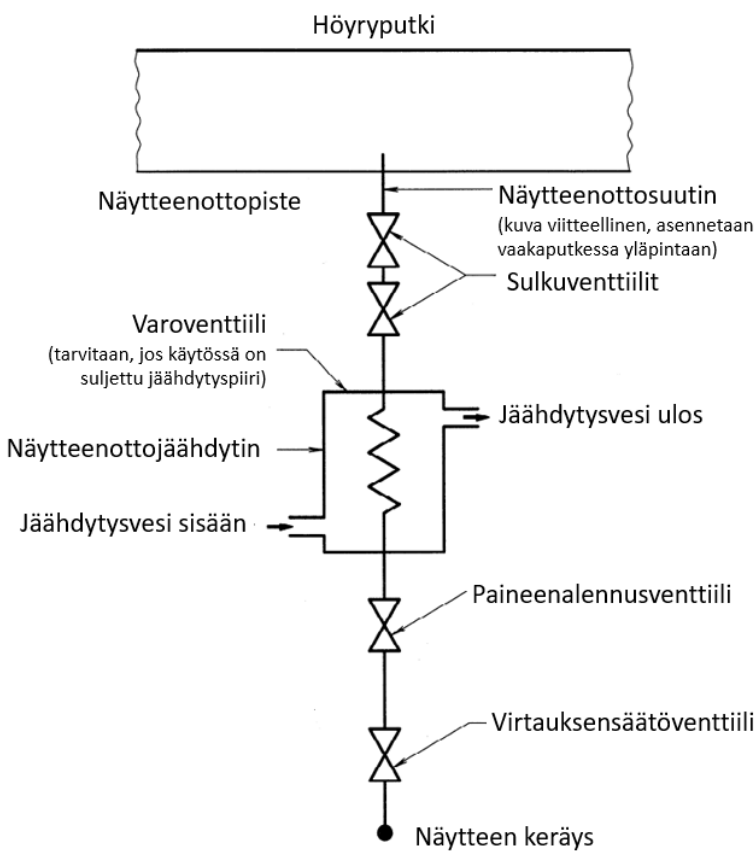
Höyryn virtausnopeus on korkea, joten virtauksen turbulenssi tuottaa melko homogeeniset olosuhteet putken sisälle. Näytteenottosuuttimen sijainnilla putkessa ei ole suurta merkitystä, mitaus yhdestä pisteestä tuottaa hyvän tuloksen. Sen sijaan virtausnopeus suuttimen sisään on kriittinen arvo. Höyrynäyte tulisi ottaa putkesta isokineettisesti, eli suuttimen sisään virtaavan höyryn virtausnopeus tulee säätää samaksi kuin ympäröivässä putkessa. Jos virtausnopeus suuttimeen eroaa ympäröivän putken virtausnopeudesta, näytteen sisältö vääristyy. Isokineettisen näytteenoton toimintaperiaate on esitetty kuviossa 25. Tarkoituksena on saada mahdollisimman edustava näyte putkessa virtaavasta aineesta. (SFS-ISO 5667-7:en, 3, 10; Machemer 2014, 43–45.)



Kuvio 25. Isokineettisen näytteenoton periaate (Machemer 2014, 44, muokattu)

Höyryvirtauksen tulisi olla näytteenottosuuttimen kohdalla mahdollisimman tasainen. Suutin asennetaan mieluiten pystyputkeen tai vaakasuuntaisen höyryputken yläpintaan. Suositus on sijoittaa näytteenottosuutin suoralle osuudelle vähintään 10 putkihalkaisijan päähän virtausta haittaavista komponenteista. Suuttimen jälkeen tulisi olla vähintään viiden putkihalkaisijan verran suoraa osuutta. Näyte tulee ottaa virtaavasta höyrystä, pysähtynyt virtaus ei todennäköisesti kuvaa järjestelmän todellista tilaa. Tavoitteena on saada mahdollisimman edustava näyte höyrystä kaikkein epäpuhtauksineen. Höyrynäyte johdetaan sulkuventtiilien läpi nestejäähdytteiselle näytteenottojäähdyttimelle, jossa höyry lauhtuu nestemäiseen muotoon. Matalapaineisella höyryllä näytteenottojäähdyttimen tulee sijaita näytteenottopisteen välittömässä läheisyydessä. Lyhyen välimatkan

tarkoitus on estää näytteen lauhtuminen näytteenottopisteen ja näytteenottojäähdyttimen väli-
seen putkeen lämpöhäviöiden vaikutuksesta. Lauhde voi hidastaa höyryn virtausnopeutta ja ai-
heuttaa häiriön näytteenottoon suuttimessa. Putkiston ja näytteenottojäähdyttimen materiaalina
tulee käyttää haponkestävää terästä (AISI316). Näytteen lämpötila lasketaan jäähdyttimellä noin
25°C:een, joka on standardilämpötila useille analyyseille. Näytteen virtaus tulee pitää tasaisena
näytteenoton ajan. Suositeltu virtausnopeus lauhdutetulle näytteelle on noin 2 m/s. (SFS-ISO
5667-7:en, 2–8; Machemer 2014, 42–44.) Kuviossa 26 on esitetty höyryn näytteenottopisteen suo-
sitettu rakenne.



Kuvio 26. Höyryn näytteenottopisteen rakenne (SFS-ISO 5667:en, 3, muokattu)

Edustavan näytteen ottaminen höyrystä on haastavaa jopa täysin oikein toteutetulla ja asenne-
tulla näytteenottojärjestelyllä. Mikäli höyrynäytteitä käytetään laadun ja/tai turvallisuuden valvon-
taan, näytteenoton puitteisiin ja osaamiseen on syytä panostaa. Jos näytteenotto järjestetään
puutteellisesti, näyte ja siitä tehdyt analyysit eivät edusta putkessa virtaavan höyryn todellista ti-
laa. Vaarana on virheellisten johtopäätösten tekeminen prosessin toiminnasta ja turvallisuudesta.

7 Tutkimus höyryn käytöstä ja puhtauden valvonnasta elintarviketeollisuuden suora höyryprosessissa

Tutkimuksen tavoitteena oli kartoittaa kotimaisen elintarviketeollisuuden tapoja käyttää höyryä suora höyryprosessissa ja valvoa prosessiin syötetyn höyryn puhtautta. Tutkimusotteeksi valikoitui määrällinen tutkimus. Määrällisen tutkimuksen edellytyksenä on, että tutkittava ilmiö tunnetaan. Ilmiöön on perehdytty luvuissa 3–6 esitellyn kirjallisuuskatsauksen avulla. Työn etenemistä välivaiheineen on havainnollistettu kuviossa 27.



Kuvio 27. Työn keskeisimmät pää- ja välivaiheet

Keväällä 2023 suoritettu tutkimus toteutettiin verkkokyselynä Webropol-ohjelman avulla. Verkkokyselyn etuina ovat kohderyhmien tavoitettavuus yli paikkakuntarajojen, korkea kustannustehokkuus sekä tiedonkeruun nopeus verrattuna posti- ja puhelinkyselyihin. Haittoina ovat vaatimus internet-yhteydelle, tulosten luotettavuuden arviointi sekä usein alhainen vastausprosentti.

(Kananen 2014, 156.)

Vastausten laadun parantamiseksi kysely kohdennettiin elintarvikelaitosten laatuvaastaaville. Vain laatuvaastaavilla on riittävät tiedot höyryyn liittyvän riskiarvioinnin toteutuksesta, höyryn laadun valvonnasta ja muista kyselyyn vastaamiseen vaadittavista taustatiedoista. Kyselytutkimuksella pyrittiin saamaan mahdollisimman laaja levinneisyys valitun joukon sisällä ja sen seurauksena kattava otos nykytilan kartoittamiseksi. Kyselytutkimus toteutettiin anonymina verkkokyselynä. Anonymiteetin tarkoituksena oli edistää kyselyn laajaa kattavuutta ja parantaa tulosten luotettavuutta. Koska vastaajan henkilöllisyys, hänen edustamansa yritys ja hänen roolinsa yrityksessä jäävät pimentoon, vastaajalla ei pitäisi olla syytä vääristellä antamia vastauksia.

7.1 Verkkokyselylomakkeen valmistelu

Kyselylomake koostui höyryn käyttöä ja puhtauden seurantaan koskevista kysymyksistä, joita oli yhteensä 16 kpl. Valtaosa näistä oli monivalintakysymyksiä. Kysymyksillä haettiin vastauksia yritysten tapaan käyttää höyryä suora höyryprosesseissa, kykyyn arvioida höyryn käyttöön liittyviä riskejä ja tottumuksiin höyryn puhtauden seuraamiseksi. Kyselylomake on esitetty liitteessä 3.

Koska kyselyn jakelu haluttiin asettaa laajaksi suuren vastausmäärän saamiseksi, ensimmäisten kysymysten tarkoitus oli varmistaa, että kysely tavoitti halutut vastaajat. Jos vastaajan tuotantolaitoksessa ei käytetä lainkaan höyryä tai laitoksessa ei ole käytössä suora höyryprosessia, vastaaja ohjattiin kyselyn loppuun kiitossivulle. Vain kysymyksiin 1 ja 2 myöntävästi vastanneet pääsivät vastaamaan varsinaisiin suora höyryn käyttöä koskeviin kysymyksiin.

Kolmannessa kysymyksessä pyydettiin vastaajaa antamaan kouluarvosana omalle osaamiselleen, kun tehtävänä on varmistaa suora höyryprosessin tuoteturvallisuus. Asteikkona käytettiin 4–10, arvosanaa oli mahdollista muuttaa 0,25:n askelein. Kysymyksen tarkoituksena oli selvittää vastaajien luottamus omiin taitoihinsa ja peilata tätä tietoa muihin vastauksiin. Kysymykseen vastaaminen oli vapaaehtoista.

Elintarviketurvallisuuden kannalta olennainen kysymys on, millaista höyryä elintarvikkeen sekaan syötetään. Kysymykseen 4 valittiin kolme elintarviketeollisuudelle tyypillistä höyrylaatua (ks. kuvio 19). Koska tuotantolaitosten prosessit saattavat olla moninaisia, vastaajaa pyydettiin valitsemaan kaikki tuotantolaitoksessa käytössä olevat höyrylaadut. Vastaajalle annettiin siis mahdollisuus valita useita vastausvaihtoehtoja. Käytettyjen höyrylaatuojen jakaumasta voidaan alkaa rakentaa kuvaa elintarvikelaitosten kyvystä havainnoida ja huomioida höyryn käyttöön liittyviä riskejä.

Vaikka elintarvikehyväksytyjen kattilavesikemikaalien käyttö on elintarviketeollisuudessa lakisääteistä, sitä haluttiin kysyä tutkimusmielessä kysymyksessä 5. Laki ja säädökset säätelevät kattilavesikemikaalien annostelua, jonka on oltava hallittua. Ohjeen mukaisesta annostelusta kysyttiin kysymyksessä 6 ja sen perään esitettiin tarkentava avoin kysymys, millä tavoin annostelua valvotaan. Tämä oli kiinnostavaa tietoa, sillä annostelu liittyy olennaisesti kemiallisen riskin hallintaan.

Yleinen tapa varmistaa prosessin toiminnan laatu on säännöllinen näytteenotto ja sen tutkiminen. Kysymyksillä 8–10 pyrittiin selvittämään höyryn laadun seurannan säännöllisyys, mittaustaajuus ja höyrystä mitattavat arvot. Vastaavat vastaukset haettiin kattilalaitokselle palautettavasta lauh-teesta kysymyksillä 11–13. Kattilalaitokselle palautettavan lauhteen laadun seuranta kertoo vas-taajien kyvystä tunnistaa ristikontaminaation riski. Mittaustaajuutta kysyttiin monivalintakysymyk-sellä, jonka vastausvaihtoehdot määritettiin kokemuseräisesti. Lisäksi kysymys muotoiltiin niin, että vastaajaa pyydettiin valitsemaan parhaiten laitoksen nykytilaa vastaava vastaus. Ajatuksena oli tuottaa riittävä tarkkuus ja vastausten helppo käsiteltävyys verrattuna vapaamuotoiseen vas-taukseen. Koska näytteestä on mahdollista mitata lukuisia eri arvoja, niitä pyydettiin määrittä-mään tekstikenttään monivalintavaihtoehtojen laatimisen sijaan.

Elintarvikehygieniä-asetus vaatii elintarvikevalmistajia noudattamaan HACCP-menettelyä, jossa valmistaja pyrkii tunnistamaan tuotantoon liittyvät riskit ja tarvittaessa laatimaan menetelmät ris-kien saattamiseksi siedettävälle tasolle. Kysymyksellä 14 selvitettiin, onko suora höyryprosessiin syötetyn höyryn käyttö sisällytetty HACCP-riskiarvioon. Tavoitteena oli saada selville, koetaanko höyryn käyttöön suora höyryprosessissa liittyvän riskiä. Jatkokysymyksessä pyydettiin antamaan esimerkkejä biologisten, kemiallisten ja mekaanisten haittojen torjunnasta. Kysymys esitettiin avoimena, koska mahdollisia torjuntamenetelmiä ja toimintatapoja on lukuisia.

Kyselyn viimeisessä kysymyksessä pyydettiin avointa palautetta ja kokemuksia höyryn käytöstä. Avointa palautetta ei analysoitu tai sisällytetty tutkimukseen, mutta se auttoi tarkentamaan kuvaa vastaajien suhtautumisesta höyryyn yleisellä tasolla.

Verkkokyselyssä käytetty ohjelma ohitti edellisten vastausten perusteella tarpeettomat kysymyk-set. Tarkoituksena oli pitää kysely yksinkertaisena ja helposti lähestyttävänä, jotta vastauksia saa-taisiin paljon eikä aloitettua vastaamista olisi syytä jättää kesken esimerkiksi liiallisen ajankäytön takia. Monivalintakysymysten vastausvaihtoehdot valittiin tietoperustan ja omakohtaisen koke-muksen perusteella. Kaikissa monivalintakysymyksissä yhtenä vastausvaihtoehtona oli ”En tiedä” mahdollistamassa kyselyssä eteneminen, vaikka vastaaja ei tietäisi tarkkaa vastausta kysymykseen. Muutamien monivalintakysymysten jälkeen oli tekstikenttä vapaamuotoista täydennystä varten. Tekstikentän täyttämisen oli vapaaehtoista.

Kyselylomakkeen valmistelussa kiinnitettiin huomiota selkeään ulkoasuun, riittävään ohjeistukseen, kysymysten asettelun yksiselitteisyyteen ja loogiseen järjestykseen. Kyselylomaketta testattiin muutamilla kohdehenkilöillä ennen kyselyn julkaisua. Testeistä saatu palaute koski esimerkiksi käytettyä termistöä ja sanamuotojen tarkennuksia. Lomaketta korjattiin saadun palautteen perusteella. Testihenkilöiden antama palaute kyselyn rakenteesta oli positiivista ja vastausvaihtoehdot vaikuttivat toimivilta. Aihepiiri koettiin tärkeäksi.

7.2 Kyselytutkimuksen toteutus

Elintarvikkeen sekaan höyryä syöttäviä elintarvikelaitoksia on Suomessa varsin rajallisesti. Heikkilän (1998, 33) mukaan perusjoukon ollessa pieni kannattaa suorittaa kokonaistutkimus, jossa tutkitaan jokainen perusjoukon jäsen. Tällä perusteella tutkimukseen valittiin kaikki Suomen suora-
höyryprosesseja hyödyntävät elintarviketeollisuuslaitokset. Kyselyn jakelussa oli mukana kaikki elintarvikelaitokset riippumatta niiden tavasta käyttää höyryä, koska esikarsintaa ei voitu tehdä julkisten tietojen perusteella.

Kysely haluttiin kohdistaa kotimaisten elintarvikelaitosten laatuvaikuttajille, sillä vain heillä on riittävät tiedot kysymyksiin vastaamiseksi. Vastaajien yhteystietojen selvittäminen osoittautui haasteelliseksi, sillä EU:n GDPR-tietosuojasetus kieltää luovuttamasta yhteystietoja kolmannelle osapuolelle. Elintarviketeollisuus ry osoitti kiinnostusta opinnäytetyötäni kohtaan ja lupautui jakelemaan kyselyn suodattamalla asiakasrekisteristään laatu-kysymyksistä vastaavat henkilöt. Tällä pyrittiin ohittamaan tietosuojasetukseen liittyvät haasteet. Elintarviketeollisuus ry:n mukaan kyselyn jakelussa oli 145 vastaanottajaa 70 jäsenyrityksestä. Yksi vastaanottajista oli Lihakeskusliitto, joka välitti kyselyn omien jäsenyritystensä 40 laatuvaikuttajalle. Ensimmäisen vaiheen kysely maaliskuussa 2023 tuotti 15 vastausta. Vastausprosentti oli 8,1 %. Vastausmäärä oli riittämätön tuottamaan tilastollisesti merkittäviä tuloksia. Kyselyyn oli saatava lisää vastauksia. Tietosuojasetuksen luomista haasteista huolimatta päädyttiin keräämään kontaktista elintarviketeollisuuden laatuhenkilöistä. Työkaluina käytettiin yritysten kotisivuja ja LinkedIniä. Toukokuussa 2023 toteutettu kyselyn toisen vaiheen jakelu 188 vastaanottajalle 115 yrityksestä tuotti 33 vastausta. Vastausprosentti oli 17,6 %.

Kyselyn avasi 152 vastaajaa ja 75 heistä aloitti vastaamaan siihen. Tutkimukseen hyväksyttiin vain ne vastaukset, joissa kysely oli suoritettu ohjeiden mukaisesti loppuun asti. Kyselyyn vastasi hyväksyttävästi yhteensä 48 vastaanottajaa, kokonaisvastausprosentti oli 12,1 %. Saatteen ohjeissa pyydettiin lähettämään yksi vastaus tuotantolaitosta kohti. Jos kyselyn vastaanottaneita henkilöitä oli laitoksessa useampia, saatteessa annettiin mahdollisuus vastata kyselyyn ryhmätyönä. Kyselyn toisessa vaiheessa ensimmäisen kysymyksen lisättiin vastausvaihtoehdoksi ”Olen jo vastannut tähän kyselyyn”. Näitä vastauksia annettiin nolla.

7.3 Kyselytutkimuksen tulokset

Kyselyn sulkeuduttua tulokset siirrettiin Webropol-ohjelmasta Exceeliin, jossa niiden analysointia jatkettiin. Aluksi 48 vastauksen joukosta poistettiin ne, joilla ei ole lainkaan käytössä höyryä (4 kpl) ja ne, joilla höyry ei ole kosketuksissa elintarvikkeen kanssa suoraan tai epäsuorasti (15 kpl). Jäljelle jäi 29 suoraan höyryprosesseja koskevaa vastausta. Identtisiä vastausrivejä ei tullut, joten vastausten voidaan ajatella edustavan 29:ää eri elintarviketuotantolaitosta. Kokemuseräisen arvion mukaan Suomessa on noin 100 elintarvikelaitosta, jossa on käytössä suoraan höyryprosessi. Tutkimuksella saavutettiin joukosta arviolta kolmasosa. Kysely vastauksineen on esitetty kokonaisuudessaan liitteessä 4. Tässä luvussa nostetaan esille olennaisimmat tulokset.

Kansalliset säädökset edellyttävät elintarvikehyväksytyjen kattilavesikemikaalien käyttöä. Kyselyyn vastanneiden mukaan lähes kaikissa laitoksissa (93 %) on käytössä elintarvikehyväksytyt kattilavesikemikaalit. Elintarvikehyväksytyjen kattilavesikemikaalien annostelu on valmistajan ohjeen mukaista lähes kaikissa laitoksissa (86 %). Tulokset ovat viranomaisvaatimuksiin nähden odotettuja. Vastausten ristiintaulukointi on esitetty taulukossa 1.

Täydentävässä jatkokysymyksessä kysyttiin, millä tavoin kemikaalien annostelua valvotaan. Noin kahdessa kolmesta vastauksesta (65 %) viitattiin ulkopuoliseen toimijaan, esimerkiksi kattilalaitoksen toiminnasta vastaavan yrityksen vastuuhenkilöön tai kattilavesikemikaalitoimittajaan. Asetelma on tyyppillinen, sillä harva elintarvikelaitos tuottaa höyrynsä itse. Loput valvovat kemikaalien annostelua itse joko automatiikan avulla tai säännöllisin laboratoriotestein.

Taulukko 1. Elintarvikehyväksytyjen kattilavesikemikaalien käyttö ja kemikaalien annostelu

		Onko kattilavesikemikaalien annostelu kemikaalivalmistajan sallimien rajojen sisällä?			
		Kyllä	Ei	En tiedä	
Onko käytössä elintarvikehyväksytyt kattilavesikemikaalit?	Kyllä	83 %	0 %	10 %	93 %
	Ei	3 %	0 %	0 %	3 %
	En tiedä	0 %	0 %	3 %	3 %
		86 %	0 %	14 %	100 %

Elintarvikehygieniasetus edellyttää elintarvikevalmistajilta HACCP-ohjelman laatimista ja noudattamista. HACCP-ohjelman tarkoituksena on tunnistaa elintarvikevalmistukseen liittyvät riskit ja laatia suunnitelma riskien saattamiseksi hyväksyttävälle tasolle. Elintarvikevalmistaja vastaa itse suunnitelman luomisesta ja sen noudattamisesta. Kyselyn vastausten mukaan elintarvikkeen kanssa kosketuksiin joutuvan höyryn käyttö on otettu huomioon HACCP-ohjelmassa lähes kaikissa (90 %) laitoksissa. Vastausten jakauma on esitetty taulukossa 2. Vapaamuotoisissa täydennysvastauksissa riskinhallintakeinoina nousivat esille muun muassa elintarvikehyväksytyjen kattilavesikemikaalien käyttö, säännöllinen höyryn laadun valvonta, höyryn suodatus ennen syöttämistä suora-höyryprosessiin ja biologisen riskin poistuminen höyrystä korkean käyttölämpötilan seurauksena.

Taulukko 2. Elintarvikkeen kanssa kosketuksiin joutuneen höyryn sisällyttäminen HACCP-riskiarviointiin

Onko elintarvikkeen kanssa kosketuksiin joutuvan höyryn käyttö huomioitu HACCP-riskiarviossa?

	n = 29 %
Kyllä	90 %
Ei	7 %
En tiedä	3 %
Yhteensä	100 %

Kyselyyn vastanneiden mukaan noin kahdessa kolmesta laitoksesta (60 %) suora höyryprosessista käytetään laitoshöyryä sellaisenaan. Suodatetun höyryn on suhteellisen yleistä (31 %). Kemikaalivapaata puhdashöyryä käytetään vain yhdessä laitoksessa (3 %). Vastaajista kaksi (6 %) ei tiennyt, millaista höyryä elintarvikkeen sekaan päätyy. Vastausten jakauma on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3. Suora höyryprosessissa käytetyt höyrylaadut

Millaista höyryä elintarvikkeen tai sen valmistukseen käytetyn pinnan kanssa kosketuksissa olevassa suora höyryprosessissa käytetään?
Valitse kaikki käytössä olevat vaihtoehdot

	n = 35
	%
Laitoshöyry	60 %
Suodatettu höyry	31 %
Kemikaalivapaa puhdashöyry	3 %
En tiedä	6 %
Yhteensä	100 %

Elintarvikkeeseen syötetyn höyryn puhtauden seuranta toteutetaan osana riskien hallintaa ja omavalvontaa. Kyselyn vastausten perusteella höyryn puhtautta seuraa säännöllisesti lähes kolme neljästä laitoksesta (72 %). Vastausten jakauma on esitetty taulukossa 4. Höyrynäytteestä tyypillisesti mitattavia arvoja ovat esimerkiksi pH, sähkönjohtavuus, kiintoaine ja kovuus. Vastaajista kaksi ilmoittaa höyryn puhtautta seurattavan vain aistinvaraisesti.

Taulukko 4. Suora höyryprosessissa käytetyn höyryn laadun seurannan säännöllisyys

Seurataanko suora höyryprosessissa käytetyn höyryn laatua säännöllisesti?

	n = 29
	%
Kyllä	72 %
Ei	14 %
En tiedä	14 %
Yhteensä	100 %

Taulukossa 5 on esitetty ristiintaulukointi elintarvikelaitosten suora höyryprosessissa käytetyistä höyrylaaduista ja höyryn laadun seurantaajuudesta. Ristiintaulukoinnin avulla saadaan tarkennettua kuvaa höyryn laadun seurannan nykytilasta. Kyselyn vastausten mukaan laitoksista joka toinen (49 %) seuraa höyryn laatua kerran kuukaudessa tai useammin. 17 %:ssa prosesseista ei seurata höyryn laatua lainkaan. 11 % vastaajista ei tiedä, seurataanko höyryn laatua säännöllisesti. 6 %:ssa prosesseista höyryn laatua mitataan vain kerran vuodessa. Kolmesta viimeksi mainitusta ryhmästä muodostuu yhteensä 34 % osuus. On kyseenalaista, saavutetaanko toimilla riittävä varmuus suora höyryprosessissa tuotetun elintarvikkeen turvallisuudesta.

Taulukko 5. Suora höyryprosessissa käytetty höyrylaatu ja höyryn laadun seurantaajuus

n = 35

Höyryn laadun seurantaajuus

		Päivittäin	Viikoittain	Kuukausittain	2-4x / vuosi	1x / vuosi	En tiedä	Ei ollenkaan	
Käytetty höyrylaatu	Laitoshöyry	0 %	17 %	14 %	11 %	3 %	6 %	9 %	60 %
	Suodatettu höyry	0 %	6 %	11 %	6 %	3 %	3 %	3 %	31 %
	Puhdashöyry	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	3 %	3 %
	En tiedä	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	3 %	3 %	6 %
		0 %	23 %	26 %	17 %	6 %	11 %	17 %	100 %

Merkittävin höyryn puhtautta heikentävä tilanne on kattilaveden päätyminen höyryn sekaan. Kattilaveden sisältämät väkevöityneet suolat ja kemikaalit voivat päätyä suora höyryprosessiin. Yksi syy kattilaveden kuohumiseen ja siitä seuraavaan höyryn puhtauden heikkenemiseen on vieraan aineen pääsy kattilaan. Vierias aine voi olla peräisin rikkoutuneesta prosessilaitteesta höyry-lauhedkierrossa. Prosessilaitte (esimerkiksi lämmönsiirrin) voi rikkoutua sisäisesti, jolloin vuotoa on mahdotonta havaita ulkopuolisella tarkastelulla. Suora höyryprosessissa tuotettujen elintarvikkeiden turvallisuuden kannalta tämä tapahtumaketju voi olla kriittinen. Kattilalaitokselle palautettavan lauhteen laadun säännöllinen valvonta onkin tällaisissa laitoksissa ensiarvoisen tärkeää risti-kontaminaation välttämiseksi. Taulukossa 6 esitettyjen tulosten mukaan noin puolet (52 %) laitoksista valvoo kattilalaitokselle palautettavan lauhteen laatua. Loput eivät seuraa lauhteen laatua tai eivät tiedä, seurataanko sitä. Lauhteesta tyypillisesti mitattavia arvoja ovat pH, sähkönjohtavuus ja kiintoainepitoisuus. Tyypilliset analyysit ovat hyvin linjassa tietoperustassa suositeltujen kanssa.

Taulukko 6. Höyryntuotantoon palautettavan lauhteen laadun seurannan säännöllisyys

Seurataanko tuotantolaitoksesta höyrykattilalle/höyrykehittimelle palautettavan lauhteen laatua säännöllisesti?	
	n = 29 %
Kyllä	52 %
Ei	21 %
En tiedä	28 %
Yhteensä	100 %

Taulukossa 7 on esitetty ristiintaulukointi eri höyrylaaduista ja lauhteen laadun seurantataajuu-
desta. Taulukko tuottaa tarkemman kuvan elintarviketeollisuuden toimintamalleista. Taulukosta
käy ilmi, että vain kaksi viidestä (43 %) laitoksesta valvoo lauhteen laatua kerran kuussa tai useam-
min.

Taulukko 7. Suorahöyryprosessissa käytetty höyrylaatu ja lauhteen laadun seurantataajuu-

		Lauhteen laadun seuranta								
		Online	Päivittäin	Viikoittain	Kuukausittain	2-4x / vuosi	1x / vuosi	En tiedä	Ei ollenkaan	
Käytetty höyrylaatu	Laitoshöyry	3 %	0 %	14 %	9 %	6 %	3 %	17 %	9 %	60 %
	Suodatettu höyry	3 %	0 %	0 %	9 %	0 %	3 %	6 %	11 %	31 %
	Puhdashöyry	0 %	0 %	3 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	3 %
	En tiedä	0 %	0 %	0 %	3 %	0 %	0 %	3 %	0 %	6 %
		6 %	0 %	17 %	20 %	6 %	6 %	26 %	20 %	100 %

7.4 Kyselytutkimuksen tulosten analysointi

Tuloksista on havaittavissa selkeä trendi. Säädöksissä yksiselitteisesti määritetyt vaatimukset on
huomioitu toiminnassa kattavasti. Esimerkkeinä tästä toimivat elintarvikemyydykset kattilavesi-
kemikaalien käyttö ja HACCP-ohjelman noudattaminen. Kyselyyn vastanneista yhdeksän kymme-
nestä noudattaa näitä vaatimuksia. Edellä mainitut ovat lähes ainoita selkeästi määriteltyjä vaati-
muksia höyry elintarviketyökaluun liittyen. Muut vaatimukset esitetään epäsuorasti, kuten
”elintarvikkeiden kanssa suoraan kosketukseen joutuva höyry ei saa sisältää mitään terveydelle

vaarallista tai elintarvikkeita mahdollisesti saastuttavaa ainetta”. Haasteena on, että höyryjärjestelmän toiminta on dynaamista ja sen toimintaympäristöön liittyy useita erilaisia riskejä. Riskien tunnistaminen ja niiden saattaminen siedettävälle tasolle on elintarvikevalmistajan vastuulla osana omavalvontaa.

Elintarvikehygienia-asetus ei anna ohjeita siihen, millaisiin riskeihin tulisi varautua ja miten niitä tulisi käsitellä. Pienellä otannalla HACCP-riskiarvio-oppaissa pääpaino vaikuttaisi olevan mikrobiologisten riskien torjunnassa. Oppaissa kiinnitetään pienessä määrin huomiota höyryn suodatukseen, höyryputkiston vesitykseen ja elintarvikekelppisiin kattilavesikemikaaleihin sekä niiden asianmukaiseen annosteluun (Forsythe 1998, 259; Surak 2014, 170). Elintarvikevalmistajan vastuu suoraan höyryn käyttöön liittyvien riskien kartoittamiseksi on huomattavan suuri ja apuja on tarjolla ilmeisen vähän. Vastausten jakauman perusteella elintarvikevalmistajien kyky varautua höyryn käyttöön liittyviin riskeihin laskee merkittävästi aihealueilla, joilta puuttuu tarkka ohjeistus ja jotka valmistajien tulisi itse havaita osana HACCP-menettelyä. Osassa tuotantolaitoksista höyryn turvallisuutta varmistavat toimet ovat hyvin puutteellisia. Yksi syy tähän voi olla se, että höyryn tuotantoon ja jakeluun liittyviä riskejä ei olla tunnistettu riskiarviota laadittaessa riittävällä tarkkuudella. Hypoteesia tukee myös laitoshöyryn käytön yleisyys (60 %) ja kemikaalivapaan puhdashöyryn harvinaisuus, jota käytetään vain yhdessä tuotantolaitoksessa 29:stä.

Ruokaviraston ohje edellyttää elintarvikkeeseen syötetyn höyryn noudattavan juomaveden laatuvaatimuksia. Vaikka höyry tuotettaisiin juomavedestä, laitoshöyryn laatu ei automaattisesti vastaa juomaveden laatuvaatimuksia johtuen kemikaalien käytöstä, ristikontaminaatiovaarasta ja epäpuhtaista olosuhteista höyrykattilassa sekä siirtoputkistossa. Juomavedestä mitataan tyypillisesti noin 60 eri muuttujaa. Vaikka biologisiin haittoihin liittyvät mittaukset rajattaisiin pois höyryjärjestelmän korkean lämpötilan vuoksi, juomavesilaadun varmistaminen vaatii huomattavasti tutkimuksessa ilmi tulleita käytäntöjä laajempaa testaamista.

Suorahöyryprosessiin syötetyn höyryn puhtauden säännöllinen seuranta on tuoteturvallisuuden ja laadunhallinnan kannalta tärkeää. On todennäköistä, että pelkkä aistinvarainen analysointi ei paljasta kaikkia höyryssä olevia epäpuhtauksia. Tutkimuksessa esille nousseet tyypilliset laboratorio-tutkimukset (pH, johtokyky, kiintoaine, kovuus) eivät paljasta esimerkiksi putkistosta irronnutta tai liuennutta metallia.

Kemiallisen haitan osalta isoksi haasteeksi muodostuu seurannan toteutus. Laitoshöyryyn on lisätty kattilan toiminnan kannalta välttämättömiä kemikaaleja. Tiettyjen kattilavesikemikaalien suurimmat sallitut pitoisuudet höyryssä tai muussa väliaineessa on ilmoitettu yksikössä ppm eli parts per million, miljoonasosa. Esimerkiksi 10 ppm tarkoittaa, että kyseistä ainetta on vain 0,01 grammaa per 1 kg näytettä. Pitoisuudet ovat niin pieniä, että raja-arvon ylittymistä ei voida seurata normaaleilla laboratoriotesteillä tai jatkuvatoimisilla mittauksilla. Pitoisuus voidaan havaita vain massaspektrometrillä. Näytteenottojäähdyttimen avulla lauhdutettu ja oikein otettu höyrynäyte edustaa höyryjärjestelmän tilaa näytteenottohetkellä. Tilanne voi muuttua minuuteissa kattilan kuormituksen muuttuessa, kattilaveden kuohumisen takia tai kemikaalien syöttölaitteiston häiriön seurauksena. Kemiallisen haitan riskiä on lähes mahdoton hallita. Siitä huolimatta yli yhdeksän kymmenestä (91 %) vastaajasta ilmoittaa edustamassaan laitoksessa käytettävän joko laitoshöyryä tai suodatettua höyryä kosketuksissa elintarvikkeen kanssa. On mahdollista, että kemiallisen riskin laatua ja/tai tasoa ei ole tunnistettu oikein.

Euroopan Komission tiedotteen (2022/C 355, 32) mukaan HACCP-menettelyyn liittyvän kriittisen seurantapisteen seurannan on oltava riittävän tiheää, jotta kriittisten rajojen noudattaminen voidaan varmistaa. Korjaaviin toimenpiteisiin tulisi ryhtyä jo silloin, kun tulokset osoittavat suuntauksen kohti poikkeaman ilmenemistä, eli ennen kriittisen raja-arvon ylittymistä. Jos kriittinen raja-arvo ylittyy, on tarkistettava tuotteen vaatimuksenmukaisuus viimeisimmän hyväksyttävän seurantatuloksen jälkeisestä tuotannosta. Mitä pidemmäksi seurantaväli on määritetty, sitä suurempi on tarkistettavien tuotteiden määrä ja yritykselle koitua taloudellinen riski. Tämän ohjeen perusteella elintarvikkeeseen syötetyn höyryn puhtauden seuranta esimerkiksi vain 1–2 kertaa vuodessa tuottaa hyvin merkittävän liiketaloudellisen riskin. Kyselyn vastauksista ei käy ilmi, onko höyryn laatumittaus määritelty HACCP-ohjelmassa kriittiseksi seurantapisteeksi.

HACCP-riskiarvioon liittyvien vastausten perusteella osa vastaajista olettaa elintarvikekelpoisten kattilavesikemikaalien käytön olevan ratkaisu kemiallisen haitan torjumiseksi. Elintarvikekelpoisia kattilavesikemikaaleja ei kuitenkaan ole tarkoitettu syötäväksi. Niiden käyttö on turvallista vain silloin, kun kemikaalit pysyvät kattilassa ja niiden annostelu on hallittua. Ensin mainittuun vaikuttaa voimakkaasti kattilan toiminnan hallinta ja kuormitus. Voimakkaasti vaihtelevissa kuormitustilanteissa tai laitehäiriön seurauksena kattilavettä voi päätyä höyryputkistoon, jolloin mukaan tulee

väistämättä myös kemikaaleja ja kattilaveteen liuenneita aineita. Riskien hallinta ei tässä suhteessa ole aukotonta. Lähes kaksi kolmesta (65 %) elintarvikelaitoksesta luottaa kattilalaitoksen hoitajan tai kattilavesikemikaalitoimittajan vastuulliseen toimintaan kattilavesikemikaalien annostelussa. Vastauksia voidaan tulkita niin, että elintarvikevalmistajat eivät itse seuraa kemikaalien annostelua tai huomioi poikkeamia riskiarviossaan. Asetelma on ristiriitainen, sillä elintarvikevalmistaja viime kädessä vastaa tuottamiensa elintarvikkeiden turvallisuudesta. Koska kemikaaleja ei voida havaita tyypillisimmillä mittauksilla, hallitun annostelun merkitys korostuu. Riskinhallintatimet ja niiden seuranta tulisi viedä kattilalaitokselle asti. Elintarvikelaitoksen ja höyryä tuottavan laitoksen olisikin hyvä tehdä tiivistä yhteistyötä kattavan riskiarvion laatimiseksi sekä riittävän seurannan ja sen validoinnin määrittämiseksi. Hyvinä esimerkkeinä tällaisista toimista vastausten joukossa olivat annostelulaitteen säännöllinen kalibrointi sekä kemikaalin kulutuksen kirjanpito ja sen vertaaminen mittarista luettuun syöttövesivirtaamaan.

Kyselyyn vastanneita pyydettiin antamaan kouluarvosana omalle osaamiselleen, kun tehtävänä on varmistaa suora höyryprosessin tuoteturvallisuus. Asteikkona oli 4–10, arvosanaa oli mahdollista muuttaa 0,25 askelein. Arvosanojen keskiarvo oli 8,1, keskihajonta 1,2. Vastaajista kolme antoi itselleen arvosanan 10. Keskiarvon perusteella vastaajien luottamus omaan osaamiseen on korkea. Jos tavoitteena on minimoida suora höyryprosessiin syötettävään höyryyn liittyvät riskit, niiden hallinnassa on kehitettävää kaikissa vastauksen antaneissa tuotantolaitoksissa. Kehityskohteiden laatu ja määrä vaihtelevat tuotantolaitoksittain.

7.5 Johtopäätökset

Höyryn elintarvikekäyttöön liittyvä viranomaisohjeistus on kohtalaisen suppeaa. Epäsuorasti ilmaistut vaatimukset ja tarkkojen tavoitearvojen puute höyryn puhtauden valvonnassa voivat tuottaa harmaan alueen, jossa tulkinnanvaraisuus saattaa johtaa virheellisiin valintoihin. Elintarviketuottajille jää suuri vastuu ohjeiden tulkinnasta, niissä määritettyjen reunaehtojen noudattamisesta ja elintarviketurvallisuuden toteutumisesta. Turvallisuuden vaarantumisen lisäksi epäpuhdas höyry voi aiheuttaa haju-, maku- tai värihaittoja lopputuotteeseen tai heikentää sen säilyvyyttä.

Elintarviketeollisuuden riskiarvioissa pääpaino vaikuttaisi olevan biologisten haittojen torjunnassa. Tämä on ymmärrettävä lähestymistapa, sillä suurin osa elintarvikkeiden takaisinvedoista liittyy

biologisiin haittoihin (Elintarviketurvallisuus Suomessa 2022 2023, 15). Muutkin elintarviketurvallisuutta uhkaavat riskit tulisi silti kyetä tunnistamaan ja hallitsemaan. Kyselyn vastausten perusteella höyryn käyttöön liittyviin riskeihin saatetaan suhtautua turhan kevyesti vetoamalla elintarvikkekelpoisiin kattilavesikemikaaleihin ja korkeaan lämpötilaan, joka poistaa eloperäiset uhat.

Elintarvikkekelpoisten kattilavesikemikaalien käyttö on hyvä alku riskien hallitsemiseksi, mutta ei yksinään ole riittävä toimenpide. Kemikaalien annostelukin on tarkkaa. Jos kemikaalia käytetään liian vähän, höyrykattila ja muu laitteisto altistuu korroosiolle, jolloin niiden elinikä lyhenee. Toisaalta ohjeistuksen mukaan kemikaalia tulisi käyttää vain juuri sen verran, että haluttu efekti saadaan aikaan. Liiallinen annostelu voi johtaa vaarallisiin kemikaalipitoisuuksiin höyryssä.

Kattilalaitokset ovat enenevässä määrin miehittämättömiä laitoksia, joissa automatiikka huolehtii toiminnasta. Jo yksittäisenkin mittausanturin tai venttiilin vika voi johtaa nopeasti epäpuhtaan höyryn tuotantoon, eikä tieto välttämättä kulje höyrykattilaa operoivalta yritykseltä höyryä käyttävälle taholle. Höyryn virtausnopeus putkistossa on tyypillisesti 20–30 m/s, joten epäpuhdas höyry voi päätyä tuotantoprosessiin hetkessä häiriön alkamisesta. Myös kattilan nopea kuormanmuutos voi tuottaa hetkessä epäpuhtauksia sisältävää höyryä. Nopeasti ohi menevä tilanne saattaa olla vaikea havaita. Tällainen tilanne voi jäädä huomioimatta myös miehitettyssä laitoksessa, kun sen oletetaan olevan normaalia höyryjärjestelmän toimintaa. Poikkeustilanteet pitäisi kyetä välttämään prosessiteknisin järjestelyin, jotta kattilavesi pysyy kattilassa/lieriössä eikä lähde höyryn mukana kohti prosessia (vrt. kuvio 16).

Höyryn jakeluputkistossa piilevät mekaaniset haitat ja etenkin höyryn mahdollisesti sisältämä metalli saattavat olla uutta tietoa riskiarvioita laativille henkilöille. Tähän viittaa laitoshöyryn käytön yleisyys (60 %) suora höyryprosesseissa. Höyryputken eristyksen suoja näyttää puhtaan kiiltävältä, mutta sen sisällä oleva hiiliteräsputki saattaa olla hyvinkin ruosteinen ja syöpynyt. Jos elintarvikkeen sekaan syötettyä höyryä käsiteltäisiin lopputuotteen ainesosana, siirtoputkistoihin tulisi selvittää kontaktimateriaaliasetusta. Höyryputkistossa yleisesti käytetty hiiliteräs ei täytä kehysasetuksen 1935/2004/EU mukaisia vaatimuksia. Kehysasetus on luonteeltaan velvoittava, eli sitä on noudatettava. Haitoista ei päästä täysin eroon, vaikka putkistomateriaaliksi valitaan ruostumaton tai haponkestävä teräs. Kattilakivi ja muut kerrostumat voivat kertyä putkiston seinämille putkistomateriaalista riippumatta. Putkiston sisäpinnalle kattilavesikemikaalien käytön seurauksena muodostuva magnetiitti tai hematitiitti voivat epäedullisissa olosuhteissa päätyä metallisena lietteenä

suorahöyryprosessiin. Magnetiittia kehittävä kemiallinen reaktio on käynnissä myös suodattimen jälkeisessä putkistossa. Höyryn suodattaminen ei anna suojaa magnetiitilta, joten mekaaniset haitat eivät poistu täysin. Höyryputkiston mekaaninen toteutus, ilmanpoisto, vesitys ja suodatus ovat avainasemassa mekaanisten haittojen torjunnassa. Haponkestävän höyryputken musta sisäpinta eli magnetiitti on todiste siitä, että kattilavesikemikaalien vaikutus ulottuu kaikkialle höyryputkistossa. Siten myös kemiallisen haitan riski on olemassa.

Riskien hallitsemiseksi on tarjolla teknisiä ratkaisuja. Laitoshöyryn suodatus poistaa mekaaniset epäpuhtaudet, mutta ei vaikuta höyryn kemialliseen koostumukseen eikä estä höyryputken sisäpinnalla tapahtuvaa kemiallista ilmiötä. Tällainen höyry voi aiheuttaa elintarvikkeeseen haju-, maku- tai värihaittoja. Höyryn puhtauden ja lauhteen laadun jatkuva valvonta useasta pisteestä voidaan kokea työlääksi, mutta se on jatkuvan toiminnan ja laadun varmistamisen kannalta välttämätöntä. Näytteen korkea johtokykyarvo viittaa kohonneeseen kattilavesipitoisuuteen höyryssä. Jos kattilavesikemikaalien pitoisuutta halutaan tutkia tarkemmin, mitattavat aineet ja käytettävät metodit on määritettävä tapauskohtaisesti yhteistyössä kattilavesikemikaalitoimittajan kanssa.

Puhdashöyryn valmistus perustuu syöttöveden laadun hallintaan. Kun laitoshöyryä tuottavassa kattilassa joudutaan käyttämään kemikaaleja ehkäisemään syöttöveden mukana tulevien epäpuhtauksien aiheuttamia ongelmia, puhdashöyrykehittimeen syötetään vain erittäin puhdasta vettä, jolloin kemikaaleja ei tarvita. Puhtaasta vedestä puhtaissa olosuhteissa tuotettu kemikaalivapaa höyry sisältää erittäin vähän epäpuhtauksia, jolloin haju-, maku- ja värivärästymiltä vältytään. Elintarvikkeen laatu siis paranee samalla, kun riski kattilaveden sisältämien epäpuhtauksien ja putkistosta kulkeutuvien partikkelien aiheuttamasta kontaminaatiosta poistuu. Puhdashöyryinkin puhtautta on valvottava säännöllisesti.

Höyryn turvallisuutta voidaan parantaa aktiivisella otteella laitteiston ylläpidossa. Esimerkiksi höyrysuodattimen yli vallitsevaa paine-eroa voidaan seurata automaation avulla ja vaihtaa suodatinelementti uuteen käytössä olleen elementin tukkeutuessa. Vaikka paine-eron raja-arvo ei ylity, suodatinelementti on hyvä vaihtaa uuteen muutaman vuoden välein. Vaihtotyö voidaan ajastaa kunnossapitojärjestelmän avulla. Vaurioituneesta tai kuluneesta suodatinelementistä voi irrota partikkeleita, jotka päätyvät väistämättä suorahöyryprosessiin, sillä suodattimen jälkeen ei enää ole partikkeleilta suojaavia toimia. Suodatinelementin kunnonvalvonta on tästä syystä kriittisen

tärkeää. Puhdashöyrykehitin kannattaa huoltaa määräajoin, jotta sen toimintakyky pysyy hyvänä. Laitoshöyryä lämmönlähteenä käyttävän puhdashöyrykehittimen lämmityselementti on ristikonaminointien kannalta kriittinen komponentti. Jos lämmityselementti vaurioituu, siitä voi paine-eron seurauksena vuotaa laitoshöyryä puhdashöyrypuolelle. Elementin kunto kannattaa tarkistaa parin vuoden välein. Lauhteenpoistinten säännöllinen kunnonvalvonta on tärkeää sekä höyryn puhtauden että höyryjärjestelmän energiatehokkuuden kannalta.

8 Pohdinta

Opinnäytetyön tavoitteena oli tuottaa tutkittuun tietoon perustuva selvitys kotimaisen elintarviketeollisuuden suoraan höyryprosessien toimintaympäristöstä sekä tutkia teollisuudenalan nykyisiä toimintatapoja ja metodeja höyryn turvallisen käytön takaamiseksi. Teoriaosa koostettiin kirjallisuuskatsauksena. Aihetta lähestyttiin suoraan höyryn käyttöä koskevien määräysten, höyryssä potentiaalisesti olevien haittojen ja niiden torjuntakeinojen kautta. Suoraan höyryn käytön ja sen laadun valvonnan nykytilaa tutkittiin määrällisen tutkimuksen keinoin, jossa päätyökaluna toimi elintarvikelaitosten laatuhenkilöille kohdistettu verkkokysely. Työstä muodostui kattava ja informatiivinen kokonaisuus, joten tavoite voidaan katsoa täytetyksi.

8.1 Ajatuksia tuloksista

Uskon elintarviketeollisuuden suoraan höyryprosessien toimintaympäristön olevan huomattavasti monimuotoisempi ja monimutkaisempi kuin yleisesti ajatellaan. Jos joku on tähän saakka uskonut, että höyryn korkea lämpötila ehkäisee biologiset haitat ja elintarviketurvallisuuden kattilavesikemikaalien käytöllä välttää kemiaalisilta haitoilta, näkemys muuttunee tätä työtä lukiessa merkittävästi. Kyselyn vastausten perusteella suoraan höyryprosessien riskiarvioissa sekä niiden jatkoksi määritellyissä ehkäisy- ja seurantatoimissa on parannettavaa, jotta suoraan höyryprosessien tuoteturvallisuus voidaan saattaa useimmissa laitoksissa korkealle tasolle.

Kyselylomakkeen laatiminen onnistui mielestäni hyvin. Monivalintakysymysten ja avointen kysymysten yhdistelmä tuotti mielenkiintoista dataa tutkittavaksi. Osa vastauksista olisi jäänyt saamatta, mikäli kyselystä olisi tehty täysin monivalintapohjainen. Kyselyn avulla saatiin määritettyä suora höyryprosessien seurantaan liittyvät toimintamallit kyselyyn vastanneissa laitoksissa kohtuullisen hyvällä tarkkuudella. Tulosten analysointia olisi ehkä voitu viedä pidemmälle, jos kyselyyn olisi sisällytetty tarkentava kysymys siitä, onko höyryn laatumittaus asetettu kriittiseksi seurantapisteenä HACCP-ohjelmassa. Nyt tämä näkökulma jäi pimentoon. Toinen arvoitukseksi jäänyt asia on laitosten tapa ottaa näyte höyrystä, joka osoittautui luvun 6.4 perusteella haasteelliseksi tehtäväksi. Itse uskon, että näytteenottotavoissa ja -metodeissa on paljon eroja laitosten välillä. Täydensin tietoperustaa höyryn näytteenoton osalta vasta kyselyn toteuttamisen jälkeen, mikä johti siihen, että tämä aihealue rajautui kyselylomakkeelta pois. Höyryputkiston mekaaninen toteutus vaikuttaa huomattavasti erilaisten epäpuhtauksien määrään höyryssä. Koska toteutustapoja on lukuisittain ja asian selvittäminen riittävällä tarkkuudella kyselytutkimuksen keinoin olisi erittäin haastavaa, aihepiiri rajattiin kyselyn ulkopuolelle jo varhaisessa vaiheessa sen laatimista. Asiantuntijan käynti tuotantolaitoksessa on paras tapa selvittää putkiston nykyinen toteutustapa, siihen liittyvät haasteet ja mahdolliset kehityskohteet.

Toimintaa ohjaavista standardeista löytyi erikoisia piirteitä. Jos höyrykattilalaitos on miehittämättä yli 72 tuntia, kattiloiden varustelua ohjaavat standardit edellyttävät vaara-analyysin laatimista höyry-lauhdekierrolle ja määrittämään sen perusteella, voiko piiristä joutua haitallisia aineita syötövesijärjestelmään ja/tai kattilaan. Jos vaarana on hyväksytyjen raja-arvojen ylittyminen, on käytettävä suojausmenetelmää. Lähtökohtaisesti sen on oltava jatkuvatoiminen (ns. online-mittaus). Standardissa todetaan, että jos välipiiri on täytetty pehmenneillä vedellä, haitallisen aineen pääsystä järjestelmään ei katsota olevan vaaraa. (EN 12952-7, 12; EN 12953-6, 17.) Toteamus on erikoinen. Pehmenneen veden käyttö piirissä ei estä prosessilaitteen rikkouduttua paine-erosta joutuva vuoto lauhdejärjestelmään ja siitä seuraavaa ristikontaminaatiota. Tällainen riskiarvio olisi erittäin aiheellinen varsinkin kattilalaitoksissa, jotka tuottavat höyryä elintarviketeollisuuden suora höyryprosessiin. Jatkuvatoimiset johtokyky- ja pH-mittaukset sekä niihin kytketty automaattinen lauhteen ohjaus viemäriin raja-arvon ylittyessä tarjoaa hyvän suojan ristikontaminaatiota vastaan. Höyryn elintarvikekäyttöön liittyvässä viranomaisohjeistuksessa ei tunnusteta ristikontaminaation aiheuttamaa riskiä.

Kattilavesikemikaalien aiheuttamaan todelliseen riskiin oli vaikea pureutua. Kemikaalien käyttöturvallisuustiedotteessa luetellaan vain tuotteen käsittelyn kannalta haitalliset tai vaaralliset aineet. Tuotteessa käytettyjen operatiivisten kemikaalien laatua tai määrää ei ilmoiteta. Resepti on kilpailullisista syistä yrityssalaisuutena pidettävä asia. Kemikaalien tuottamaa riskiä arvioidaan pääasiassa niiden haihtuvuuden kautta. Riskianalyyssissä ei ole huomioitu höyrykattilan toiminnasta johtuvaa kattilaveden päätymistä höyryn sekaan ja sitä kautta elintarvikkeen valmistusprosesseihin asti. Ehkä opinnäytetyö antaa myös kemikaalivalmistajille uuden näkökulman riskien arviointiin. Toivoisin teollisuudenalalle avoimempaa keskustelua siitä, millaisen kemiallisen riskin kattilaveden päätyminen höyryn joukkoon aiheuttaa elintarviketeollisuuden suorahöyryprosesseille.

8.2 Tutkimuksen luotettavuus ja eettisyys

Tutkimukseen pyrittiin saamaan edustava otos kokonaistutkimuksen avulla. Periaatteen mukaan jokaisella perusjoukon yksilöllä on mahdollisuus päästä otokseen. Tutkimuksen tavoitavuutta pyrittiin parantamaan hyödyntämällä Elintarviketeollisuus ry:n suodatettua asiakasrekisteriä. Otoksen kattavuus oli arviolta neljäsosa Suomen elintarvikelaitoksista, joissa käytetään höyryä suorassa kosketuksessa elintarvikkeen kanssa. Tulos on suhteellisen hyvä, mutta satunnaisvirheen takia vastausten perusteella tehtyjen johtopäätösten ei voida suoraan päätellä koskevan koko teollisuudenalaa. Virhettä muodostuu myös alhaiseksi jääneen vastausprosentin myötä: Heikkilän (1998, 78) mukaan tutkimukseen vastanneet ovat usein erilaisia kuin vastaamatta jättäneet. Otoksen edustavuutta suhteessa perusjoukkoon on mahdotonta arvioida, koska kyselytutkimus toteutettiin anonyymina.

Verkkokyselyn ensimmäisen vaiheen jakelun suoritti Elintarviketeollisuus ry. EU:n tietosuoja-asetuksen takia yhteystietojen jakaminen ei ole sallittua, joten en päässyt itse vaikuttamaan kyselyn jakelun valintaan. Uskon yhdistyksen toimineen vastuullisesti ja parhaan osaamisensa mukaan.

Suorahöyryn käyttöä koskevissa monivalintakysymyksissä yhdeksi vastausvaihtoehdoksi annettiin ”En tiedä”. Tämä toimintamalli nostettiin esille useissa kyselytutkimusta koskevissa ohjeissa. Tavoitteena on antaa vastaajalle mahdollisuus edetä kyselyssä loppuun saakka, vaikka hän ei kykenisi antamaan vastausta kaikkiin kysymyksiin. ”En tiedä” -vastausten osuus kaikista vastauksista oli 11 %. Tulosten analysoinnissa pyrittiin nostamaan esille tarkat vastaukset ja niiden osuudet kaikista vastauksista. ”En tiedä” -vastauksia analysoitiin vain vähän, sillä vastauksesta ei voida päätellä,

eikö vastaaja tiennyt vastausta kysymykseen vai eikö hän ymmärtänyt kysymystä. Jos 'En tiedä' -vastaukset olisi rajattu pois tuloksista, luvussa 7.3 ilmoitetut suhteelliset osuudet olisivat erilaiset. Kaikki vastaukset sisällytettiin tuloksiin läpinäkyvyyden lisäämiseksi.

Verkkokyselylle pyrittiin saamaan korkea vastausprosentti valitsemalla toteutustavaksi monivalintakysymykset ja pitämällä kysely lyhyenä. Kyselyn avasi 152 vastaajaa, joista kyselyn suoritti loppuun asti 48 eli alle kolmasosa. Tulos on kohtuullinen. Suurempi vastausmäärä olisi saattanut helpottaa tulosten tilastollista käsittelyä. Nyt vastauksia oli suhteellisen vähän ja niiden hajonta oli niin pientä, että ristiintaulukoiden tilastollista merkitsevyyttä ei voitu arvioida esimerkiksi khiin neliö -testillä. Testin käytön edellytykset eivät käytössä olevalla aineistolla täyttyneet. Tästä syystä tuloksia analysoitiin suorien jakaumien ja ristiintaulukoiden perusteella.

Tutkimuksen luotettavuutta ja eettisyyttä pyrittiin vahvistamaan kyselytutkimuksen anonymiteetilla. Aihe voi olla elintarviketuotantolaitokselle arkaluontoinen. Kun vastaajan antamia vastauksia ei voida yhdistää hänen edustamaansa organisaatioon, aihetta vastausten vääristelyyn ei pitäisi olla. Anonyymisyys myös suojaa vastauksen antaneita laitoksia seuraamuksilta. Monivalintakysymysten tuloksissa kerrotaan vastausten suorat jakaumat. Tekstikenttiin annetut tarkentavat vastaukset on esitetty anonyymisti liitteessä 4. Mahdollisuutta tiedon väärinkäyttöön ei ole.

8.3 Suositukset jatkotoimenpiteistä

Kuviossa 28 on esitetty kuva suomalaisessa elintarvikelaitoksessa suora höyryprosessiin johtaneesta höyryputkesta. Materiaalina hiiliteräs. Höyryputken vesitys on ollut puutteellinen, mikä on aiheuttanut lauhteen kertymisen putken pohjalle. Höyryvirtauksen takia liikehtivä lauhde on estänyt magnetiittia muodostamasta suojaavaa kerrosta putken alapintaan, jolloin putken seinämä on altistunut korroosiolle. Putken seinämävahvuus on alareunasta selvästi ohuempi kuin muualta. Lisäksi korroosio on tehnyt putken pohjaan reikiä. Osa rei'istä on läpäissyt putken seinämän kokonaan. Putken alapinnassa havaittu vuoto oli syy putken uusimiseen. Putki johti säätöventtiilin läpi suoraan elintarvikkeen tuotantolaitteeseen, joten putkesta irronneet metalli ja ruoste sekä tuntematon määrä magnetiittia ovat väistämättä päätyneet elintarvikkeen joukkoon. Laitoshöyryä ja suodatettua höyryä siirretään yleensä hiiliteräsputkistoissa. Näiden höyrylaatuojen käytön yleisyys

(yhteensä 91 %) huomioiden on todennäköistä, että vastaavia olosuhteita löytyy muidenkin tuotantolaitosten suorahöyryprosesseista. Kuvan nähneiden elintarvikekuluttajien mukaan putken kunto ja ulkonäkö eivät vastaa yleistä kuvaa elintarviketeollisuuden tuotanto-olosuhteista.



Kuvio 28. Kuva elintarvikelaitoksessa suorahöyryprosessiin johtaneesta höyryputkesta

Opinnäytetyön tarkoituksena on levittää tietoa elintarviketurvallisuutta edistävästä ratkaisusta ja käytännöistä. Tavoitteena on auttaa elintarvikevalmistajia tunnistamaan yllä näkyvän kuvan mukaiset, epäpuhtaat tuotanto-olosuhteet ja kehittämään niitä turvallisemmiksi. Työn perusteella tärkeimmiksi keinoiksi parantaa suorahöyryprosessin turvallisuutta nousivat:

- Ennakoiva ja aktiivinen ote höyrylaitteiden kunnossapitoon, jotta laitteisto pysyy jatkuvasti hyvässä toimintakunnossa
- Höyryputkiston oikeaoppinen mekaaninen toteutus sekä tehokas lauhteen- ja ilmanpoisto. Nämä ovat erittäin tärkeitä elementtejä riippumatta käytetystä höyrylaadusta
- Höyrykattilan/höyrykehittimen kuormituksen hallinta niin, että kiehumistapahtuma pysyy hallittuna kaikissa olosuhteissa
- Oikeaoppisesti toteutettu höyrynäytteenottopiste, joka on sijoitettu lähelle kulutuskohtetta/kulutuskohteita. Höyrynäytteenominaisuuksien säännöllinen ja riittävän tiivis seuranta näytteenavulla
- Kemikaalivapaan puhdashöyryä käyttäen ja puhtaan syöttöveden laadun varmistus
- Oikeaoppisesti toteutettu ja mitoitettu suodatusjärjestely laitoshöyrylle (luku 6.1), joka on sijoitettu lähelle kulutuskohtetta/kulutuskohteita
- Elintarvikehyväksytyjen kattilavesikemikaalien annostelun hallinta ja aktiivinen seuranta (jos käytössä on suodatettu höyry)
- Höyrykattilalle palaavan lauhteen laadun jatkuvatoiminen seuranta (jos käytössä on suodatettu höyry)
- Pidättäytyminen laitoshöyryä syöttämisestä elintarvikkeen joukkoon sellaisenaan. Riskit erilaisten epäpuhtauksien päätyemiselle elintarvikkeen sekaan ovat suuret.

9 Päätelmät

If it's not safe, it's not food.

Vapaasti suomennettuna: jos se ei ole turvallista, se ei ole ruokaa. Näin kirjoittaa Rebeca Fernández, FoodDrinkEuropen ruokapolitiikan, tutkimuksen ja tuotekehityksen päällikkö. Hän myös toteaa, että elintarviketeollisuuden tulee kantaa ehdoton vastuu elintarviketurvallisuudesta ja sen tulee olla korkein prioriteetti. (Fernández 2020.)

Elintarviketeollisuuden laatuhenkilöt tekevät päivittäin tärkeää työtä varmistaakseen elintarviketurvallisuuden ja lopputuotteen korkean laadun. Tällä opinnäytetyöllä pyrittiin tuottamaan lisätietoa höyryjärjestelmän toimintaympäristöstä, suorahöyryn käytöstä elintarviketeollisuudessa ja riskiarviossa huomioitavista seikoista. Tavoitteena oli nostaa esille myös tyypillisesti vähemmälle huomiolle jääneitä uhkia. Tuotetun tiedon avulla on mahdollista laatia aiempaa tarkempia riskiarvioita sekä ottaa käyttöön höyryn epäpuhtauksia torjuvia ratkaisuja ja käytäntöjä, jotka suojaavat riskeiltä päivittäisen toiminnan lisäksi höyryjärjestelmää kohtaavan häiriön aikana. Tarkoitus on auttaa kehittämään alalla vallitsevia käytäntöjä entistä turvallisempaan suuntaan. Tuotantoprosessien turvallisuuden ja laadun paraneminen vähentävät riskiä elintarvikkeiden takaisinvedoille, joilla voi olla merkittäviä taloudellisia vaikutuksia yrityksen liiketoimintaan ja tulevaisuuteen. Kuluttajat olettavat saavansa kaupasta turvallisia elintarvikkeita, joten niitä valmistavien yritysten sosiaalinen vastuu on suuri. Turvallisuuden kehittämiseen tulee suhtautua jatkuvana oppimisprosessina.

Paperiteollisuudessa on jo pitkään noudatettu yhteistyömallia, jossa turvallisuutta edistäviä hyviä käytäntöjä jaetaan yli yritysrajojen. Ehkä elintarviketeollisuudessaakin voitaisiin ottaa vastaava malli käyttöön, ellei sitä sovelleta jo. Yleisen turvallisuuden edistäminen on kaikkien etu.

Toivon opinnäytetyön herättävän ajatuksia ja keskustelua elintarvikevalmistajien, heille höyryä tuottavien yhteistyökumppanien, kattilavesikemikaalitoimittajien, auditoijien ja valvovan viranomaisen välillä entistä turvallisempien tuotantoprosessien aikaansaamiseksi.

Lähteet

2022/C 355/01. Euroopan Unionin virallinen lehti. Euroopan komission tiedonanto elintarviketurvallisuuden hallintajärjestelmien, joihin sisältyvät hyvät hygieniakäytännöt ja HACCP- periaatteisiin perustuvat menettelyt, täytäntöönpanosta sekä täytäntöönpanoon tietyissä elintarvikeyrityksissä sovellettavista helpotuksista/joustavuudesta. Viitattu 18.10.2023. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=OJ:C:2022:355:FULL&from=EN>.

A 1935/2004/EU. Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus elintarvikkeen kanssa kosketukseen joutuvista materiaaleista ja tarvikkeista ja direktiivien 80/590/ETY ja 89/109/ETY kumoamisesta. Viitattu 25.1.2023. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2004/1935/2021-03-27>.

A 852/2004/EU. Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus elintarvikehygieniasta. Viitattu 14.1.2023. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2004/852/oj>.

Accepted Practices for A Method of Producing Culinary Steam, Number 609–03. 2004. N.d. 3-A Sanitary Standards, Inc. (3-A SSI). Viitattu 20.1.2023. <https://static1.squarespace.com/static/55a76888e4b0cf3c1b1fba0c/t/596f665b17bffc9b4a9c3e45/1500472980947/Culinary+Grade+Steam+3A+Standard+609-03.pdf>.

Andersen, V. 2023. Food safety management: a practical guide for the food industry. Second edition. Academic Press. Viitattu 4.11.2023. <https://janet.finna.fi>, Knovel.

At a glance. 2023. N.d. Spirax-Sarco Engineering plc:n sivusto. Viitattu 14.9.2023. <https://www.spiraxsarcoengineering.com/about-us/at-a-glance>.

Bowser, T. 2017. Steam Basics for Food Processors. Tietolehti. Oklahoman osavaltion yliopisto. Viitattu 17.3.2023. <https://extension.okstate.edu/fact-sheets/steam-basics-for-food-processors.html>.

Brennan, J. G. & Grandison, A. S. 2012. Food processing handbook. 2. painos. Weinheim: Wiley-VCH. Viitattu 10.12.2023. <https://janet.finna.fi>, ProBook Ebook Central.

Capturing Recall Costs: Measuring and Recovering the Losses. 2011. N.d. Raportti elintarvikkeiden ja kotitaloustuotteiden takaisinvetoihin liittyvistä kustannuksista Consumer Brands Associationin sivustolla. Viitattu 30.11.2023. <https://forms.consumerbrandsassociation.org/forms/store/ProductFormPublic/capturing-recall-costs>.

Current good manufacturing practices. Section 106.20 Controls to prevent adulteration caused by facilities. N.d. Food and Drug Administration (FDA). Viitattu 14.1.2023. <https://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/CFRSearch.cfm?fr=106.20>.

Dinçer, I. & Rosen M.A. 2010. Thermal Energy Storage: Systems and Applications. John Wiley & Sons. Toinen painos. Viitattu 5.3.2023. <https://janet.finna.fi>, ProBook Ebook Central.

Dixon, C. & Kajtaz, M. 2021. Mechanical Design: Design of a Compressed Air Supply System for a Factory. Melbourne: RMIT University in partnership with Informit Open. Viitattu 21.11.2023. <https://search.informit.org/doi/abs/10.3316/informit.947188479100130>.

Direktiivi 2020/2184/EU. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi ihmisten käyttöön tarkoitettun veden laadusta. Viitattu 25.1.2023. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32020L2184&qid=1674670897965>.

Dooley, B. & Lister, D. 2018. Flow-Accelerated Corrosion in Steam Generating Plants. Artikkel. PowerPlant Chemistry -lehden numero 11/2018, sivut 194-244. <http://acc-usersgroup.org/wp-content/uploads/2018/11/Dooley-Lister-FAC-2018.pdf> Viitattu 15.9.2023.

Elintarviketurvallisuus Suomessa 2022 -julkaisu. 2023. N.d. Ruokaviraston julkaisu. Viitattu 17.9.2023. https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/tietoa-meista/julkaisut/julkaisusarjat/julkaisuja/ruokaviraston_julkaisuja_2_2023_elintarviketurvallisuus_suomessa_2022.pdf.

Elintarvikkeiden takaisinvetojen määrät 2022. 2023. N.d. Ruokaviraston julkaisu. Viitattu 25.9.2023. <https://www.ruokavirasto.fi/elintarvikkeet/elintarvikeala/poikkeustilanteet/takaisin veto/elintarvikkeiden-takaisinvetojen-maarat/>.

European product recalls rose in 2022 for the second consecutive year. 2023. N.d. Lehdistötiedote Sedgwickin sivustolla. Viitattu 25.9.2023. <https://www.sedgwick.com/news/2023/european-product-recalls-rose-in-2022-for-the-second-consecutive-year>.

Forsythe, S. 1998. Food Hygiene, Microbiology and HACCP. 1. painos. Springer US New York. Viitattu 17.1.2023. ProQuest Ebook Central. <https://janet.finna.fi>, ProQuest.

Frayne, C. 2002. Boiler Water Treatment: Principles and Practice. New York: Chemical Publishing Co. Inc. Viitattu 8.1.2023. <https://janet.finna.fi>, Knovel.

Heikkilä, T. 1998. Tilastollinen tutkimus. 7. uudistettu painos. Helsinki: Edita Prima Oy.

Hernández, R. 2020. If it's not safe, it's not food. Artikkel. FoodDrinkEurope:n sivustolla. Viitattu 20.1.2023. <https://www.fooddrinkeurope.eu/if-its-not-safe-its-not-food/>

Heselton, K. E. 2014. Boiler Operator's Handbook. 2nd edition. The Fairmont Press, Inc. Viitattu 8.1.2023. <https://janet.finna.fi>, ProQuest.

Holah, J. & Lelieveld, H. L. M. 2011. Hygienic design of food factories. Cambridge. Woodhead Pub. Viitattu 20.1.2023. <https://janet.finna.fi>, Knovel.

Huhtinen, M., Kettunen, A., Nurminen, P. & Pakkanen, H. 1994. Höyrykattilatekniikka. 6. muuttamaton painos. Helsinki: Edita Prima Oy.

Huhtinen, M., Korhonen, R., Pimiä, T. & Urpalainen, S. 2013. Voimalaitostekniikka. 2. tarkistettu painos. Helsinki: Opetushallitus.

Höyryn kemiallinen turvallisuus ja vaatimustenmukaisuus. 2022. N.d. Ruokaviraston julkaisu. Viitattu 14.1.2023. <https://www.ruokavirasto.fi/yritykset/elintarvikeala/valmistus/hoyryn-turvallisuus-ja-vaatimustenmukaisuus/>.

Kananen, J. 2010. Opinnäytetyön kirjoittamisen käytännön opas. Jyväskylän ammattikorkeakoulun julkaisuja -sarja. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

Kananen, J. 2014. Verkkotutkimus opinnäytetyönä. Laadullisen ja määrällisen verkkotutkimuksen opas. Jyväskylän ammattikorkeakoulun julkaisuja -sarja. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

Leppäranta, M., Virta, J. & Huttula, T. 2017. Hydrologian perusteet. Oppikirja. Helsingin yliopisto. Viitattu 28.4.2023. <https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/241220/Hydrologian%20perusteet.pdf?sequence=12&isAllowed=y>.

Machemer, L. 2014. Pressurized Piping: Sampling Steam and Water. Artikkel. Chemical Engineering, 121, 42–47. Viitattu 3.11.2023. <https://janet.finna.fi>, ProQuest Central.

Manivakasam, N. 2011. Practical Boiler Water Treatment Handbook. Chemical Publishing Company Inc. Viitattu 8.1.2023. <https://janet.finna.fi>, Knovel.

Merritt, C. 2016. Process Steam Systems: A Practical Guide for Operators, Maintainers and Designers. Wiley. Hoboken, New Jersey. ProQuest Ebook Central. Viitattu 20.1.2023. <https://janet.finna.fi>, ProQuest.

Ristikontaminaatio. 2022. N.d. Ruokaviraston julkaisu. Viitattu 6.3.2023. <https://www.ruokavirasto.fi/elintarvikkeet/elintarvikeala/hygieninen-toiminta/ristikontaminaatio/>.

Secondary direct food additives permitted in food for human consumption. Section 173.310 Boiler water additives. N.d. Food and Drug Administration (FDA). Viitattu 14.1.2023. <https://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/CFRSearch.cfm?FR=173.310>.

SFS-EN 12952-7:2002. Vesiputkikattilat ja niihin liittyvät laitteistot. Osa 7: Vaatimukset kattilan varusteille. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Viitattu 11.9.2023. <https://janet.finna.fi>, SFS Online.

SFS-EN 12953-6:2002. Tulitorvikattilat. Osa 6: Vaatimukset kattilan varusteille. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Viitattu 11.9.2023. <https://janet.finna.fi>, SFS Online.

SFS-ISO 5667-7:en. Water quality – Sampling – Part 7: Guidance on sampling of water and steam in boiler plants. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Viitattu 25.11.2023. <https://janet.finna.fi>, SFS Online.

Surak, J. G. 2014. The certified HACCP auditor handbook. 3. painos. ASQ Quality Press. Milwaukee. ProQuest Ebook Central. Viitattu 14.1.2023. <https://janet.finna.fi>, ProQuest.

Taplin, H. 2014. Boiler plant and distribution system optimization manual. 3. painos. The Fairmont Press, Inc. Lilburn, Georgia. Viitattu 20.1.2023. <https://janet.finna.fi>, ProQuest Ebook Central.

Thomas, C. E. 2011. Process Technology Equipment and Systems. 3. painos. New York: Delmar, Cengage Learning.

Veden ja jään valvonta elintarvikehuoneistossa. 2022. N. d. Ruokaviraston julkaisu. Viitattu 7.12.2023. <https://www.ruokavirasto.fi/elintarvikkeet/oppaat/vesiohje/veden-ja-jaan-valvonta-elintarvikehuoneistoissa/>.

Virtanen, T. 2020. Elintarviketurvallisuus pätee poikkeusoloissakin. Blogiteksti Elintarviketeollisuusliiton verkkosivuilla. Viitattu 27.10.2023. <https://www.etl.fi/uutishuone/elintarviketurvallisuus-patee-poikkeusoloissakin/>

Liitteet

Liite 1. Luettelo elintarvikehyväksytyistä kattilavesikemikaaleista (Secondary direct food additives permitted in food for human consumption. Section 173.310 Boiler water additives)

[Code of Federal Regulations]

[Title 21, Volume 3]

[CITE: 21CFR173.310]

TITLE 21--FOOD AND DRUGS

CHAPTER I--FOOD AND DRUG ADMINISTRATION DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES

SUBCHAPTER B - FOOD FOR HUMAN CONSUMPTION (CONTINUED)

PART 173 -- SECONDARY DIRECT FOOD ADDITIVES PERMITTED IN FOOD FOR HUMAN CONSUMPTION

Subpart D - Specific Usage Additives

Sec. 173.310 Boiler water additives.

Boiler water additives may be safely used in the preparation of steam that will contact food, under the following conditions:

(a) The amount of additive is not in excess of that required for its functional purpose, and the amount of steam in contact with food does not exceed that required to produce the intended effect in or on the food.

(b) The compounds are prepared from substances identified in paragraphs (c) and (d) of this section, and are subject to the limitations, if any, prescribed:

(c) List of substances:

Substances	Limitations
Acrylamide-sodium acrylate resin	Contains not more than 0.05 percent by weight of acrylamide monomer.
Acrylic acid/2-acrylamido-2-methyl propane sulfonic acid copolymer having a minimum weight average molecular weight of 9,900 and	Total not to exceed 20 parts per million (active) in boiler feedwater.

a minimum number average molecular weight of 5,700 as determined by a method entitled "Determination of Weight Average and Number Average Molecular Weight of 60/40 AA/AMPS"	
Ammonium alginate	
Cobalt sulfate (as catalyst)	
1-hydroxyethylidene-1,1-diphosphonic acid (CAS Reg. No. 2809-21-4) and its sodium and potassium salts	
Lignosulfonic acid	
Monobutyl ethers of polyethylene-polypropylene glycol produced by random condensation of a 1:1 mixture by weight of ethylene oxide and propylene oxide with butanol	Minimum mol. wt. 1,500.
Poly(acrylic acid-co-hypophosphite), sodium salt (CAS Reg. No. 71050-62-9), produced from a 4:1 to a 16:1 mixture by weight of acrylic acid and sodium hypophosphite	Total not to exceed 1.5 parts per million in boiler feed water. Copolymer contains not more than 0.5 percent by weight of acrylic acid monomer (dry weight basis).
Polyethylene glycol	As defined in § 172.820 of this chapter.
Polymaleic acid [CAS Reg. No. 26099-09-2], and/or its sodium salt. [CAS Reg. No. 30915-61-8 or CAS Reg. No. 70247-90-4]	Total not to exceed 1 part per million in boiler feed water (calculated as the acid).
Polyoxypropylene glycol	Minimum mol. wt. 1,000.
Potassium carbonate	
Potassium tripolyphosphate	
Sodium acetate	
Sodium alginate	
Sodium aluminate	
Sodium carbonate	
Sodium carboxymethylcellulose	Contains not less than 95 percent sodium carboxymethylcellulose on a dry-weight basis, with maximum substitution of 0.9 carboxymethylcellulose groups per anhydroglucose

	unit, and with a minimum viscosity of 15 centipoises for 2 percent by weight aqueous solution at 25 deg.C; by the "Viscosity of Cellulose Gum" method prescribed in the Food Chemicals Codex, pp. 1128-1129.
Sodium glucoheptonate	Less than 1 part per million cyanide in the sodium glucoheptonate.
Sodium hexametaphosphate	
Sodium humate	
Sodium hydroxide	
Sodium lignosulfonate	
Sodium metabisulfite	
Sodium metasilicate	
Sodium nitrate	
Sodium phosphate (mono-, di-, tri-)	
Sodium polyacrylate	
Sodium polymethacrylate	
Sodium silicate	
Sodium sulfate	
Sodium sulfite (neutral or alkaline)	
Sodium tripolyphosphate	
Sorbitol anhydride esters: A mixture consisting of sorbitan monostearate as defined in § 172.842 of this chapter; polysorbate 60 ((polyoxyethylene (20) sorbitan monostearate)) as defined in § 172.836 of this chapter; and polysorbate 20 ((polyoxyethylene (20) sorbitan monolaurate)), meeting the specifications of the Food Chemicals Codex, pp. 825-827.	The mixture is used as an anticorrosive agent in steam boiler distribution systems, with each component not to exceed 15 milligrams per kilogram in the steam.
Tannin (including quebracho extract)	
Tetrasodium EDTA	

Tetrasodium pyrophosphate	
---------------------------	--

(d) Substances used alone or in combination with substances in paragraph (c) of this section:

Substances	Limitations
Cyclohexylamine	Not to exceed 10 parts per million in steam, and excluding use of such steam in contact with milk and milk products.
Diethylaminoethanol	Not to exceed 15 parts per million in steam, and excluding use of such steam in contact with milk and milk products.
Hydrazine	Zero in steam.
Morpholine	Not to exceed 10 parts per million in steam, and excluding use of such steam in contact with milk and milk products.
Octadecylamine	Not to exceed 3 parts per million in steam, and excluding use of such steam in contact with milk and milk products.
Trisodium nitrilotriacetate	Not to exceed 5 parts per million in boiler feedwater; not to be used where steam will be in contact with milk and milk products.

(e) To assure safe use of the additive, in addition to the other information required by the Act, the label or labeling shall bear:

(1) The common or chemical name or names of the additive or additives.

(2) Adequate directions for use to assure compliance with all the provisions of this section.

(f) The standards required in this section are incorporated by reference into this section with the approval of the Director of the Federal Register under 5 U.S.C. 552(a) and 1 CFR part 51. Copies may be examined at the Dockets Management Staff (HFA-305), Food and Drug Administration, 5630 Fishers Lane, Rm. 1061, Rockville, MD 20852, 240-402-7500, between 9 a.m. and 4 p.m., Monday through Friday, or at the National Archives and Records Administration (NARA). For information on the availability of this material at NARA, call 202-741-6030 or go to: <http://www.archives.gov/federal-register/cfr/ibr-locations.html>.

Liite 2. Verkkokyselyn saatekirje

Kysely höyryn käytöstä elintarviketeollisuudessa

Hyvä vastaanottaja,

Teen YAMK-opinnäytetyötä höyryn käytöstä elintarviketeollisuuden suorahöyryprosesseissa. Opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia kotimaisen elintarviketeollisuuden tapoja käyttää höyryä ja selvittää, mitä menetelmiä höyryn laadun seuraamiseksi on käytössä ja miten laaja niiden levinneisyys on. Opinnäytetyön ohjaajana toimii Matti Siistonen Jyväskylän ammattikorkeakoulusta.

Pyydän sinua osallistumaan verkkokyselyyn, johon vastaaminen kestää noin 15 minuuttia. Vastaminen tapahtuu anonyymisti, eli vastauksia ei voida yhdistää vastaajaan tai hänen edustamaansa yritykseen.

Pyydän vastaamaan kyselyyn xx.xx.2023 mennessä. Kyselyyn vastaaminen on tarvittaessa mahdollista keskeyttää sulkemalla selainikkuna. Voit jatkaa vastaamista käyttämällä alla näkyvää linkkiä. Kyselyyn vastaamista voi jatkaa tällä tavalla myös aikakatkaisun jälkeen. Linkki vie etusivulle, mutta annetut vastaukset ovat muistissa. Vastausten tallentuminen ohjelmaan perustuu evästeen käyttöön. On tärkeää edetä kyselyssä kiitossivun avautumiseen saakka. Vasta tällöin vastaukset kirjautuvat kyselyohjelmaan ja saan ne käyttööni. Kyselyn tulosten luotettavuuden kannalta on tärkeää, että vastaat kyselyyn (eli etenet kiitossivulle saakka) vain kerran etkä jaa kyselyyn johtavaa linkkiä eteenpäin. Tavoitteena on saada yksi vastaus tuotantolaitosta kohti.

Kyselyyn vastaaminen on vapaaehtoista ja voit keskeyttää sen milloin vain. Vastaamalla kyselyyn edistät elintarviketurvallisuutta kehittävää tutkimusta. Tutkimuksen kannalta toivon kyselylle korkeaa vastausprosenttia. Lähetän linkin valmiiseen opinnäytetyöhön samalla jakelulla, jolle kysely kohdistettiin.

Kerättyä aineistoa käsitellään luottamuksellisesti ja hyvän tieteellisen käytännön mukaisesti. Aineistosta koostetaan opinnäytetyöhön tilastolliset jakaumat. Opinnäytetyön valmistuttua aineistoa säilytetään kahden vuoden ajan, minkä jälkeen aineisto tuhotaan.

Kyselylomake löytyy osoitteesta (linkki)

Vastauksestasi etukäteen kiittäen,

Jouni Alenius
(sähköpostiosoite)
(puhelinnumero)

Liite 3. Verkkokyselylomake



Kysely höyryn käytöstä elintarviketeollisuudessa

Pakolliset kysymykset merkitty tähdellä (*)

1. Käytetäänkö tuotantolaitoksessanne höyryä? *

- Kyllä
 Ei
 Olen jo vastannut tähän kyselyyn

2. Onko tuotantolaitoksessanne prosessi, jossa höyry on suorassa kosketuksessa elintarvikkeen tai sen valmistukseen käytettävän pinnan kanssa (ns. suora höyryprosessi)? *

- Kyllä
 Ei

3. Millaisen arvosanan antaisit omalle osaamisellesi, kun tehtävänä on varmistaa suora höyryprosessin tuoteturvallisuus? *



En halua vastata tähän kysymykseen

4. Millaista höyryä elintarvikkeen tai sen valmistukseen käytetyn pinnan kanssa kosketuksissa olevassa suora höyryprosessissa käytetään?

Valitse kaikki käytössä olevat vaihtoehdot *

- Höyrykattilassa tai höyrykehittimessä tuotettu laitoshöyry
 Höyrykattilassa tai höyrykehittimessä tuotettu laitoshöyry. Suora höyryprosessia edeltää höyryn laatua parantava suodatusjärjestely (ns. suodatettu höyry)
 Puhdashöyrykehittimellä tuotettu kemikaalivapaa höyry
 En tiedä

5. Onko laitoshöyryä tuottavalla höyrykattilalla/höyrykehittimellä käytössä elintarvikehyväksytyt kattilavesikemikaalit? *

- Kyllä
- Ei
- En tiedä

6. Onko kattilavesikemikaalien annostelu kemikaalivalmistajan sallimien rajojen sisällä? *

- Kyllä
- Ei
- En tiedä

7. Millä tavoin kattilavesikemikaalien annostelua valvotaan? Kuka vastaa valvonnasta?
Vapaaehtoinen täydennys edelliseen kysymykseen

8. Seurataanko suorahöyryprosessissa käytetyn höyryn laatua säännöllisesti? *

- Kyllä
- Ei
- En tiedä

9. Miten usein suorahöyryprosessiin syötetyn höyryn laatua seurataan?
Valitse vastaus, joka vastaa parhaiten laitoksen nykytilaa *

- Päivittäin
- Viikoittain
- Kuukausittain
- 2-4 kertaa vuodessa
- Kerran vuodessa
- Harvemmin kuin kerran vuodessa

10. Mitä arvoja höyrynäytteestä mitataan? Vapaaehtoinen täydennys edelliseen kysymykseen

11. Seurataanko tuotantolaitoksesta höyrykattilalle/höyrykehittimelle palautettavan lauhteen laatua säännöllisesti? *

- Kyllä
- Ei
- En tiedä

12. Miten usein höyrykattilalle/höyrykehittimelle palautetun lauhteen laatua mitataan? Valitse vastaus, joka vastaa parhaiten laitoksen nykytilaa *

- Reaaliaikainen online-mittaus
- Päivittäin
- Viikoittain
- Kuukausittain
- 2-4 kertaa vuodessa
- Kerran vuodessa
- Harvemmin kuin kerran vuodessa

13. Mitä arvoja höyrykattilalle/höyrykehittimelle palautettavasta lauhteesta mitataan? Vapaaehtoinen täydennys edelliseen kysymykseen

14. Onko elintarvikkeen kanssa kosketuksiin joutuvan höyryn käyttö huomioitu HACCP-riskiarviossa? *

- Kyllä
- Ei
- En tiedä

15. Millä tavoin suora höyryn käyttö on huomioitu HACCP-riskiarviossa? Anna esimerkkejä biologisten, kemiallisten ja fysikaalisten haittojen torjunnasta

16. Yleisesti ottaen: millaisia kokemuksia teillä on höyryn käytöstä elintarviketeollisuudessa? Sana on vapaa

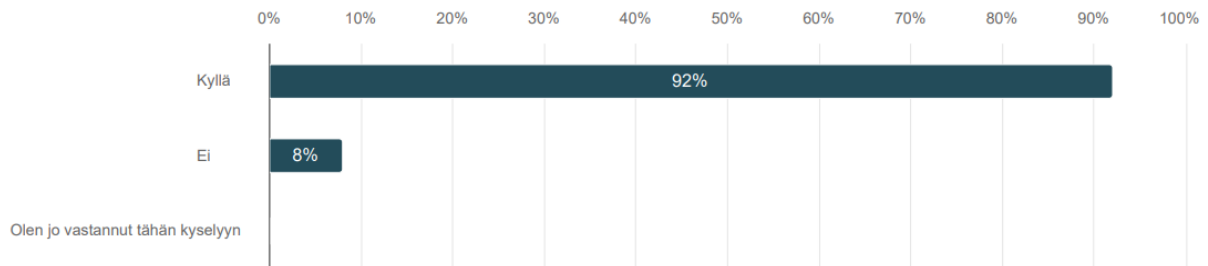
Liite 4. Verkkokyselylomakkeeseen annetut vastaukset

Kysely höyryn käytöstä elintarviketeollisuudessa

Vastaajien kokonaismäärä: 48

Käytetäänkö tuotantolaitoksessanne höyryä?

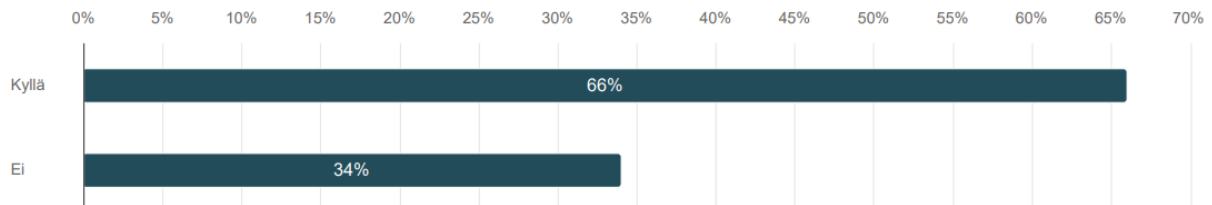
Vastaajien määrä: 48



	n	Prosentti
Kyllä	44	91,7%
Ei	4	8,3%
Olen jo vastannut tähän kyselyyn	0	0,0%

Onko tuotantolaitoksessanne prosessi, jossa höyry on suorassa kosketuksessa elintarvikkeen tai sen valmistukseen käytettävän pinnan kanssa (ns. suora höyryprosessi)?

Vastaajien määrä: 44



	n	Prosentti
Kyllä	29	65,9%
Ei	15	34,1%

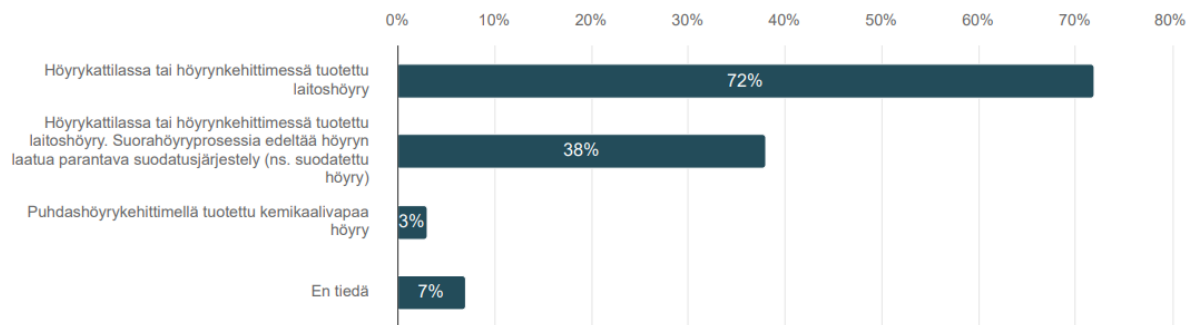
Millaisen arvosanan antaisit omalle osaamisellesi, kun tehtävänä on varmistaa suora höyryprosessin tuoteturvallisuus?

Vastaajien määrä: 28

Minimiarvo	Maksimiarvo	Keskiarvo	Mediaani	Summa	Keskihajonta
4,5	10,0	8,1	8,0	226,5	1,2

Millaista höyryä elintarvikkeen tai sen valmistukseen käytetyn pinnan kanssa kosketuksissa olevassa suora höyryprosessissa käytetään? Valitse kaikki käytössä olevat vaihtoehdot

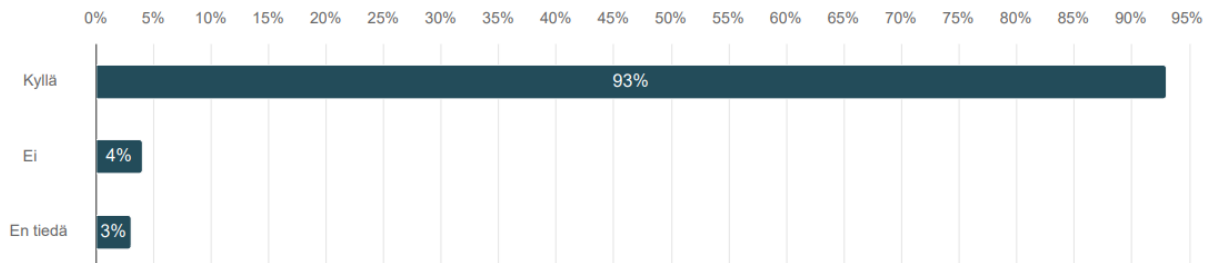
Vastaajien määrä: 29 , valittujen vastausten lukumäärä: 35



	n	Prosentti
Höyrykattilassa tai höyrykehittimessä tuotettu laitoshöyry	21	72,4%
Höyrykattilassa tai höyrykehittimessä tuotettu laitoshöyry. Suorahöyryprosessia edeltää höyryn laatua parantava suodatusjärjestely (ns. suodatettu höyry)	11	37,9%
Puhdashöyrykehittimellä tuotettu kemikaalivapaa höyry	1	3,4%
En tiedä	2	6,9%

Onko laitoshöyryä tuottavalla höyrykattilalla/höyrykehittimellä käytössä elintarvikehyväksytyt kattilavesikemikaalit?

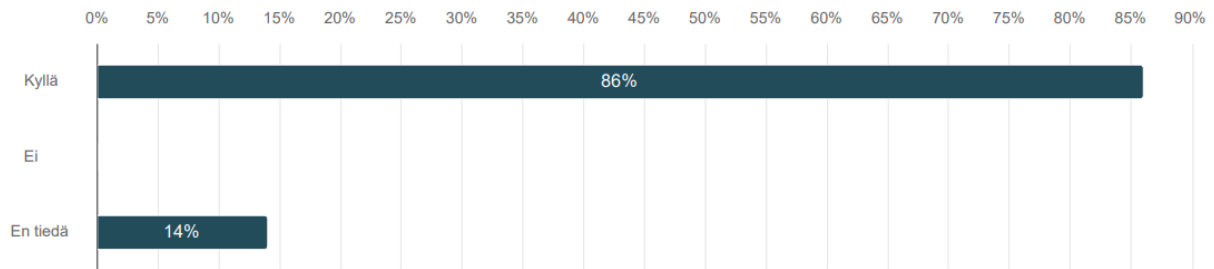
Vastaajien määrä: 29



	n	Prosentti
Kyllä	27	93,1%
Ei	1	3,5%
En tiedä	1	3,4%

Onko kattilavesikemikaalien annostelu kemikaalivalmistajan sallimien rajojen sisällä?

Vastaajien määrä: 29



	n	Prosentti
Kyllä	25	86,2%
Ei	0	0,0%
En tiedä	4	13,8%

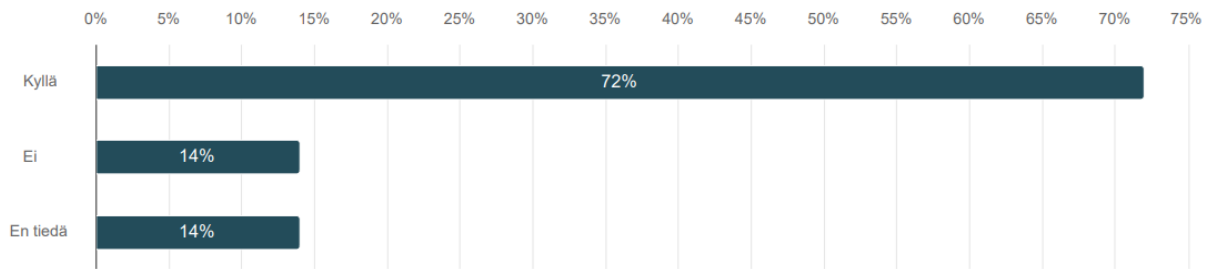
Millä tavoin kattilavesikemikaalien annostelua valvotaan? Kuka vastaa valvonnasta? Vapaaehtoinen täydennys edelliseen kysymykseen

Vastaajien määrä: 17

Vastaukset
Kemikaalit toimittava firma ottaa kuukausittain vesinäytteet ja toimittaa raportin tuoteturvallisuudesta.
Höyrykattilakemikaalit toimittaa (yritys X) ja heidän kauttaan on käytön valvonta kuukausittain.
Kattilalaitoksella käytönvalvoja, joka vastaa kattilakemikaalien oikeasta annostelusta.
Laitos vastaa valvonnasta
Laitoksenhoitaja-/kattilamestari.
Valvonta tehdään seuraamalla kemikaalin ja kattilaan menevän veden kulutusta ja myös säännöllisillä huoltoohjelmassa olevilla johtavuuden ja ph:n mittauksilla. Kemikaalitoimittaja käy myös säännöllisesti ottamassa kattilavesi ja höyry näytteet ja tutkivat ne. Höyrystä otetaan myös seuranta näytteet säännöllisesti, jonka analysoinnin teetämme ulkopuolella laboratoriossa
kunnossapitovastaava vastaa. Tarkka kirjanpito ja seuranta olemassa.
Syöttöveden määrän mittaamisella. Höyryn tuottaja valvoo.
Automaattinen annostelu, annostelulaite kalibroidaan. Valvonnasta vastaa kunnossapito.
Oma kunnossapito tekee vesianalyysit viikottain ja ulkopuolinen yritys omat analyysit 3 viikon välein.
Ulkopuolinen toimija tarkistaa viikoittain annostelun.
Luotetaan höyryntoimittajan vastuullisuuteen.
Voimalaitoskäyttäjät vastaavat annostelusta, kemikaalien määrää valvotaan analysein ja automaatiojärjestelmän raja-arvoihin.
Nähteenotto 4krt vuodessa.
ostamme käyttämämme höyryn, kemikaalien valvonta valmistajalla
Laitoshuoltaja (henkilön nimi)
Ostetaan palveluna

Seurataanko suorahöyryprosessissa käytetyn höyryn laatua säännöllisesti?

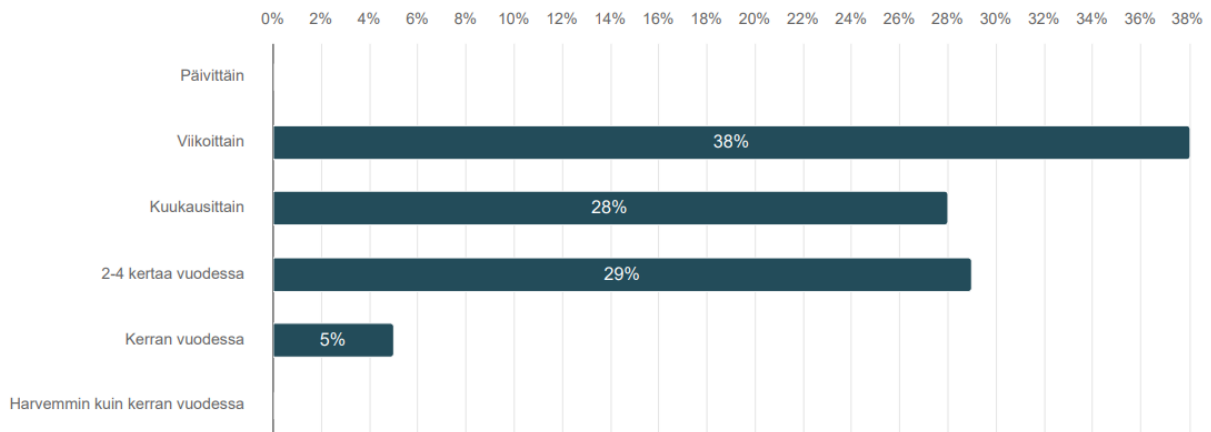
Vastaajien määrä: 29



	n	Prosentti
Kyllä	21	72,4%
Ei	4	13,8%
En tiedä	4	13,8%

Miten usein suorahöyryprosessiin syötetyn höyryn laatua seurataan? Valitse vastaus, joka vastaa parhaiten laitoksen nykytilaa

Vastaajien määrä: 21



	n	Prosentti
Päivittäin	0	0,0%
Viikoittain	8	38,1%
Kuukausittain	6	28,6%
2-4 kertaa vuodessa	6	28,6%
Kerran vuodessa	1	4,7%
Harvemmin kuin kerran vuodessa	0	0,0%

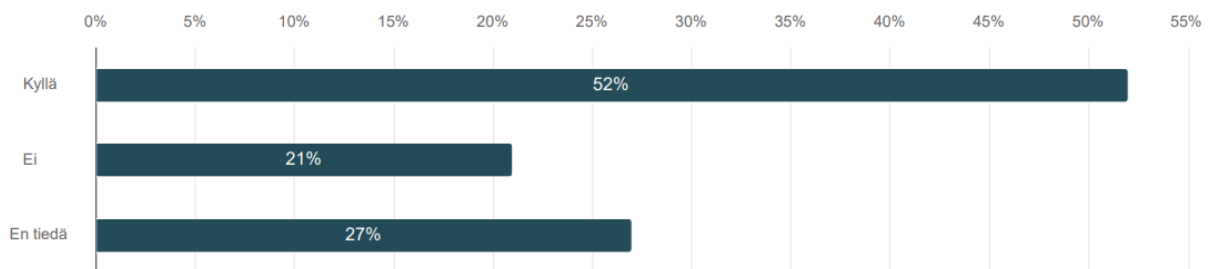
Mitä arvoja höyrynäytteestä mitataan? Vapaaehtoinen täydennys edelliseen kysymykseen

Vastaajien määrä: 9

Vastaukset
pH, sähkönjohtavuus, kiintoaine, kovuus, p-luku
pH, p-luku, sähkönjohtavuus, kovuus, kiintoaine
Pitää olla samaa laatua kun sisääntuleva vesi.
Ph Sähkönjohtavuus Puhtaus
pH, sähkönjohtokyky
Mikrobiologiset.
Lauhteen pH ja johtokyky
Aistinvarainen laatu
Aistin varainen (haju ja maku)

Seurataanko tuotantolaitoksesta höyrykattilalle/höyrykehittimelle palautettavan lauhteen laatua säännöllisesti?

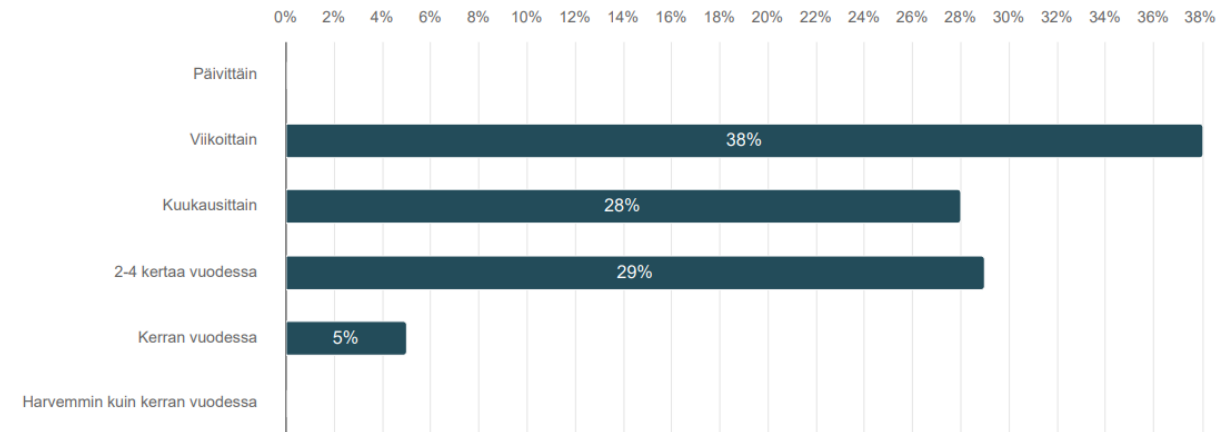
Vastaajien määrä: 29



	n	Prosentti
Kyllä	15	51,7%
Ei	6	20,7%
En tiedä	8	27,6%

**Miten usein suorahöyryprosessiin syötetyn höyryn laatua seurataan?
Valitse vastaus, joka vastaa parhaiten laitoksen nykytilaa**

Vastaajien määrä: 21



	n	Prosentti
Päivittäin	0	0,0%
Viikoittain	8	38,1%
Kuukausittain	6	28,6%
2-4 kertaa vuodessa	6	28,6%
Kerran vuodessa	1	4,7%
Harvemmin kuin kerran vuodessa	0	0,0%

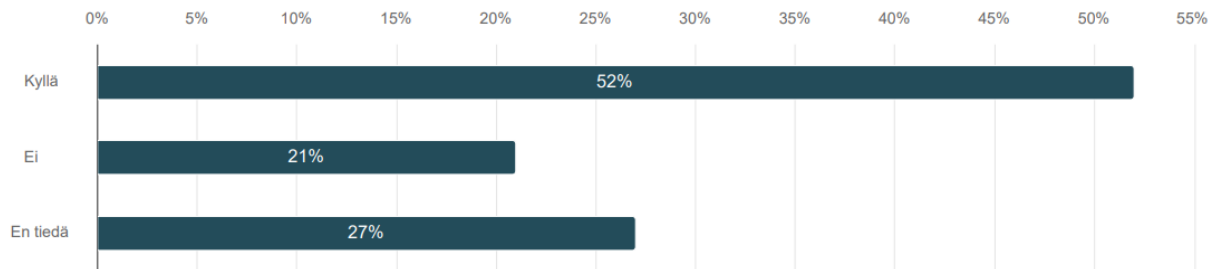
Mitä arvoja höyrynäytteestä mitataan? Vapaaehtoinen täydennys edelliseen kysymykseen

Vastaajien määrä: 9

Vastaukset
pH, sähkönjohtavuus, kiintoaine, kovuus, p-luku
pH, p-luku, sähkönjohtavuus, kovuus, kiintoaine
Pitää olla samaa laatua kun sisääntuleva vesi.
Ph Sähkönjohtavuus Puhtaus
pH, sähkönjohtokyky
Mikrobiologiset.
Lauhteen pH ja johtokyky
Aistinvarainen laatu
Aistin varainen (haju ja maku)

Seurataanko tuotantolaitoksesta höyrykattilalle/höyrykehittimelle palautettavan lauhteen laatua säännöllisesti?

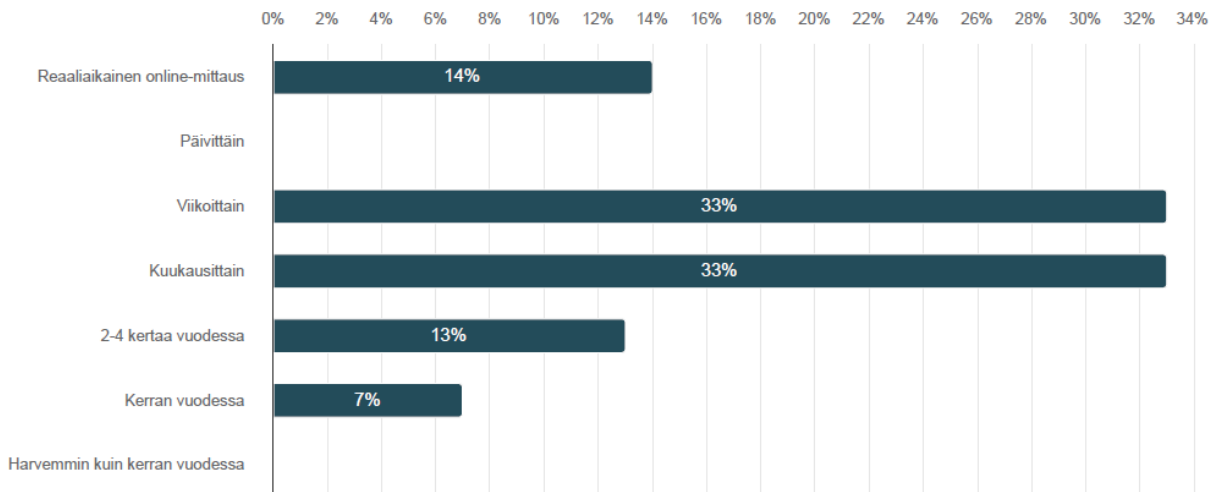
Vastaajien määrä: 29



	n	Prosentti
Kyllä	15	51,7%
Ei	6	20,7%
En tiedä	8	27,6%

Miten usein höyrykattilalle/höyrykehittimelle palautetun lauhteen laatua mitataan? Valitse vastaus, joka vastaa parhaiten laitoksen nykytilaa

Vastaajien määrä: 15



	n	Prosentti
Reaaliaikainen online-mittaus	2	13,4%
Päivittäin	0	0,0%
Viikoittain	5	33,3%
Kuukausittain	5	33,3%
2-4 kertaa vuodessa	2	13,3%
Kerran vuodessa	1	6,7%
Harvemmin kuin kerran vuodessa	0	0,0%

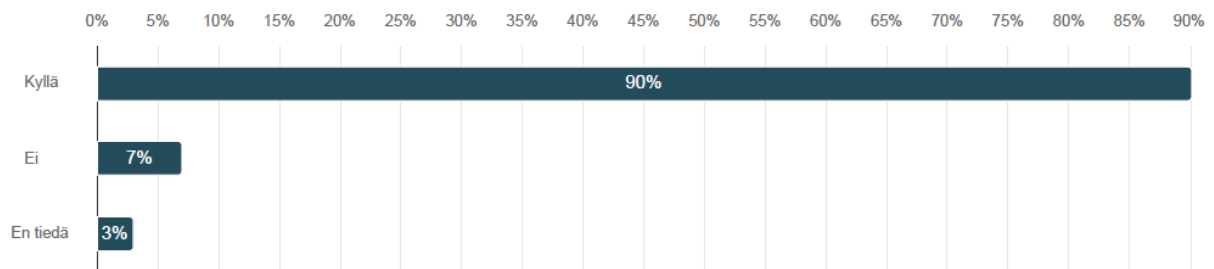
Mitä arvoja höyrykattilalle/höyrykehittimelle palautettavasta lausteesta mitataan? Vapaaehtoinen täydennys edelliseen kysymykseen

Vastaajien määrä: 4

Vastaukset
pH, kovuus, sähkönjohtavuus, kiintoaine ja p-luku
pH, p-luku, sähkönjohtavuus, kovuus, kiintoaine, rauta
pH, kovuus tms.
pH, johtokyky, TOC

Onko elintarvikkeen kanssa kosketuksiin joutuvan höyryn käyttö huomioitu HACCP-riskiarviossa?

Vastaajien määrä: 29



	n	Prosentti
Kyllä	26	89,7%
Ei	2	6,9%
En tiedä	1	3,4%

**Millä tavoin suora höyryn käyttö on huomioitu HACCP-riskiarviossa?
Anna esimerkkejä biologisten, kemiallisten ja fysikaalisten haittojen torjunnasta**

Vastaajien määrä: 18

Vastaukset
Höyryn käyttöön johdetun talousveden laatu valvotaan. Höyrykattilakemikaalit on huomioitu vaarojen arvioinnissa.
Kuukausittaiset kemiallis- ja fysikaalisominaisuuksien tutkiminen, höyryn lämpötila 170C, elintarvikekelpoiset kattilakemikaalit, suodattimet ennen tuotekontaktia
kemiallisten haittojen osalta arvioitu riskiä vierasaineille.
Siellä on otettu huomioon biologisesti.
lämpötilassa ei patogeeneita kasva, suodattimet koot ja suuttimet => fysikaaliset haitat ja elintarvikehyväsytyt ja säännöstellyt kemikaalit
Huomioitu kattilakemikaalien vaikutus, otetaan säännöllisesti näytteet höyrystä ja tutkitaan kemiallasta riskiä
Lopputuotteen peroksidaasiaktiivisuuden mittaaminen.
Johtokykyt, suodatus, laitteiston kunnon seuranta, veden näytteenotto.
Kemiallisten haittojen osalta huomioidaan kattilakemikaalit. Fysikaalisten haittojen osalta mahdollinen ruoste höyryputkistosta.
Se on huomioitu, mutta laadun varmistaminen hankalaa. Kuinka voidaan analysoida sen laatu juuri ennen elintarviketta. Kerääminen 4 m leveästä uunista mahdotonta. Putkiston laatu? Ei varmaan mitään mikrobiologista riskiä, mutta tuleeko sitten noista kemikaaleista jotain jäämiä. No suoloahan tuo taita olla mitä sinne laitettiin.
Käytössä elintarvikehyväsytyt kattilakemikaalit, höyry mikrobiologisesti puhdasta, suodattimet fysikaalisten riskien varalta
Kyseisten vaarojen riskit on arvioitu tapauskohtaisesti.
Höyryn suodatuksella sekä säännöllisesti tehtävillä puhtaustutkimuksilla.
Käytetyt kattilakemikaalit, roskat
Riskinarvio perustuu pääosin analytiikkaan sekä historiatietämykseen. Tuotantoprosesseissa on myös myöhempiä vaiheita, joilla mahdollisia höyrystä johtuvia vaaroja torjutaan.
Arvioitu höyrytettävän astian mikrobiologian kannalta. jos höyry ei kunnossa, voi astia kontaminoitua vieraila hajuilla tai sterilointi ei onnistu.
Riskit on arvioitu ja hallintakeinot määritetty
Suodattimet käyttökohteissa.

Yleisesti ottaen: millaisia kokemuksia teillä on höyryn käytöstä elintarviketeollisuudessa? Sana on vapaa

Vastaajien määrä: 16

Vastaukset
Monen tuotantolaitoksen yhteinen höyrylaitos asettaa lauhteen puhtaudelle isoja vaatimuksia. Suorahöyry lyhentää huomattavasti nopeasti kuumennettavien komponenttien käyttöönottoa ja säästää esim. vihannesten rakennetta ja väriä verraten vaippahöyryyn, joka on hidas, hauduttava menetelmä.
Meidän käyttämä höyry on aina ollut hygienisesti kunnossa ja meillä ei ole ollut ongelmia höyryn laadun kanssa.
tehokkaista ja lämpöisiä:)
Kysymykset jotka liittyi höyryn tuotannon seurantaan ja höyryn laatuun emme osaa täysin vastata koska palvelu tulee meille ulkopuoliselta toimijalta.
Puhdashöyryn käyttö suoraan elintarvikkeeseen on ok, kun varmistutaan puhdashöyrykehittimelle menevän veden laatu ja huolehditaan laitteiston kunnosta. Höyryllä voidaan sanitoida tehokkaasti tuotelinjoja.
Höyryä käytetään paljon sekä suorassa kontaktissa mutta etenkin epäsuorassa kontaktissa. Etenkin epäsuoraa kontaktia valvotaan huonommin vaikka höyry voi lauhtua pinnoille.
Erittäin tärkeä osa koko tuotteemme valmistusta, ja jos jotain vinkkejä tutkimukseen saa, niin mielellämme otamme vastaan.
Höyryn käyttö on tehokasta, laitteiden prosessilämmöt saavutetaan nopeasti.
Laajasti käytössä. Ei ole ollut haasteita höyryn teknisen käytön tai tuoteturvallisuuden suhteen.
Kohtalaisen hyvin toiminut eikä suurempia ongelmia ole ollut.
Tarpeellinen
Höyryä käytetään jonkin verrankin mutta laadun analysointiin ei tunnu olevan yhteneväisiä menettelyitä.
Tasalaatuista, tehokasta
Höyryn käyttö on kätevää ja toimii varmasti.
Höyry on tärkeä osa tuotteidemme kuluttajan kokemaa laatua.
Höyry saattaa lisätä biofilmin kasvua vuototapauksissa. Höyryn kuumuus voi aiheuttaa tapaturmariskiä.