

Kohti saasteetonta tulevaisuutta

Saasteettomuuspolitiikan ja -sääntelyn ennakointi

Sanna-Riikka Saarela, Topi Turunen, Oras Tynkkynen, Kati Berninger, Tommi Forsberg, Kaj Forsius, Teija Haavisto, Meeri Helminen, Mikael Hildén, Timo Jouttijärvi, Petrus Kautto, Matti Leppänen, Jukka Mehtonen, Riina Toivanen ja Emmi Vähä

VALTIONEUVOSTON SELVITYS- JA
TUTKIMUSTOIMINNAN JULKAISUSARJA 2022:32

tietokayttoon.fi

Kohti saasteetonta tulevaisuutta

Saasteettomuuspolitiikan ja -sääntelyn ennakointi

Sanna-Riikka Saarela, Topi Turunen, Oras Tynkkynen,
Kati Berninger, Tommi Forsberg, Kaj Forsius, Teija Haavisto,
Meeri Helminen, Mikael Hildén, Timo Jouttijärvi,
Petrus Kautto, Matti Leppänen, Jukka Mehtonen,
Riina Toivanen ja Emmi Vähä

Julkaisujen jakelu

Distribution av publikationer

**Valtioneuvoston
julkaisuarkisto Valto**

Publikations-
arkivet Valto

julkaisut.valtioneuvosto.fi

Julkaisumyynti

Beställningar av publikationer

**Valtioneuvoston
verkkokirjakauppa**

Statsrådets
nätbokhandel

vnjulkaisumyynti.fi

Valtioneuvoston kanslia

This publication is copyrighted. You may download, display and print it for Your own personal use. Commercial use is prohibited.

ISBN pdf: 978-952-383-044-8

ISSN pdf: 2342-6799

Taitto: Valtioneuvoston hallintoyksikkö, Julkaisutuotanto

Helsinki 2022

Kohti saasteetonta tulevaisuutta Saasteettomuuspolitiikan ja -sääntelyn ennakointi

Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2022:32

Julkaisija Valtioneuvoston kanslia

Tekijä/t Sanna-Riikka Saarela, Topi Turunen, Oras Tynkkynen, Kati Berninger, Tommi Forsberg, Kaj Forsius, Teija Haavisto, Meeri Helminen, Mikael Hildén, Timo Jouttijärvi, Petrus Kautto, Matti Leppänen, Jukka Mehtonen, Riina Toivanen ja Emmi Vähä

Yhteisötekijä Suomen ympäristökeskus, Tyrsky-Konsultointi

Kieli suomi **Sivumäärä** 186

Tiivistelmä Euroopan unioni on hiljattain julkaissut kunnianhimoisen saasteettomuustoimintaohjelman, jolla pyritään vahvistamaan kokonaisvaltaista saasteiden hillintää Euroopassa. Visiona vuodelle 2050 on, että tuohon mennessä ilmaan, veteen ja maaperään joutuvat päästöt ovat pienentyneet tasolle, jolla niillä ei ole enää haitallisia terveys- tai luontovaikutuksia. Visio on yhteiskunnallisesti laajasti hyväksytty, mutta tavoitteen saavuttaminen tulee vaati-
maan merkittäviä ja kokonaisvaltaisia muutoksia taloudessa ja yhteiskunnassa.

Tässä raportissa käsitellään saastumiseen ja sen torjuntaan liittyviä ilmiöitä, trendejä ja signaaleja. Lisäksi esitellään joukko mahdollisia uusia ohjauskeinoja ja kahdeksan poikke-
leikkaavaa EU:n saasteettomuuspolitiikkaan ja laajemminkin ympäristösääntelyyn liittyvää
rinnakkaista kehityskulkua.

Saasteettomuuspolitiikan toteuttamiseksi on kiinnitettävä huomiota yhä suurempaan
joukkoon saasteita ja saasteiden yhteisvaikutuksia sekä sovellettava ja pantava
täytäntöön jo käytössä olevien ohjauskeinoja nykyistä tehokkaammin. On myös
pureuduttava niihin saasteisiin ja saastumista aiheuttaviin toimintoihin, joihin nykyiset
ohjauskeinot eivät ole kyenneet puuttumaan riittävästi tai ei vielä lainkaan.
Ohjauskeinojen avulla pyritään osaltaan eri tavoin kannustamaan teknologisiin
innovaatioihin, jotka ovat keskeisiä sekä tuotantomenetelmien että saasteettomuuden
seurannan kehittämisessä.

Klausuuli Tämä julkaisu on toteutettu osana valtioneuvoston selvitys- ja tutkimussuunnitelman
toimeenpanoa. (tietokayttoon.fi) Julkaisun sisällöstä vastaavat tiedon tuottajat, eikä
tekstisisältö välttämättä edusta valtioneuvoston näkemystä.

Asiasanat tutkimus, tutkimustoiminta, saasteettomuus, saastumisen torjunta, ohjauskeino,
ilmansuojelu, vesiensuojelu, maaperänsuojelu, ennakointi, kemikaalit, innovatiivinen

ISBN PDF 978-952-383-044-8

ISSN PDF 2342-6799

Julkaisun osoite <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-044-8>

Mot en föroreningsfri framtid Prognostisering av politiken för och regleringen av föroreningsfrihet

Publikationsserie för statsrådets utrednings- och forskningsverksamhet 2022:32

Utgivare Statsrådets kansli

Författare Sanna-Riikka Saarela, Topi Turunen, Oras Tynkkynen, Kati Berninger, Tommi Forsberg, Kaj Forsius, Teija Haavisto, Meeri Helminen, Mikael Hildén, Timo Jouttijärvi, Petrus Kautto, Matti Leppänen, Jukka Mehtonen, Riina Toivanen ja Emmi Vähä

Utarbetad av Finlands miljöcentral (SYKE), Tyrsky-Konsultointi

Språk finska

Sidantal 186

Referat Europeiska unionen har nyligen offentliggjort ett ambitiöst program för att minska föroreningarna i Europa. Med programmet strävar man efter att förstärka den övergripande kontrollen av föroreningar i Europa. Visionen för 2050 är att utsläppen i luften, vattnet och marken fram till dess har minskat till en nivå där de inte längre har skadliga effekter på hälsan eller naturen. Visionen är samhälleligt accepterad, men uppnåendet av målet kommer att kräva betydande och övergripande förändringar i ekonomin och samhället.

I denna rapport behandlas fenomen, trender och signaler i anslutning till förorening och bekämpning av den. Dessutom presenteras en rad möjliga nya styrmedel och åtta tvärgående utvecklingsförlopp i anslutning till EU:s miljöskyddspolitik och miljöregleringen i vidare bemärkelse.

För att genomföra en nollföroreningspolitik måste man uppmärksamma en allt större mängd föroreningar och samverkan av föroreningar, samt tillämpa och genomföra de styrmedel som redan finns på ett effektivare sätt. Man måste också ta itu med de föroreningar och förorenande funktioner i vilka de nuvarande styrmedlen inte har kunnat ingripa tillräckligt eller inte alls. Med hjälp av styrmedlen strävar man efter att på olika sätt uppmuntra till teknologiska innovationer som är centrala både i utvecklingen av produktionsmetoderna och uppföljningen av föroreningsfrihet.

Klausul Den här publikation är en del i genomförandet av statsrådets utrednings- och forskningsplan. (tietokayttoon.fi) De som producerar informationen ansvarar för innehållet i publikationen. Textinnehållet återspeglar inte nödvändigtvis statsrådets ståndpunkt

Nyckelord forskning, forskningsverksamhet, föroreningsfrihet, bekämpning av föroreningar, styrmedel, luftvård, vattenskydd, markskydd, prognostisering, kemikalier, innovativ

ISBN PDF 978-952-383-044-8

ISSN PDF 2342-6799

URN-adress <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-044-8>

Towards zero pollution future Foresights on pollution policy and policy instruments

Publications of the Government's analysis, assessment and research activities 2022:32

Publisher Prime Minister's Office

Author(s) Sanna-Riikka Saarela, Topi Turunen, Oras Tynkkynen, Kati Berninger, Tommi Forsberg, Kaj Forsius, Teija Haavisto, Meeri Helminen, Mikael Hildén, Timo Jouttijärvi, Petrus Kautto, Matti Leppänen, Jukka Mehtonen, Riina Toivanen and Emmi Vähä

Language Finnish **Pages** 186

Abstract The European Union has recently published an ambitious Zero Pollution Action Plan that aims at strengthening comprehensive reduction of pollution in Europe. The vision for 2050 is for air, water and soil pollution to be reduced to levels no longer considered harmful to health and natural ecosystems. The vision is widely accepted, but the attainment of the objective will require significant and holistic changes to our techno-economic systems.

This report presents phenomena, trends and signals related to pollution and pollution control as well as a number of new possible policy instruments. In addition, eight cross-cutting and partly parallel development paths for the near future are examined.

To enforce Zero Emission policy, emphasis should be placed on an ever-increasing number of pollutants and combined impact of various pollutants as well as on more efficient implementation of existing policy instruments. Furthermore, there is a need to control those pollutants and pollution sources that the existing policies have not been able to tackle at all or enough. The policy instruments support, for their part, technological innovations that are central both for the development manufacturing processes and the monitoring of pollution.

Provision This publication is part of the implementation of the Government Plan for Analysis, Assessment and Research. (tietokayttoon.fi) The content is the responsibility of the producers of the information and does not necessarily represent the view of the Government.

Keywords research, research activities, zero pollution, pollution control, policy instrument, air protection, prevention of water pollution, soil protection, foresight, chemicals, innovative

ISBN PDF 978-952-383-044-8

ISSN PDF 2342-6799

URN address <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-044-8>

Sisältö

1	Johdanto.....	10
2	Aineisto ja menetelmät.....	14
2.1	Tulevaisuusdialogin silmukkamalli ennakkoinnin kehyksenä.....	14
2.2	Kirjallisuuskatsaus.....	16
2.3	Tekstianalyysi.....	17
2.4	Haastattelut.....	18
2.5	Työpajat.....	18
2.6	Kysely.....	20
2.7	Miniselvitykset.....	20
3	Nykytilanne ja tulevaisuuden näkymät kirjallisuuden mukaan.....	21
3.1	Teollisuuden päästöt.....	21
3.1.1	Tausta.....	21
3.1.2	Päästöt ja niiden tarkkailu.....	22
3.1.3	Nykytila.....	22
3.1.4	Tulevaisuuden näkymät.....	23
3.2	Ilma.....	25
3.2.1	Tausta.....	25
3.2.2	Päästöt ja niiden tarkkailu.....	26
3.2.3	Nykytila.....	26
3.2.4	Tulevaisuuden näkymät.....	27
3.3	Maaperä.....	29
3.3.1	Tausta.....	29
3.3.2	Nykytila.....	30
3.3.3	Tulevaisuuden näkymät.....	32
3.4	Vesi.....	35
3.4.1	Tausta.....	35
3.4.2	Päästöt ja niiden tarkkailu.....	36
3.4.3	Nykytila.....	36
3.4.4	Tulevaisuuden näkymät.....	39
3.5	Nousevat tai huonosti tunnetut kemikaalit ja mikromuovit.....	41
3.5.1	Tausta.....	41
3.5.2	EU:n kestävyttä edistävä kemikaalistrategia.....	42

3.5.3	Kemikaalien yhteisvaikutukset.....	44
3.5.3.1	Tausta	44
3.5.3.2	Nykytila	45
3.5.3.3	Tulevaisuuden näkymät	45
3.5.4	Lääkejäämät ja hormonit	47
3.5.4.1	Tausta	47
3.5.4.2	Päästöt ja ympäristöriskit	48
3.5.4.3	Nykytila	49
3.5.4.4	Tulevaisuuden näkymät	51
3.5.5	PFAS-yhdisteet ja kulkeutuvat pysyvät aineet.....	54
3.5.5.1	Tausta	54
3.5.5.2	Nykytila	55
3.5.5.3	Tulevaisuuden näkymät	57
3.5.6	Mikromuovit	61
3.5.6.1	Päästöt ja niiden tarkkailu	61
3.5.6.2	Nykytila	62
3.5.6.3	Tulevaisuuden näkymät	63
3.5.7	Vaarallisimmat kemikaalit korvattava vähemmän haitallisilla	65
3.5.8	Vapaaehtoiset toimet haitallisten aineiden päästöjen vähentämiseksi.....	66
3.5.9	Kemikaaleja koskeva tietopohja paremmaksi.....	67
3.6	Innovatiiviset ohjauskeinot	69
3.6.1	Perinteinen sääntely ja innovatiivisuus	69
3.6.2	Taloudellinen ohjaus.....	70
3.6.3	Vapaaehtoinen sääntely	71
3.6.4	Hajapäästöjen sääntely	73
3.6.5	Sääntelyn tietopohja	73
3.6.6	Uusi teknologia ja sääntelyinnovaatiot	74
4	Eurooppalaisia avauksia saasteettomuuden edistämiseksi	77
4.1	Tekstianalyysin tulokset	77
4.1.1	Ohjauksen muodot, kohteet ja tasot	78
4.1.2	Innovatiiviset ohjauskeinot ja lupaavat esimerkit	82
4.2	Haastatteluiden tulokset.....	83
4.2.1	Uudet saasteet	83
4.2.2	Uudet päästölähteet ja toimialat	85

4.2.3	Uudet näkökulmat.....	86
4.2.4	Tärkeimmät tarvittavat toimet	87
4.2.5	Hyvät käytänteet.....	89
4.2.6	Innovatiiviset ohjauskeinot.....	90
5	Saasteettomuuspolitiikan muuttuva toimintaympäristö ja mahdollisia uusia ohjauskeinoja.....	92
5.1	Uudet saasteet.....	92
5.2	Uusia näkökulmia saasteettomuuspolitiikkaan.....	94
5.3	Mahdollisia uusia ohjauskeinoja.....	96
5.3.1	Saastumisen yleinen torjunta	97
5.3.2	Ilma.....	100
5.3.3	Vesi	102
5.3.4	Maaperä	104
5.3.5	Kemikaalit ja mikromuovit.....	105
6	Johtopäätökset: saasteettomuuspolitiikan mahdollisia kehityskulkuja	109
	Lähteet.....	119
	Liitteet.....	151
	Liite 1. Kirjallisuuskatsauksen tietohaut	151
	Liite 2. Tekstiaineiston kuvaus	154
	Liite 3. Tekstiaineiston verkkohaut	161
	Liite 4. Haastattelurunko ja haastatellut henkilöt.....	163
	Liite 5. Sana-analyysi.....	166
	Liite 6. Kirjallisuuskatsauksen ulkopuolelle jääneitä kemikaaleihin liittyviä aihealueita.....	170
	Liite 7. Lisätietoa kemikaalien yhteisvaikutuksen arvioimisesta ja niihin liittyvistä kemikaalistrategian toimenpiteistä	172
	Liite 8. Lääkeaineiden riskinarviointi EU:ssa.....	174
	Liite 9. Lisätietoa PFAS-yhdisteiden sekä pysyvien ja kulkeutuvien yhdisteiden sääntelystä	175
	Liite 10. Mini-Report: Utilisation of digital solutions in the development of policy instruments and measures for pollution control.....	182

ESIPUHE

Euroopan komission 11. joulukuuta 2019 julkaiseman vihreän kehityksen ohjelman mukaan myrkyttömän ympäristön luominen edellyttää lisätoimia pilaantumisen estämiseksi sekä toimenpiteitä ympäristön puhdistamiseksi ja tilanteen korjaamiseksi. Euroopan unionin on Euroopan kansalaisten ja ekosysteemien suojelemiseksi parannettava ilman, veden ja maaperän pilaantumisen ja kulutustavaroiden aiheuttaman saastumisen seurantaan, raportointia ja ehkäisemistä sekä korjaavia toimia. Tämän saavuttamiseksi EU:n ja jäsenvaltioiden olisi tarkasteltava järjestelmällisemmin kaikkia politiikkoja ja lainsäädäntöä. Näihin toisiinsa liittyviin haasteisiin vastaamiseksi komissio julkaisi 12. toukokuuta 2021 nollapäästötoimintasuunnitelman ilman, veden ja maaperän suojelemiseksi.

Hankkeessa toteutettiin laaja-alainen selvitys ympäristösuojelun kansainvälisiin, eurooppalaisiin ja kotimaisiin tieteellisiin ja yhteiskunnallisiin kehityssuuntiin ja trendeihin, sekä näiden muutoksiin ja uusiin esiin nouseviin haasteisiin. Työn tarkoituksena oli ennakoida tältä pohjalta ympäristösuojelun lainsäädännön kehitystä kymmenen vuoden aikaperspektiivillä.

Viime vuosina uudet ympäristöhaasteet ovat nousseet poliittiseen keskusteluun kiihtyvässä vauhdissa. Euroopan unioni toimii aktiivisesti kansainvälisissä neuvotteluissa suunnannäyttäjänä, mutta globaalit ympäristöongelmat eivät välttämättä ole nousseet ennakoivasti esille kotimaisessa keskustelussa Suomen erityispiirteistä ja ympäristön tilasta johtuen. Ympäristön tila on edelleen keskeinen haaste kestäväen kehityksen tavoitteiden saavuttamisessa, vaikkakin monilla osa-alueilla on edistytty merkittävästi. Tämän kehityksen on mahdollistanut Euroopan unionissa kehittynyt kattava ympäristölainsäädäntö erityisesti ilman- ja vesiensuojelun osalta. Maaperän suojelun osalta monet jäsenmaat ovat nähneet sääntelytarpeen ensisijaisesti kansallisena kysymyksenä, eikä unionin toimivaltaa ole merkittävässä määrin laajennettu maaperän suojeeluun. Puhdas hengitysilma on lisäksi eräissä jäsenmaissa noussut esiin viime vuosina voimakkaasti kansalaisen perusoikeuksia koskevana kysymyksenä.

Jaakko Kuisma

Neuvotteleva virkamies, ympäristöministeriö, Nollapäästö-hankkeen ohjausryhmän puheenjohtaja

Huhtikuu 2022

1 Johdanto

Ilmansaasteet ovat edelleen suurin yksittäinen ennenaikaisia kuolemia aiheuttava ympäristötekijä. Euroopan ympäristövirasto (2021) on arvioinut, että vuonna 2019 Euroopan unionissa pienhiukkaset aiheuttivat 307 000 ja typpidioksidi 40 400 ennenaikaista kuolemaa.

Synteettisten kemikaalien ja muovien tuotanto maailmassa on 50-kertaistunut vuosien 1950 ja 2015 välillä, ja määrän ennustetaan vielä kolminkertaistuvan vuoteen 2050 mennessä. Hiljattain julkaistussa tutkimuksessa Stockholm Resilience Centerin tutkijat arvioivat, että olemme ylittäneet maapallon kantokyvyn näiden aineiden suhteen – yhteiskunnat eivät ehdi arvioida aineiden aiheuttamia riskejä eivätkä kehittäisi ohjauskeinoja niiden hallintaan. (Persson ym. 2022).

Vaikka tilanne on vakava ihmisten terveyden ja ekosysteemien kannalta, ympäristön saastumista on myös viime vuosikymmeninä pystytty monin tavoin vähentämään. Esi-merkiksi tietyt päästöt ilmaan ja veteen ovat vähentyneet merkittävästi Suomessa (SYKE 2020). Yhteiskunnallisessa keskustelussa saastuminen on kuitenkin usein jäänyt varsin vähälle huomiolle.

EU on määritellyt kunnianhimoisen saasteettomuustavoitteen, jolla pyritään vahvistamaan kokonaisvaltaista päästöjen hillintää Euroopassa ja sitä kautta parantamaan ympäristön tilaa. Euroopan komissio julkaisi toimintaohjelman ”Kohti ilman, veden ja maaperään saasteettomuutta” (KOM (2021) 400) toukokuussa 2021. Ohjelmaa ohjaa visio vuonna 2050 ympäristön tilasta, jossa päästöt ilmaan, veteen ja maaperään ovat pienentyneet tasolle, jolla niillä ei ole enää haitallisia terveys- tai ekosysteemi-vaikutuksia. Päästöt olisivat lisäksi maapallon kantokyvyn rajoissa niin, että saavutettaisiin myrkytön ympäristö.

Tavoitteen saavuttamiseksi on esitetty välitavoitteet vuodelle 2030:

1. vähentää ilmaan johdettavien päästöjen aiheuttamien ennenaikaisten kuolemantapausten määrää vähintään 55 %;
2. vähentää kroonista haittaa aiheuttavalle liikennemelulle altistuvien ihmisten osuutta 30 %;
3. vähentää ilmaan johdettavien päästöjen vaikutuksia ekosysteemille niin, että sellaisten alueiden, joissa päästöt uhkaavat luonnon monimuotoisuutta, määrä pienenee EU:ssa vähintään 25 %;
4. vähentää ravinnehävikkiä, kemiallisten kasvinsuojeluaineiden käyttöä ja riskejä sekä tuotantoeläimille tarkoitettujen ja vesiviljelyssä käytettyjen mikrobilääkkeiden kokonaisyntiä EU:ssa 50 %;

5. vähentää meriin päätyviä muoviroskia 50 % ja ympäristöön päätyviä mikromuoveja 30 %;
6. vähentää jätteen syntymistä merkittävästi ja yhdyskuntajätteen määrää 50 %.

Saasteettomuustoimintaohjelma perustuu saasteettomuushierarkialle, jossa korostuvat ennalta varautumisen periaate ja ympäristövahinkojen torjuminen niiden lähteellä. Pyrkimyksenä on edistää puhtaita ja saasteettomia tuotantoprosesseja ja tuotteiden käyttötapoja sekä saasteettomuuteen tähtäävää kierrätystä, jätehuoltoa ja epäpuhauksien poistamista.

Saasteettomuustoimintaohjelman tiedonantoa täydentää 33 toimenpidettä, jotka on jaoteltu yhdeksän lippulaivatoimenpiteen alle:

1. Vähennetään terveyteen liittyvää eriarvoisuutta pyrkimällä saasteettomuuteen
2. Tuetaan kaupunkien saasteettomuustoimia
3. Edistetään saasteettomuutta kaikilla alueilla
4. Helpotetaan saasteettomia valintoja
5. Varmistetaan saasteettomuus yhdessä
6. Esitellään rakennusten saasteettomuusratkaisuja
7. Käynnistetään eläviä laboratorioita, joiden kohteina ovat vihreät digitaaliset ratkaisut ja älykäs saasteettomuus
8. Minimoidaan EU:n ulkoinen saastejalanjälki
9. Vakiinnutetaan EU:n saasteettomuuden tietokeskukset

Lisäksi ohjelmassa mainitaan, että EU:ssa laaditaan saasteettomuuden seuranta- ja ennakoitikehikko, jonka avulla pyritään saastumisen yhdennettyyn seurantaan ja ennakointiin.

Komission saasteettomuusvisiota voidaan monelta osin pitää varsin kunnianhimoisena, sillä vaikka monien niin sanottujen perinteisten saasteiden pitoisuudet ympäristössä ovat vähentyneet, aiheuttavat ne edelleen merkittäviä terveys- ja ympäristövaiikutuksia. Lisäksi markkinoille tulee jatkuvasti uusia aineita, ja joidenkin tuttujen aineiden haitallisista vaikutuksista on saatu tarkempaa tietoa. Saasteiden ja saasteettomuuspolitiikan trendejä, muuttuvaa toimintaympäristöä ja sääntelytarpeita koskevan ymmärryksen luominen onkin keskeinen ensimmäinen askel kohti saasteettomuusvisiota. Visioon ja jo välitavoitteisiinkin pääseminen vaatii suuria ponnistuksia ja toimintatapojen muutoksia yhteiskunnan eri sektoreilla. Julkisen vallan tehtävä – ja mahdollisuus – on kehittää saasteettomuutta edistäviä ohjauskeinoja sekä niiden yhdistelmiä.

Lisäksi keskeistä on edelleen tehostaa ympäristösääntelyyn toimeenpanoa. Euroopan ympäristövirasto on arvioinut, että jo nykyisen lainsäädännön täysimääräinen toimeenpano veisi Euroopan pitkälle kohti vuoden 2030 tavoitteiden saavuttamista. Täysimääräinen toimeenpano edellyttää mm. rahoituksen lisäämistä, yritysten sitoutumista, paikallisten, alueellisten ja kansallisten viranomaisten parempaa koordinoitua sekä vahvempaa tietopohjaa. Täytäntöönpanon lisäksi Euroopan on puututtava päätöksenteon puutteisiin ja heikkouksiin esimerkiksi kemikaalien suhteen. Ympäristötavoitteiden parempi integrointi eri sektoreiden päätöksentekoon on myös välttämättömyyksiä, samoin kuin politiikan johdonmukaisuuden parantaminen (EEA 2019).

Tässä raportissa tarkastellaan saasteettomuustoimintaohjelmaan liittyviä tulevaisuuden sääntelytarpeita ja -mahdollisuuksia laajasta sääntelynäkökulmasta (Black ym. 2005: 11). Työ kattaa normiohjauksen, taloudellisen ohjauksen, informaatio-ohjauksen sekä muut mahdolliset ohjauskeinot sekä niiden yhdistelmät. Normiohjauksella tarkoitetaan sääntelyä, jossa asetetaan eri toimijoille suoria sitovia velvollisuuksia. Taloudellisella ohjauksella tarkoitetaan ohjauskeinoja, jotka perustuvat saasteettomuuden taloudelliseen kannattavuuteen: joko saasteettomuutta tuetaan taloudellisesti tai sitten päästöjä aiheuttavasta toiminnasta tehdään vähemmän kannattavaa esimerkiksi erilaisten maksujen ja verojen avulla. Näin taloudellinen ohjaus välillisesti kannustaa toimijoita siirtymään saasteettomiin toimintamalleihin. Informaatio-ohjauksella tarkoitetaan toimijoihin vaikuttamista tuottamalla, jakamalla ja välittämällä tietoa.

Raportissa käsitellään sääntelyä paitsi uudenlaisten sääntelytapojen eli sääntelyinnovaatioiden näkökulmasta, myös tarkastelemalla uudelleen sääntelyn kohteita tai -aluita (Lodge 2019, Kautto ja Valve 2019). Sääntelyinnovaatioiden avulla voidaan pyrkiä lisäämään sääntelyn vaikuttavuutta, tehokkuutta ja hyväksyttävyyttä. Ne voivat myös tarjota uusia mahdollisuuksia puuttua erityisesti vaikeasti hallittaviin tai uusiin päästölähteisiin. Sääntelyinnovaatioilla viitataan siis pääasiassa uusiin ratkaisuihin vanhaan tai uuteen ongelmaan. Näin ollen innovaatio on aika- ja paikkasidonnainen: vanha ohjauskeino yhdessä maassa tai kontekstissa voi olla sääntelyinnovaatio toisessa (Fromond ym. 2009).

Tämä selvitys on hankkeen ”Kohti nollapäästöjä ja -pilaantumista – Ympäristöpolitiikan ja -sääntelyn ennakoitu 2030 (NOLLAPÄÄSTÖ)” loppuraportti. Nollapäästöjen sijaan käytämme raportissa komission toimintaohjelman mukaista termiä saasteettomuus. Saasteettomuudella tarkoitamme tilannetta, jossa ympäristöön päätyvät päästöt ovat pienentyneet tasolle, jolla niillä ei ole enää haitallisia terveys- ja ekosysteemi-vaikutuksia. Tiettyjen päästöjen, kuten hormonitoimintaa häiritsevien kemikaalien, osalta tämä tarkoittaa nollapäästöjä, kun taas joidenkin toisten, esimerkiksi ravinteiden, kohdalla pyritään päästöjen rajoittamiseen turvalliselle tasolle. Ympäristösuojelulain 5 §:ssä päästöllä tarkoitetaan ihmisen toiminnasta aiheutuvaa aineen, energian, melun, värinän, säteilyn, valon, lämmön tai hajun päästämistä, johtamista tai jättämistä

yhdestä tai useammasta kohdasta suoraan tai epäsuorasti ilmaan, veteen tai maaperään.

Hankkeen toteutti helmikuusta 2021 maaliskuuhun 2022 tutkimusryhmä, johon kuului asiantuntijoita Suomen ympäristökeskuksesta (koordinaattori) ja Tyrsky-Konsultointi Oy:stä. Lisäksi Stockholm Environment Institute Tallinn toimi alihankkijana.

Hanketta ohjasi ministeriöiden edustajista koostuva ohjausryhmä. Siihen kuuluivat Jaakko Kuisma (pj., ympäristöministeriö), Eleonoora Eilittä (liikenne- ja viestintäministeriö), Juhani Gustafsson (ympäristöministeriö), Mika Honkanen (työ- ja elinkeinoministeriö), Hinni Papponen (ympäristöministeriö), Mikko Paunio (sosiaali- ja terveysministeriö), Vesa Pekkola (sosiaali- ja terveysministeriö), Birgitta Vainio-Mattila (maa- ja metsätalousministeriö) ja Jukka Uosukainen (valtioneuvoston kanslia).

Hankkeen tavoitteena oli selvittää, miten saasteettomuuteen liittyvän ympäristöpolitiikan ja -sääntelyn voidaan ennakoida kehittyvän seuraavan kymmenen vuoden aikana kansainvälisesti, Euroopan unionissa ja Suomessa. Aihetta lähestyttiin seuraavien tutkimuskysymysten avulla:

- Millaisia nousevia näkökulmia ja sääntelytarpeita voidaan tunnistaa liittyen ilmaan, veteen ja maaperään kohdistuvan pilaantumisen ehkäisemiseen (ml. uudenlaiset ja vaikeasti hallittavat päästöjen lähteet), nouseviin ympäristöriskeihin sekä päästöjen ja pilaantumisen seurantaan?
- Millaisia uusia sääntelyehdotuksia tai -innovaatioita EU:n saasteettomuustoimintaohjelma ja siihen läheisesti kytkeytyvät politiikkaprosessit voivat nostaa? Millaisia sääntelyinnovaatioita päästöihin, pilaantumiseen ja riskeihin liittyen on tunnistettu ja toteutettu muissa maissa?
- Miten yhteiskunnan eri toimijat ymmärtävät ja näkevät ympäristönsuojelusääntelyn tarpeellisuuden ja hyväksyttävyyden saastumisen ehkäisemisessä?

2 Aineisto ja menetelmät

2.1 Tulevaisuusdialogin silmukkamalli ennakoinnin kehyksenä

Ennakoinnilla pyritään hahmottamaan mahdollisia tulevaisuuksia ja niiden seurauksia. Ennakointi auttaa sekä varautumaan että vaikuttamaan eri tulevaisuuspolkuihin. Eri-tyisen tärkeää ennakointi on kriisi- ja murrosvaiheissa, joihin liittyy suuria epävarmuuksia.

Ennakointityön kehyksenä hankkeessa on sovellettu Dufvan & Ahlqvistin (2015, ks. myös Köhler ym. 2015) esittämää tulevaisuusdialogin silmukkamallia ja erityisesti sen ensimmäistä ulottuvuutta eli tulevaisuustyön kytkeytymistä politiikan sykliin. Silmukkamallissa erotellaan ennakoinnin kannalta keskeiset vaiheet eli seuranta, analyysi, keskustelu ja toimenpiteet (Kuva 1). Hankkeen pääpaino oli seurannassa ja analyysissa.

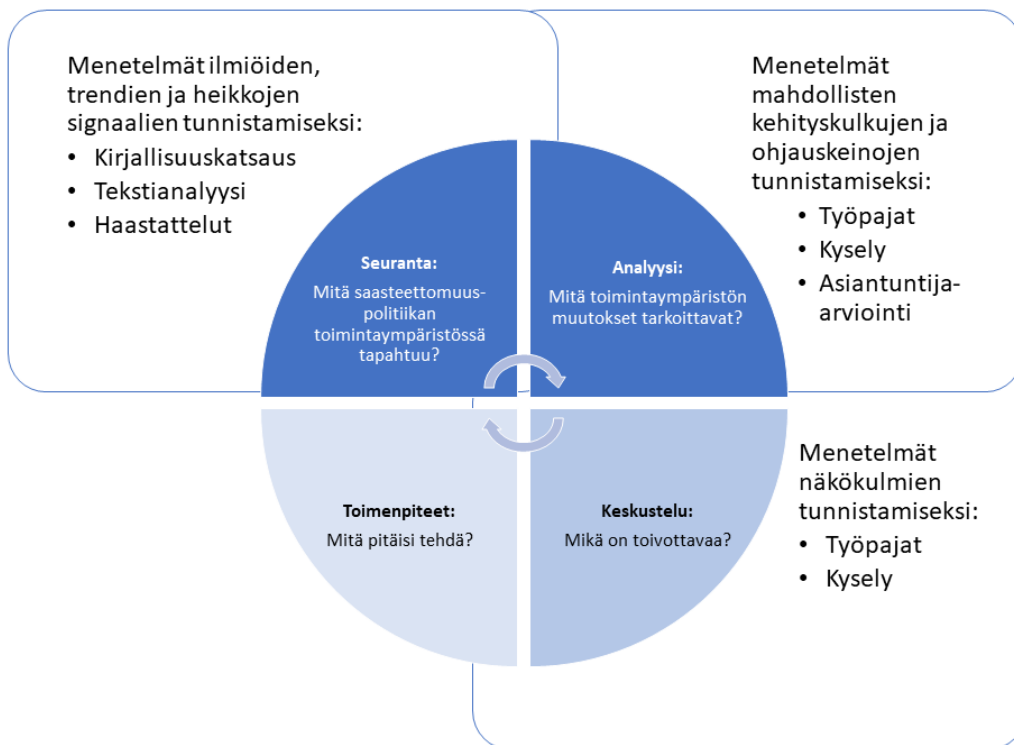
Ennakoinnin ensimmäisessä vaiheessa eli seurannassa tunnistimme ja analysoimme saasteettomuuspolitiikkaan vaikuttavia ilmiöitä, trendejä (eli tällä hetkellä näkyviä kehityskulkuja) ja heikompia signaaleja kirjallisuuskatsauksen (ks. 2.2), tekstianalyysin (2.3, 2.7) ja haastatteluiden (2.4) avulla. Megatrendejä koskevan kirjallisuuden ja yhteiskunnallisen keskustelun ohella seurantavaiheessa oli keskeistä kartoittaa uusia ja yllättäviäkin saasteettomuuspolitiikkaan liittyviä näkökulmia ja avauksia useaa eri tieteenalaa edustavien tutkijoiden yhteistyönä ja monipuolista aineistoa hyödyntämällä.

Analyysivaiheessa korostuu seurantavaiheen tuottaman tiedon tulkinta ja yhdistäminen joko tulevaisuuskuvien (skenaariot) kuvaamiseen, toimenpiteiden ideointiin tai ilmiöiden vuorovaikutussuhteiden tunnistamiseen liittyen. Tässä hankkeessa pääpaino oli saasteettomuuspolitiikan mahdollisten kehityskulkujen ja niihin liittyvien (innovatiivisten) ohjauskeinojen tunnistamisessa ja havainnollistamisessa. Järjestimme yhteistä seurannan tulosten tulkintaa niin sidosryhmien, hankkeen ohjausryhmän kuin hankkeen tutkijoiden kesken (työpajat 2.5). Analyysivaiheeseen aineistoa toi myös kysely (2.6).

Syklin kolmas vaihe eli keskustelu keskittyi tässä hankkeessa erityisesti kartoittamaan eri toimijoiden näkökulmia saasteettomuuspolitiikkaan ja innovatiivisiin ohjauskeinoihin, mutta hankkeen aikana ei käyty keskustelua priorisoinnista tai arvovalintojen merkityksestä. Neljäs vaihe, konkreettisista toimenpiteistä keskusteleminen ja sopiminen, ei ollut mahdollista hankkeen lyhyen keston aikana. Vaikka yllä esitellyt vaiheet on esitetty toisiaan seuraavina, tapahtuivat ne hankkeen aikana osittain päällekkäin.

Saasteettomuuspolitiikan ennakoinnissa on kysymys hyvin laajan ja monimutkaisen kokonaisuuden sisäisten ja ulkoisten kytkösten ja murrosten – nykyisten ja tulevien – ymmärtämisestä. Yleisesti voidaan sanoa, että mitä kompleksisempi ilmiö on ennakoinnin kohteena, sitä alttiimpi se on useille epävarmuustekijöille (Dufva & Ahlqvist 2015). Toinen ennakointiin keskeisesti vaikuttava tekijä on aikajänne. Lyhyen aikavälin ennakoinnissa voidaan keskittyä jo näköpiirissä olevien politiikkaprosessien tarkempaan analysointiin, toimenpiteisiin ja vaihtoehtojen punnintaan. Pidemmän aikavälin ennakoinnin tavoitteena taas usein on luoda pohjaa tulevaisuuden vaihtoehtojen ymmärrykselle ja strategisten päätösten tekemiselle. Tässä hankkeessa ennakoinnilla kartoitettiin sekä saasteettomuuspolitiikan lyhyen (0–10 vuotta) että pidemmän ajanjakson (10–30 vuotta) mahdollisia kehityskulkuja.

Kuva 1. Työssä sovelletun tulevaisuusdialogin seuranta-, analyysi- ja keskusteluvaiheen menetelmät.



2.2 Kirjallisuuskatsaus

Kirjallisuuskatsauksen tarkoituksena oli kerätä tietoa saasteettomuuteen liittyvistä politiikkatoimista avoimella, läpinäkyvällä ja toistettavalla tavalla. Kirjallisuuskatsaus pyrki vastaamaan seuraaviin kysymyksiin:

- Mitkä ovat saasteettomuustoimintaohjelman ja siihen liittyvien politiikka-prosessien tärkeimmät näkökulmat ja todennäköiset kehitysaskleet?
- Mikä on ajankohtaisin tieteellinen käsitys valituista nousevista ympäristöriskeistä ja niiden seurannasta sekä millaista sääntelyä niille on esitetty?
- Millaisia sääntelyinnovaatioita kirjallisuudessa on esitetty erityisesti päästöjen ja pilaantumisen sääntelyyn liittyen?

Kirjallisuuskatsauksessa sovellettiin systemaattisen kirjallisuuskatsauksen menetelmää mahdollisimman kattavan, neutraalin läpinäkyvän ja tarvittaessa toistettavan katsauksen aikaansaamiseksi (Bilotta ym. 2014). Kirjallisuuskatsaus eteni vaiheissa, joita olivat kysymysten muotoilu; tiedonkeruusuunnitelman tekeminen; kirjallisuuden hakeminen ja valinta; laadullisen ja määrällisen aineiston kokoaminen; sekä synteessin yhteiskirjoittaminen ja -tulkitseminen.

Kirjallisuuskatsauksessa käytettiin hyödyksi SYKEN asiantuntijoita eri aloilta (teolliset päästöt, maaperä, päästöt ilmaan, haitalliset aineet, mikromuovit) osuvimpien tulosten löytämiseksi. Asiantuntijat tunnistivat aiheensa kannalta tärkeimmät tietokannat ja hakusanat sekä seuloivat hakutulokset tutkimuskysymysten näkökulmasta otsikon ja tekstin tiivistelmän perusteella. Tämän jälkeen hankkeen ydinryhmä luki artikkelit ja poimi niistä tutkimuskysymysten kannalta relevantit seikat. Kirjallisuuskatsauksen materiaalin pohjalta laadittu synteesi esitetään luvussa 3. Katsauksen tuloksia hyödynnettiin myös hankkeen kahdessa työpajassa sekä kyselyn laatimisessa.

Julkaisujen haku rajattiin vuoden 2015 jälkeen julkaistuihin artikkeleihin ja open access -artikkeleihin. Sääntelyinnovaatioita koskevia tekstejä haettiin vuodesta 2010 asti. Päästöihin ilmaan, teollisuuden päästöihin, maaperän suojeleluun ja sääntelyinnovaatioihin liittyviä artikkeleita luettiin yhteensä 239 kpl, joista 135:sta täytettiin analyysilomake (ks. liite 1). Haitallisten aineiden yhteisvaikutuksia koskeva aineisto perustuu asiantuntijan olemassa olevaan lähdekirjallisuuteen, Web of Science -tietokantahaakuun kohteena tieteelliset artikkelit ja Google-avainsanahakuun kohteena harmaa kirjallisuus sekä muu lähdeaineisto (konferenssi- ym. esitysaineisto). Vesipuitedirektiivin haitallisia aineita ja nousevia kemikaaleihin liittyviä ympäristöriskejä koskevat alaluvut (lääkeaineet, PFAS-yhdisteet, pysyvät ja orgaaniset yhdisteet) perustuvat ajankohtaiseen asiantuntijan muissa työtehtävissään tunnistamaan kirjallisuuteen, kohdennettuina hakuina etsittyyn uuteen aineistoon, komission uusimpiin selvityksiin ja niiden

pohjana olevaan kirjallisuuteen sekä tutkimus- ja asiantuntijatyössä karttuneeseen kokemukseen EU-, HELCOM- ja pohjoismaisessa työssä.

Hakua päästöistä ilmaan täydennettiin kolmella suomenkielisellä julkaisulla. Teollisuuden päästöjä koskevia artikkeleita täydennettiin asiantuntijoiden valikoiduilla artikkeleilla (OECD:n julkaisut, päästökauppa, HAZBREF-projekti). Myös sääntelyinnovaatioita koskevia artikkeleita täydennettiin asiantuntijoiden valikoiduilla artikkeleilla teemasta.

Hakuihin perustuvan kirjallisuuskatsauksen lisäksi tietoaukkoja täydennettiin eri keinoilla. Mikromuovipäästöihin keskittyvä teksti perustuu SYKEN asiantuntijoiden haastatteluihin ja heidän ehdottamaansa kirjalliseen aineistoon. Aiheesta haastateltiin Päivi Fjäderiä (kulutuksen- ja tuotannon keskus), Salla Selosta (laboratoriokeskus) ja Markus Sillanpäättä (laboratoriokeskus).

2.3 Tekstianalyysi

Tekstianalyysin tavoitteena oli tunnistaa eurooppalaisesta keskustelusta avauksia, aloitteita ja aiheita, jotka voivat vaikuttaa saasteettomuustoimintaohjelmaan ja muuhun päästöjä ja pilaantumista koskevaan sääntelyyn EU-tasolla ja jäsenmaissa. Erityisesti pyrittiin tunnistamaan, mitä uusia päästöjä ja lähteitä pidetään tärkeinä, millaisia uusia ohjauskeinoja esitetään ratkaisuksi ja miten eri tahot suhtautuvat keskustelussa esitettyyn sääntelyyn.

Analyysiä varten verkosta haettiin Google-hakukoneella saasteettomuustoimintaohjelmaa tai sen kattamia aiheita käsitteleviä tekstejä. Tekstillä tarkoitetaan tässä mitä tahansa kirjallista aineistoa, kuten politiikkapapereita, artikkeleita, lehdistötiedotteita ja blogikirjoituksia. Tekstit saattoivat myös olla peräisin monenlaisilta tahoilta ja alueilta. Haun vaiheet ja käytetyt hakutermit on kuvattu liitteessä 3.

Tekstit käsitelivät saasteita ja niiden vähentämistä EU- tai kansallisella tasolla tai yleisemmin. Tavoitteena oli, että tekstit olisivat aiheen kannalta olennaisia, tuoreita ja edustavia. Analyysiä varten luotiin kirjauskehikko Excel-asiakirjaan. Aineistoon kertyneet tekstit lajiteltiin olennaisuuden perusteella. Koko aineiston 173 tekstistä analysoitaviksi valittiin lopulta 116.

Teksteistä analysoitiin mm. se, mitä päästöjä, päästölähteitä tai päästöjen kohteita teksti käsittelee. Teksteistä tunnistettiin käsitelty sektori ja vaikutuksien kohteita. Lisäksi analysoitiin, mitä ohjauskeinoja tekstissä mainittiin. Tekstiaineisto on kuvattu liitteessä 2.

2.4 Haastattelut

Haastatteluiden avulla pyrittiin täydentämään tekstianalyysin tuloksia. Erityisesti tunnistamaan innovatiivisia ohjauskeinoja, nousevia näkökulmia ja sääntelyavauksia, jotka eivät alhaisen kypsyysasteensa takia välttämättä vielä heijastuneet teksteissä.

Mahdollisten haastateltavien listaan koottiin asiantuntijoita, jotka pystyvät arvioimaan saastumisen torjuntaa tai jotakin sen osa-alueista tulevaisuudessa. Ensisijaisesti haettiin asiantuntijoita Suomen ulkopuolelta. Mukaan otettiin yliopistojen, tutkimuslaitosten ja ajatuspajojen sekä riippumattomien viranomaistahojen edustajia, mutta ei asiantuntijoita esimerkiksi valtionhallinnosta.

Yhteensä haastateltiin 20 henkilöä (lista liitteessä 4). Jos asiantuntijat edustivat samaa organisaatiota, haastattelu voitiin tehdä yhteishaastatteluna. Haastattelut toteutettiin etäyhteydellä, ja ne nauhoitettiin hankkeen sisäiseen käyttöön. Lisäksi haastatteluista laadittiin kirjalliset muistiinpanot.

Haastattelut toteutettiin puolistrukturoituina teemahaastatteluina. Haastatteluissa kysyttiin mm. haastateltavan näkemyksiä siitä, miten saasteiden hallintaa tulisi parantaa, mitä uusia saasteita tulisi ottaa paremmin huomioon tulevaisuudessa ja millaisia uudenlaisia ohjauskeinoja saasteiden hallintaan on tunnistettavissa tällä hetkellä. Haastattelurunko on liitteessä 4.

2.5 Työpajat

Hankkeessa järjestettiin asiantuntijoille kaksi etätyöpajaa, joiden tavoitteena oli testata hankkeen alustavia tuloksia, ideoida ja kerätä tietoa eri sidosryhmien näkökulmista.

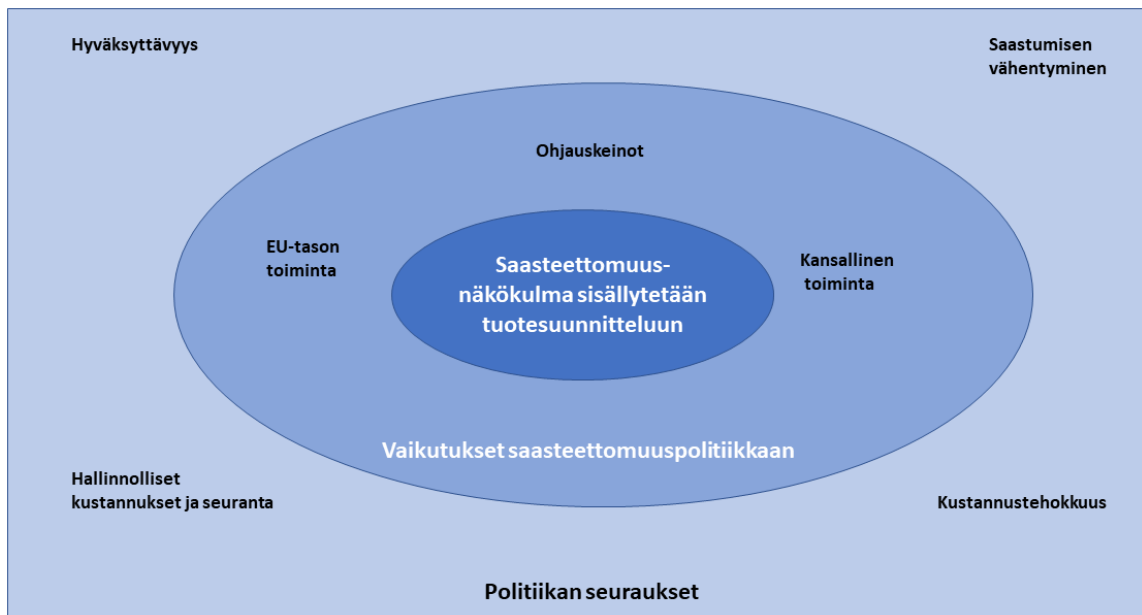
Toimintaympäristön ennakoitiin pureutunut työpaja järjestettiin 6.10.2021. Työpajassa oli yhteensä 23 osanottajaa, joista 17 oli kutsuttuja asiantuntijoita ja 6 hankkeen edustajia. Osanottajien joukossa oli hallinnon, yliopistojen, teollisuuden ja etujärjestöjen edustajia. Työpajassa käsiteltiin saasteettomuustavoitteeseen liittyviä signaaleja ja trendejä, joiden perusteella ideoitiin tarvittavia politiikkatoimia.

Mahdollisten ohjauskeinojen arviointityöpaja pidettiin 16.11.2021. Työpajassa oli yhteensä 23 osanottajaa, joista 16 oli kutsuttuja asiantuntijoita ja 7 hankkeen edustajia. Osanottajien joukossa oli hallinnon, yliopistojen ja tutkimuslaitosten, etujärjestöjen ja kuluttajien edustajia. Työpajassa arvioitiin hankkeen alustavien tulosten perusteella

laadittua mahdollisten ohjauskeinojen listaa vaikuttavuuden, kustannustehokkuuden, hyväksyttävyyden ja ennakoitavuuden näkökulmasta.

Lisäksi hankkeen loppupuolella järjestettiin 1.3. ja 4.3. kaksi hankkeen tutkijoiden ja ohjausryhmän välistä etätyöpajaa, joissa keskusteltiin hankkeen tunnistamista kahdeksasta mahdollisesta rinnakkaisesta kehityskulusta. Työpajoissa keskusteltiin kustakin kehityskulusta ja koostettiin ohjausryhmän tulkintoja niiden vaikutuksista ja merkityksestä Suomelle lyhyellä (0–10 v) ja keskipitkällä (10–30 v) aikavälillä. Työpajoissa sovellettiin tulevaisuuspyörämenetelmää (Nurmi, 2004), jonka avulla eri kehityskulkujen vaikutuksia saasteettomuuspolitiikkaan ja saasteettomuuspolitiikan vaikutusten eri osa-alueita voitiin tarkastella systemaattisesti. Työkaluna käytettiin verkko-työskentelyyn tarkoitettua Miro-alustaa. Kuvassa 2 on esimerkki yhden kehityskulun tarkastelukehikosta.

Kuva 2. Esimerkki kehityskulkujen tarkastelukehikosta, jota sovellettiin tutkijoiden ja ohjausryhmän välisissä työpajoissa



2.6 Kysely

Hankkeessa laadittiin kysely saastumisen ehkäisyyn liittyvistä ohjauskeinoista ja lainsäädännöstä. Kysely toteutettiin Webropolissa loka–marraskuussa 2021, ja kyselyn vastauslinkki lähetettiin noin 70:lle sidosryhmien edustajalle. Vastauksia saatiin yhteensä 27 vastaajalta, jotka edustivat tutkimuslaitoksia tai muita asiantuntijaorganisaatioita (12), yrityksiä (9), etujärjestöjä (4) ja kansalaisjärjestöjä (2).

Kyselyssä oli kaksi osiota, joista ensimmäisessä kartoitettiin näkemyksiä nykyisestä kansallisesta ja EU-lainsäädännöstä, ohjauskeinoista ja niiden kehittämisestä. Toisessa osiossa keskityttiin selvittämään vastaajien näkemyksiä uusista innovatiivisista ohjauskeinoista saastumisen ehkäisyyn.

Kyselyn vastausprosentti jäi melko alhaiseksi, minkä takia vastausten jakaumasta ei voida vetää yleisiä johtopäätöksiä eri tahojen edustajien näkemyksistä. Sen sijaan hankkeessa hyödynnettiin avoimista vastauksista kertynyttä laadullista aineistoa, jonka havaintoja on nostettu esiin etenkin luvussa 5.

2.7 Miniselvitykset

Raportissa käytettiin aineistona myös Tukholman ympäristöinstituutin Tallinnan toimiston (SEI Tallinn) kirjoittamaa lyhyttä selvitystä digitaalisten ratkaisujen hyödyntämisestä saasteettomuudessa (liite 10). Minipaperissa luodaan lyhyt katsaus erilaisiin esimerkkeihin käytössä olevista digitaalisista ratkaisuista saasteiden hallintaan eri hankkeiden kautta.

3 Nykytilanne ja tulevaisuuden näkymät kirjallisuuden mukaan

Kirjallisuuskatsauksen tavoitteena on antaa mahdollisimman neutraali ja kattava kuva saasteettomuuden politiikkaprosesseihin liittyvistä tärkeimmistä näkökulmista sekä mahdollisista kehitysaskelista. Katsauksessa käytiin läpi viimeaikaista kirjallisuutta koskien innovatiivisia ohjauskeinoja yleisesti, teollisuuden päästöjä, päästöjä ilmaan, veteen ja maaperään sekä niin sanottuja uusia ja huonosti tunnettuja ympäristöriskejä.

Katsauksessa esitellään ensin teollisuuden päästöt, koska niiden hallintaan sovelletaan pääosin yhteistä sääntelykehikkoa riippumatta päästöjen mahdollisesta kohteesta. Tämän jälkeen käsitellään päästöjä ilmaan, maaperään ja veteen etenkin kohteen mukaan määräytyvän sääntelykehikon mukaisesti. Tämän jälkeen tarkastellaan haitallisia aineita ja kemikaaleja. Viimeisenä käsitellään yleisesti innovatiivisia ohjauskeinoja ja niiden asemaa päästöjen hallinnassa. Osaa katsauksen tuloksista täsmennetään raportin liitteissä 6–9.

3.1 Teollisuuden päästöt

3.1.1 Tausta

Teollisuus on merkittävä päästöjen lähde. Teollisuuspäästädirektiivi (2010/75/EU) on pääasiallinen instrumentti, jolla teollisuuden päästöjä säädelään EU:ssa. Direktiivin tavoitteena on suojella ympäristöä ja terveyttä sekä säädellä teollisuuslaitosten ympäristövaikutuksia ympäristöluvituksen kautta. Teollisuuspäästädirektiivin BAT-vertailuasiakirjat (Best Available Techniques Reference documents, BREFs) määrittelevät parhaan käyttökelpoisen tekniikan (Best Available Techniques, BAT) eri teollisuudenaloille. Suomessa teollisuuspäästädirektiivi on toimeenpantu ympäristönsuojelulailla (YSL, 527/2014). Teollisuuspäästädirektiivin lisäksi teollista toimintaa ja kemikaalien käyttöä säädelään mm. EU:n Seveso-direktiivillä (2021/18/EU), päästökattodirektiivillä (2016/2284/EU), REACH-asetuksella (2006/1907/EU), POP-asetuksella (2019/1021/EU) ja kansallisella kemikaalilla (599/2013). Kemikaalilainsäädäntöä on käsitelty mm. luvuissa 3.4 ja 3.5.

3.1.2 Päästöt ja niiden tarkkailu

Teollisuudessa käytetään tuhansia eri aineita, joista voi aiheutua päästöjä ympäristöön. Tiettyjen aineiden, kuten metallien, rikkidioksidin ja ravinteiden, päästöjä on tarkkailtu ja säännelty jo pitkään. Useiden aineiden, kuten raskasmetallien, päästöjä teollisuudesta on onnistuttu vähentämään (EEA 2018d). Teollisuudessa käytetään kuitenkin myös aineita, joiden päästöistä ei ole juurikaan tietoa. Monien tunnettujenkin haitallisten aineiden päästöjä tulisi vielä vähentää, jotta voitaisiin hallita kemikaalien aiheuttamia riskejä paremmin. Päästövähennyksiä tarvitaan myös saavuttamaan ja ylläpitämään vesipuitteidirektiivissä tavoiteltu pintavesien hyvä ekologinen ja kemiallinen tila sekä pohjaveden hyvä kemiallinen tila.

3.1.3 Nykytila

BAT-vertailuasiakirjat muotoillaan kullekin teollisuuden alalle niin sanotussa BREF-prosessissa, jossa ovat mukana EU:n jäsenmaiden edustajat, teollisuuden edunvalvontaorganisaatiot ja kansalaisjärjestöt. Prosessissa kerätään tietoa päästötasoista koko EU:n laajuisesti, ja BAT-päästötasot perustuvat teollisuuslaitosten päästöihin. Tarkoituksena on asettaa BAT-päästötasot mahdollisimman alhaisiksi, mutta kuitenkin sellaisiksi, että laitosten on mahdollista saavuttaa ne käyttämällä parasta saatavilla olevaa tekniikkaa.

Teollisuuspäästädirektiivissä pyritään edistämään uusien vähäpäästöisten tekniikoiden käyttöönottoa mm. sisällyttämällä BAT-vertailuasiakirjoihin kuvauksia uusista tekniikoista ja mahdollistamalla väliaikaisesti korkeammat päästötasot laitoksille, jotka kokeilevat uusien tekniikoiden toimivuutta. Käytännössä tämä mekanismi uusien tekniikoiden käyttöönotossa ei ole toiminut hyvin (SWD (2020) 181 final). Direktiivin toimivuusarvioinnissa on myös todettu, että BREF-prosessi on ”taaksepäin katsova” eikä ole onnistunut stimuloimaan innovatiivisten tekniikoiden käyttöönottoa (Ricardo 2020).

Saasteettomuustoimintaohjelman mukaan ”teollisuuden päästöistä annettu direktiivi on tärkein väline, jolla säännellään ilmaan, veteen ja maaperään pääseviä pilaavia aineita, jotka ovat peräisin yli 52 000:sta EU:n suurimpiin kuuluvasta teollisuuslaitoksesta”. Saasteettomuustoimintaohjelma nostaa esiin uudet teknologiat ja tuotantoprosessit päästöjen vähennyskeinona. Teknologiset keinot päästöjen vähentäjänä nousevat esiin myös kirjallisuuskatsauksesta. Uusien teknologioiden tukeminen ja innovaatio-ohjelmat nähdään keskeisiksi päästövähennyskeinoiksi (Qu ym. 2017; Feng & Chen 2018; Bataille 2019; Fang ym. 2019; Hu ym. 2019; Lee & Woo 2020). Teknologisen kehityksen tukemiseksi tarvitaan kuitenkin lainsäädäntöä (Fang ym. 2019; Hu

ym. 2019) ja tukea hallinnolta (Qu ym. 2017). Ohjelmassa mainitaan uusien innovatiivisten keinojen käyttöä päästöjen valvonnassa (mm. kaukokartoitus, tekoäly, koneoppiminen). Myös Koreassa uutta teknologiaa, kuten droneja ja tekoälyä, aiotaan hyödyntää päästöjen valvonnassa (Lee & Woo 2020).

Saasteettomuustoimintaohjelmassa nostetaan esiin myös teolliset symbioosit ja kiertotalouden toimintaketjut. Saasteettomuustavoitteen saavuttamiseksi on otettava huomioon tuotteen koko arvoketju. Tiedon kemikaalisällöstä tulisi kulkea kemikaalin valmistajalta sen käyttäjälle, valmiin tuotteen käyttäjälle ja lopulta jätteenkäsittelijälle (Huybrechts ym. 2018, Dahlbo ym. 2021).

Saasteettomuustoimintaohjelma nostaa esiin taloudellisten ohjauskeinojen (maksut ja kannustimet) edistämisen. Myös kirjallisuudessa on esitetty verojen (Fang ym. 2019), tullimaksujen (Kang & Lee 2021) ja sakkomaksujen (Baumann & Friehe 2017; Romero ym. 2018) määräämistä saastuttavalle tuotannolle. Toinen lähestymistapa on tukea vähäpäästöistä tuotantoa (Qu ym. 2017; Bataille 2019). On esitetty, että vähäpäästöistä tuotantoa voitaisiin tukea taloudellisin keinoin lainsäädännön tai sopimusten avulla (Bataille 2019, Vogl ym. 2020), esimerkiksi poistamalla tuet fossiililta polttoaineilta (Kang & Lee 2021) tai asettamalla hinta veden käytölle (Esteban & Albiac 2012). Bataille esittää, että julkinen sektori voisi keskittää hankintansa vähäpäästöisille toimijoille. Myös Alhola ym. (2019) korostavat julkisten toimijoiden merkitystä vähähiilisten ja kiertotaloutta edistävien palveluiden ja tuotteiden hankkijoina. Myös päästökauppa ja sen erilaiset sovellukset mainitaan useassa artikkelissa (Stephenson & Shabman 2016; Brolund & Lundmark 2017; Molinos-Senante ym. 2017; Endres ym. 2020).

Saasteettomuustavoitteen saavuttaminen edellyttää useiden eri lainsäädäntöjen yhteensovittamista. Vaikka teollisuuspäästädirektiivi on keskeinen instrumentti teollisuuslaitosten päästöjen sääntelyssä, myös REACH-asetuksen merkitys on iso. Olisi myös tärkeää, että vesipuitedirektiivin (2000/60/EY) ja POP-asetuksen vaatimukset huomioitaisiin BREF-prosessissa (Suhr ym. 2020). Myös Seveso-direktiivin keskeinen rooli on tunnistettu saasteettomuustoimintaohjelmassa. Pacheco-Vega (2020) peräänkuuluttaa eri lainsäädäntöjen välistä yhteistyötä saastumisen hallitsemiseksi. Yamineva & Liu (2019) korostavat, että päästöjen vähentämiseksi tarvitaan tiiviimpää yhteistyötä myös eri instituutioiden, tieteentekijöiden ja lainsäätäjien välillä.

3.1.4 Tulevaisuuden näkymät

EU-komissio valmistele teollisuuspäästädirektiivin päivitystä. Direktiivistä tehdyn arvioinnin mukaan sen vaikutus ilmastopäästöjen vähentämiseen ja kiertotalouden tuke-

miseen on ollut pieni. Myös uusien tekniikoiden käyttöönoton edistäminen on ollut tehotonta. Ilmastopäästöjen vähentäminen, resurssitehokkuuden parantaminen, innovatiivisten tekniikoiden käyttöönotto ja vaarallisia aineita koskevien lainsäädäntöjen parempi yhteensovittaminen ovat asioita, joita teollisuuspäästädirektiivin uudistusprosessissa on keskeisesti nostettu esille. Direktiivin arvioinnissa todettiin, että nykyisellään direktiivi ei tue haitallisten aineiden korvaamista haitattomammilla, vaikka onkin onnistunut vähentämään tiettyjen kemikaalien päästöjä. Arvioinnin mukaan direktiivi on kuitenkin onnistunut päästöjen vähentämisessä ilmaan ja pienemmässä määrin myös vesiin. (Ricardo 2021; Grebot ym. 2020).

Ilmastotoimien parempi tukeminen uusien teollisuuspäästädirektiivin vaatimusten kautta on yksi keskeinen osa direktiivin uudistamistavoitteista. Vuodelle 2030 asetettujen ilmastopäästöjen vähentämistavoitteiden saavuttaminen edellyttää kohdennettua ponnistusta kaikkialla EU:ssa, ja pitkän aikavälin tavoitteiden saavuttaminen vielä (ilmastoneutraalius vuoteen 2050 mennessä) vaatii nopeampia vähennyksiä kuin tällä hetkellä ennustetaan saavutettavan. Ilmastopäästöjen vähentämisen kannalta keskeinen kysymys on, kuinka luoda synergiaa teollisuuspäästädirektiivin ja päästökauppajärjestelmän välille. Uudistuksen tavoitteena on edistää ilmastopäästöjä vähentävien BAT-tekniikoiden käyttöönottoa ja tasapuolisia toimintaedellytyksiä. Uudistustyössä käsitellään erilaisten päästöjen vähentämiseen tähtäävien tekniikoiden synergioita, tunnistetaan hiilettömiä tekniikoita ja arvioidaan mahdollisuuksia asettaa energiatehokkuusstandardeja tai BAT-päästötasoja ilmastopäästöille.

Teollisuuspäästädirektiivin päivityksen yhteydessä on ollut esillä soveltamisalan laajennus. Keskusteluissa esiin ovat nousseet mm. kaivokset, akkuteollisuus, laivanrakennus ja -purkaminen sekä nautakarjan tehotuotanto. Todennäköisesti myös direktiivin soveltamisalaan kuuluvien laitosten kynnysarvoja tullaan arvioimaan uudelleen (Ricardo 2021).

EU:n kestävyyttä edistävän kemikaalistrategian (KOM (2020) 667) yksi tavoite on luopua hormonitoimintaa häiritsevien aineiden ja hitaasti hajoavien kemikaalien käytöstä taloudessa ja yhteiskunnassa. Tämän tavoitteen saavuttaminen edellyttää kemikaalien nykyistä kattavampaa huomiointia myös BAT-vertailuasiakirjoissa. Toiminnanharjoittajan tekemää riskinarviointia suosittelevat Knol-Kauffman ym. (2021).

HAZBREF-projektin tulosten perusteella on selvää, että BREF-prosessin tulisi tulevaisuudessa huomioida haitalliset aineet kattavammin, jotta niiden päästöjä voitaisiin rajoittaa. Keskeinen ongelma on tiedon puute, jonka paikkaamiseksi ehdotetaan mm. kemikaalien hallinnan parantamista ja tiedon keruun tehostamista (Suhr ym. 2021). Projektin suositusten mukaan BREF-prosessissa tulisi hyödyntää kemikaalitietoa, jota kerätään esim. REACH-asetuksen puitteissa. Euroopan kemikaalivirasto ECHA ja IPPC-toimisto ovatkin alkaneet tehdä yhteistyötä BREF-prosessien valmistelussa.

Lainsäädännön ohella kirjallisuudessa nostetaan esiin erilaisten sopimusten rooli päästöjen vähentämisessä. Burke & Fishel (2020) ehdottavat globaalia sopimusta, jolla lopetettaisiin fossiilisen hiilen louhinta ja polttaminen, esikuvanaan valtioiden välinen Montrealin sopimus. Erilaiset sopimukset voisivatkin kannustaa teollisuuslaitoksia suurempiin päästövähennyksiin kuin mitä lainsäädäntö edellyttää. Esimerkiksi vapaaehtoisen EMAS-järjestelmän (the Eco-Management and Audit Scheme) käyttöönotto on lisännyt yritysten innovatiivisuutta Montobbion & Soliton (2018) mukaan.

YHTEENVETO

Lyhyellä aikavälillä teollisuuspäästädirektiivin soveltamisalan laajentaminen, kemikaalien hallinnan parantaminen BAT-vertailuasiakirjoissa, innovatiivisten teknikoiden käyttöönoton tehostaminen ja ilmastotoimien parempi tukeminen uudistetun teollisuuspäästädirektiivin myötä ovat todennäköisiä.

Pitkällä aikavälillä teollisten päästöjen sääntely tavoittelee haitallisimpien kemikaalien käytön lopettamista, arvoketjutarkastelua BAT-tekniikoille, uuden teknologian käyttöä teollisuuslaitosten tarkkailussa ja valvonnassa sekä lainsäädäntöjen yhteensovittamista ja toimijoiden välistä yhteistyötä (esim. REACH ja teollisuuspäästädirektiivi).

3.2 Ilma

3.2.1 Tausta

Ilmansaasteet ovat merkittävä ympäristö- ja terveysongelma. Maailman terveysjärjestö WHO:n arvion mukaan ilmansaasteet aiheuttavat jopa seitsemän miljoonan ihmisen ennenaikaisen kuoleman vuosittain. Ilmassa leijuvien pienten partikkelien (PM_{2,5}) arvioitiin aiheuttavan jopa yli 300 000 ennen aikaista kuolemaa EU-alueella vuonna 2018 (OECD 2020) ja 2019 (EEA 2021). Vastaavasti typpidioksidin arvioitiin aiheuttavan yli 40 000 ja otsonin yli 16 000 ennen aikaista kuolemaa vuonna 2019 (EEA 2021).

3.2.2 Päästöt ja niiden tarkkailu

Ilmansaasteiksi luetaan useita eri yhdisteitä, kuten typen oksidit (NO_x), rikkidioksidi (SO_2), otsoni (O_3), PAH-yhdisteet ja pienhiukkaset, jotka lajitellaan eri luokkiin koon mukaan (kuten PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$). Ilmansaasteiden päästölähteitä ovat mm. liikenne, teollisuus, energiantuotanto, puun pienpoltto, jätteenkäsittely ja maatalous (OECD 2020). Osalle ilmansaasteista ominaista on kulkeutuminen kauas päästölähteistä, minkä takia ongelman ratkaisuun tarvitaan alueellisia ja globaaleja toimia. Musta hiili eli nokipöly on noussut huolestuttavien ilmansaasteiden joukkoon, koska se aiheuttaa terveyshaittoja ja voimistaa ilmaston lämpenemistä. Mustan hiilen päästölähteitä ovat kotitalouksien pienpoltto, liikenne, teollisuus ja energiantuotanto (Hildén ym. 2017).

Kansainvälinen YK:n Euroopan talouskomission (UNECE) sopimus päästöjen rajoittamiseksi solmittiin vuonna 1979 (kaukokulkeutumissopimus, Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution, LRTAP). Useiden yhdisteiden päästöjä onkin onnistuttu vähentämään. Esimerkiksi $\text{PM}_{2,5}$ -päästöt ovat vähentyneet, mutta pitoisuudet ylittävät silti päivitetyn WHO:n vuosittaisen laatumormin $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vuosikeskiarvona lähes kaikilla mittauspaikoilla (OECD 2020, World Health Organization 2021). Sen sijaan esimerkiksi maatalouden ammoniakkipäästöt ovat hieman kasvaneet Euroopassa vuosina 2013–17 (EEA, 2019).

3.2.3 Nykytila

Euroopan unionin alueella ilmanlaatua ja päästöjä ilmaan säädellään useilla eri direktiiveillä, jotka on toimeenpantu kansallisella lainsäädännöllä. Ilmanlaatudirektiivi (2008/50/EY) ja direktiivi ilmassa olevasta arseenista, kadmiumista, elohopeasta, nikkelistä ja polysyklisistä aromaattisista hiilivedyistä (2004/107/EY) asettavat raja-arvoja ilmansaasteille. EU:ssa käytössä olevat raja-arvot ovat korkeampia kuin WHO:n suosittelemat raja-arvot (OECD 2020, World Health Organization 2021). Lisäksi päästökattodirektiivi (2016/2284/EU) asettaa jäsenmaille päästövähennysvelvoitteet typen oksideille, NMVOC-yhdisteille (muut haihtuvat orgaaniset yhdisteet pl. metaani), rikkidioksidille, ammoniakille ja $\text{PM}_{2,5}$ -päästöille. Vähennystavoitteet asetettiin vuosille 2020–29 ja vuodesta 2030 eteenpäin. Lisäksi direktiivien mukaan jäsenmaiden tulee laatia kansallisia ilmanlaatusuunnitelmia ja ilmansuojeluohjelmia.

Ilmansaasteet ovat keskeinen osa saasteettomuustoimintaohjelmaa. Toimintaohjelmassa asetetaan tavoitteeksi vähentää ilmansaasteiden terveyshaittoja 55 prosenttia vuoteen 2030 mennessä. Ohjelmassa mainitaan toimenpiteiksi mm. ilmanlaatumormien, seurannan, mallinnuksen ja ilmanlaatusuunnitelmia koskevien säännösten tiu-

kennus. Ilmansaasteiden päästöjä pyritään vähentämään myös niiden lähteillä hyödyntämällä Euroopan vihreän kehityksen ohjelman toimenpiteitä ja strategioita, kuten kestävä ja älykäs liikkuvuus sekä Pelloilta pöytään -aloite (KOM (2020) 381 lopullinen).

Liikenne on merkittävä ilmansaasteiden lähde. Saasteettomuustoimintaohjelmassa vähennyskeinoiksi listataan ajoneuvojen päästönormien tiukentaminen (Euro 6:sta Euro 7:ään), päästömittausten parantaminen ja PM_{2,5}- ja nanohiukkaspäästöjen rajoittaminen. Lämmityksen suhteen toimintaohjelmassa nostetaan esiin mm. ekologinen suunnittelu ja puhtaan energian tukeminen. Puun pienpoltto mainitaan ohjelmassa vain ohimennen, vaikka se voi olla alueellisesti merkittävä ilman laadun heikentäjä (Kukkonen ym. 2020).

3.2.4 Tulevaisuuden näkymät

Arvion mukaan useimmat EU:n jäsenmaat olisivat voineet saavuttaa aiemman PM_{2,5}-ilmanlaatumormin, mikäli direktiivien vaatimuksia olisi noudatettu täysin (Romppanen 2018). Komission 2021 julkaisemassa raportissa todetaan, että rikkidioksidin päästöt voisivat vähentyä päästökattodirektiivin vaatimalle tasolle vuoteen 2030 mennessä, mikäli kaikki voimassa oleva lainsäädäntö laitettaisiin täytäntöön täysimääräisesti (EC 2021). Sääntelykehityksen täytäntöönpanokelpoisuus onkin yksi saasteettomuustoimintaohjelman tavoite. Toisaalta tulevaisuudessa EU:n ilmanlaatuormeja tultaneen tiukentamaan vastaamaan WHO:n suosituksia (OECD 2020). Tämä tavoite mainitaan toimintaohjelmassa, jossa ehdotetaan, että ilmanlaatumormien tiukennusta esitetään vuonna 2022. WHO julkaisi päivitetyt, tiukemmat ilmanlaatusuositukset syyskuussa 2021 (World Health Organization 2021). Tulevaisuudessa päästövähennystoimenpiteille onkin yhä suuri tarve, mutta toisaalta ilmastonmuutoksen torjuntatoimilla voidaan vähentää myös ilmansaasteiden päästöjä (Alam ym. 2018, Coelho ym. 2021, Mauzerall 2021).

Saasteettomuustoimintaohjelmassa ennakoidaan, että vuoden 2030 tavoitteita ammoniakkipäästöjen vähentämisestä ei tulla nykytoimilla saavuttamaan. Toimia tullaan kohdistamaan maatalouteen, erityisesti eläintiloille. On myös mahdollista, että päästöjen rajoittamiseksi tullaan lisäämään lainsäädäntöä. Vaikka kokonaisammoniumpäästöt ovatkin vähentyneet vuodesta 2000 lähtien hieman, UNECEn mukaan ekosysteemien suojelemiseksi ammoniakkipäästöjä tulee vähentää erityisesti alueilla, joilla on paljon nautakarjaa ja käytetään typpilannoitteita (UNECE 2021). Yksi vaihtoehto ammoniakkipäästöjen sääntelyyn on laajentaa teollisuuspäästädirektiivi koskemaan myös nautatiloja (Hellsten ym. 2019).

Useiden tutkijoiden mukaan globaali ilmansaasteongelma voidaan ratkaista vain kansainvälisillä toimilla ja sopimuksilla (Kuklinska ym. 2015, Yamineva & Romppanen 2017). Ilman laadun ja ilmansaastepäästöjen sääntely tulisi myös kytkeä ilmastonmuutoksen torjuntaan, sillä monet toimet vähentävät sekä ilmansaasteiden että kasvihuonekaasujen päästöjä (Alam ym. 2018, Coelho ym. 2021, Mauzerall 2021).

Saasteettomuustoimintaohjelmassa kansainvälisen yhteistyön edistäminen nostetaan esiin etenkin mustan hiilen päästöjen vähentämiseksi. Kirjallisuudessa päästörajoituskeinoksi on esitetty myös päästöstandardien luomista mustalle hiillelle (Romppanen 2018). Erillisen lainsäädännön luominen mustan hiilen päästöjen rajoittamiseksi ei välttämättä ole kustannustehokasta, sillä sen päästöjen lähteet ja siten myös vähennyskeinot ovat usein samoja kuin muidenkin ilmansaasteiden, kuten PM_{2,5}:n ja PAH-yhdisteiden. Esimerkiksi puun pienpolton päästöjen vähentäminen vähentäisi myös mustan hiilen päästöjä (Romppanen 2018).

Saasteettomuustoimintaohjelmassa nostetaan esiin muutamia keinoja liikenteen aiheuttamien ilmansaasteiden vähentämiseksi. Kaupunkisuunnittelu mainitaan keinona vähentää melua, mutta sillä voidaan vähentää myös ilmansaasteita (Vedrenne ym. 2015, Viana ym. 2020, Piscitello ym. 2021). Esimerkiksi vähäpäästöiset alueet (Low Emission Zone) kaupunkien sisällä nostetaan esiin useammassa tutkimuksessa tehokkaana tapana vähentää ilmansaasteita kaupungissa (Font & Fuller, 2016; Miranda ym. 2016; Santos ym. 2020; Salas ym. 2021). Kaupunkien keskeinen rooli on mainittu myös toimintaohjelmassa, jonka yksi lippulaivatoimi on kaupunkien saasteettomuustoimien tukeminen.

Kirjallisuudessa esitetään myös useita muita keinoja liikenteen päästöjen vähentämiseksi, kuten ylipäänsä liikenteen vähentäminen, verot, julkisen liikenteen kehittäminen, nopeusrajoitukset, parkkimaksujen korotus, vähäpäästöisten autojen taloudellinen tukeminen ja suuripäästöisten autojen rajoittaminen ja kieltäminen (Vedrenne ym. 2021; Santos ym. 2020; Viana ym. 2020, Piscitello ym. 2021). Teiltä irtoavien partikkelien päästöjä voitaisiin vähentää paitsi liikennettä vähentämällä, myös katuja pesemällä (Piscitello ym. 2021).

Uusi, vielä tuntematon ilman laatua heikentävä tekijä ovat nanopartikkelit, joiden päästöistä ja päästöjen vähennyskeinoista ei ole juuri tietoa (Trojanowski & Fthenakis 2019). Nanohiukkaset mainitaankin saasteettomuustoimintaohjelmassa aiheena, joka edellyttää lisää tutkimusta.

Taloudelliset kannustimet nostetaan esiin sekä saasteettomuustoimintaohjelmassa että kirjallisuudessa (Mardones & Sanhueza 2015; Vedrenne ym. 2015; Mardones & Saavedra 2016; Lavee 2018, Lopez-Aparicio & Grythe 2020). Etenkin puun pienpolton

päästöjen vähentämiseksi ehdotetaan tukia kotitalouksille. Esimerkiksi Osllossa on tuettu kotitalouksia uuden, vähemmän saastuttavan tulisijan hankinnassa (Lopez-Aparicio & Grythe 2020). Tutkimuksessa ei kuitenkaan voitu osoittaa, että kannustimet olisivat vauhdittaneet päästöjen vähenemistä oleellisesti. Kannustinten vastapainona kirjallisuudessa on ehdotettu myös veroja saastuttaville tulisijoille (Bjørner ym. 2019). Veron suuruus määräytyisi tulisijan päästöjen mukaan. Mardones & Saveedra ehdottavat jopa päästökaupan laajentamista kotitalouksiin.

Taloudellisten keinojen ohella puun pienpolton päästöjen vähentämiseksi kirjallisuudessa esitetään ohjeistusta (Savolahti ym. 2016; Olsen ym. 2020), sertifikaatteja ja ekologista suunnittelua (Savolahti ym. 2016; Bjørner ym. 2019), päästörajoja ja vanhojen tulisijojen käytöstä poistoa (Wilhammer ym. 2017) sekä saastuttavimpien tulisijojen kieltämistä (Bjørner ym. 2019).

YHTEENVETO

Lyhyellä aikavälillä päästöjä ilmaan tullaan todennäköisesti vähentämään ilmanlaatu normien tiukennuksella osana ilmanlaatudirektiivin päivitystä, päästövähennystoimilla kaupungeissa (esim. liikenne) ja ammoniakkipäästöjen sääntelyllä. Myös nanopartikkelien tutkimus tulee lisääntymään.

Pidemmällä aikavälillä olisi puututtava puun pienpolttoon ja mustan hiilen päästöjen vähentämiseen.

3.3 Maaperä

3.3.1 Tausta

Maaperänsuojelu on välttämätöntä resurssien käytön kestävyden ja maaperän ekosysteemipalveluiden takaamiseksi. Ekosysteemipalvelut pitävät sisällään esimerkiksi ruuantuotannon, ravinteiden kierrot, biodiversiteetin tukemisen, vesien sääntelyn ja ilmastonmuutoksen ehkäisemisen. Nykyiset intensiiviset maankäyttötavat, maaperän sulkeminen rakentamisella, maankäytön muutokset, maaperään kohdistuvat päästöt ja ilmastonmuutos asettavat merkittäviä paineita maaperälle.

Maaperän muuttumista ja pilaantumista ei ole yhtä helppo huomata kuin ilman saastumista, ja sitä myös tarkkaillaan vähemmän. Euroopan ympäristöviraston (EEA 2019)

arvion mukaan kuitenkin monien aineiden (kuten kadmium) suhteen eri raja-arvot ovat ylittyneet. Monien aineiden (mikromuovit, lääkkeet, monet kemikaalit sekä typpiylijäämä) pitoisuudet ja vaikutukset ovat puolestaan toistaiseksi tuntemattomat.

EU:ssa maaperän suojelu on otettu huomioon mm. seitsemännessä ympäristötoimintaohjelmassa ja saasteettomuustoimintaohjelmassa. Lisäksi EU julkaisi uuden maaperän suojelua koskeva strategian vuonna loppuvuodesta 2021 (KOM (2021) 699 lopullinen) osana EU:n vihreän kehityksen ohjelmaa. Strategiassa painoarvoa ovat saaneet erityisesti ilmastonmuutos ja biodiversiteetti, jotka yhdistyvät maaperässä.

3.3.2 Nykytila

Suomessa maaperän pilaamiskiellosta (ml. pilaantumisen vaaran aiheuttaminen) on säännelty ympäristönsuojelulaisissa jo vuodesta 2000. Maaperän suojelua tai maaperään kohdistuvia päästöjä ei säännellä EU:n tasolla samalla lailla kattavasti kuten ilman- tai vesiensuojelun alalla (mm. Ramon & Lull 2019), mutta mm. teollisuuspäästödirektivi sääntelee laitostason päästöistä maaperään. Lisäksi mm. kaatopaikkadirektiivi ehkäisee päästöjä nimenomaan maaperään. Komissio antoi vuonna 2006 ehdotuksen maaperäpuitedirektiiviksi, mutta perui sen, koska asian käsittely neuvostossa ei edennyt (Euroopan tilintarkastustuomioistuin 2018). Jätesääntelyn on katsottu osaltaan täyttävän tätä sääntelyaukkoa (Castelo-Grande 2018). Lisäksi maaperän suojeleluun liittyy epäsuoraan vaarallisten kemikaalien käytön rajoittaminen (Castelo-Grande 2018). Maaperä ja sen ominaisuudet vaihtelevat suuresti alueellisesti (Juerges & Hansjürgens 2018), ja jäsenvaltioilla on suurehko liikkumisvara maaperää koskevissa toimissa. Esimerkiksi Isossa-Britanniassa (entinen jäsenvaltio) ja Alankomaissa on asetettu sääntelyä maaperän suojelua koskien (Castelo-Grande 2018). EU:n pääongelmana voidaan kuitenkin pitää, että edes käsitteille ”maaperä” tai ”maaperän laatu” ei ole määritelty oikeudellista sisältöä (Marini ym. 2020).

Maaperän suojeleluun liittyy myös maataloutta koskeva sääntely. Lannoitevalmisteita koskeva asetus (EU) 2019/1009 vaikuttaa siihen, minkälaisia päästöjä maaperään päätyy. Asetuksessa rajoitetaan mm. lannoitevalmisteiden lyijypitoisuutta (Pb). Sääntely ei kuitenkaan estä lyijyn kerääntymistä maaperään esimerkiksi hajapäästölähteistä (esim. jätevesiliete) (Marini ym. 2020). Marini ym. (2020) argumentoivat, että asetus ja muu nykyinen maaperänsuojelua koskeva sääntely tähtää suurelta osin takaamaan maatalousmaan korkean tuottavuuden samalla asettaen jonkin verran velvoitteita maaperän pilaantumisen estämiseksi. Maatalouden hajakuormitukseen on puututtu erityisesti vapaaehtoisin keinoin (Stubenrauch ym. 2018), eikä tätä ei voida pitää riittävänä (Azam 2016).

EU:n yhteinen maatalouspolitiikka (Common Agricultural Policy, CAP) pitää sisällään tärkeimmät normiohjauksen keinot. CAPin kautta voidaan vaikuttaa maaperän käyttöön ja siihen kohdistuviin vaikutuksiin (esim. biodiversiteetti, maaperän pilaantuminen, eroosio) esimerkiksi edistämällä viljelijöiden maaperän kannalta hyödyllisiä käytäntöjä, kuten kerääjäkasvien, maanparannus- ja saneerauskasvien sekä tyypeä sitovien viljelykasvien kasvattamista. Ei voida kuitenkaan katsoa, että sekään riittävällä tavalla takaa maaperänsuojelua (Stubenrauch ym. 2018). CAPin mahdollisuuteen vaikuttaa esimerkiksi ravinteiden ja hajapäästöjen hallintaan vaikuttaa olennaisesti, millä tavalla sitä kehitetään uudelle vuonna 2023 alkavalle kaudelle. Maatalouden hajapäästöjä koskevaa sääntelyä tulee myös EU:n vesisääntelystä (Ramon & Lull 2019).

Muualta sääntelystä tulevaa sääntelyä tai ei-sitovia toimia (Panagos & Montanarella 2018) ei voida pitää riittävinä maaperän tehokkaaseen suojeluun (Gonzalez Lago ym. 2019). Vähintään yhteisten maaperänsuojelutavoitteiden asettaminen on tarpeellista EU:n tasolla (Paleari 2017). Saasteettomuustoimintaohjelmassa mainitaan, että on kii-reellisesti luotava kehys, jonka avulla voidaan arvioida säännöllisesti EU:n maaperän tilaa.

Osana uutta EU:n maaperästrategiaa (KOM (2021) 699 lopullinen) komissio kehittää toimenpiteitä, joilla voidaan lisätä pilaantuneiden alueiden kartoittamista, tutkimista, arvioimista ja kunnostamista. Komissio korostaa maaperää elävänä ekosysteeminä, ja siksi maaperästrategia on ankkuroitu biodiversiteettistrategiaan. Strategian lisäksi EU:n maaperäpakettiin kuuluu Soil Deal for Europe -rahoitusmekanismi (aikaisemmin nimellä Soil mission) ja EU Soil Observatory -maaperätiedon tietovarasto ja portaali. Strategian visio on, että vuonna 2050 kaikki EU-alueen maaperäekosysteemit ovat terveitä ja entistä vastustuskykyisempiä. Komissio esittää maaperän ratkaisuna ilmastomuutokseen, kiertotalouteen, luontokatoon ja vesivaroihin liittyviin ongelmiin.

Ehdotetut toimet ovat osin vapaaehtoisia ja osin pakollisia sisältäen terveen maaperän ja maaperän kestäväen käytön määrittelyn, maaperäseuranta sekä vaurioituneen maaperän kunnostusta. Esityksessä käytiin läpi tärkeimpiä strategiaan sisältyviä toimia kuten maaperän hiilensidontaan liittyviä toimia turvemaidella ja mineraalimaidella, laadunvarmennuspassi kaivetuille maamassoille, turvallinen biojätteen kierrätys liittyen ravinteiden ja hiilen kierron sulkemiseen, maan ja maankäytön parempi integrointi vesienhoitosuunnitelmiin sekä EU:n prioriteettista maaperää pilaavista aineista. Komissio edistää myös digitaalisen tiedon ja uusien tekniikoiden käyttöä maaperän seurannassa ja tutkimuksessa. Komissio aikoo valmistella maaperän terveyttä koskevan lakiesityksen julkistettavaksi 2023, jossa otetaan huomattavasti 2006 ehdotusta laajalaisempi lähestymistapa. Sääntely ei rajoittuisi yksinomaan perinteisen maaperän pilaantumiseen, vaan sääntelyyn harkitaan sisällytettävän mm. maaperän tilan arviointia ja seuranta, maaperän kestäväen käytön sääntöjä, pilaantuneiden maa-alueiden

tunnistamista ja kunnostamista sekä toimenpideohjelmia ja raportointia koskevia sää-döksiä. Vuonna 2022 julkistettava luonnon ennallistamislainsäädäntö tulee todennä-köisesti koskemaan lähinnä luontodirektiivin liitteessä mainittuja elinympäristöjä, mutta lisäksi siinä voisi olla turvemaita ja viljelymaiden biodiversiteetin lisäämistä kos-kevia säännöksiä.

3.3.3 Tulevaisuuden näkymät

Kirjallisuudessa tuodaan esille tarve maaperää koskevalle EU:n tasoiselle sääntelykehikolle (Castelo-Grande 2018, European Commission 2020i). Maaperäpuitedirektiivillä voitaisiin mm. puuttua aavikoitumiseen ja maaperän huonontumisen riskiin tehokkaasti (Euroopan tilintarkastustuomioistuimien 2018). Käytännössä on ollut vaikea asettaa yhteisiä standardeja maaperän laadulle johtuen maalajien ja maaperän rakenteen vaihteluista eri alueiden sisällä ja niiden välillä. (Castelo-Grande 2018). Maaperäsääntelyn tulisi tähdätä jälkikäteisen kunnostamisen lisäksi ennaltaehkäiseviin toimiin, jotka ylläpitävät maaperän nykyistä tilaa. Mahdollisen direktiivin valmistelussa olisi erityisesti otettava huomioon EU-oikeuden subsidiariteetti, hallinnolliset kustannukset ja paikalliset olosuhteet (Marini ym. 2020). Myös nousevien päästölähteiden, kuten erilaisten pysyvien orgaanisten yhdisteiden sekä nano- ja mikromuovien, säänteleminen on välttämätöntä maaperänsuojelun kannalta (OVAM 2019). Nykyinen sääntely on keskittynyt yksittäisten päästölähteiden sääntelyyn, eikä hajakuormituksen aiheuttamaan pilaantumiseen ole juuri puututtu (OVAM 2019).

Juergen & Hansjürgensin (2018) mukaan yhteisellä maaperää koskevalla sääntelykehikolla voitaisiin parantaa suojelun tasoa. Esimerkiksi yhteisten taustakuormitustasojen ja kynnsarvojen tunnistaminen olisi tärkeää (OVAM 2019). Sääntelykehikon muodostamisessa tutkijoiden ja lainsäätäjien yhteistyöllä voitaisiin edistää vaikuttavuutta ja hyväksyttävyyttä (Antoniadis ym. 2019). Komissio on käynnistänyt arvioinnin siitä, miten maaperän rakenteen heikentymisen ja orgaanisen aineksen vähenemisen suhteen on edistytty. Samalla tarkastellaan kansallisia lähestymistapoja ja niiden mahdollisia yhtymäkohtia EU:n tasolla sekä laaditaan jäsenvaltioille ohjeet hyvien käytäntöjen levittämisestä (Euroopan tilintarkastustuomioistuimien 2018).

Maatalouden päästöjen vähentämisessä viljelijöiden vapaaehtoisilla toimilla, kuten hyvien maaviljelykäytäntöjen ja teknologioiden käyttöönotolla, katsotaan olevan merkittävä rooli. Esimerkiksi Puolassa vapaaehtoisin keinoin (ohjelma typpi- ja fosforipäästöjen hallitsemiseksi) on saatu vähennettyä maatalouden vaikutuksia maaperään ja vesistöihin (Izydorczyk 2019). Vapaaehtoisten yhteistyöohjelmien ongelmana on usein se, että ne ovat riippuvaisia aktiivisesta osallistumisesta ja rahoituksesta (Erdogan

ym. 2021, Juerges & Hansjürgens, 2018). Vapaaehtoisilla toimilla yhteistyössä muiden keinojen kanssa voidaan madaltaa ohjauksen hallinnollisia kustannuksia ja helpommin puuttua maaviljelystä johtuvaan hajakuormitukseen (Amblart 2021). Keskeisten sidosryhmien mielestä CAPin olisi lisättävä sitovaa sääntelyä ravintokiertojen sulkemiseksi, eläinten tehokasvatuksen vähentämiseksi sekä torjunta-aineiden ja lannoitteiden korvaamiseksi agroekologisilla ratkaisuilla esimerkiksi vuoroviljelyn keinoin (EEB Policy Brief, Soils4EU Policy Brief 2019). Bolzonellan ym. (2019) mukaan torjunta-aineiden verotuksen avulla voitaisiin vaikuttaa viljelijöiden valintoihin ilman ras-kasta toimeenpanokehikkoa. Ravinteista aiheutuvaa maaperän pilaantumista voitaisiin hallita käyttämällä niitä kestävästi, vastuullisesti, oikeasta lähteestä, oikeaan paikkaan ja oikeaan aikaan (4R Nutrient Stewardship) (Bruulsema 2018).

EU:n pellolta pöytään -strategiassa (KOM (2020) 381 lopullinen) korostetaan kiireellistä tarvetta vähentää torjunta-aineiden, mikrobilääkkeiden ja liiallista lannoitteiden käyttöä. Strategian mukaan luonnonmukaista viljelystä ja eläinten hyvinvointia olisi lisättävä sekä pysäytettävä luonnon monimuotoisuuden köyhtyminen. Näihin tavoitteisiin pääsemiseksi tulisi komission mukaan tarkistaa torjunta-aineiden kestävä käyttöä koskevaa direktiiviä, kasvinsuojeluaineita koskevia täytäntöönpanoasetuksia ja maatalouden kirjanpidon tietoverkkoa koskevaa asetusta niin, että tietoverkko muutetaan maatalouden kestävyystietojen verkostoksi (KOM (2020) 381 lopullinen, liite).

Kirjallisuudessa esitetään, että maaperänsuojelussa tulisi ottaa kokonaisvaltainen näkökulma ja ottaa huomioon mm. ilmastonmuutos, organismien yhteisvaikutukset ja kiertotalous (Albaladejo ym. 2021, European Commission 2020e, Mol & Keesstra 2012). Myös muussa sääntelyssä tulisi ottaa huomioon maaperänsuojelu: oikeus puhtaaseen maaperään voitaisiin lisätä kansainväliseksi ihmisoikeudeksi (Albaladejo ym. 2021) ja alueidenkäytön suunnittelussa tulisi ottaa huomioon maaperä- ja vesiasiat (Soils4EU 2019a, European Commission 2020e, Greiner ym. 2018). Alueidenkäytön suunnittelussa voisi lisäksi laajentaa osallistumisoikeuksia maaperää koskevissa asioissa (Juerges & Hansjürgens, 2018). Lisäksi esitetään, että ympäristövaikutusten arvioinnissa maaperän laatua tarkasteltaisiin laajasti sisällyttäen siihen mm. ekosysteemi-palvelut sekä lyhyen ja pitkän ajan vaikutukset (OVAM 2019, Soils4EU 2019b, Ramon & Lull 2019, Juerges & Hansjürgens, 2018). Maaperänsuojelu voi vaatia myös rajoituksia omistusoikeuksiin, koska maaperällä on keskeinen rooli yleishyödyllisten hyödykkeiden kuten puhtaan juomaveden ja ruoan tuotannossa (Juerges & Hansjürgens, 2018).

Kirjallisuudessa ehdotetaan myös uusien maaperän tilaa parantavien ja kunnostamista edistävien palkintojärjestelmien lisäämistä CAPiin (European Commission 2020e, Soils4EU 2019c), maatalouden tukien sitomista kestäväan maaperänhallintaan ja maaperän tilan edistämistä ja sen seuraamista koskevien innovaatioiden ra-

hoittamista (European Commission 2020e Soils4EU Policy Brief 2019). Maankäyttöveroja on pidetty vaikuttavana ohjauskeinona maaperänsuojelussa (Juerges & Hansjürgens, 2018). Lisäksi olisi poistettava kannusteet, jotka heikentävät maaperän tilaa. Tästä esimerkkinä on nykyinen energiapolitiikka, joka rohkaisee viljelyn monokulttuuriin erityisesti EU:n ulkopuolella, jossa uusiutuvan energian tavoitteet ja kasvava kysyntä biomassalle voivat siirtää ruuantuotantoa aiemmin viljelemättömille alueille (Soils4EU 2019c). Haitalliset tuet esimerkiksi maataloudelle voivat estää aiheuttamisperiaatteen toteutumisen maaperänsuojelussa, ja tästä syystä ne olisi poistettava (Stavi & Rattan, 2015).

Maaperänsuojelua voidaan edistää erilaisilla informaatio-ohjauksen keinoilla. Näitä voivat olla 1) erilaiset tieto- ja innovaatiojärjestelmät (ml. neuvontapalvelut), joissa yhdessä eri sidosryhmien kanssa kokeilujen ja pilottihankkeiden kautta tuotetaan tietoa ja kehitetään uusia ratkaisuja, 2) verkkoalustat, joilla voi jakaa tietoa ja kokemuksia, 3) nykyistä laajempi tutkimus maaperän biodiversiteettistä sekä 4) tiedottaminen alan toimijoille kuten maanviljelijöille (European Commission 2020e, Soils4EU Policy Brief 2019, Mol & Keesstra 2012, Juerges & Hansjürgens, 2018). Maaperää koskevat inventaariot ja valvontakehikot ovat olennaisia maaperän suojelussa (OVAM 2019). Erilaisten maaperän tilaa kuvaavien indikaattorien kehittäminen ja käyttö olisi myös tärkeää valvonnan kannalta (Juerges & Hansjürgens, 2018). Teknologian kehittyessä ajantasaista tietoa maaperästä voitaisiin saada esimerkiksi uusien satelliittien avulla (Soil4EU, 2019b). Maaperää koskevan tiedon tulee olla ajantasaista, koska esimerkiksi maaperän pilaantuminen on dynaaminen prosessi (Stavi & Rattan, 2015). On tasapainoiltava sen välillä, että maaperän tilan seuranta voi olla kallista, mutta myös maaperän kunnostaminen aiheuttaa merkittäviä kustannuksia (Mol & Keesstra 2012, Stavi & Rattan, 2015). Tiedottamalla voitaisiin parantaa yleistä tietoisuutta maaperän kunnostamisen kalleudesta, mikä voisi ennaltaehkäistä uutta pilaantumista (OVAM 2019). Lisäksi olisi tärkeää tuottaa ja ottaa käyttöön teknisiä ohjeita koskien riskinarviointia, analysointia, valvontaa, teknologioita ja pilaantuneiden maa-alueiden kunnostusvaihtoehtoja (Ramon & Lull, 2019, OVAM 2019).

Monet maaperän pilaantumista aiheuttavat ilmiöt eivät rajoitu Eurooppaan, vaan maaperän pilaantuminen liittyy globaaleihin ilmiöihin kuten ilmastonmuutokseen, ruokaturvallisuuteen ja luontokatoon. Maaperän tilan hallintaa hallinnon eri tasoilla pidetäänkin hyvänä lähestymistapana (Juerges & Hansjürgens, 2018). Maiden välinen yhteistyö, tiedonvaihto ja harmonisoitu tiedontuotanto edistävät maaperän suojelua (Helmholtz Centre for environmental research 2019). Saasteettomuustoimintaohjelmassa EU aikookin edelleen tukea maailmanlaajuista maaperäkumppanuutta (KOM (2021) 400 lopullinen).

YHTEENVETO

Uusi EU:n maaperästrategia ohjaa sääntelyn painopisteitä. Visiona strategiassa on, että vuonna 2050 kaikki EU-alueen maaperäekosysteemit ovat terveitä ja entistä vastustuskykyisempiä. Kirjallisuudessa EU:n maaperädirektiivin säätäminen on saanut kannatusta. Kirjallisuuden mukaan myös muussa sääntelyssä tulisi ottaa huomioon maaperänsuojelu.

Maaperänsuojelussa tulisi kirjallisuuden mukaan ottaa kokonaisvaltainen näkökulma ja ottaa huomioon mm. ilmastonmuutos, organismien yhteisvaikutukset ja kiertotalous. Kirjallisuudessa ehdotetaan myös uusien maaperän tilaa parantavien ja kunnostamista edistävien maksujärjestelmien ja verotuksen lisäämistä CAPIin, maatalouden tukien sitomista kestävään maaperänhallintaan ja maaperän tilan edistämistä ja sen seuraamista koskevien innovaatioiden rahoittamista. Maankäyttöveroja on pidetty vaikuttavana ohjauksena maaperänsuojelussa.

3.4 Vesi

3.4.1 Tausta

Tässä luvussa käsitellään päästöjä vesiin haitallisten aineiden näkökulmasta. Vesipuitedirektiivin (VPD) mukaisen pintavesien luokittelun perusteella vain 38 prosenttia EU:n jäsenmaiden vesimuodostumista on hyvässä kemiallisessa tilassa (EEA 2018). Direktiivin asettama tavoite oli saavuttaa hyvä tila vesimuodostumissa vuonna 2015. Tavoitteeseen ei päästy, ja Suomessa on käytetty vesipuitedirektiivin mahdollistamia määräajan pidennyksiä. Vuoden 2021 lopussa hyväksytyissä vesienhoitosuunnitelmissa vuosille 2022–27 (VN:n päätös YM/2021/68) on arvioitu, että esitetyillä toimenpiteillä ei voida saavuttaa kaikissa vesimuodostumissa hyvää tilaa vielä vuonna 2027 luonnonolosuhteista johtuen. Tämä on direktiivin mukaan mahdollista, jos kaikki toimenpiteet hyvän tilan saavuttamiseksi on tehty. Pohjavesien kemiallinen tila on suhteellisesti parempi kuin pintavesien tila, koska noin 98 prosenttia pohjavesimuodostumista on hyvässä kemiallisessa tilassa. Sen sijaan pintavesien kemiallinen tila ei ole hyvä yhdessäkään Suomen vesimuodostumassa (Siimes & Mannio 2020).

3.4.2 Päästöt ja niiden tarkkailu

Kemikaaleja päätyy pintavesiin erilaisia kulkureittejä pitkin lukuisista päästölähteistä, kuten teollisuudesta, maataloudesta, liikenteestä, kaivoksista, jätteenkäsittelystä, kotitalouksista, yhdyskuntajätevedenpuhdistamoista (puhdistettu jätevesi ja lietteen levitys), laskeumasta, hulevesistä ja pilaantuneesta maaperästä (EC 2012, EEA 2018b). VPD asettaa eräänlaisen vesimuodostumakohtaisen saastebudjetin, samoin kuin kaukokulkeumasopimus (Howe & Lee, 1983). Tiedot haitallisten aineiden hajakuormituksesta ovat puutteelliset. Jäsenvaltiot ovat keskittyneet pistemäisen kuormituksen vähentämiseen, mutta hajakuormitus on jäänyt vähälle huomiolle (EEA 2018, EC 2019a).

Velvoitetarkkailun tavoitteena on mm. ympäristöluvanvaraisesta toiminnasta aiheutuvien päästöjen ja ympäristövaikutusten selvittäminen, lupamääräysten valvonta ja toiminnasta aiheutuvien vahinkojen arviointi. Tarkkailulla tulisi saada monipuolista tietoa päästöjen määrästä ja laadusta sekä vaikutuksista (Vuoristo ym. 2010). Haitallisten aineiden ja kemikaalien käytön, päästöjen ja vaikutusten tarkkailu on puutteellista Suomessa (Vuoristo ym. 2010) ja EU:n tasolla (EEA 2019). Tarkkailutiedon tilanne Suomessa parantunut vesipuitedirektiivin aineiden eli EU:n prioriteettiaineiden ja kansallisten haitallisten aineiden suhteen (Mehtonen ym. 2021a ja b), mutta nämä aineet muodostavat vain hyvin pienen osan käytetyistä ja ympäristöön päätyvistä kemikaaleista ja haitallisista aineista. Osa, mahdollisesti jopa merkittävä osuus, kansallisiin tarkkailuihin liittyvistä mittauksista ei päädy ympäristöhallinnon tietokantoihin. Tämä voi koskea ainakin niitä aineita, joita mitataan varsinaisen tarkkailun kohdeaineen ohessa – eli niiden aineiden tuloksia, jotka saadaan samalla kemiallisella analyysillä kuin kohdeaineen tulokset. Syynä tähän voi olla se, että näiden tulosten syöttämistä tietorekistereihin ei ole edellytetty tarkkailuohjelmissa tai velvoite on niissä epätarkasti esitetty.

3.4.3 Nykytila

Saasteettomuustoimintaohjelma korostaa vesipuitedirektiivin ja meristrategiapuitedirektiivin mukaisen sisävesien ja rannikkovesien hyvän tilan tavoitteen saavuttamisen ja ylläpitämisen tärkeyttä. Ohjelma painottaa keskeisten aineiden aiheuttaman pilaantumisen vähentämistä pinta- ja pohjavesissä. Se myös mainitsee yleisellä tasolla yhdyskuntajätevesi- ja puhdistamolietedirektiivin tärkeyden mikromuovien ja haitallisten aineiden kuten lääkejäämien vähentämisessä. Lisäksi se korostaa EU:n ympäristössä olevia lääkeaineita koskevan strategisen lähestymistavan (EC 2019c) toimien tärkeyttä ja niiden toteuttamista.

Vesipuitedirektiivin toimivuustarkastelu

Vesipuitedirektiivin (VPD) ja sen tytärdirektiivien, prioriteettiainedirektiivin (2013/39/EU) ja pohjavesidirektiivin (2014/80/EY), toimivuustarkastelun (EC 2019a) johtopäätös on, että direktiivit ovat pääpiirteittäin tarkoitukseensa hyvä ja käyttökelpoinen lainsäädäntökehikko, mutta toimeenpanoa on tehostettava.

Haitallisiin aineisiin liittyviä merkittäviä toimeenpanon pullonkauloja ovat mm. prioriteettiainelistan päivityksen hitaus ja puutteet sitovassa integraatiossa muuhun EU-lainsäädäntöön. Prioriteettiainelista on vanhentunut, koska useimpien aineiden käyttöä on jo rajoitettu EU:ssa, ja se pitää pikaisesti päivittää (EEA 2018, EC 2019a). Komissio myös toteaa, että kemikaalien yhteisvaikutusten arviointi niin pinta- kuin pohjavesissä on puutteellista. Lisäksi merkittävä ongelma on jäsenmaiden väliset erot pintavesien kansallisten haitallisten aineiden ympäristölaatonormeissa ja pohjavesiä pi-laavissa aineissa. Tässä asiassa komissio katsoo, että VPD:n joustavuus eli se, että annetaan jäsenmaiden tunnistaa omalla alueellaan merkittävät haitalliset aineet, ei ole toiminut. Toisaalta joustavuus mahdollistaa uusien nousevien huolenaiheiden, kuten mikromuovien ja lääkeaineiden, sisällyttämisen VPD:n kemiallisen tilan arviointiin käytettäviin ympäristölaatonormeihin. Tämä tarkoittaisi käytännössä näiden lisäämistä prioriteettiainedirektiivin liitteen ja VPD:n liitteen X aineluetteloon. Ympäristötavoite on hyvä kemiallinen tila ja sen ylläpitäminen. Toinen tulevaisuuden painopiste on haitallisten aineiden vähentäminen jo päästölähteellä (EC 2019a).

Komissio toteaa, että VPD on pääasiassa koherentti ja täydentää hyvin muuta EU-lainsäädäntöä ja -politiikkaa kuten juomavesidirektiiviä (2020/2184/EU), yhdyskuntajätevesidirektiiviä (91/271/EY) ja meristrategiadirektiiviä (2008/56/EY). VPD:n ympäristötavoitteet tulisi kuitenkin integroida sitovammin (ks. C-461/13 Weser ECLI:EU:C:2015:433) joihinkin EU-lainsäädännön osa-alueisiin kuten maatalouteen (kasvinsuojeluaineiden puitedirektiivi PPP 2009/128/EY, kasvinsuojeluaineasetus) ja kemikaaleihin (REACH- ja biosidiasetukset). Käytännössä linkki VPD:n ja kemikaalilainsäädännön välillä on heikko eikä aineen päätyminen VPD:n prioriteettiaineeksi aiheuta toimenpiteitä kemikaalilainsäädännössä (EC 2019b). Lisäksi haitallisten ja vaarallisten aineiden riskinarviointitiedot eivät liiku tarpeeksi hyvin eri lainsäädäntöjen välillä. Tästä on esimerkkinä se, että VPD:n prioriteettiaineiden tunnistamiseen ei ole aina saatu tietoa, jota on käytetty REACH-asetuksen luvanvaraisten aineiden arvioinnissa (EC 2019a).

VPD:n ja pohjavesidirektiivin ainelistojen päivittämisessä tulee ottaa huomioon kemikaalien käyttöä rajoittavien REACH-, kasvinsuojeluaine- ja biosidiasetusten riskinarviointitulokset ja -vähennystoimet. Vastaavasti edellä mainittujen asetusten alla tehtävän työn tulee ottaa huomioon VPD:n ympäristötavoitteet (päästöjen jatkuva vähentyminen, ympäristölaatonormit eivät ylitä) ja ympäristöseurannan tulokset. Kemikaalien

käyttöä rajoittava lainsäädäntö ei sisällä kemikaalien ympäristöseurantavelvoitteita (EEA 2018, EC 2019a). Komissio toteaa, että VPD:n prioriteettiaineet on paremmin integroitava osaksi teollisuuden sääntelyä eli teollisuuspäästödirektiiviä ja parasta käyttökelpoista tekniikkaa koskevia BREF-asiakirjoja. EU:n prioriteettiaineiden ympäristölaatumormit ovat eksplisiittisesti esitetty teollisuuspäästödirektiivissä (artikla 18), mutta prioriteettiaineista vain metallit ja dioksiinit on huomioitu sitovina päästöraja-arvoina BREF-asiakirjoissa (EC 2019a, Vähä ym. 2020, Suhr ym. 2021). Ylipäätään vaarallisten kemikaalien hallintaa BREF-asiakirjoissa ei ole käsitelty kattavasti, vaikkakin huomattavaa edistystä on viime aikoina tapahtunut (Vähä ym. 2020, Suhr ym. 2021). BREF-asiakirjojen merkitys VPD:n metalleja koskevien ympäristötavoitteiden saavuttamisessa on ollut merkittävä (EC 2019a).

Yhdyskuntajätevesidirektiivin uudistaminen – haitalliset aineet

Komissio valmistelee yhdyskuntajätevesien käsittelyä koskevan direktiivin päivittämistä. Yhdyskuntajätevesidirektiivin arviointia ja uusimista on tehty samanaikaisesti VPD:n toimivuustarkastelun (EC 2019a) kanssa. Komission arvioinnin (EC 2019b) mukaan yhdyskuntajätevesidirektiivi toimii yleisesti ottaen hyvin, mutta joitakin osaluokkia on parannettava. Arvioinnissa on tarkasteltu uusia haitallisiin aineisiin liittyviä haasteita kuten lääkeainejäämiä, mikromuoveja ja mikrobilääkeresistenssiä (AMR) sekä mahdollisia lisäpuhdistusvaatimuksia haitallisille aineille. Lisäksi on mainittu tehokkaammat päästönvähennystoimenpiteet ja pysyvien vaarallisten kemikaalien käytön välttäminen, mikä vähentäisi käsittelykustannuksia yhdyskuntien jätevedenpuhdistamoilla (EEA 2018b ja c). Myös VPD:n toimivuustarkastelu (EC 2019a) ja vesihuoltolaitosten EU-kattojärjestö EurEau (EurEau 2021a) korostavat saastuttaja maksaa -periaatteen tärkeyttä haitallisten aineiden vähentämisessä. EurEau:n mielestä olisi päästölähteellä tapahtuvien toimenpiteiden tehostamisen kannalta tärkeää, että teollisuuspäästödirektiiviä laajennetaan koskemaan isojen teollisuuslaitosten lisäksi nykyistä kattavammin myös pieniä ja keskisuuria teollisuuslaitoksia (EurEau 2021a). Nykyisin teollisuuspäästödirektiivi koskee myös pieniä ja keskikokoisia teollisuuslaitoksia riippuen siitä, mikä toimiala on kyseessä.

Uusi juomavesidirektiivi – haitalliset aineet

Uuden juomavesidirektiivin (EU) 2020/2184 tärkein tavoite on turvata talousveden terveydellinen laatu. Direktiivin uusilla talousvedelle asetetuilla raja-arvoilla puututaan haitallisille aineille altistumiseen juomaveden kautta. Tällaisia aineita ovat mm. hormoniomintaa häiritsevät aineet ja PFAS-yhdisteet. PFAS-yhdisteistä komissio antaa vielä ohjeistusta ja jäsenmailla on mahdollisuus valita, miten kansallisesti toimeenpanevat direktiivin. Direktiivissä säädetään, että talousveden laatua turvataan hanave-

den valvonnan lisäksi riskiperusteisesti koko vedentuotantoketjussa. Vedentuotantoketjun riskinarvioinnin ja riskienhallinnan avulla viranomaiset ja talousvettä toimittavat laitokset voivat käyttää aiempaa useampia keinoja hallita talousvesihuoltoon liittyviä terveysriskejä. Lisäksi direktiivi edellyttää entistä parempaa yhteistyötä pinta- ja pohjavesien suojelemiseksi (STM 2021, VVY 2021). Juomavesidirektiivissä on linkitykset VPD:n artiklaan 7 (talousveden ottoon käytettävien vedet, riskien arviointi ja seurannan järjestämisen).

3.4.4 Tulevaisuuden näkymät

Käynnissä oleva EU:n pintavesien prioriteettiaineiden tarkistus on tällä hetkellä (maaliskuu 2022) melko pitkällä, mutta aineita ei vielä ole valittu. Loppusuoralle on päässyt mm. kasvinsuojelu-, lääke- ja PFAS-aineita sekä alkuaineista hopea. Toimivuustarkastelussa (EC 2019a) on tuotu esiin epäily, että vuonna 2015 käyttöön otetun EU:n pintavesien tarkkailuainelistan (EC 2015) ja sen tarkistusten (EC 2018 ja EC 2020g) myötä saatua uutta ympäristöpitoisuustietoa ei hyödynnettäisi EU:n prioriteettiainelistan tarkistustyössä. Käynnissä olevassa prioriteettiaineiden tarkistuksessa tämä testataan ensimmäisen kerran. Pohjavesidirektiivin johdannossa on tarkkailuainelistasta mainittu vapaaehtoisuuteen perustuvana menettelynä. Uuden juomavesidirektiivin tarkkailuainelistasta sisältää kaksi ainetta: beta-estradiolin ja nonyylifenolin. EU:n laajuiset pinta- ja pohjavesien tarkkailuainelistat ovat merkittävä edistysaskel haitallisten aineiden riskinarvioinnin ja -hallinnan kannalta, koska ne auttavat kohdistamaan päästönvähennystoimet niihin aineisiin, jotka aiheuttavat riskiä vesiympäristölle tai ihmisterveydelle.

Haitallisten aineiden päästöjä ja ympäristöriskejä hallitaan nykyisin lähinnä kemikaali-kohtaisilla ympäristölaatu- ja raja-arvoilla ja altistuskenaarioilla. Todellisuudessa aineet esiintyvät hyvin harvoin jätevedessä yksittäin ja altistuminen on lähes aina useiden kemikaalien yhteisvaikutuksen summa. Yhteisvaikutus on tunnistettu ilmiö, mutta lainsäädäntöä ei ole suunniteltu sen arvioimiseen, etenkin tahattomasti ympäristöön päätyvien seosten kohdalla. Tuntemattomien aineiden esiintyminen tuo epävarmuutta sekä altistuksen vakavuuden tunnistamiseen että tunnistamisen menetelmiin. Ongelma on kuitenkin tiedostettu, ja yhteisvaikutuksen arviointiin soveltuvia menetelmiä on julkaistu jo EU:n teknisessä raportissa (EU 2014) ja uudistetussa ehdotuksessa (EU 2021). Onkin varsin todennäköistä, että vaikutusperustaiset biotestit ovat tulevaisuudessa osa haitta-aineiden ympäristöriskinarviointia ja kemiallisilla testeillä etsitään aineita, jotka ovat aiheuttaneet vasteet.

YHTEENVETO

VPD:n haitallisia aineita koskevia ympäristötavoitteita tulee integroida paremmin muuhun lainsäädäntöön. Tämä koskee erityisesti maataloutta (kasvinsuojeluaineiden puitedirektiivi ja kasvinsuojeluaineasetus) sekä kemikaalien (REACH- ja biosidiasetus) ja teollisuuden (teollisuuspäästödirektiivi ja parasta käyttökelpoista tekniikkaa koskevat BREF-asiakirjat) sääntelyä. Kemikaaleihin liittyvän sääntelyn keskinäisiä linkityksiä tulee muutenkin parantaa niin lainsäädäntöä kuin toimintatapoja kehittämällä.

Vesilainsäädäntö ei sisällä kemikaalien yhteisvaikutusten arviointia. Tunnistamattomien aineiden uhka ja kemikaalien mahdolliset yhteisvaikutukset ympäristössä haastavat ympäristönsuojelun menetelmät.

EU:n pinta- ja pohjavesien tarkkailuainelistat ovat merkittävä edistysaskel haitallisten aineiden riskinarvioinnin ja -hallinnan kannalta, koska ne auttavat kohdistamaan päästönvähennystoimet niihin aineisiin, jotka aiheuttavat riskiä vesiympäristölle tai ihmisterveydelle. EU-maiden pintavesiä koskevien tulosten keskinäistä vertailukelpoisuutta voidaan parantaa siten, että päätetään EU-tasolla, tuleeko VPD:n tytärdirektiivissä esitettyjen edustavien näytteenottopisteiden olla niin sanotun korkean kuormituksen alueilla vai vähemmän kuormitetuilla tausta-alueilla. Näytteenottopisteen valinnalla voidaan vaikuttaa merkittävästi siihen, miten suuria ainepitoisuuksia havaitaan, ja siksi tulee pyrkiä näytteenottoaikojen harmonisointiin niin paljon kuin on tarkoituksenmukaista.

Yksi merkittävä haitallisiin aineisiin liittyvä VPD:n toimeenpanon pullonkaula on vanhentunut EU:n prioriteettiainelista, joka VPD:n mukaisesti tulisi tarkistaa säännöllisesti. Päivitystarve on pikainen, ja siinä olisi pidettävä huoli, että prioriteettiainelistalle lisättävät aineet ovat sellaisia, jotka aiheuttavat riskiä vesiympäristölle tai ihmisten terveydelle EU-tasolla ja joita edelleen käytetään EU-alueella.

Tulevaisuudessa EU-lainsäädännössä voidaan edellyttää enemmän haitallisten aineiden päästöjen vähentämistä jo ensisijaisella päästölähteellä kuten teollisuuslaitoksissa, jotka ovat liittyneet vesihuoltolaitoksen viemäriverkkoon.

3.5 Nousevat tai huonosti tunnetut kemikaalit ja mikromuovit

Tässä luvussa käsitellään seuraavien nousevien tai huonosti tunnetun kemikaaliryhmän tai huolenaiheen ympäristövaikutuksia:

- kemikaalien yhteisvaikutukset
- ympäristön lääkejäämät ja hormonit
- per- ja polyfluoratut alkyylilyhdisteet (PFAS) ja kulkeutuvat pysyvät aineet
- mikromuovit

Kasvinsuojeluaineita ja biosidejä ei voi pitää nousevina ympäristöriskeinä, koska niiden ennakkoriskinarviointi ja sääntely on jo vakiintunut EU:ssa ja Suomessa. Siksi ne jätettiin kirjallisuuskatsauksen ulkopuolelle.

3.5.1 Tausta

Vaaralliset kemikaalit ja haitalliset aineet vaikuttavat ihmisten terveyteen ja hyvinvointiin joko suoraan tai epäsuorasti ekosysteemin kautta. Esimerkiksi tietyt hitaasti hajoavat, kulkeutuvat kemikaalit eivät hajoa tai muuten poistu edes kehittyneessä juomaveden käsittelyssä (EEA 2019). Vaarallisten kemikaalien tuotanto ja kulutus EU:ssa ovat pysyneet muuttumattomina. EU-alueella on rekisteröity REACH-asetuksen mukaisesti yli 22 000 kemikaalia. EU:ssa kulutettiin vuonna 2018 yli 300 miljoonaa tonnia kemikaaleja, joista noin kaksi kolmasosaa oli terveydelle vaarallisia. Arviot eivät sisällä kemikaaleja, joita on asetettu markkinoille alle tonni, polymeerejä tai torjunta-aineita ja lääkeaineita, joita säädellään oman lainsäädännön kautta. Vaikka tarkkaa lukumäärää ei tiedetä, on arvioitu, että markkinoilla on noin 100 000 kemikaalia ja lisäksi tuntematon määrä kemikaalien muuntumistuotteita. Riittävä riskinarviointi on tehty vain noin 500 kemikaalille. Riskinarvioinnille on melko hyvä tietopohja noin 10 000 ja puutteellinen 20 000 kemikaalille. Noin 70 000 kemikaalista ei ole juuri mitään tietoa. Euroopan ympäristöviraston arvion mukaan vain noin 450 kemikaalia on säännelty riittävästi (EEA 2019, 2020).

Perinteiset ilmaan, veteen ja maaperään kohdistuvat päästöt ovat olleet jo pidempään tutkimuksen kohteena ja säänneltyinä esimerkiksi teollisuuspäästö-, yhdyskuntajätevesi- ja pohjavesidirektiivien kautta. Esimerkiksi useiden VPD:n ja erityisesti REACH-asetuksen kautta rajoitettujen aineiden käyttö, päästöt ja pitoisuudet ympäristössä ovat alentuneet, mikä osoittaa rajoitusten toimivan. Rajoitettujen aineiden lukumäärä

on kuitenkin edelleen pieni (EC 2019a). Niiden rinnalle on noussut myös useita uudempiä ympäristöhaasteita (EEA 2018a ja b, 2019, 2020), kuten kemikaalien yhteisvaikutukset, lääkejäämät (ml. antibiootit ja antibioottiresistenssi), hormonit, PFAS-yhdisteet ja kulkeutuvat pysyvät aineet, hormonitoimintaa häiritsevät kemikaalit sekä mikromuovit.

Kemikaalien hallinnassa riittää siis haasteita. Kaikkien kemikaalien täydellinen riskinarviointi yksi kerrallaan järkevässä aikataulussa on mahdotonta. Kemikaalien riskinarvioinnin ja -hallinnan tehostamiseksi on viime aikoina keskusteltu paljon siirtymisestä samankaltaisesti vaikuttavien aineryhmien riskinarviointiin ja -sääntelyyn yksittäisten kemikaalien sijaan (EEA 2019, EU:n kemikaalistrategia KOM (2020) 667, Rudén 2020, Undeman ym. 2021).

3.5.2 EU:n kestävyttä edistävä kemikaalistrategia

EU:lla on jo nykyisin yksi kattavimmista ja suojaavimmista, mutta myös monimutkaisimmista kemikaalien sääntelykehyksistä, ja tämän tukena maailman edistynein tietopohja. EU:n sääntelykehukseen kuuluu noin 40 säädöstä, kuten REACH-asetus, asetus kemikaalien luokituksista, merkinnöistä ja pakkaamisesta (CLP-asetus, 2008/1272/EY), lainsäädäntöä mm. biosidien ja kasvinsuojeluaineiden turvallisuudesta ja syöpää aiheuttavista aineista työpaikalla sekä ympäristönsuojelulainsäädäntöä.

Komissio antoi kestävyttä edistävän kemikaalistrategiansa (KOM (2020) 667) osana Euroopan vihreän kehityksen ohjelmaa. Strategia on uusi pitkän aikavälin visio EU:n kemikaalipolitiikasta. Saasteettomuustoimintasuunnitelma täydentää kemikaalistrategiaa joidenkin kemikaaliaiheiden suhteen. Strategia liittyy useisiin muihin komission strategioihin ja aloitteisiin, kuten kiertotalouden toimintasuunnitelmaan, teollisuusstrategiaan (KOM (2020) 102), biodiversiteettistrategiaan (KOM (2020) 380) ja pellolta pöytään -strategiaan (KOM (2020) 381 lopullinen).

Kemikaalistrategia sisältää 56 aloitetta, jotka koskevat useita sektoreita. Lisäksi mukana on lukuisia lainsäädäntöehdotuksia. Strategiassa on ehdotettu muutoksia mm. seuraaviin säädöksiin: REACH-asetus, CLP-asetus, biosidiasetus (2012/528/EY), kasvinsuojeluaineasetus (2009/1107/EY), teollisuuspäästädirektiivi, pohjavesidirektiivi, ympäristön laatunormeja koskeva direktiivi (2008/105/EY) ja prioriteettiainedirektiivi. Aloitteiden toimeenpanon ohjeellinen aikataulu ajoittuu vuosille 2020–24 tai alkaa silloin. Käytännössä kemikaalistrategiassa esitetään kemikaalien sääntelytarpeita vuoteen 2030 asti. Ne käsittelevät mm. kemikaalien yhteisvaikutuksia, hormonitoimin-

taa häiritseviä aineita, per- ja polyfluorattuja alkyyliryhdyhdisteitä (PFAS), vesipuitteidirektiivin prioriteettiaineita ja lääkeaineita. Komissio on listannut tärkeiksi toimiksi mm. seuraavat (EC 2020a):

- kielletään kaikkein haitallisimpien kemikaalien käyttö kulutustavaroissa ja sallitaan se vain silloin, kun se on välttämätöntä;
- kemikaalien yhteisvaikutus otetaan huomioon kemikaaliriskien arvioinnissa;
- luovutaan asteittain per- ja polyfluorattujen alkyyliryhdyhdisteiden (PFAS) käytöstä EU:ssa; sekä
- koordinoidaan ja yksinkertaistetaan EU:n kemikaalilainsäädäntöä: otetaan käyttöön ”yksi aine, yksi arviointi” -menettely kemikaalien riskien ja vaarojen arvioimisen tehostamiseksi.

Osana strategiaa julkaistiin viisi komission laatimaa valmisteluasiakirjaa PFAS-aineista (EC 2020b), yhteisvaikutuksista (EC 2020c), hormonitoimintaa häiritsevistä aineista (EC 2020d), REACHin artiklan 138 uudelleen tarkasteluista (EC 2020e) ja kuumemisen aikana tulleista kommentteista (EC 2020f).

Komissio aikoo uuden kemikaalistrategian (KOM (2020) 667) mukaisesti mm. perustaa komissioon koordinoitimekanismin, jonka avulla voidaan sopia kemikaalilainsäädännön eri alojen toimista, jotka koskevat vaarojen tunnistamista, luokittelua ja riskinarviointia. Mekanismi voisi mahdollisuuksien mukaan synkronoida näitä toimia ja valvoa prosessia, jossa tavoitteena on ”yksi aine, yksi arviointi”. Se voisi myös järjeistää asiantuntemuksen ja resurssien käyttöä ehdottamalla, että asiaankuuluvien säädösten nojalla tehty kemikaaleja koskeva tekninen ja tieteellinen työ siirretään EU:n virastoille. EU:n asiantuntijaryhmä on syksyllä 2021 aloittanut menettelyyn liittyvän kehitystyön. Aineen arviointi voi koordinaatiomekanismista johtuen kestää kauemmin kuin nykyisin, mutta etuna voi olla laadukkaampi arvio ja huomattavasti vähemmän sääntelyn toimeenpanoon liittyviä ongelmia.

Menettelyn avulla voidaan tehostaa aineiden tunnistamista ja yhtenäistä riskienhallintaa. Nykyisin ongelmana on, että eri toimijat käynnistävät kemikaaliturvallisuusarviointeja eri säädösten nojalla eri aikoina. Arviointeja tekevät EU:n virastot (Euroopan elintarviketurvallisuusviranomaisen EFSA, ECHA, Euroopan lääkevirasto EMA ja Euroopan ympäristökeskus EEA), tiedekomiteat (terveys- ja ympäristöriskejä sekä kehitysmässä olevia riskejä käsittelevä tiedekomitea SCHEER ja kuluttajien turvallisuutta käsittelevä tiedekomitea SCCS), asiantuntijaryhmät tai komission yksiköt. Sidosryhmillä ja suurella yleisöllä on vaikeuksia seurata sääntelymenettelyjä ja -päätöksiä. ”Yksi aine, yksi arviointi” varmistaa, että turvallisuusarvioinnit käynnistetään ja asetetaan tärkeysjärjestykseen koordinoitusti, avoimesti ja mahdollisuuksien mukaan synkro-

noidusti. Kun arviointia ehdotetaan tietyn säädöksen nojalla, muut säädökset on otettava huomioon. Tässä voidaan hyödyntää nykyisin käytössä olevaa REACH- ja CLP-asetuksen mukaista julkisten toimien koordinoituvaa välinettä (PACT) ja siitä saatuja hyviä tuloksia. Päällekkäisen työn välttämiseksi on tärkeää päästä varhaisessa vaiheessa yhteisymmärrykseen ongelman määrittelystä ja arvioida aineita ryhminä, joilla on rakenteellisia tai toiminnallisia yhtäläisyyksiä. Käytettävissä olevien resurssien ja asiantuntemuksen käyttö on optimoitava jakamalla vastuut selkeästi ja varmistamalla hyvä yhteistyö kaikkien toimijoiden kesken (KOM (2020) 667).

3.5.3 Kemikaalien yhteisvaikutukset

3.5.3.1 Tausta

Valmistettujen kemikaalien kokonaismäärää on vaikea arvioida. Erään metadata-analyysin mukaan tuotantoon ja käyttöön rekisteröityjä kemikaaleja on maailmanlaajuisesti yli 350 000 (Wang ym. 2020). REACH-rekisteröinnin piirissä on yli 20 000 kemikaalia, ja koska toiminta liittyy yksittäisten kemikaalien tuotantoon ja markkinointiin, myös niiden ihmis- ja ympäristöriskin arviointi on kemikaalikohtaista. Tämä luo ongelman kemikaalien yhteisvaikutusten riskinarvioimisessa, koska tahattomasti tai tarkoituksella ympäristöön päästetyt kemikaalit eivät ikinä esiinny yksittäin vaan seoksina.

Ihmiset ja muut eliöt altistuvat tavallisesti useille kemikaaleille yhtä aikaa ilman, veden, maaperän tai ravinnon kautta. On vanhentunut käsitys, että seokset eivät olisi haitallisia niin kauan kuin niiden sisältämien yksittäisten kemikaalien pitoisuudet olisivat turvallisella tasolla (EC 2011, Martin ym. 2013). Monet tutkimukset ovat jo osoittaneet, että seoksilla voi olla haitallisia vaikutuksia, vaikka yksittäisten kemikaalien annoksina tai pitoisuuksina määrät ovat olleet haitattomia (Carvalho ym. 2014). Korkeista yhteenlasketuista riskisuhteista on näyttöä myös epidemiologisissa tutkimuksissa (Danish EPA 2017). Kemikaaliseoksien haitalliset yhteisvaikutukset on tutkimuksissa todennettu jo 1980-luvulla (esim. Hermens ja Leeuwangh 1982).

Yhteisvaikutusten arviointi eurooppalaisessa kemikaaleja koskevassa lainsäädännössä ei ole merkittävästi edistynyt. Tarkoituksellisia seoksia sisältävien tuotteiden (kuten kasvinsuojeluaineet) hallinta on poikkeus. Tahattomille seoksille altistuminen tulee esille kasvinsuojelulainelainsäädännössä ja muutamassa ihmisten terveyttä suojelevassa direktiivissä (esim. direktiivi lelujen turvallisuudesta). Muutoin lainsäädäntöä voi pitää kemikaalien yhteisvaikutusten suhteen vaatimattomana. Erityisesti takautuvasti tehtävä ympäristön seosaltistumisen arviointi ja hallinta puuttuu käytännössä kokonaan. Toisaalta ohjeita ympäristö- ja terveystieteiden arviointiin on olemassa, ja niitä ovat julkaisseet WHO ja IPCS (Meek ym. 2011), EFSA (2019) ja OECD (2018).

3.5.3.2 Nykytila

Kemikaalien yhteisvaikutukset on nostettu esille mm. EU:n seitsemännessä ympäristöohjelmassa (1386/2013/EU), parlamentin päätöslauselmissa (2019/2683(RSP), 2020/2531(RSP)) ja ympäristöneuvoston päätelmissä (Environment Council 2019). Komissio on myös äskettäin nostanut yhteisvaikutukset esille vihreän kehityksen ohjelmassa, erityisesti kemikaalistrategiassa (KOM (2019) 640, KOM (2020) 667). Yhteisvaikutukset ovat selkeästi mukana kemikaalistrategiassa, ja niiden rooli tunnustetaan ihmisen ja ympäristönsuojelussa: ”Jotta kemiallisten seosten yhteisvaikutuksiin voitaisiin puuttua asianmukaisesti, tarvitaan johdonmukaisia oikeudellisia vaatimuksia sen varmistamiseksi, että samanaikaisesta altistumisesta useille kemikaaleille aiheutuvat riskit otetaan tehokkaasti ja järjestelmällisesti huomioon kaikilla kemikaaleihin liittyvillä politiikan aloilla. -- kemiallisten seosten vaikutus on otettava huomioon ja sisällytettävä yleisemmin kemiallisten riskien arviointeihin.”

Komissio tunnistaa myös hormonihäiritsijöiden uhan ihmisille ja ympäristölle. Komissio ehdottaa mm. oikeudellisesti sitovan hormonaalisiin haitta-aineisiin liittyvän vaaran tunnistamisjärjestelmän käyttöön ottamista ja vaaran tunnistamisen soveltamista kaikessa lainsäädännössä. WHO-IPCS-määritelmän (IPCS 2002) mukaan ”hormonitoimintaa häiritsevä aine on ulkosyntyinen aine tai seos, joka muuttaa hormonijärjestelmän toimintaa ja aiheuttaa siten haitallisia terveysvaikutuksia organismeissa tai sen jälkeläisissä tai (ala)populaatioissa”. Ympäristön kemikaaliseoksissa on tavallisesti useita erilaisia hormonihäiritsijäyhdisteitä, joiden hallinta edellyttää niiden riskin arviointia yhteisvaikutusten kautta, mikä on selkeästi kirjoitettu kemikaalistrategiaan. Strategiassa on kaksi yhteisvaikutuksiin liittyvää toimenpidettä (liite 7), jos ei oteta huomioon tupakan ja vastaavien tuotteiden tuotannossa käytettyjen seosten arviointia koskevaa aloitetta.

3.5.3.3 Tulevaisuuden näkymät

Tahattomat ja tuntemattomat altistukset lienevät haasteellisin riskinarviointiympäristö sekä ihmisillä että muilla eliöillä. Usein kaikkia kemikaaleja ei pystytä edes tunnistamaan, eikä se ole edes riskinarvioinnin kannalta oleellista. Tärkeintä olisi kiinnittää huomiota mahdollisiin vaikutuksiin joko tunnistamalla tärkeimmät riskiä aiheuttavat kemikaalit tai keskittyä koko seokseen sellaisenaan. Tunnistusmenetelmässä (OECD 2018) kemikaaleja voidaan ryhmitellä joko rakenteen tai vaikutusmekanismin mukaan ja mallintaa mahdollisia yhteisvaikutuksia. Koko seoksen menetelmässä (OECD 2018) oletetaan, että sekä tunnistetut että tunnistamattomat kemikaalit vaikuttavat valittuun mittariin. Tällöin käyttökelpoisin menetelmä on suora toksisuustestaus eli vaikutusperusteiset testit.

Ympäristölaatu normeja vastaavia niin sanottuja hälytysrajoja on esitetty useille eri toksisille mekanismeille, joiden aiheuttajana ovat useimmiten kemikaalien yhteisvaikutukset (Escher ym. 2018, van der Oost ym. 2017). Uusien, toiminnallisten laatu normien käyttöönotto edellyttää ohjeistusta, yhteistä koulutusta ja tietysti tahtoa ottaa ne ympäristölaatu normien rinnalle lainsäädäntöön. Parhaiten sovelluksiin tutustuminen kävisi vesialuekohtaisten ohjelmien tai jopa Watch List -mekanismin kautta. Keskeinen sovellus olisi vaikutusperusteisten menetelmien käyttö kemiallisen ja ekologisen pintavesien luokittelun yhteensovittamisessa (Postma 2019).

Hyvin yksinkertainen hallinnollinen keino ottaa tahattomat seosaltistukset huomioon on niin sanotun turvakertoimen käyttö kaikille kemikaaleille REACH-rekisteröinnissä. Van Broekhuizen ym. (2017) ehdottivat, että kaikki haitattomiksi arvioidut pitoisuudet voisi jakaa turvakertoimella (MAF, Mixture Assessment Factor), jolloin kemikaaliseoksien riskinarviointi perustuisi automaattisesti pienempään arvoon. Tällöin esimerkiksi seoksien kohdalla vaadittaisiin yksittäisiltä kemikaaleilta pienempiä ympäristöpitoisuuksia, jotta riskikertoimet eivät kasvaisi yli yhden ja seoksen riskit pysyisivät samalla tasolla kuin yksittäisten kemikaalien. Varsinainen sovellettava MAF-kerroin on vielä sopimatta, mutta sen olisi tarkoitus suojella niitä Euroopan alueita, joilla on keskimääräinen kemikaalipaine. Tällöin jää mahdollisuus sovittaa lisätoimia kuormitetuimille alueille. Lähestymistapa on myös osa kemikaalistrategiaa, jossa komissio on ilmoittanut tutkivansa, kuinka MAF-kerroin voisi olla osa kemikaalien turvallisuusarviota REACH-lainsäädännössä (KOM (2020) 667).

Yhteisvaikutusten riskinarvioinnin ja päästöjen hallinnan edistymisen kannalta on tärkeää, että sitä tuetaan lainsäädännön vaatimusten kautta. Tehokkaan hallinnan kannalta on myös tärkeää, että eri säädökset integroidaan keskenään yhteisvaikutusten sääntelyn suhteen. Yleisen konsensuksen mukaan tehokkainta takautuvassa pintavesien kemikaaliriskinarvioimisessa vahingon jo tapahduttua olisi päivittää direktiivejä, jotka liittyvät suoraan ympäristönsuojeluun (VPD, meristrategiadirektiivi). EU-jäsenvaltiot käyvät keskusteluja vaikutusperusteisten menetelmien soveltamisesta vesipuitedi-
rektiivissä. Asiaan liittyvä raportti (Proposal for effect-based monitoring and assessment in the water framework directive, 2019) on julkaistu ja ohje menetelmien soveltamiseksi on tekeillä.

Ympäristön kemikalisoitumisen vaikutukset ihmisten terveyteen eivät ole vähentyneissä, vaikka monien perinteisten ympäristömyrkkyjen leviäminen on saatu hallintaan. Lasten terveyteen ja aikuisten lisääntymiseen liittyvät oireet ovat huolestuttavampia. Ne vaikuttavat tulevaisuudessa myös ympäristönsuojelun kehittämiseen, koska ilmiön taustalla vaikuttavat tahattomat päästöt ja haitta-aineseoksien yhteisvaikutukset (esim. UNEP/WHO 2013, Naidu ym. 2021). Ilmastonmuutoksen torjumisen lailla ympäristö kaipaa laajaa kansainvälistä konsensusta ja yhteisiä toimia vähentämään kemikalisoitumista. Aktiivisuus on kasvamassa IPCC:n (International Panel on

Chemical Pollution) alla, ja keskustelut hallitustenvälisen ilmastopaneelin kaltaisen yhteenliittymän muodostamiseen kemikaaliongelmien liittyen ovat alkaneet (Wang ym. 2021). Merkittävien muutosten syntyyn on kuitenkin matkaa, ja seuraavat kymmenen vuotta voivat osoittautua liian lyhyeksi.

YHTEENVETO

Kemikaaliseosten yhteisvaikutuksia on tutkittu runsaasti, ja niiden on todistettu aiheuttavan riskejä. Kymmenen viime vuoden aikana seokset on tunnistettu merkittäväksi ympäristöriskitekijäksi myös kansainvälisissä järjestöissä (UNEP) ja EU:ssa, mm. kemikaalistrategiassa.

Biotestit eli vaikutusperusteiset testit ja rakenteeltaan ja vaikutuksiltaan samanlaisten kemikaalien yhteen laskeminen ovat todennäköisesti ensimmäiset käytännön työkalut arvioitaessa seosten ympäristöriskiä. Hormonihäiritsijättestit ovat todennäköisesti ensimmäisiä biotestejä, sillä ne ovat tieteellisesti vankimmalla pohjalla. Perusteltuja normitettuja raja-arvoja on esitetty, ja menetelmiä löytyy ISO- ja OECD-standardeista.

Kemikaalien yhteisvaikutukset tulisi ottaa osaksi REACH-rekisteröintiä. Tällöin arvioidut turvalliset yhteisvaikutuksia kuvaavat pitoisuudet perustuisivat todennäköisesti turvakertoimiin.

3.5.4 Lääkejäät ja hormonit

3.5.4.1 Tausta

Globaalisti käytetään noin 2 000:ta ihmisille ja eläimille tarkoitettua lääkeainetta (Burns ym. 2018). Lääkeaineita on havaittu yleisesti pinta-, pohja- ja juomavedessä, eliöstössä, sedimentissä jätevesissä, jätevesilietteissä, maaperässä sekä lannassa eri puolilla maailmaa (Aus der Beek ym. 2016), mukaan lukien Itämeren alueella (UNESCO & HELCOM 2017, OECD 2019a, Ek Henning ym. 2020). Joillakin lääkeaineryhmillä on osoitettu olevan haitallisia vaikutuksia ekosysteemeihin (Vieno ym. 2020a). Monet lääkeaineista ovat pysyviä (Schwarz ym. 2021), mutta ne eivät kerääntynyt ravintoketjuihin (Brozinski ym. 2012).

Mikrobilääkkeiden runsas maailmanlaajuinen käyttö ja ympäristöön päätyvät antibiootitijäät edistävät mikrobien kehittymistä vastustuskykyisiksi lääkeaineille. Antibioottiresistenssi on maailmanlaajuisesti yksi suurimmista terveysuhista (WHO 2019a), ja

sen takia noin 700 000 ihmistä menehtyy vuosittain bakteerien aiheuttamiin infektoihin maailmassa. Mikäli kehityssuuntaa ei saada muutettua, arvioidaan kuolemien nousevan vuoteen 2050 mennessä noin 10 miljoonaan eli suuremmaksi kuin syöpäkuolemien määrän. Antibioottien väärällä ja turhalla käytöllä on suuri merkitys antibiootiresistenssin yleistymisessä; jopa puolet ihmiskäyttöön määrätystä antibiooteista on arvioitu turhiksi (OECD 2019a). Yli puolet maailman mikrobilääkkeistä käytetään maataloudessa, mutta erot maiden ja maanosien välillä ovat suuria. Kasvunedistäjinä käytettäviä mikrobilääkkeitä pidetään erityisen ongelmallisina. Suomessa mikrobilääkkeiden käyttö tuotantoeläinten lääkinnässä on maltillista eikä niitä käytetä kasvun edistämiseksi. On kuitenkin arvioitu, että kehittyvien maiden eläinten mikrobilääkkeiden käyttö maataloudessa nousee maailmanlaajuisesti nykyisestä jopa kahdella kolmanneksella vuoteen 2030 mennessä (Heikinheimo ym. 2020).

3.5.4.2 Päästöt ja ympäristöriskit

Lääkeainepäästöistä valtaosa aiheutuu lääkkeiden käytöstä, ja niiden merkittävin kulkeutumisreitti ympäristöön ovat yhdyskuntajätevedet. Jätevesien lääkeaineet ovat pääosin peräisin kotitalouksista, kun taas sairaaloiden lääkeainepäästöt selittävät enimmillään vain kolme ja lääketehaiden viisi prosenttia jätevedenpuhdistamoille tulevasta kokonaiskuormituksesta (Ek Henning ym. 2020). Globaalisti lääketeollisuuden lääkeainepäästöt ovat pieniä, mutta paikallisesti ne voivat olla merkittäviä, jos päästöjä ei käsitellä asianmukaisesti (Caldwell ym. 2016, CCB 2017, Perkola ym. 2021). Lääketeollisuus on esittänyt päästöosuudekseen länsimaissa kaksi prosenttia (BIO Intelligence Service 2013, Larsson 2014). Teollisuuden päästöjen merkittävyyden arviointi on kuitenkin hankalaa, koska teollisuus ei ole esittänyt selvitystensä arviointimenetelmää ja perusteita päätyä päästöosuusarvioon (Kümmerer ja Hempel 2010, Larsson 2014, Nystén ym. 2019, Äystö ym. 2019a). Lääketeollisuuden ympäristöluvut Itämeren alueella eivät pääsääntöisesti sisällä lupamääräyksiä tai tarkkailua jätevesien lääkeainejäämille.

Jätevedenpuhdistamoilta vesiympäristöön päätyvä kuormitus on pääosin pientä verrattuna puhdistamolle tulevaan kuormitukseen. Monien lääkeaineiden osalta poistuma jätevedestä ei tarkoita hajoamista, vaan pidättymistä lietteeseen tai muuntumista sellaiseen muotoon, jota ei havaita kemiallisissa analyyseissä. Toisaalta joidenkin lääkeaineiden poistumat jätevedenpuhdistamolla ovat alhaisia (Mänttari ym. 2020, Äystö ym. 2020a). Joidenkin lääkeaineiden kuormitusta voitaisiin vähentää tehokkaasti laajentamalla viemäriverkoston kattavuutta niillä alueilla, joilla jätevettä johdetaan ympäristöön ilman asianmukaista jätevedenkäsittelyä. Esimerkiksi ibuprofeenin kuormitus Itämereen voisi vähentyä noin 60 prosenttia, jos kaikki jätevesi valuma-alueella saataisiin aktiivilietekäsittelyn piiriin (Äystö & Stapf 2020).

Lääkejätteen keräämisen ja hävittämisen kehittäminen on yksi keino vähentää lääkeaineiden päätymistä ympäristöön. Itämeren maissa lääkejätteen käsittelyssä ja tehokkuudessa on suuria eroja, sillä lääkejätteen palauttaa keräyspisteisiin maasta riippuen 10–90 prosenttia asukkaista (Louhisalmi ym. 2020, Mehtonen ym. 2020). Tärkeä keino lääkejätteen keräyksen tehostamiseksi on tiedottaminen, sillä syynä väärään lääkejätteen käsittelyyn on usein tietämättömyys. Suomessa moneen muuhun maahan verrattuna hyvä tilanne on parantunut entisestään tiedotuskampanjoiden myötä (Louhisalmi ym. 2020).

Ympäristöön päätyvien lääkejäämien riskinarviointi on tärkeää, jotta voidaan tunnistaa hallittava osajoukko ympäristölle haitallisimpia lääkeaineita. Tunnistettuihin riskiaineisiin voidaan kohdistaa toimenpiteitä, kuten pitoisuuksien tarkkailua jätevesissä ja vesistöissä ja poiston tehostamista jätevedenpuhdistamoilla (Vieno ym. 2020b). Ympäristöriskinarvio voi toimia myös pohjana lääkeaineiden ympäristöperusteiselle luokitukselle, jota parhaillaan kehitetään Suomeen (Vieno ym. 2019, Vieno ym. 2020a, Minkkinen ym. 2020) ja joka on pian valmistumassa apteekkien käyttöön (Apteekkari 2021).

Lääkeaineiden ympäristöriskejä Suomessa on arvioitu sekä laskennallisesti että vesistömittauksiin perustuen. Riskinarvio kattoi 102 lääkeainetta, ja laskennallisen arvion perusteella 29 lääkeainetta aiheuttaa riskiä vesiympäristölle Suomessa. Laskennallisen arvion perusteella esiin nousseita lääkeaineita verrattiin mittaustiedon perusteella aiheuttamaan riskiin (Äystö ym. 2019b). Neljälle aineelle (diklofenaakki, atsitromysiini, siprofloksasiini ja 17 α -etinyyliestradioli) Suomen pintavesistä mitatut pitoisuudet ylittivät haitalliseksi arvioidut pitoisuudet (PNEC-arvo). Viidestätoista aineesta mitattuja pitoisuustietoja ei vielä ole tai analyysimenetelmän määrittäjä ei ole riittävän alhainen. Haitalliset ympäristövaikutukset ovat Suomessa edellä mainittujen neljän tunnistetun riskiaineen osalta todennäköisiä ainakin paikallisesti. Nämä neljä lääkeainetta ovat olleet tai ovat yhä VPD:n pintavesien tarkkailulistan aineita, minkä johdosta niistä on mittaustietoa. Lääkeaineiden pitoisuudet vesistöissä ovat korkeimmat kunnallisten jätevedenpuhdistamoiden vesienpurkupisteiden läheisyydessä (Vieno ym. 2020b). Talvella riskit voivat olla suurempia kuin kesällä johtuen jääpeitteestä ja pienemmästä UV-säteilystä, joka hajottaa lääkeaineita pintavedestä (Lindholm-Lehto ym. 2015).

3.5.4.3 Nykytila

EU:n kestävyttä edistävässä kemikaalistrategiassa lääkkeiden ympäristönäkökulma on käsitelty viittauksella Euroopan lääkestrategiaan, jossa taas painotetaan ympäristössä olevia lääkeaineita koskevan strategisen lähestymistavan toimien toteuttamista. EU:n saasteettomuustoimintaohjelmassa (KOM (2021) 400) on asetettu selkeä määrällinen tavoite vähentää mikrobilääkkeiden myyntimääriä tuotantoeläintaloudessa ja

vesiviljelyssä puolella vuoteen 2030 mennessä EU-alueella. Tavoite on peräisin pelolta pöytään -strategiasta (KOM (2020) 381). Myyntimäärät kuvaavat käyttömääriä vaikka eivät olekaan sama asia, ja ne ovat valittu siksi, että niistä löytyy tilastotietoa.

Toimintaohjelma korostaa pintavesien ja maaperän suojelua lääkejäämiltä tehokkaan kansainvälisen yhteistyön kautta. Se myös painottaa EU:n ympäristössä olevia lääkeaineita koskevan strategisen lähestymistavan toimien toteuttamisen tärkeyttä. Komission tiedoksi EU:n strateginen lähestymistapa ympäristössä oleviin lääkeaineisiin (KOM (2019) 128) nostaa esiin toimia, joilla pyritään vähentämään ympäristöhaittoja lääkkeen koko elinkaaren ajalta. Näitä ovat esimerkiksi tiedottaminen, lääkkeiden maltillisen käytön edistäminen, lääkkeiden ympäristöriskinarvioinnin parantaminen, lääkehävikin vähentäminen ja jäteveden käsittelyn parantaminen. EU:n jäsenmaissa pohditaan parhaillaan, miten lääkeainestrategiaa toteutettaisiin kansallisesti. Suomessa on jo pitkään toteutettu useita komission listaamia toimia. Komissio on vuonna 2020 julkaissut ensimmäisen strategian toimeenpanoraportin (EC 2020h).

Euroopan lääkestrategiassa (KOM (2020) 761) on esitetty ympäristön lääkejäämiin ja ekologiseen kestävyYTEEN liittyviä toimia. Kaksi kokonaisuutta ovat 1) lääkelainsäädännön tarkistaminen ympäristöriskien arviointia koskevien vaatimusten ja lääkkeiden käyttöedellytysten vahvistamiseksi sekä tilannekatsaus eurooppalaisen innovatiivisia lääkkeitä koskevan aloitteen (IMI) puitteissa tehdyn tutkimuksen tuloksista sekä 2) jatketaan ympäristössä olevia lääkeaineita koskevan strategisen lähestymistavan alaisen toimien toteuttamista.

Tällä hetkellä suurin osa lääkeeraaka-aineiden valmistuksesta tapahtuu Aasiassa, missä teollisuuden päästöjen sääntely ja valvonta on heikkoa (Teräsalmi ym. 2020). Lääkestrategian mukaisesti komissio osallistuu kansainväliseen yhteistyöhön ja toimii yhteistyössä Maailman terveysjärjestön (WHO) ja muiden kansainvälisten järjestöjen kanssa sekä kahdenvälisesti. Komissio myös lisää tietoisuutta ympäristöriskeistä esimerkiksi jakamalla parhaita käytäntöjä. On arvioitava, miten paljon mikrobilääkeresistenssin kehittymiseen voidaan vaikuttaa noudattamalla hyviä tuotantotapoja.

Yhteinen terveys (One Health) -ajattelussa ihmisen ja eläimen terveys ovat yhteydessä toisiinsa sekä ympäristöön, jossa ne elävät. Tämä ajattelu on mikrobilääkeresistenssin torjunnan kulmakivi. Suomessa kansallinen lainsäädäntö on jo vuosia edellyttänyt hallittua mikrobilääkkeiden ja muiden lääkkeiden käyttöä eläimille (Heikinheimo ym. 2020). Mikrobilääkeresistenssin torjunnan kansallisessa toimintaohjelmassa (Hakanen ym. 2017) kuvataan asian nykytilaa Suomessa ja esitetään toimenpide-ehdotuksia. Toimintaohjelma päivitetään vuoden 2022 aikana. Komissio hyväksyi kesäkuussa 2017 eurooppalaisen Yhteinen terveys -toimintasuunnitelman mikrobilääkeresistenssin torjumiseksi (EC 2017).

EU:n ja Suomen lainsäädäntö ei aseta velvoitteita poistaa lääkettäjämiä yhdyskuntajätevesistä. Lääkettäjämiin liittyviä avoimia kysymyksiä on edelleen paljon, mm. kuinka lainsäädäntöä tulisi kehittää, tulisiko asettaa raja-arvoja ja olisiko tehokkaampaa poistaa lääkettäaineita jo kuormituksen syntypaikalla kuten sairaaloiden jätevesistä vai vasta kunnallisilla jätevedenpuhdistamoilla (Laitinen ym. 2020). Lääkettäjämiä poistoa ei ole priorisoitu kunnallisilla jätevedenpuhdistamoilla, koska niille ei ole asetettu päästöraja-arvoja ympäristöluvuissa. Lääkettäaineiden joukosta ei myöskään ole tunnistettu niitä aineita, joita tulisi poistaa jätevedestä. Erilaiset käsittelymenetelmät tehoavat vaihtelevasti eri lääkettäaineille, ja mahdollisimman hyvän puhdistustuloksen saavuttamiseksi on yhdistettävä useita eri menetelmiä peräkkäisiksi prosesseiksi (Laitinen ym. 2020).

EU:n prioriteettiainedirektiivi velvoittaa jäsenvaltioita mittaamaan vesiympäristöstä VPD:n pintavesien tarkkailuainelistan aineita. Näin ollen tarkkailuainelistamekanismi syöttää tärkeää koko EU:n kattavaa tietoa riskinarviontiin. Ensimmäisellä tarkkailulisalla (päätos 2015/495/EY) oli seitsemän, toisella yhdeksän (2018/840/EY) ja kolmannella kuusi lääkettäainetta (2020/1161/EY). Käynnissä olevan EU:n prioriteettiainedien tarkistuksen loppusuoralle ovat päässeet kolme antibioottia (klaritromysiini, atsitromysiini, erytromysiini), karbamatsepiini, diklofenaakki, kolme hormonia (17 α -etinyyliestradioli EE2, 17 β -estradioli E2 ja estroni E1) ja ibuprofeeni (tilanne tammikuussa 2022). Uuden juomavesidirektiivin tarkkailuainelista sisältää beta-estradiolin.

3.5.4.4 Tulevaisuuden näkymät

Väestön ikääntyessä lääkkeiden käyttö todennäköisesti edelleen lisääntyy. Ellei päästöjä vähennetä, lääkettäjämiä päätyy ympäristöön entistä enemmän (OECD 2019b, Nystén & Äystö 2020). Lääkkeet ovat ympäristöongelma myös Itämeren alueella, ja niiden päästöjä pitäisi vähentää (Perkola ym. 2021). Päästöjen vähentämiseen ei ole yhtä yksinkertaista ratkaisua, vaan se vaatii eri keinojen yhdistelmiä ja eri tahojen yhteistyötä (OECD 2019a, Thisgaard ym. 2020). Komission mielestä on pyrittävä maltilliseen lääkkeiden käyttöön (KOM (2019) 128). Tulee tutkia turhaa lääkkeiden käyttöä ja keinoja vähentää sitä ilman, että potilasturvallisuutta vaarannetaan. Tämä on erityisen tärkeää antibioottien suhteen.

Lääkettäjätteen erilliskeräyksen ja hävittämisen tehostamiseksi on olemassa toimivia ratkaisuja, joita pitäisi ottaa käyttöön laajemmin Itämeren alueella, vaikka päästöjä vähennyspotentiaali ei ole niin suuri Suomessa kuin esimerkiksi Venäjällä tai Baltian maissa. Myös jäteveden tehokkaampi puhdistus olisi tehokas keino vähentää lääkettäaineiden päästöjä vesistöihin. Itämeren alueella se olisi erityisen tehokasta siellä, missä jätevedettä ei vielä puhdisteta (Perkola ym. 2021). Sveitsissä on vuonna 2016 voimaan tullessa laissa määritelty pakolliseksi poistaa 80 prosenttia biologisessa puhdistuksessa hajoamattomista yhdisteistä asukasvastinelukua 80 000 suuremmilla puhdistus-

moilla. Tämä koskee myös pienempiä puhdistamoita, mikäli ne sijaitsevat herkillä alueilla, esimerkiksi vedenottamoiden läheisyydessä (Mänttari ym. 2020). Velvoite koskee myös joitakin lääkeaineita. Tällainen puhdistusvelvoite vesihuoltolaitoksille voi tulla joidenkin lääkeaineiden suhteen pakolliseksi myös EU:ssa. Näyttää kuitenkin siltä, ettei EU-tason velvoitteita ole tulossa ennen vuotta 2030, ellei yhdyskuntajätevesidirektiiviin lisätä puhdistusvelvoitteita lääkeaineille.

Teräsalmi ym. (2020) tarkastelivat, mitä globaaleja haasteita lääkkeiden ympäristövaikutuksia koskevan sääntelyn hajanaisuudesta aiheutuu. Suomalaiset ohjaukset ovat lääkkeiden ympäristövaikutusten hallinnassa monilta osin jo nykytasollaan melko toimivia, mutta parannettavaa on mm. lääkkeiden ympäristöriskinarvioinnista vastaavien tahojen resurssien ja asiantuntemuksen turvaamisessa. Lääkealan kansainvälisen luonteen vuoksi voimavaroja tulisi keskittää kansainväliseen yhteistyöhön sääntelyn kehittämiseksi ja harmonisoimiseksi. Lääkkeiden koko elinkaaren aikaisia ympäristövaikutuksia tulee vähentää niin teollistuneissa kuin kehittyvissä maissa.

Lääketeollisuuden lääketeollisuuden päästöt arvioidaan vähäisiksi, mutta ne voivat olla paikallisesti merkittäviä erityisesti kehitysmaissa. Joidenkin lääkeaineiden suhteen lääketeollisuuden päästöt voivat olla merkittäviä myös EU-alueella, mutta teollisuuden päästöjen merkittävyyden arviointi on hankalaa, koska teollisuus ei ole esittänyt päästöjensä arviointimenetelmiä. Lisäksi lääketeollisuuden ympäristöluvut esimerkiksi Itämeren alueella eivät pääsääntöisesti sisällä lupamääräyksiä eikä tarkkailua jätevesien lääkeainejäämille.

Lääketeollisuus on globaalia toimintaa, ja lääkeainetuotanto on erittäin keskittyntä mm. Kiinaan ja Intiaan. Nystén ym. (2019) ja Äystö ym. (2019a) mukaan suurimman ympäristösuojelullisen kokonaishyödyn saavuttamiseksi ja jotta eri maissa toimivaa teollisuutta ei asetettaisi eriarvoiseen asemaan tulee lääketeollisuuden ympäristönäkökulmat sisällyttää EU-vetoisesti johonkin kansainväliseen järjestelmään, kuten esimerkiksi hyviin tuotantotapoihin.

Seuraavien kymmenen vuoden aikana EU-tasolla tullaan toteuttamaan pääasiassa EU:n ympäristössä olevia lääkeaineita koskevan strategisen lähestymistavan mukaisia toimia. Osa jäsenvaltioista, kuten Suomi, on jo edistynyt paljonkin joissain toiminna, mutta erot jäsenmaiden välillä voivat olla suuria. Osa toimista (mm. lääkejätteen keräys ja hävitys) on kansallisen sääntelyn piirissä, kun taas osa toimista on tehtävä EU-tasolla tai globaalisti, kuten YK:n ympäristöohjelman alaisen kansainvälisen kemikaalien hallinnan strategian (SAICM) puitteissa tai lääketeollisuuden vapaaehtoisin toimin (mm. EFPIA 2021).

Tietämys lääkeaineiden esiintymisestä sekä riskeistä ympäristössä on parantunut huomattavasti. Lääkeaineiden ympäristötoksisuudesta ja -pitoisuuksista tarvitaan kui-

tenkin edelleen lisätietoa, jotta ympäristöriskejä voidaan arvioida luotettavasti ja riskinhallintatoimenpiteet kohdistaa järkevästi. Äystö ym. 2019a suositellut, että keskeisimmät lääkeaineet sisällytetään ensi tilassa ympäristöhallinnon tietojärjestelmien (mm. YLVA) muuttujavalikoimiin, jotta toiminnanharjoittajat pystyisivät syöttämään lääkeainepäästöjä ja -kartoitusten tuloksia sähköisesti ympäristöhallinnon tietojärjestelmiin. Ympäristöstä tulisi seurata ainakin niitä lääkeaineita, joiden on havaittu esiintyvän riskipitoisuuksina (Perkola ym. 2021). Riskinarvioinnin kehittämiseksi tulisi analytiikkaa olla saatavilla nykyistä laajemmalle lääkeainejoukolle ja niiden muuntumistuotteille. Koska jätevesinäytteenottoon ja lääkejäämien analysointiin sisältyy monia virhelähteitä ja analytiikka on kallista, voi olla kustannustehokkaampaa arvioida kuormitusta käyttömääräperusteisesti (Nystén & Äystö 2020, Äystö ym. 2020a). Ympäristömallinnus on tehokas tapa tuottaa tietoa lääkeaineiden riskinarvioinnin pohjaksi ja arvioida erilaisten päästövähennystoimenpiteiden vaikuttavuutta (Äystö ym. 2020b, Äystö & Stapf 2020).

Äystö ym. (2019a) ja Leisk ym. (2020) suosittelivat, että lääketehaiden tulisi olla tietoisia lääkeainepäästöistään ja niiden vaikutuksista puhdistamoilla ja ympäristössä. Tehtaiden olisi myös tarvittaessa vähennettävä päästöjään. Kunnallisten jätevedenpuhdistamoiden tulisi seurata lääkepäästöjään, ja päästöille pitäisi asettaa raja-arvot, jos riskinarvio niin osoittaa. Tämä edellyttää riskinarviointien vaatimista kunnallisilta jätevedenpuhdistamoilta ympäristölupien kautta (Äystö ym. 2019a). Samanaikaisesti tulee ponnistella sen eteen, että lääkeyhtiöiden tuottama ja omistama ympäristörisikien arviointitieto tulisi julkiseksi tai ainakin viranomaisten käyttöön EU-tasolla niin, että tietoa voitaisiin hyödyntää esimerkiksi lääkeaineiden riskinarvioinnissa ja ympäristöluokituksessa (Vieno ym. 2020a, Ahkola ym. 2020a). Asiassa tullaan todennäköisesti etenemään lääketeollisuuden vapaaehtoisin toimin, ja komissio jatkaa dialogia lääketeollisuuden kanssa (KOM (2019) 128) teollisuuden ei-julkisen tiedon avaamiseksi. Tietoa lääkeaineiden riskinarvioinnista EU:ssa on esitetty liitteessä 8.

Eurooppalaiset lääketeollisuusjärjestöt ovat tehneet vapaaehtoisuuteen perustuvan yhteisen aloitteen toimintansa ympäristövaikutusten vähentämiseksi. Läketeollisuuden EPS-ohjelmalla (Eco-Pharmaco Stewardship) pyritään mm. edistämään tuotannon aikaisten riskien tunnistamista ja hallintaa, priorisoimaan pitkään markkinoilla olleita lääkeaineita riskinarviointia varten ja tunnistamaan lääkeaineita, jotka aiheuttavat riskiä ympäristölle. Tietoa lääkkeiden vaikutuksista ympäristöön kerätään EPS-ohjelman IMI-hankkeessa (Innovative Medicines Initiative) (EFPIA 2015, Gohlke-Kokkonen 2016). Ympäristön lääkejäämiä voidaan vähentää myös edistämällä lääkkeiden vastuullista ja järkevää käyttöä (KOM (2019) 128, Mehtonen ym. 2020). Eläinlääkinnästä aiheutuvia päästöjä ympäristöön ja päästövähennyspotentiaalia ei tiedetä tarpeeksi hyvin, ja siihen tulee jatkotutkimuksissa kohdistaa resursseja (BIO Intelligence Service 2013, Ek Henning ym. 2020, Perkola ym. 2021).

YHTEENVETO

Seuraavien 10 vuoden aikana EU-tasolla tullaan toteuttamaan EU:n ympäristössä olevia lääkeaineita koskevan strategisen lähestymistavan mukaisia toimia, joilla pyritään vähentämään ympäristöhaittoja lääkkeen koko elinkaaren ajalta. Näitä toimia ovat esimerkiksi tiedottaminen, maltillisen käytön edistäminen, ympäristöriskinarvioinnin parantaminen, lääkehävikin vähentäminen ja jäteveden käsittelyn parantaminen.

Lääkeainepäästöjen vähentämiseen ei ole yhtä yksinkertaista ratkaisua, vaan se vaatii eri keinojen yhdistelmiä ja monien tahojen yhteistyötä. Ympäristöön päätyvien lääkejäämien riskinarviointi on tärkeää, jotta voidaan tunnistaa hallittava osajoukko ympäristölle haitallisimpia lääkeaineita. Tunnistettuihin riskiaineisiin voidaan kohdistaa toimenpiteitä kuten seurantaa ja tarkkailua ja poiston tehostamista jätevedenpuhdistamoilla. Lääkeaineiden riskinarviointi nopeutuisi ja julkisia verovaroja säästyisi, jos lääkeyhtiöt vapaaehtoisuuteen perustuen luovuttaisivat avoimempaan käyttöön niillä olevan lääkeaineiden ympäristöriskinarvioihin liittyvän tiedon.

Lääkkeiden koko elinkaaren aikaisia ympäristövaikutuksia tulisi vähentää niin teollistuneissa kuin kehittyvissä maissa. Voimavaroja tulisi keskittää kansainväliseen yhteistyöhön sääntelyn kehittämiseksi ja harmonisoimiseksi. Komissio on sitoutunut kansainväliseen yhteistyöhön erityisesti riskien ja päästöjen torjuntaan antibioottiresistenssin suhteen.

3.5.5 PFAS-yhdisteet ja kulkeutuvat pysyvät aineet

3.5.5.1 Tausta

Osittain tai kokonaan fluoratut orgaaniset yhdisteet (per- ja polyfluoratut alkyylilyhdisteet, PFAS) ovat aineryhmä, joka koostuu yli 4 700 kemikaalista. Ainakin noin 3 000 PFAS-yhdistettä on kaupallisessa käytössä globaalisti (KEMI 2015). Yhdisteet eivät ole uusia, sillä niiden tuotanto alkoi jo 1940-luvulla. Useat PFAS-yhdisteet ovat ympäristössä kulkeutuvia pysyviä aineita, joiden uhkaan erityisesti ihmisten terveydelle mutta myös ympäristölle on herätty laajemmin vasta viime vuosina. Ihminen altistuu niille pääasiassa ravinnon kautta. Yhdisteitä päätyy ympäristöön mm. niiden valmistuksen, käytön ja hävittämisen aikana sekä jäteveden, lietteen ja laskeuman kautta (Mehtonen ym. 2016, Kärman ym. 2019).

PFAS-yhdisteitä käytetään mm. sammutusvaahdoissa, nahan, tekstiilien ja paperin likaahylkivissä pinnoitteissa (mm. pikaruokapakkauksissa), kosmetiikkatuotteissa (mm.

aurinko- ja ihovoiteissa), vahoissa, suksivoiteissa, puhdistusaineissa, paistinpannuissa ja metallien pinnoituksessa (Korkki 2006, KEMI 2015, Mehtonen ym. 2016, EC 2020b, EEA 2020, EEB 2020). Uusia PFAS-käyttökohteita löytyy jatkuvasti (Gluge ym. 2020).

PFAS-yhdisteiden yhdistekohtaisista käyttömääristä ja -kohteista Euroopassa on niukasti tietoa¹. ECHAN kemikaalitietokannasta on mahdollista hakea PFAS-yhdisteiden käyttötietoa, mutta tieto on puutteellista (EEA 2019, EC 2020b, EEB 2020, Vähä ym. 2020, KOM (2020) 667, Aust ym. 2021, Bomark ym. 2021, Krupanek ym. 2021). Osittain tämä johtuu siitä, että käytössä olevia PFAS-yhdisteitä on paljon ja kutakin niistä tuotetaan niin alhaisella volyymillä, että niitä koskevat REACH-tietovaatimukset ovat vähäiset. Lisäksi monet PFAS-yhdisteet ovat polymeerejä, joita REACH-rekisteröinti ei koske (EC 2020b). Tavaroiden toimittajat eivätkä valmistajatkaan välttämättä tiedä käyttävänsä PFAS-yhdisteitä sisältäviä kemikaaleja (Delpero 2021a). Käyttötietojen puute vaikeuttaa aineista aiheutuvien riskien arviointia ja hallintaa.

Hitaasti hajoavat ja kulkeutuvat aineet (PM-aineet) sekä myrkylliset, hitaasti hajoavat ja kulkeutuvat aineet (PMT-aineet) ovat kemialliselta rakenteeltaan heterogeeninen aineryhmä. Aineita yhdistää se, että ne kulkeutuvat pitkiä matkoja vedessä ja maaperässä, niitä löytyy yleisesti pintavesistä ja pohjavesistä ja ne ovat erittäin pysyviä eli eivät hajoa (Hale ym. 2020a). PMT-aineisiin kuuluu jo pitkään käytössä olleita aineita, joihin on alettu kiinnittää huomiota vasta viime vuosina. Kulkeutuvien aineiden poistaminen jätevedestä hajoamisen tai lietteeseen kiinnittymisen kautta on vaikeaa nykyisillä jätevedenpuhdistustekniikoilla, koska aineet eivät juurikaan hajoa tai kiinnity puhdistamolietteeseen. Kulkeutuvat aineet ovat saaneet EU-tasolla lisääntyvässä määrin huomiota erityisesti juomaveden kautta aiheutuvan terveysriskien vuoksi (EEA 2019 & 2020, Hale ym. 2020a & b, Neumann 2021).

3.5.5.2 Nykytila

EU:n kemikaalistrategiassa (KOM (2020) 667, EC 2020b) on PFAS-yhdisteisiin kiinnitetty erityistä huomiota. Tämä johtuu maaperän ja veden, mukaan lukien juomaveden, lukuisista pilaantumisista EU:ssa ja maailmanlaajuisesti, ihmisten sairastumisesta sekä yhteiskunnallisista ja taloudellisista kustannuksista. Komissio on kemikaalistrategiassa ehdottanut kattavaa toimenpidekokonaisuutta, jolla puututaan PFAS-yhdisteiden käyttöön ja niiden aiheuttamaan ympäristön pilaantumiseen. Näistä toimenpiteistä

¹ Lisätietoa suomeksi PFAS-yhdisteiden terminologiasta, ympäristötutkimuksista ja riskinarvioinnista: Reinikainen ym. 2019, Siimes ym. 2019, Siimes & Mannio 2020, Haavisto & Retkin 2014 ja Mehtonen ym. 2016. Suomenkielistä tietoa PFAS-yhdisteiden terveysvaikutuksista ja riskeistä löytyy THL:n www-sivuilta (THL 2021).

vaikuttavuudeltaan ehkä merkittävin on ehdotus PFAS-yhdisteiden käytön rajoittamisesta REACH-asetuksen nojalla sammutusvaahdoissa ja kaikissa muissa kuin välttämättömissä käyttötarkoituksissa (liite 9). Tavoitteena on varmistaa, että PFAS-yhdisteiden käytöstä luovutaan vaiheittain EU:ssa, ellei käytön osoiteta olevan yhteiskunnan kannalta välttämätöntä. Kemikaalistrategiassa on yhdeksän suoraan PFAS-yhdisteisiin liittyvää toimenpidettä (liite 9). Kaksi toimenpidettä koskee PM- ja PMT-aineita ja niiden lisäämistä CLP- ja REACH-asetukseen. REACH-asetuksen mukaisen rekisteröintivelvollisuuden laajentaminen tiettyihin huolta aiheuttaviin polymeereihin liittyy PFAS-yhdisteisiin, koska jotkin niistä ovat polymeerejä (liite 9). Toimenpiteet on suunniteltu toteutettavaksi vuoteen 2024 mennessä.

Huoli PFAS-yhdisteiden haitoista ympäristölle ja ihmisten terveydelle on johtanut aluksi pitkäketjuisten PFSA- ja PFCA-yhdisteiden ja vähitellen myös lyhytketjuisten PFAS-yhdisteiden lisääntyvään sääntelyyn EU:ssa ja Pohjois-Amerikassa (Chemical Watch 2021a, EC 2020b). Toistaiseksi on rajoitettu vain PFOS:n, PFOA:n ja PFCA-yhdisteiden C9–C14 sekä niiden johdannaisten tuotantoa, maahantuontia ja käyttöä globaalisti tai EU-alueella. Lisäksi joitakin PFAS-yhdisteitä on tunnistettu erityistä huolta aiheuttaviksi eli SVHC-aineiksi (substances of very high concern). REACH-asetuksen ja Tukholman POP-sopimuksen puitteissa valmistellaan PFAS-yhdisteiden lisäsääntelyä usean rajoitusehdotuksen muodossa (liite 9). OECD-maiden suuret valmistajat ovat vapaaehtoisesti lopettaneet tai lopettamassa esimerkiksi PFOS:n, PFHxS:n ja PFOA:n sekä niiden johdannaisten valmistuksen ja käytön. Pitkäketjuisten PFAS-yhdisteiden tuotanto ja käyttö ovat kuitenkin samaan aikaan lisääntyneet Aasiassa (Mehtonen 2016).

PFOS-yhdisteitä säädellään EU:ssa myös vesipuitedirektiivillä. PFOS on vaarallinen prioriteettiaine, ja sille on asetettu ympäristölaatu normit (pitoisuuksia kalassa ja pintavedessä), joita ei saa ylittää. PFAS-yhdisteiden lisäämistä EU:n pintavesien prioriteettiainelistaan arvioidaan parhaillaan. Uudessa juomavesidirektiivissä 2020/2184 on annettu yhdisteille raja-arvoja juomavedessä. Lisäksi pohjavesidirektiivin liitteiden aineluetteloiden päivittämistä valmistellaan parhaillaan ja PFAS-yhdisteet ovat mukana keskusteluissa komission esityksestä. Kemikaaleja ei tällä hetkellä säännellä PMT- ja PM-ominaisuuksien vuoksi millään tavoin vesipuitedirektiivissä eikä muissakaan vesidirektiiveissä.

Ongelmana on ollut pitkäketjuisten PFAS-yhdisteiden käytön korvaaminen yhtä vaarallisilla tai jopa vaarallisemmilla PFAS-kemikaaleilla. Sitä mukaa kun jonkin pitkäketjuisen PFAS-yhdisteen käyttöä on rajoitettu, muu sääntely on lisääntynyt tai sen valmistelu on alkanut, teollisuus on ottanut käyttöön kemialliselta rakenteeltaan ja riskeiltään samankaltaisia PFAS-yhdisteitä. Monet niistä ovat olleet lyhyempiketjuisia ja siten useimmiten vähemmän kertyviä, mutta yhtä pysyviä ja kulkeutuvampia. Lisäksi lyhytketjuisia yhdisteitä joutuu joissakin tapauksissa käyttämään suurempia määriä,

mistä aiheutuu suuremmat päästöt verrattuna pitkäketjuisiin PFAS-yhdisteisiin. Näistä esimerkkejä ovat perfluoributaanisulfonihappo (PFBS) ja perfluoributaanihappo (PFBA). Siksi siirtyminen lyhytketjuisten PFAS-yhdisteiden käyttöön voi jatkaa PFAS-yhdisteistä aiheutuvaa ympäristöongelmaa (Scheringer ym. 2014, Blum ym. 2015, EC 2020b). Aikaisempia kokemuksia vaarallisten kemikaalien kyseenalaisesta korvaamisesta toisilla vaarallisilla kemikaaleilla löytyy, esimerkiksi PCB-yhdisteiden korvaaminen klooratuilla parafiineilla, PBDE-yhdisteiden korvaaminen halogenoiduilla palones-toaineilla ja bisfenoli-A:n (BPA) korvaaminen BPS:llä (ECHA 2020a), BPF:llä tai muulla bisfenolisella yhdisteellä (Birnbaum & Grandjean 2015, Trasanda 2017).

Pysyviä ja kulkeutuvia PMT- ja PM-yhdisteitä ei tällä hetkellä säännellä EU:n kemikaalilainsäädännössä (REACH ja CLP) lukuun ottamatta kahden PFAS-yhdisteen (PFBS ja HFPO-DA/GenX) ja 1,4-dioksaanin tunnistamista REACH-asetuksen mukaisesti SVHC-aineiksi (Hale ym. 2020b, ECHA 2021). EU:n uuden kemikaalistrategian myötä niiden sääntely tulee kuitenkin lisääntymään. Virallisia luokittelukriteerejä PMT- ja PM-aineille ei vielä ole. Uuden kemikaalistrategian myötä kriteerejä kehitetään parhaillaan EU-tasolla (Delpero 2021c). Kriteerejä ottaa kemikaalin kulkeutuvuus vedessä huomioon EU:n kemikaalilainsäädännössä on kehitetty noin 10 vuotta. Tieteelliset kriteerit PMT- ja vPvM-yhdisteiden tunnistamiseksi julkaistiin vuonna 2019 (Neumann and Schliebner 2019). Viime vuosina keskustelu PMT- ja vPvM-kriteereistä on siirtynyt tieteelliseltä tasolta politiikkatasolle. Lisätietoa PMT- ja vPvM-aineiden sääntelystä ja kriteereistä niiden tunnistamiseksi löytyy liitteestä 9.

3.5.5.3 Tulevaisuuden näkymät

EU:n kemikaalisääntelyssä on tällä hetkellä voimakas pyrkimys siirtyä yksittäisten vaarallisten kemikaalien sääntelystä rakenteellisia tai toiminnallisia yhtäläisyyksiä omaavien aineryhmien sääntelyyn. Samoin pyritään ottamaan käyttöön kulkeutuvuutta ja pysyvyyttä koskevia uusia vaaraluokkia (vPvM, PMT) CLP:ssä ja selkeämpiä SVHC-aineiden nimeämiskriteerejä REACH-asetuksessa (KOM (2020) 667). Tämä tulee EU:n kemikaalistrategiassa esiin erityisesti PFAS-yhdisteiden kohdalla (EC 2020b).

Laajaa, koko PFAS-aineryhmää koskevaa rajoitusehdotusta perustellaan yhä kasvavalla riskillä ihmisten terveydelle ja ympäristölle (EC 2020b). PFAS-yhdisteiden runsaslukuisuudesta ja yhdistekohtaisen tiedon puutteesta johtuen arviointi yhdiste yhdisteeltä on hyvin vaikeaa tai jopa mahdotonta (EC 2020b). Joukko tutkijoita on julkaissut julkilausumia, joissa tuodaan esille PFAS-yhdisteiden negatiiviset ympäristö- ja terveysvaikutukset, erittäin korkea pysyvyys sekä tarve koko PFAS-ryhmän pikaiselle rajoittamiselle (Scheringer ym. 2014; Blum ym. 2015; Ritscher ym. 2018).

Pitkäketjuisia PFAS-yhdisteitä korvaavien kemikaalien, kuten lyhytketjuisten ja polymeeristen PFAS-yhdisteiden, ominaisuuksista, valmistusmääristä, käytöstä, vaikutuksista, esiintymisestä ja korvaavista aineista tulisi saada lisätietoa (Scheringer ym. 2014; Blum ym. 2015; Ritscher ym. 2018). Lisäksi on tärkeää PFAS-yhdisteiden analytiikan kehittäminen ja työn kohdentaminen enemmän polymeeriin PFAS-yhdisteisiin ja PFAS-aineryhmiin yksittäisten PFAS-yhdisteiden sijaan (Ritscher ym. 2018, EC 2020b).

Useiden tutkijoiden mukaan tulee pyrkiä laajaan PFAS-aineiden sääntelyyn, mihin sisältyvät pitkäketjuisten lisäksi mm. lyhytketjuiset PFASit, muut PFAA-yhdisteet ja niiden prekursorit, fluoripolymeerit, perfluoratut polyeetterit ja sivuketjuiset fluoratut aromaattit (Blum ym. 2015; Ritscher ym. 2018). European Environmental Bureau (EEB) on tunnistanut sivuketjuiset fluoripolymeerit (SCFP), fluoritelomeerit (FT) ja fluoratut polyeetterit PFAS-aineiden alaryhmiksi, joiden aiheuttamiin riskeihin tulisi kiinnittää jatkossa huomiota (EEB 2020).

Vesihuoltolaitokset, EU-kattojärjestö EurEau johdolla, tukevat voimakkaasti PFAS-yhdisteiden ja PM- ja PMT-aineiden käytön rajoituksia sekä päästöjen hallintaa ja vähentämistä jo alkuperäisellä päästölähteellä (saastuttaja maksaa -periaate). Nykyisin nämä yhdisteet eivät poistu jätevedenpuhdistuksessa, vaan ne päätyvät jäteveden ja puhdistamolietteen kautta ympäristöön. PFAS-aineiden poisto yhdyskuntajätevedenpuhdistamolla on vaikeaa ja kallista (EurEau 2021a & b).

PFAS-yhdisteiden käytön rajoittamisessa tulee olemaan tärkeää se, kuinka usea käyttökohde arvioidaan yhteiskunnalle välttämättömäksi (essential use). Välttämättömät käyttökohteet ovat tarpeen terveyden tai turvallisuuden kannalta taikka ratkaisevan tärkeää yhteiskunnan toiminnan kannalta, jos ympäristön ja terveyden kannalta hyväksyttäviä vaihtoehtoja ei vielä ole. Yleisesti hyväksyttyä määritelmää välttämättömille käytöille ei tällä hetkellä ole (Ritscher ym. 2018, Chemical Watch 2021cd). Välttämättömien käyttötarkoitusten virallisten kriteereiden määrittämisestä tulee pitkä prosessi, mutta komission odotetaan antavan ehdotuksensa vuoden 2022 loppuun mennessä (Chemical Watch 2021bc). Komissio tulee ottamaan huomioon otsonikerrosta heikentäviä aineita koskevan Montrealin pöytäkirjan mukaisen välttämättömän käyttötarkoituksen, koska se on toistaiseksi ainoa virallinen määritelmä (KOM (2020) 667). Tutkijat ovat kehittäneet välttämättömän käytön konseptia joillekin PFAS-yhdisteiden käyttökohteille (Cousins ym. 2019, Chemical Watch 2021b). Toinen tärkeä asia PFAS-yhdisteiden rajoittamisessa tulee olemaan PFAS-yhdisteen määritelmä, jos EU alkaa ajaa koko aineryhmän käytön rajoittamista (Delpero 2021a).

Teollisuus, kuten fluoripolymeerimuoviteollisuuden etujärjestö (Fluoropolymer Products Group/PlasticsEurope), kannattaa pitkäketjuisten PFAS-yhdisteiden käytön ra-

joittamista, mutta vastustaa tiukasti PFAS-yhdisteiden käytön yleistä kategorista kieltämistä. Teollisuuden mukaan ei ole tieteellistä perustetta rajoittaa lyhytketjuisten PFAS-yhdisteiden valmistusta ja käyttöä. Lisäksi niitä tarvitaan pitkäketjuisten käytön korvaaviksi aineiksi ja käytetään sovelluksissa, jotka edistävät Euroopan vihreän kehityksen ohjelman tavoitteita. Tällaisia PFAS-yhdisteiden käyttökohteita ovat mm. sähköajoneuvojen akut, tuuliturbiinit ja aurinkopaneelit (Delpero 2021b). Lisäksi teollisuus korostaa fluoriteknologian ja PFAS-yhdisteiden olevan niin kriittisen tärkeitä yhteiskunnalle (mm. sammutusvahtokäyttö ja taloudellisesti työllisyyttä lisäävä), ettei lyhytketjuisia PFAS-yhdisteitä tule rajoittaa ainakaan kategorisesti, vaan sen tulee tapahtua tieteellisiin faktoihin ja todisteisiin perustuen (Bowman 2015a ja b, Chemical Watch 2021c). Teollisuuden mukaan kaikki PFAS-yhdisteet eivät ole riski ihmisten terveydelle ja ympäristölle (Bowman 2015a, Delpero 2021b). Muoviteollisuuden etujärjestö on huolissaan siitä, että uusien vaaraluokkien (mm. vPvM ja PMT) ja niiden kriteerien muodostamisessa ei nykytieteen avulla pystytä erottelemaan epäiltyä vaaraa (suspected hazard) ja vaarattomia vaikutuksia (non-hazardous effects) toisistaan. Tästä voi seurauksena olla, että kaikki yhdisteet päätyvät epäilty vaara -luokkaan (Delpero 2021c).

Eräät tutkijat ovat kyseenalaistaneet PFAS-yhdisteiden käytön välttämättömyyttä ja tärkeyttä yhteiskunnalle ja pitävät negatiivisia vaikutuksia ympäristöön ja ihmisten terveyteen pahempana ongelmana (Cousins ym. 2015). PFAS-yhdisteille on vaikeaa löytää yhtä hyviä, mutta vaarattomampia korvaavia aineita. Jos päädytään rajoittamaan laajasti PFAS-yhdisteiden valmistusta ja käyttöä, olisi teollisuuden ja ammattikäyttäjien lisäksi myös kuluttajien hyväksyttävä se, että joidenkin tuoteryhmien ominaisuudet eivät ole yhtä hyviä. Loppujen lopuksi PFAS-ongelmaa ei ratkaista vain tieteen avulla, vaan avoimella keskustelulla ja arvovalinnoilla, joita tieteellinen tieto tukee (Birnbaum & Grandjean 2015).

Kemikaali- ja tuotelainsäädäntö (mm. REACH) rajoittaa tehokkaasti PFAS-yhdisteiden käyttöä, mutta täydentävänä sääntelynä tarvitaan mm. sitovaa vesi-, elintarvike-, teollisuuspäästö- ja jätelainsäädäntöä (EC 2020b). Esimerkiksi VPD:n kautta saadaan ympäristöseuranta- ja päästötietoa sekä voidaan rajoittaa päästöjä. PFAS-aineryhmä on tällä hetkellä ehdolla EU:n prioriteettiaineiksi.

Todennäköisintä kymmenen seuraavan vuoden aikana on, että EU:ssa pyritään ottamaan erittäin hitaasti hajoavat ja erittäin kulkeutuvat aineet (vPvM) sekä pysyvät, liikkuvat ja myrkylliset aineet (PMT) sääntelyn piiriin ensin CLP:n vaaraluokkien ja REACH-asetukseen SVHC-menettelyn kautta ja niiden välityksellä edelleen muuhun EU:n kemikaalilainsäädäntöön. Komissio on kemikaalistrategiassa esittänyt tähän asiaan liittyviä toimenpiteitä toteutettavaksi vuoteen 2022 mennessä. Aikataulu on tiukka, mutta työ on jo käynnissä. PMT- ja vPvM- kriteerien sisällyttämisestä CLP-asetukseen on keskusteltu ECHAN PBT-aineiden asiantuntijaryhmässä (PBT Expert Group), ja

asian valmistelu jatkuu Euroopan komission johdolla CARACAL-asiantuntijaryhmässä (Competent Authorities for REACH and CLP). Toteutuminen riippuu siitä, miten korkealle jäsenmaat priorisoivat aiheen, onko komissiolla riittävät resurssit ja kuinka teollisuus suhtautuu prosessiin. Alustavien tarkastelujen perusteella tunnistettuja PMT- ja vPvM-aineita olisi kuitenkin hyvin rajattu määrä (noin 100 kpl). Kulkeutuvista yhdisteistä ei todennäköisesti aiheudu eurooppalaiselle kemianteollisuudelle niin suurta lisävaivaa ja testikustannuksia kuin pysyvistä ja kertyvistä yhdisteistä. Tarkoitus on integroida PM-testausvaatimukset kiinteäksi osaksi nykyistä REACH-rekisteröintiprosessia (Neumann & Schliebner 2019).

EU on parhaillaan uudistamassa ekosuunnitteludirektiiviä, jonka soveltamisalan olisi tarkoitus laajentua koskemaan energiatuotteiden lisäksi huomattavasti laajempaa tuotejoukkoa ja joka pitäisi sisällään myös haitallisia kemikaaleja. Keskeistä ehdotusluonnoksessa on EU:n digitaalinen tuotepassi, joka sisältäisi tietoa tuotteen ympäristöjäljelmästä. Tuotekategorioita koskevat tarkemmat vaatimukset annettaisiin edelleen asetuksilla, joita sekä ympäristöjärjestöt että teollisuus ovat kritisoineet niiden hitauden vuoksi (ENDS Europe 2022).

On tärkeää edistää YK:n kemikaalien merkintäjärjestelmän (GHS) käyttöönottoa ja kehittämistä maailmanlaajuisesti. Komission suunnitelmissa on lisätä uusia vaaraluokkia (kuten vPvM- ja PMT-luokkia) ensin EU:n CLP:hen ja sitten EU:n ehdotuksesta GHS:ään (Hodgson 2021). Tällä varmistetaan se, että asiaa viedään eteenpäin maailmanlaajuisesti. Toisten tahojen kuten Unileverin mielestä järjestys pitäisi olla toisin päin: ensin vaaraluokat YK:n GHS:ään ja vasta sitten EU:n CLP:hen (Delpero 2021c).

YHTEENVETO

EU:n kemikaalisääntelyssä on tällä hetkellä voimakas pyrkimys siirtyä yksittäisten vaarallisten kemikaalien sääntelystä rakenteellisia tai toiminnallisia yhtäläisyyksiä omaavien aineryhmien sääntelyyn (esimerkkinä PFAS-yhdisteet). Samoin pyritään ottamaan käyttöön kulkeutuvuutta ja pysyvyyttä koskevia uusia vaaraluokkia (vPvM, PMT) CLP:ssä ja selkeämpiä SVHC-aineiden nimeämiskriteerejä REACH-asetukseen. CLP- ja REACH-asetusten välityksellä ne tulisivat myös muuhun kemikaalisääntelyyn.

Todennäköisintä on, että EU:ssa lisätään PFAS-aineryhmän sääntelyä rajoittamalla valmistusta, markkinoille saattamista ja käyttöä lukuun ottamatta välttämättömiä käyttöjä. Erityisesti yhdisteiden rajoittaminen sammutusvaahdoissa on todennäköistä. Toinen mahdollisuus on, että jatketaan PFAS-yhdisteiden rajoittamista merkittävästi hitaammin aine tai pienempi PFAS-aineiden osaryhmä kerrallaan. Käytön rajoittamisessa tulee olemaan vaikeaa määrittää, mitkä käyttökohteet arvioidaan yhteiskunnalle välttämättömiksi.

Globaalin kemikaalisääntelyn tehostamisen kannalta on tärkeää ponnistella uusien vaaraluokkien kuten vPvM- ja PMT-luokkien lisäämiseksi kansainväliseen YK:n kemikaalien merkintäjärjestelmään (GHS). Myös järjestelmän käyttöönottoa ja kehittämistä tulee edistää maailmanlaajuisesti.

3.5.6 Mikromuovit

3.5.6.1 Päästöt ja niiden tarkkailu

Mikromuovit voivat aiheuttaa erilaisia haitallisia ympäristövaikutuksia, kuten toimia vektoreina mm. vieraslajeille, taudinaiheuttajille ja haitallisille yhdisteille. Maaperässä mikromuovien on todettu vaikuttavan haitallisesti lierojen lisääntymiseen ja kasvuun sekä lisäävän kuolleisuutta, estävän hyppyhäntäisten liikkumista maaperässä sekä vaurioittavan etanoiden ruoansulatusjärjestelmää. Tutkimukset tukevat sitä, että vesieliöt voivat altistua elinympäristössään oleville mikromuovihiukkasille. Mikromuovit voivat aiheuttaa haittoja, kuten rakenteellisia vaurioita, tukoksia, heikentynyttä lisääntymismenestystä ja kasvua sekä käyttäytymismuutoksia (Fjäder ym. tulossa). Mikromuoveja on havaittu niin vesiympäristössä, maaperässä kuin ilmassakin. Vaikka WHO:n raportin mukaan muovipartikkelien ympäristövaikutuksista ei vielä ole riittävästi tietoa, päätöksentekijöiden tulisi ryhtyä toimiin ympäristöön pääsevien muovien minimoimiseksi, sillä nämä toimet tuovat monia myös muita etuja ympäristölle ja ihmisten hyvinvoinnille. (WHO 2019b.)

Mikromuoveja pääsee ympäristöön mm. sinne jo päätyneiden suurempikokoisten muovien kulumisesta, tieliikenteestä, teollisten laitosten toiminnasta ja muovien valmistuksesta. Päästöjä syntyy myös jätevesien ja jätevesilietteiden mukana erityisesti tekstiilien pesuista sekä kosmetiikka- ja hygieniatuotteista. Makromuovien pääsyn estäminen ympäristöön ja niiden poistaminen sieltä on huomattavasti helpompaa kuin mikromuovien, joita ei käytännössä voida nykytekniikalla poistaa ympäristöstä lainkaan. Ympäristöön päätyvien makromuovien määrää voidaan vähentää mm. tehokkaalla ja toimivalla jätehuollolla, paremmalla tuotesuunnittelulla, kulutuksen ja kertakäyttötuotteiden vähentämisellä sekä tuotteiden uudelleen käytöllä ja materiaalien tehokkaalla kierrätyksellä.

Mikromuovien kokonaispäästöjä on hankala arvioida. Niitä koskeva tutkimus vielä kehittyä, eikä tiedeyhteisö ole vielä päässyt yhteisymmärrykseen esimerkiksi mikromuovien määritelmästä tai siitä, millaisilla menetelmillä niiden määrää ympäristössä mitataan (Vieno ym. 2018). Tällä hetkellä mikromuovipäästöjä ei seurata rutiininomaisesti. Osittain päästöjen tarkkailu vaatii analytiikan ja mittauslaitteiston teknistä kehittymistä. Etenkin erittäin pienten muovien erottaminen luonnon hiukkasista on vaikeaa. Analytiikasta haastavaa tekee myös sen työntensiivisyys ja korkea hinta.

3.5.6.2 Nykytila

Mikromuoveista on toistaiseksi vähän sääntelyä (mm. Guo 2020), ja aikaan sidottuja määrällisiä vähentämistavoitteita ei ole asetettu lainkaan. Esimerkiksi Suomen muovitiekartassa asetetaan yleinen tavoite vähentää mikromuovipäästöjä (YM 2019). Päästörajojen asettaminen on ollut hankalaa, koska mikromuovipäästöjen määriä tai suurimpia lähteitä ei ole pystytty riittävällä tavalla arvioimaan. Mikromuovit pitävät sisällään hyvin erilaisia muoveja, ja on tarkoituksenmukaista arvioida, minkälaisille jakeille rajoja olisi asetettava.

Tarkoituksella lisättyjen mikromuovien rajoittamista on valmisteltu pitkään REACH-asetuksessa. Rajoituksia on ehdotettu mm. mikromuoveja sisältäville hygieni- ja kosmetiikkatuotteille, maaleille sekä mikromuoveja sisältäville torjunta-aineille ja lannoitteille. REACH-asetuksen rajoituksilla voitaisiin puuttua vain tuotteisiin tarkoituksella lisättyihin mikromuoveihin eli vain pieneen osaan mikromuoveista. Kuitenkin kiellolla voidaan tehokkaasti vähentää tarkoituksella lisättyjen mikromuovien kulkeutumista ympäristöön. Eräissä jäsenvaltioissa on jo aiemmin otettu käyttöön tällaisia rajoituksia. Asiantuntijahaastattelun mukaan erilaiset ohjauskeinot roskaantumisen estämiseksi voivat myös tehokkaasti vähentää mikromuovipäästöjä (esim. pantillisten pullojen palautusjärjestelmä). EU:n lannoitevalmisteasetuksen mukaan lannoitevalmisteisiin lisättävien polymeerien on siirtymäajan jälkeen oltava biohajoavia. Kansallisen

sääntelyn piiriin jäävien lannoitevalmisteiden (mm. yhdyskunta-, teollisuus- ja ruoppauslietteet) suhteen vastaavaa sääntelyä ei vielä ole. Mikromuoveja voi päätyä lannoitevalmisteisiin esimerkiksi jätevesilietteen ja biojätteiden kautta.

SUP-direktiivi (Single Use Plastics) (EU) 2019/904 pyrkii vähentämään kertakäyttöisten muovituotteiden kulutusta. Vähentämällä ympäristöön päätyvän makromuovin määrä direktiivi välillisesti vähentää myös kulumisesta syntyvien mikromuovien määrää. Oxo-hajoavien muovien käytöstä aiheutuviin mikromuovipäästöihin on puututtu niin ikään SUP-direktiivin kautta. Oxo-hajoavilla muoveilla tarkoitetaan muovimateriaalia, jonka sisältämät lisäaineet hapettumisen kautta aiheuttavat muovimateriaalin pilkkoutumisen mikrokokoisiksi hiukkasiksi. Direktiivin 5 artiklassa kielletään oxo-hajoavien muovien markkinoille tuominen jäsenvaltioissa.

Saasteettomuustoimintaohjelmassa asetetaan tavoite vähentää vuoteen 2030 mennessä ympäristöön pääseviä mikromuoveja 30 prosenttia. Ohjelman mukaan mikromuoviongelmaan tullaan puuttumaan välillisesti mm. tammikuussa 2023 voimaan tulevalla tarkistetulla juomavesidirektiivillä. Ohjelman mukaan myös muiden vesi- ja meriympäristöä koskevien säädösten uudelleentarkasteluissa ja mahdollisissa uudistuksissa tulisi ottaa paremmin huomioon mikromuovien vähentämisen tavoite (KOM (2021) 400 lopullinen).

3.5.6.3 Tulevaisuuden näkymät

Muiden kuin tarkoituksella lisättyjen mikromuovien sääntely on ollut hankalaa. Ongelmana on myös, ettei mikromuovien päästölähteitä, kulkeutumisreittejä ja vaikutuksia tunneta riittävän hyvin. SYKEN asiantuntijat arvioivat, että mikromuovipäästöjen vähentämisessä myös kulutuskäyttäytymisellä, tuotesuunnittelulla, tehokkaalla jätehuollolla ja materiaalin uusiokäytön lisäämisellä on olennainen asema. Korvattaessa muovia muilla materiaaleilla tulisi ottaa huomioon ympäristövaikutukset kokonaisvaltaisesti materiaalin koko elinkaaren ajalta. Muovin käyttöä tulisi vähentää etenkin helposti kuluvissa tuotteissa turvallisuusnäkökulmia kuitenkaan unohtamatta.

Mikromuovi- ja mikrohiukkaspäästöihin voidaan vaikuttaa myös selkeyttämällä biohajoavuuden käsitettä. Nyt biohajoaviksi määriteltävät tuotteet hajoavat usein vain standardoiduissa laitosolosuhteissa. Lisäksi biopohjaiset muovit voivat olla joko biohajoavia tai hajoamattomia, vaikka käsite voi herättää kuluttajissa mielikuvan biohajoavuudesta.

Kirjallisuudessa todetaan, että mikromuovipäästöjen vähentämiseksi tulisi selvittää niihin liittyvien vastuiden kohdentumista, ottaa huomioon pilaaaja maksaa -periaate ja

edunsaajakorvaukset ympäristöllisten verojen suunnittelussa sekä lisätä mikromuoveihin liittyvää tietoisuutta koulutuksen kautta ja edistämällä kansalaisien ja voittoja tavoittelemattomien järjestöjen osallistumismahdollisuuksia (Guo 2020). Muiksi lyhyen aikavälin keinoiksi vähentää mikromuovipäästöjä on ehdotettu ympäristölle haitallisten muovituotteiden verotusta tai kieltoja, ylimääräisen pakkaamisen vähentämistä ja kierrätetyn muovin kysynnän lisäämistä tukien, sanktioiden ja neitseellisten muovien veroittamisen kautta. Keskipitkän aikavälin toimiksi on ehdotettu jätteenkeräysjärjestelmien (esim. ovelta ovelle -keräys ja panttijärjestelmät), kierrätyksen ja tuottajavastuujärjestelmien kehittämistä. Pitkällä aikavälillä mikromuovipäästöjä voitaisiin kirjallisuuden mukaan mahdollisesti vähentää hyödyntämällä elinkaariarviointia (LCA) tuotteiden ja prosessien ekosuunnittelun edistämiseksi, lisäämällä biopohjaisten muovituotteiden käyttöä ja edistämällä elektroniikkajätteen kierrätettävyyttä (Prata ym. 2019).

Muovin matala hinta mahdollistaa sen laajamittaisen käytön myös lyhyen elinkaaren tuotteissa. Muovin käyttöön voitaisiin vaikuttaa sääntelemällä sen hintaa taloudellisen ohjauksen kuten verotuksen avulla. Roskaantumiseen voitaisiin puolestaan puuttua esimerkiksi ottamalla käyttöön uusia panttijärjestelmiä, tehostamalla jätehuoltoa ja lisäämällä kansalaisten tietoisuutta. Kuitenkin panttijärjestelmien perustaminen vaatii paljon aikaa ja suuria muutoksia tuotteiden arvoketjussa. Lisäksi mm. elintarvikepakkausten puhdistaminen voi aiheuttaa ongelmia.

Mikromuovipäästöjä voidaan vähentää myös tehokkaalla jätehuollolla. Muovien kierrätyksestä voisi tehostaa järjestämällä muovinkeräys osana kiinteistökohtaista jätehuoltoa, koska suuri osa kotitalouksien jätteestä on muovia. Jätelain mukaan tämä onkin pakollista yli viiden talouden taloyhtiöissä, mutta ei esimerkiksi omakotitaloissa. Kuluttajien informaatio-ohjauksella voidaan myös vähentää jokapäiväisen elämän muovipäästöjä.

Myös lietteiden käsittelyn kehittämisellä voidaan vähentää maaperään päätyvien mikromuovien määrää. Joissain maissa on jo rajoitettu puhdistamolietteiden käyttöä lannoitteena. SYKEN asiantuntijat näkevät ongelmallisiksi lietteen mahdollisesti sisältämät haitalliset aineet. Mikromuoveja keräävän ja poistavan teknologian kehittämiseksi on kiireellinen tarve (Guo, 2020). Myös parempi tuotesuunnittelu edistää tehokkaampaa materiaalien käyttöä ja muovinkierrätystä.

Mikromuovimäärien arvioiminen on mahdollista, mutta standardimenetelmää seurata ja mitata päästöjen määrää ei ole olemassa. Tästä syystä päästöihin on käytännössä ollut hankala puuttua. Jos päästöille olisi standardisoitu menetelmä, voitaisiin ne ottaa entistä paremmin huomioon esimerkiksi muoveja käsittelevien laitosten ympäristöluopien ehdoissa. Tämä koskisi erityisesti muovien ja muovituotteiden valmistajia, prosessoijia sekä jätteenkäsittelylaitoksia. Hulevesien päästöihin voitaisiin puuttua esimerkiksi jätteenkäsittelylaitosten ympäristöluopissa. Ongelma mikromuovipäästöjen

hallitsemisessa ympäristöluvuissa on se, että niiden rutiininomaiselle seurannalle ei ole keinoja. Käytännössä seuranta ja päästörajoja koskevien ehtojen asettaminen on tällä hetkellä mahdotonta. Hulevesien tarkastelu lisää tietämystä liikenteestä syntyvien mikromuovien kulkeutumiseen vedenpuhdistamoille tai vesistöihin, mutta mikromuovit voivat kulkeutua ympäristöön myös ilman, lumen ja hiekoitushiekan kautta. Siksi hulevedet ovat vain yksi liikenteestä vapautuvien mikromuovien kulkeutumisreitti ympäristöön.

Mikromuovipäästöistä ja niiden eri lähteistä ei vielä ole riittävästi tietoa niiden hallitsemiseen. Ensinnäkin on kehitettävä standardisoituja menetelmiä näytteidenottoon ja analytiikkaan. Lisäksi tarvitaan lisää tietoa mm. mikromuovien esiintymisestä, ominaisuuksista, lähteistä, kulkeutumisesta esimerkiksi veden toimitusketjussa, toksikologisista vaikutuksista ja altistumisesta ympäristössä (WHO 2019b).

YHTEENVETO

EU valmisteleo rajoituksia tarkoituksella lisätyille mikromuoveille. Toistaiseksi muihin mikromuovipäästöihin pystytään kuitenkin puuttumaan vain välillisesti.

Mikromuovipäästöjen seuranta ja hallinta vaatii rutiininomaisen analytiikan kehittämistä.

3.5.7 Vaarallisimmat kemikaalit korvattava vähemmän haitallisilla

Aikaisemmin on jo todettu, että kemikaalien riskinarviointia olisi parannettava ja pyrittävä tunnistamaan kaikkein vaarallisimmat kemikaalit sekä vähentämään niistä aiheuttuvia päästöjä ja riskejä joko vaara- tai riskiperusteisesti. Kemikaaleja käyttävien yritysten vapaaehtoisuuteen perustuvien sääntelytoimien kehittäminen ja laaja käyttöönotto voisi olla yksi etenemissuunta. Esimerkiksi pieniä ja keskisuuria yrityksiä voisi järjestelmällisemmin tukea niiden kemikaalihallinnassa sekä pyrkiä vähentämään niiden vaarallisten kemikaalien käyttöä. Ruotsissa on vuonna 2019 toiminut valtio-omisteinen Korvaavien kemikaalien keskus (Chemical Substitution Centre, Substitutionscentrum vägleder kemisk substitution, RISE), joka auttaa pieniä yrityksiä korvaamaan vaarallisten kemikaalien käyttöä vähemmän vaarallisilla kemikaaleilla tai menetelmillä. Keskus palvelee ensisijaisesti ruotsalaisia yrityksiä. Suomikin voisi selvittää vastaavatyypisen järjestelmän mahdollisia hyötyjä. EU-tason sähköisiä tietojärjestelmiä ovat

ainakin Substitution Support Portal ja ChemSecin Marketplace. Kemikaalien korvaamista koskevia hankkeita on ollut Suomessa (esimerkiksi Työterveyslaitoksen työympäristön riskinhallinnan malliratkaisut), mutta niitä ei ole koottu yhteen paikkaan. Työkaluja kemikaalien ja kemikaaliseosten parempaan hallintaan ja lisätietoa edellä mainituista substituutiotietokannoista on esitetty HAZBREF-projektin raportissa (Krupanek ym. 2021).

Vaarallisten kemikaalien korvaaminen on tuotu esiin parhaillaan uudistettavassa kansallisessa kemikaaliohjelmassa, mutta vain REACH-asetuksen toimeenpanon tehostamista koskevalla vaikutusalueella (YM 2017). On erittäin tärkeää, että periaatetta haitallisten kemikaalien korvaamisesta vähemmän haitallisilla ei rajattaisi koskemaan vain REACH-asetuksen mukaisia erityistä huolta aiheuttavia ja luvanvaraisia aineita, vaan siitä tulisi yleinen EU:n periaate. Tätä korvaamista veloitetaan myös teollisuuden parhaan käyttökelpoisen tekniikan arvioinnissa. Parhaan käyttökelpoisen tekniikan sisältöä arvioitaessa on nykyisin otettava huomioon ”tuotannossa käytettävien aineiden vaarallisuus sekä mahdollisuudet käyttää entistä haitattomampia aineita”.

3.5.8 Vapaaehtoiset toimet haitallisten aineiden päästöjen vähentämiseksi

Ympäristöministeriö, Vesilaitosyhdistys ja Kuntaliitto ovat lokakuussa 2021 allekirjoittaneet vapaaehtoisen Yhdyskuntajäteveden puhdistamisen green deal -sopimuksen, jolla pyritään vähentämään yhdyskuntien jätevesistä ympäristöön aiheutuvaa ravinteiden ja haitallisten aineiden kuormitusta. Vapaaehtoisella sopimisella pyritään kehittämään joustavasti puhdistamoiden toimintaa ympäristölupamääräysten vaatimuksia korkeammalle tasolle ja edistämään vesiensuojelua. Haitallisten aineiden kuormitukselle ei kuitenkaan ole asetettu määrällisiä tavoitteita. Sopimus velvoittaa vesihuoltolaitoksia mm. tekemään yhteistyötä muiden sopimusosapuolten kanssa haitallisiin aineisiin liittyvässä tiedonhankinnassa (Jäteveden puhdistaminen - Sitoumus2050). Seuraavaan vapaaehtoiseen sopimukseen voisi lisätä vaatimuksia teollisuus- tai yrityspäästöjen haitallisten aineiden päästöjen vähentämiseksi. Tämä voi edellyttää vesihuoltolaitosten viemäriin liittyneiden toimijoiden parempaa selvillä oloa käyttämistään kemikaaleista ja päästöistä viemäriin, mikä puolestaan edellyttää toimijoiden velvoittamista ympäristölupien ja teollisuusjätevesisopimusten kautta. Siksi luvittajat (kunnat, aluehallintovirastot) ja vesihuoltolaitokset ovat avainasemassa.

Kemikaalijalanjälki on uusi lähestymistapa, jota voitaisiin käyttää arvioimaan tuotteiden, yritysten, teollisuudenalan ja jopa valtion aiheuttamaa kemikaalipainetta ihmiselle ja ympäristölle. Sen avulla voidaan tunnistaa ympäristölle haitalliset tuotteet tai palvelut.

lut ja toiminnot (esim. Li ym, 2021) ottamalla huomioon haitallisten aineiden ominaisuudet ja määrä sekä niiden vapautumisesta johtuvat ympäristöpitoisuudet (Posthuma ym. 2014). Menetelmän kehittyessä ja yleistyessä tietoisuus tuotteiden ja kemikaalien haitallisuudesta kuluttajien keskuudessa kasvaa ja ohjaa yrityksiä pienentämään kemikaalijalanjälkeään.

3.5.9 Kemikaaleja koskeva tietopohja paremmaksi

Kemikaalien hyvä hallinta riippuu kyvystä tehdä päätökset ja kehittää sääntelyä ajan tasaisen ja riittävän tiedon perusteella. ECHAN kemikaalitietokannasta on tammi-kuusta 2016 lähtien ollut helpompaa löytää kemikaalitietoa (ECHA 2016), mutta tieto on hajallaan ja sen haku on vaikeaa. Tieto useimpien kemikaalien käyttömääristä ja -käyttökohteista EU-tasolla sekä ympäristövaikutuksista on puutteellista (EEA 2019, Suhr ym. 2020, Vähä ym. 2020, KOM (2020) 667, Aust ym. 2021, EEB 2021, Chem-Sec 2021). Viranomaiset tarvitsevat lisätietoa useimpien kemikaalien kuten polymeerien ja pieninä määrinä tuotettujen kemikaalien ominaisuuksista. Polymeerejä ei REACH-asetuksen perusteella tarvitse kuitenkaan rekisteröidä. Silloin kun aineen tuotantomäärä on pieni tai keskisuuri, REACH-asetuksen nojalla vaadittujen tietojen perusteella ei pystytä tunnistaa kaikkia aineita, joilla on kriittisiä vaaraominaisuuksia. Siksi komissio aikoo kemikaalistrategian mukaisesti muuttaa REACH-asetuksen rekisteröintivaatimuksia, jotta on mahdollista mm. tunnistaa aineet, joilla on kriittisiä vaaraominaisuuksia ja rekisteröidä polymeerit (KOM (2020) 667).

VPD:n ja muun sitovan EU:n vesilainsäädännön myötä jäsenmaat ovat lisänneet vesiympäristön seuranta ja tarkkailua, mikä näkyy parempana tietopohjana VPD-aineiden päästöistä sekä esiintymisestä pohja- ja pintavesissä. Silti vieläkin on tietopuutteita, jotka liittyvät haitallisten aineiden päästöihin sekä ympäristöseurantaan ja -arviointeihin (EC 2019a). Suomessa on erityisesti tarvetta lisätä niin sanottujen uusien aineiden kartoituksia, joilla selvitetään aineiden esiintymistä ympäristössä ja päästöissä. Tämä pitää yhdistää biotesteihin vaikutuksista, joista tietoa on vähän ja joiden alustavasti epäillään aiheuttavan riskiä ympäristölle. Toiminnanharjoittajien veloitettarkkailuihin on myös saatava muidenkin haitallisten aineiden kuin VPD-aineiden ympäristötarkkailua tai kartoituksia, joilla osoitetaan, ettei ongelmia ole. Lisäksi tulokset tulee syöttää tietokantoihin, jotta ne ovat hyödynnettävissä (Mehtonen ym. 2021a ja b).

Ympäristölle haitallisten mutta vielä tunnistamattomien aineiden päästöjä tai ympäristöpitoisuuksia ja -vaikutuksia ei tiedetä, minkä takia ei pystytä arvioimaan niiden ympäristöriskejä. Tällöin aineiden sääntely ei ole mahdollista – tai se on ainakin hyvin vaikeaa. Tämä puolestaan voi johtaa siihen, että näitä aineita ei seurata eikä tarkkailla eikä siten saada uutta tietoa niiden ympäristöriskinarviointiin. Ilmiötä kutsutaan uusien

haitallisten aineiden tunnistamisen noidankehäksi, jonka katkaisemisen yhtenä osaratkaisuna ovat ympäristökartoitukset (Mannio & Holm 2015).

Haitallisten aineiden pitkäjänteiset ympäristöseurannat ja -kartoitukset ovat tärkeitä, koska niiden avulla todennetaan päästövähennystoimenpiteiden tehokkuus ja tunnistetaan haitallisimpia aineita. Haitallisten aineiden riskinarviointi ja haitallisimpien aineiden tunnistaminen on ensiarvoisen tärkeää, ja resurssit tähän työhön Suomessa tulee varmistaa. Riskinarvioinnissa ja -vähennystoimissa tulee pyrkiä huomioimaan kemikaalien yhteisvaikutukset (Mehtonen ym. 2021a ja b).

Vesi- ja meripuitedirektiivien tilaraportit ovat keskittyneet tällä vuosikymmenellä vahvasti haitallisten aineiden ympäristön tilan nykyhetken kuvaamiseen kehityshistorian selvittämisen kustannuksella. Tähän kysymykseen sedimenttiprofilien tutkiminen voi tuoda nopean ratkaisun. Eri syvyyksiltä otettujen ikämääritettyjen sedimenttinäytteiden avulla voidaan tarkastella pitoisuuksien kehitystä. Sedimenttinäytteet tarjoavat vastauksia myös uudempien aineiden trendien osalta, mitä esimerkiksi kalapitoisuuksien seuranta nyt aloitettuna ei voi vielä pitkään aikaan tuottaa (Siimes & Mannio 2020). Teollisen aikakauden aiheuttama ympäristön kemikalisoituminen on mahdollista mitata sedimenteistä, mutta niiden riskinarviointi on vaativa tehtävä, mihin Suomessa ei ole vielä tarpeeksi kiinnitetty huomiota. Sedimenttien kemikalisoitumisen riskinarviointi ja sen ohjeistaminen on nostettava ympäristöhallinnon tehtävälliställä korkealle (Leppänen ym. 2015).

VPD:n myötä kuilu haitallisten aineiden vesi- ja maaympäristön seurantaresurssien välillä on kasvanut vesiympäristön hyväksi. Maa- ja vesiympäristöseurantojen epätasapaino näkyy nykyisessä Ympäristön tilan seurannan strategiassa (YM 2011) ja valmistella olevassa strategia 2030 -luonnoksessa (YM 2021). Kemikaalien päästö- ja ympäristötietojen puuttuminen vaikeuttaa sääntelyn kehittämistä, koska mahdollisia ongelmia ei pystytä tunnistamaan.

YHTEENVETO

Yksi aine, yksi arviointi -menettelyn käyttöönotto voisi tehostaa tiedonvaihtoa, aineiden tunnistamista sekä yhtenäistä riskienarviointia ja -hallintaa.

Vapaaehtoisuuteen perustuvien sääntelytoimien kehittäminen ja laaja käyttöönotto on normiohjaukselle rinnakkainen etenemissuunta. Pieniä ja keskisuuria yrityksiä voisi järjestelmällisemmin tukea niiden kemikaalihallinnassa sekä pyrkiä vähentämään niiden vaarallisten kemikaalien käyttöä. Tämä voisi tapahtua esimerkiksi ohjeistamalla pieniä yrityksiä korvaamaan vaarallisten kemikaalien käyttöä vähemmän vaarallisilla kemikaaleilla tai menetelmillä.

Haitallisten aineiden ympäristöseurantaan ja -arviointeihin sekä päästöihin liittyy tietopuutteita. Haitallisten aineiden ja kemikaalien päästö- ja vaikutustarkkailutietojen sekä niin sanottujen uusien aineiden kartoitustiedon vähäisyys vaikeuttaa sääntelyn kehittämistä, koska mahdollisia riskejä ei pystytä arvioimaan eikä ongelmia tunnistamaan. Sedimenttien ottaminen mukaan ympäristöseurantoihin mahdollistaisi myös pitoisuuksien ajallisen kehittymisen arvioinnin.

3.6 Innovatiiviset ohjauskeinot

3.6.1 Perinteinen sääntely ja innovatiivisuus

Viittaamme tässä raportissa innovatiivisilla politiikkatoimilla ratkaisuihin, joita ei ole aiemmin käytetty Suomessa kyseisessä tarkoituksessa. Ratkaisujen ei tarvitse olla täysin uusia, vaan ne voivat olla jo käytössä esimerkiksi jossain muussa valtiossa, hallinnon tasolla tai sektorilla. Innovatiivisen politiikkatoimen uutuusarvoa tulee katsoa siitä näkökulmasta, miten paljon se poikkeaa politiikkatoimien vallitsevasta tilasta (Patterson 2021). Perinteisessäkin sääntelyssä, jossa julkinen valta asettaa yksityisille toimijoille suoria velvoitteita, voidaan ottaa käyttöön uudenlaisia sääntelymalleja. Myös yhteistyö perinteisen sääntelyn käyttöönotossa voi tehdä siitä innovatiivista – tilanteissa, joissa tiukentuvan ympäristösääntelyn arvioidaan siirtävän toimintaa matalamman suojelutason maihin, olisi yhteissääntely erityisesti naapurimaiden välillä tarkoituksenmukaista (Li ym. 2021).

Perinteinen sääntely sopii erityisen hyvin yksinkertaisiin ympäristöongelmiin, mutta se saattaa aiheuttaa esteitä kokeiluille ja oppimiselle. Perinteisellä sääntelyllä on myös ollut vaikea puuttua hajapäästöihin. Sopeutuvan sääntelyn (parhaaseen käytettävissä

olevaan tietoon perustuvan) avulla on sen sijaan pystytty paremmin puuttumaan näihin ongelmiin (Belinskij ym. 2019). Sopeutuvalla sääntelyllä tarkoitetaan sääntelyä, joka mahdollistaa erilaiset kokeilut ja lähestymistavat monimutkaisten ympäristöongelmien ratkaisemiseksi. Esimerkiksi laitoksille räätälöidyillä ympäristölupaehdoilla voidaan edistää laitoksen erityispiirteisiin sopivasti korkeaa ympäristönsuojelutasoa ylläpitäen niiden kilpailukyvyyn. Tapauskohtaisiin päätöksiin liittyy Ghosalin ja kollegoiden Ruotsiin kohdistuneen tarkastelun (2019) mukaan kuitenkin riski erilaisten ehtojen muodostumisesta samanlaisille laitoksille.

3.6.2 Taloudellinen ohjaus

Ympäristövaikutuksia on pyritty vähentämään myös erilaisilla taloudellisilla ohjauskeinoilla. Esimerkiksi EU:n taksonomia-asetuksessa (EU) 2020/852 asetetaan kestävyyskriteerit vihreiden investointien edistämiseksi. Taksonomia luo yhteiset säännöt sille mitä tarkoitetaan kestäväillä investoinneilla ja näin helpottaa kestävä sijoittamista ja turvaa sijoittajia mm. viherpesulta. Taksonomia-asetus asettaa kuusi ympäristötaavoitetta: a) ilmastonmuutoksen hillintä, b) ilmastonmuutokseen sopeutuminen, c) vesivarojen ja merten luonnonvarojen kestävä käyttö ja suojelu, d) siirtyminen kiertotalouteen, e) ympäristön pilaantumisen ehkäiseminen ja vähentäminen sekä f) biologisen monimuotoisuuden ja ekosysteemien suojelu ja ennallistaminen.

Kirjallisuudessa on ehdotettu, että verovapauksia voisi antaa yrityksille, jotka yltyvät asetettuihin tavoitteisiin (Jiménez-Parra ym. 2018). Lisäksi on ehdotettu, että sosiaalisesti ja ympäristöllisesti hyvä toiminta voisi olla esiehtona julkisissa tarjouskilpailuissa (Jiménez-Parra ym. 2018). Uudenlaisena lähestymistapana voidaan mainita Ruotsissa käytössä oleva järjestelmä, jossa NO_x-päästömaksuja palautetaan isoille polttolaitoksille, jotka ovat vähentäneet päästöjään. Päästömaksujen palautusjärjestelmät ja päästöstandardien väliset syysseuraussuhteet ovat kuitenkin monimutkaisia, joten niiden vaikutuksista on vaikea tehdä yksiselitteisiä päätelmiä (Bonilla ym. 2015). Sääntelyn tavoitteiden saavuttamisen todentamiseksi on tärkeää tunnistaa, mitä indikaattoreita käytetään (Mewes 2012). Esimerkiksi valvontadata on olennainen indikaattori mm. vesien ja kemikaalien hallinnassa (Dulio ym. 2018).

Taloudellisia ohjauskeinoja on käytetty vähän esimerkiksi kemikaalien hallinnassa, ja niiden kehittämistä ja sovellusmahdollisuuksia olisikin tarpeen selvittää tarkemmin. Sen sijaan on käytetty hallinnollisia kieltoja ja rajoituksia, kuten REACH- ja POP-asetuksen mukaisia käyttökieltoja. Näitä voisi täydentää erilaisilla haittamaksuilla ja markkinapohjaisilla instrumenteilla. Veroilla on saatu vähennettyä esimerkiksi haitallisten torjunta-aineiden käyttöä ja haitallisia aineita kuluttajatuotteissa. Taloudellisia ohjauskeinoja voisi soveltaa myös muihin kuin hallinnollisesti rajoitettuihin aineisiin kuten

REACH-asetuksen erityistä huolta aiheuttaviin aineisiin. Lisäksi tuottajavastuu voisi merkitä sitä, että pyrittäisiin korostamaan tuotteiden koko elinkaaren aikaisten ympäristövaikutusten hallintaa nykyisin painopisteenä olevan elinkaaren loppupään sijaan (Vermeulen ym. 2021). Taloudellisella ohjauksella voitaisiin myös lisätä kannusteita turvallisten tuotteiden suunnitteluun. Esimerkiksi Ruotsissa ja Tanskassa on asetettu maksuja ftalaateille PVC:ssä ja palonestoaineille elektroniikkatuotteissa (Slunge & Alpizar 2019). Päästökaupalla puolestaan on Yhdysvalloissa onnistuttu vähentämään ilmassa kulkeutuvia lyijy-, SO₂- ja otsonin esiasteiden päästöjä, tukemaan uusiutuvaa energiatuotantoa sekä lisäämään energiatehokkuutta (Aldy 2020).

Perinteisen sääntelyn ja verotuksen yhdistelmiä voidaan tehostaa entisestään tukeamalla tutkimus- ja kehittämistoimintaa sekä pilotti- ja demonstraatiohankkeita (Söderholm ym. 2017). T&K-hankkeiden riskien ja kustannusten jakaminen alan toimijoiden välillä voi olla tarkoituksenmukaista, jos koko toimialaa koskevat samat ongelmat ja sama sääntelypaine. Kun ruotsalaisia sellu- ja paperitehtaita kunnostettiin ja laajennettiin samoihin aikoihin, oli järkevää jakaa riskit ja tuotantoprosessien viherryttämiseen liittyvät kustannukset (Söderholm ym. 2017).

3.6.3 Vapaaehtoinen sääntely

Kirjallisuudessa on painotettu, että vapaaehtoinen sääntely ja pakottava sääntely eivät sulje toisiaan pois, vaan niitä tulisi käyttää toisiaan tukevinä lähestymistapoina (Collins 2016, Demirel ym. 2018, He ym. 2018). Vapaaehtoisella sääntelyllä tarkoitetaan erilaisia julkisen tai yksityisen sektorin asettamia sitoumuksia, joihin toimijat voivat halutessaan sitoutua, mutta joihin liittyminen ei ole pakollista (esim. green deal -sopimukset, sertifikaatit). Vapaaehtoinen sääntely voi useissa tapauksissa täydentää julkisen sääntelyn jättämiä aukkoja (He ym. 2018, Korhonen ym. 2015). Toisinaan vapaaehtoiset ohjauskeinot, kuten laadunvarmennusstandardit, saattavat käytännössä muodostua tietyllä alalla sitoviksi, jos ne esimerkiksi jonkun toimijan vahvasta markkina-asemasta johtuen muodostavat markkinoille pääsyn edellytyksen (Sorsa 2011a).

Yksityiseltä sektorilta tulevilla sääntelytoimilla voidaan usein puuttua epäsymmetrisen informaation ongelmaan toimialoilla, joilla yksityisen sektorin toimijoilla on enemmän tietoa kuin lainsäätäjällä (Demirel ym. 2018). Usein katsotaan, että näin saadaan aikaan joustavampi ja kustannustehokkaampi sääntely-ympäristö (He ym. 2018). Julkisen sääntelyn kustannukset ovat pääosin suuret eikä ympäristöongelmiin puuttuminen ole aina helppoa (Lim & Prakash 2014). Lisäksi julkinen sääntely on saanut arvostelua innovaatioiden tukahduttamisesta ja negatiivisista kilpailuvaikutuksista, kun taas vapaaehtoisella sääntelyllä on todettu olevan positiivista vaikutusta innovaatioihin

(Lim & Prakash 2014). Vapaaehtoisten sääntelykeinojen käyttöönotto ei aina ole kuitenkaan ilmaista, ja etenkin tiukemmat ja tarkemmat vapaaehtoiset toimet voivat olla kalliita (Potoski & Prakash 2013, Sorsa 2011a). Sääntely voisi osaltaan myös kattaa omia hallintokustannuksiaan – esimerkiksi Uudessa-Seelannissa on kokeiltu maatilojen tyyppipäästöjen päästökauppajärjestelmää (Doole ym. 2013).

Vapaaehtoisilla sääntelykeinoilla on parhaimmillaan saavutettu merkittäviä ympäristövaikutuksia. Esimerkiksi Yhdysvalloissa vapaaehtoinen arsenikin käyttökielto on vähentänyt arsenikin käyttöä huomattavasti (Hsueh 2013) ja ISO 14001 -standardin käyttöönotto useissa valtioissa on vähentänyt SO₂-päästöjä ilmaan (Potoski & Prakash 2013). Kirjallisuuden mukaan vapaaehtoisen sääntelyn vaikuttavuuteen kuitenkin vaikuttavat esimerkiksi sidosryhmien paine (Hsueh 2013), järjestelmien suunnittelun laatu (Potoski & Prakash 2013) ja säänneltävän alan toimijakenttä (Doole ym. 2013).

Tutkimusten perusteella on suositeltu, että yksityisen ja julkisen sektorin olisi hyvä keskustella sääntelykokonaisuuden muodostamisesta, jotta voitaisiin vähentää päästöjen määrää niin, että samaan aikaan voidaan välttää markkinahäiriöt ja turvata sääntelyn hyväksyttävyyden (Demirel ym. 2018, Xiong & Wang 2020). Julkisen ja yksityisen sektorin välille olisi hyvä luoda palautemekanismit, jonka avulla voitaisiin paikata eroja julkisen sektorin ja yksityisten toimijoiden tietotasossa (Xiong & Wang 2020). Vapaaehtoista sääntelyä voisi lisäksi tukea esimerkiksi ympäristökoulutuksella (Xiong & Wang 2020). Pakottava sääntely voisi tukea esimerkiksi yksityisen ympäristöhallintajärjestelmän käyttöönottoa (Demirel ym. 2018). Julkisen sektorin sääntely usein toimii niin sanottuna perälautana yksityiselle sääntelylle ja asettaa julkisia valvontajärjestelmiä sekä sanktioita sitovien sääntöjen rikkomisesta (He ym. 2018, Hsueh 2013).

Julkisen sektorin pakottavaan sääntelyyn verrattuna vapaaehtoinen sääntely mahdollistaa yleensä korostetun joustavuuden ja eri toimijoille räätälöidyt ratkaisut (Hsueh 2013). Vapaaehtoinen sääntely voi lisäksi paremmin ottaa huomioon yritysten erilaisuuden sekä sisäiset prosessit ja järjestelmät (Lim & Prakash 2014). On kuitenkin muistettava, että myös julkisen sektorin sääntelyn pitäisi pystyä ottamaan huomioon esimerkiksi alueelliset erot (Xiong & Wang 2020). Paikkamallintaminen voisi tukea alueiden erittelyä ja sääntelytoimien kohdentamista niin julkisessa kuin vapaaehtoisessakin sääntelyssä (Hasler ym. 2019).

Kansalaisjärjestöjen ja muiden ei-valtiollisten organisaatioiden rooli on keskeinen kehitettäessä joitakin arvoketjun johtamisen välineitä, kuten Reilua kauppaa ja kestävää merenelävien tuotantoa edistävää Marine Stewardship Councilin MSC-merkintää. Näillä sääntelymalleilla on puututtu myös kansainvälisen kaupan monimutkaisiin arvoketjuihin. Sääntelyn täytäntöönpanoa ja valvontaa varten luodaan myös omat mekanisminsa, kuten sertifiointi tai auditointijärjestelmä (Sorsa 2011b).

3.6.4 Hajapäästöjen sääntely

Innovatiivisella sääntelyllä on pyritty pureutumaan hajapäästöihin. Hanke- tai laitoslähtöisen ympäristövaikutusten hallinnan on koettu vastaavan huonosti hajapäästöjen aiheuttamiin ongelmiin. Monen toiminnan yhteisvaikutusten, epävarmojen vaikutusten (mm. Doole ym. 2013) ja matalien päästöjen todentaminen on hankalaa esimerkiksi laitospöytäisten ympäristölupien yhteydessä. Hajapäästöihin on katsottu paremmin voitavan puuttua asettamalla yleisesti sovellettavia saastumisen kokonaistasoa säänteleviä toimia (Anker ym. 2019).

Hajapäästöjen hallintaan on myös ehdotettu erilaisia vapaaehtoisia järjestelmiä (Collins 2016, Doole ym. 2013) ja tuuppaamista (nudging) (Collins 2016). Hajapäästöjen aiheuttajat ovat myös vastustaneet esimerkiksi vapaaehtoisten hallintajärjestelmien korkeaa hintaa. Usein onkin käytetty useamman eri sääntelyjärjestelmän yhdistelmää sisältäen myös pakottavaa julkista sääntelyä (Geissen ym. 2013). Hajapäästöjen hallinnassa informaatio-ohjauksella (esimerkiksi neuvontapalvelut) on koettu olevan hyvä kustannustehokkuus. Informaatio-ohjaus on useimmiten mahdollista muiden sääntelyjärjestelmien tukena, eikä se useimmiten vaadi isoja muutoksia sääntelykokonaisuuteen.

3.6.5 Sääntelyn tietopohja

Hyvän sääntelyn tulisi perustua tieteelliseen tietoon. Vaikka sääntelyn ja sen vaikuttavuuden ja tehokkuuden arviointi on tärkeää, sitä ei tehdä tarpeeksi. Etenkin politiikkayhdistelmien arviointi ja parantamistarpeiden kartoittaminen on hankalaa. Tähän vaikuttaa mm. sääntelyn tulkinta hallinnon tasolla ja sen kohderyhmän suhtautuminen sääntelyyn (Taylor ym. 2012).

Riskiperustainen sääntely voi tarkoittaa esimerkiksi sitä, että kemikaaleja ei kielletä pelkästään niiden vaarallisuuden takia, vaan käyttöä arvioidessa otetaan huomioon käytöstä mahdollisesti aiheutuvat vaikutukset ympäristölle tai ihmisten terveydelle. Siihen liittyy kuitenkin useimmiten merkittäviä tietotarpeita. Muunlaisissa sääntelymallissa ympäristöongelmien säänteleväminen on mahdollista myös silloin, kun tietoa on vähemmän. Tällaisia vaihtoehtoja ovat mm. vaaraperustainen sääntely (kiellot perustuvat esimerkiksi aineen vaarallisuuteen riippumatta sen annostuksesta tai altistumisesta), vahva varovaisuusperiaate (toimintojen kieltäminen, jos on mahdollisuus vakavalle riskille), ”parhaan teknologian” tai ”matalimmat mahdolliset” sitovat vaatimukset sekä kaupan toimenpiteet (protektionismi) riskipohjaisen sääntelyn kautta (OECD 2010).

3.6.6 Uusi teknologia ja sääntelyinnovaatiot

Saasteettomuusteeman kannalta kiinnostavimmaksi sääntelypolitiikkaan yleisesti kytkeytyväksi ajankohtaiskeskusteluksi nousee algoritmisen sääntely (algorithmic regulation). Keskustelu kohdentuu toisaalta erityisesti algoritmien kasvavaan käyttöön yksityisessä ja julkisessa sääntelyssä, toisaalta algoritmeihin perustuvassa sääntelyssä tunnistettuihin oikeudellisiin ongelmiin (Misuraca ja van Noordt 2021; Yeung 2018; 2019; Koulu 2018; Koulu ym. 2019; Black ja Murray 2019).

Algoritmisella sääntelyllä viitataan hallintajärjestelmiin, jotka hyödyntävät algoritmeihin perustuvaa päätöksentekoa. Tämä voi merkitä algoritmeihin perustuvien tietojärjestelmien sääntöpohjaista päätöksentekoa, näihin perustuvaa tiedontuotantoa päätöksenteon tueksi tai dataintensiivistä tekoälyn hyödyntämistä, jolloin järjestelmä muokkaa toimintaansa tilastollisen päättelyn perusteella. Kyse voi siis olla monimutkaisuudeltaan hyvin vaihtelevista tilanteista (Yeung 2018, 507; Koulu ym. 2019). Koulun ym. (2019, 85) mukaan data-analytiikan ja analyysistä johdetun toiminnan yhdistävissä tekoälyjärjestelmissä ei ole aina selkeästi osoitettavissa syy-seuraussuhteita tai niiden selittäminen vähintäänkin vaikeutuu.

Algoritmeja käytetään kansainvälisesti jo ainakin turvallisuuteen, ruuhkamaksuihin, verotukseen ja sosiaalietuuksiin liittyvässä rutiiniluonteisessa päätöksenteossa (Bellanova ja de Goede 2020; Koulu ym. 2019). Kehitys alalla on nopeaa, ja tuoreessa komission yhteisen tutkimuskeskuksen julkaisemassa katsauksessa kartoitettiin kaikkiaan lähes neljäsataa tapausta, joissa tekoälyä oli hyödynnetty julkisella sektorilla eri Euroopan maissa (Misuraca ja van Noordt 2021). Näistä raportissa on hieman tarkemmin avattu 230 tapausta. Käytännössä tekoälyn hyödyntäviä, julkisella sektorilla EU-maissa käytössä olevia sovelluksia on aina satelliittikuvia analysoivasta kuvantunnistuksesta murtovarkauksia ennakoivaan analytiikkaan (Misuraca ja van Noordt 2021, 16). Kaikkiaan tekoälyn käytöllä on Misuracan ja van Noordtin (2021, 80-86; ks. ms. van Noordt, C. & Misuraca, G. 2020) mukaan mahdollisuus julkisten palveluiden laadun ja tehokkuuden merkittävään parantamiseen, vaikka näyttöä merkittävistä sosiaalisista ja taloudellisista vaikutuksista onkin toistaiseksi niukasti. Yhdistämällä uusia datalähteitä kehittyneen koneoppimisen käyttöön voidaan vapauttaa resursseja erityisesti rutiiniluonteisista tehtävistä.

Algoritmien käytöstä ympäristöön liittyvässä ohjauksessa ja päätöksenteossa ei ole vielä monia esimerkkejä. Misuracan ja van Noordtin (2021, 21) kokoamista tapauksista ainoastaan kolme kytkeytyy ympäristönsuojeluun, eivätkä he kuvaa näitä tapauksia yksityiskohtaisemmin. Kaikissa on kuitenkin ollut kyse pyrkimyksestä organisaatioiden suorituskyvyn parantamiseen. Koulu ym. (2019) ovat tekoälyn hyödyntämisen mahdollisuuksia ja haasteita tarkastelevassa raportissaan tunnistaneet tällaisina esimerkkeinä Hollannissa AERIUS-tietokoneohjelman käytön sen määrittämisessä,

aiheuttaako jokin projekti tai toimi merkittävää haittaa Natura 2000 -alueella. Ohjelmisto mahdollisti osittain automatisoidun päätöksenteon, jossa viranomaisen hyödyn-tää automaatiota tai tietokoneohjelmaa päätöksenteon tukena ja päätöksen peruste-luna. Tätä koskevassa oikeustapauksessa päätöksien perusteluja pidettiin liian lä-pinäkyttöminä ja asianomaisten tiedollista asemaa heikkona. Tanskassa puoles-taan on ympäristöasioihin liittyvissä hallinnollisessa päätöksenteossa hyödynnetty di-gitaalisia karttoja.

Algoritmissen sääntelyn kehittäminen luo samalla tarpeen turvata keskeiset tietosuo-jaan ja yksityisyyteen liittyvät oikeudet. Algoritmissen sääntelyn ja erityisesti toimin-taansa tilastollisen päättelyn perusteella muokkaavat tekoälyä hyödyntävät järjestel-mät voivat olla ongelmallisia päätöksenteon läpinäkyvyyden, henkilöiden profiloinnin ja tiedollisen aseman kannalta (ml. mahdollisuus tietää olevansa tarkkailun kohteena). Niin ikään on esitetty huolia siitä, jäävätkö jotkin kansalaisryhmät kuulematta, kun käytetään vain digitaalista dataa. Eettisiin näkökohtiin onkin alan tutkijoiden mukaan kiinnitettävä erityistä huomiota. (Yeung ja Lodge 2019; Ulbricht ja Yeung 2021; Koulu 2018; Misuraca ja van Noordt 2021).

Yritykset hyödyntävät jo nykyisin laajasti algoritmeihin perustuvaa päätöksentekoa mm. asiakassuhteiden hallinnassa ja markkinoinnin kohdentamisessa. Tällöin kyse voi olla ilmiöstä, jota Yeungia (2017) seuraten voidaan kutsua ”hypertuuppaukseksi” (hypernudge): massadatan hyödyntämistä päätöksentekoon vaikuttamisessa ilman pakottamista tai merkittäviä muutoksia taloudellisissa kannusteissa. Erityisen vaikutta-vaksi tällaisen hypertuuppauksen tekee mahdollisuus jatkuvasti muovata ohjausta tuupattavien käyttäytymisen perusteella.

YHTEENVETO

Sopeutuva sääntely mahdollistaa erilaiset kokeilut ja lähestymistavat monimutkaisten ympäristöongelmien ratkaisemiseksi.

Suoria velvoitteita asettavaa sääntelyä voi täydentää erilaisilla veroilla ja markkinapohjaisilla instrumenteilla. Verovapauksia voisi antaa yrityksille, jotka yltyvät asetettuihin tavoitteisiin. Lisäksi on ehdotettu, että sosiaalisesti ja ympäristöllisesti hyvä toiminta voisi olla esiehtona julkisissa tarjouskilpailuissa.

Hajapäästöihin on katsottu voitavan puuttua asettamalla yleisesti sovellettavia saastumisen kokonaistasoa säänteleviä toimia. Niiden hallintaan on myös ehdotettu erilaisia vapaaehtoisia järjestelmiä.

Riskiperustaiseen sääntelyyn liittyy useimmiten merkittäviä tietotarpeita ympäristö- ja terveysvaikutuksista.

Uusi teknologia tarjoaa uusia mahdollisuuksia ohjata päästöjä, mutta algoritmisen sääntelyn kehittäminen luo samalla tarpeen turvata keskeiset tietosuojan ja yksityisyyteen liittyvät oikeudet.

4 Eurooppalaisia avauksia saasteettomuuden edistämiseksi

4.1 Tekstianalyysin tulokset

Hankkeessa pyrittiin tunnistamaan eurooppalaisten sidosryhmien ja asiantuntijoiden näkemyksiä saasteettomuustoimintaohjelmasta ja saasteiden torjunnasta yleensä. Yhtenä osana koottiin ja analysoitiin aihetta käsitteleviä tekstejä (ks. metodologian kuvaus luvussa 2.2).

Teksteistä noin puolet käsittelee useita saasteryhmiä. Yksittäisistä ryhmistä parhaiten edustettuja ovat hiukkasiin ja muihin ilmanlaatua heikentäviin päästöihin painottuvat tekstit. Melko paljon esillä ovat myös mm. lääkeaineet, hormonihäiriköt, torjunta-aineet, mikromuovit ja PFAS-yhdisteet.

Noin neljännes teksteistä käsittelee useaa toimialaa, ja runsaassa neljäsosassa tekstejä toimialaa ei voitu luokitella. Teollisuus oli yksittäisistä toimialoista parhaiten edustettuna, mutta myös liikenne ja maa- ja metsätalous nousivat aloina selvästi esille. Miltei kolmasosassa tekstejä saasteiden kohteita esiintyi useampia, ja noin neljäsosassa kohteita ei voitu luokitella. Yksittäisistä kohteista ilma ja vesi olivat teksteissä parhaiten edustettuina: molemmat kohteet mainittiin ensisijaisina noin viidesosassa tekstejä.

Yksittäisistä saasteiden vaikutuksista terveys on teksteissä parhaiten edustettuna, mutta liki yhtä monessa tekstissä mainitaan useita vaikutuksia. Ympäristövaikutukset nousevat esille yhdeksässä tekstissä ja talousvaikutukset neljässä tekstissä. Tarkemmin aineistoa on kuvattu liitteessä 2.

Aineistossa saasteettomuustoimintaohjelman visiota ja tavoitteita saastumisen vähentämisestä kannatetaan laajasti taustaryhmästä riippumatta. Näkemykset kuitenkin jakautuvat selvästi, kun tarkastellaan tarkempia linjauksia. Elinkeinoelämän järjestöt suhtautuvat periaatteellisella tasolla myönteisesti saastumisen rajoittamiseen, mutta ne haluavat välttää uutta sääntelyä. Nollapäästöjä tai -saastumista (zero pollution) kirjaimellisesti tulkittuna pidetään monissa tapauksissa mahdottomana, liki äärettömän kalliina tai epärealistisena. Ympäristö- ja terveysriskit pitäisi alentaa siedettävälle tasolle sen sijaan, että tavoiteltaisiin nollariskiä. Kirjaimellinen nollapäästötavoite pitäisi olla vain erityistä terveyshuolta aiheuttavilla aineilla (*substances of very high health concern*), kuten hormonitoimintaa häiritsevillä kemikaaleilla. Päätösten toivotaan ole-

van läpinäkyviä ja perustuvan tutkimukseen ja riskien arviointiin. Saasteettomuustoimintaohjelman pitäisi tasapainotella sekä talouden että teknisen toteutettavuuden kanssa. Elinkeinoelämän järjestöt myös kantavat huolta taloudellisesta näkökulmasta ja saastevuodosta EU:n ulkopuolelle etenkin taloudellisesti vaikeana aikana.

Toisaalta monissa kannanotoissa katsotaan, että julkaistu toimintaohjelma ei mene riittävän pitkälle. Ympäristöjärjestöjen mukaan se ei ole tarpeeksi kunnianhimoinen eikä anna ilmanlaadulle riittävän suurta painoarvoa. Esimerkiksi maaperän pilaantumiselle pitäisi määrittää uutta lainsäädäntöä ja meluntorjuntaan pitäisi saada uusia toimenpiteitä. Ohjelma ei myöskään joidenkin tahojen mukaan tarjoa tarpeeksi konkreettisia tapoja, joilla päästöjä pitäisi vähentää. Monet tahot sanovat, että EU:n ilmanlaadua koskevan sääntelyn pitäisi olla linjassa WHO:n rajojen kanssa. Muutamat tahot nostavat esille toimintaohjelmasta puuttuvia teemoja, kuten merimelua.

4.1.1 Ohjauksen muodot, kohteet ja tasot

Teksteissä esitettiin näkemyksiä saasteettomuuspolitiikan toivotusta suunnasta. Ensisijaisesti normiohjausta käsittelee 36 tekstiä ja useita ohjauksen muotoja 34 tekstiä. 28:aa tekstiä ei voitu luokitella ensisijaisten ohjauksen muotojen mukaan (Taulukko 1).

Taulukko 1. Ehdotetun ohjauksen muoto eri teksteissä.

Ohjauksen muoto	Tekstien määrä
Normiohjaus	36
Innovaatiot	5
Taloudellinen ohjaus	5
Informaatio-ohjaus	3
Usea	34
Muu	5
Luokittelematon	28
Yhteensä	116

Ensisijaisten ohjauksen muotojen lisäksi tekstejä voidaan tarkastella sen mukaan, mitä ohjauskeinoja niissä ainakin mainitaan. Näin pystytään pureutumaan tarkemmin

erityisesti luokkiin usea, muu ja luokittelematon kuuluviin teksteihin. Monissa (11 tekstiä) normiohjausta koskevilla kannanotoilla painotetaan nykyisen lainsäädännön parempaa toimeenpanoa, muutamassa erityisesti rikkomusten rankaisemista. Parissa tekstissä tämä esitetään vaihtoehtona uudelle sääntelylle. Joissakin teksteissä (8) peräänkuulutetaan politiikkakoherenssia joko eri lainsäädäntöjen välillä tai suhteessa Euroopan vihreän kehityksen ohjelmaan. Kahdessa tekstissä painotetaan, että saasteettomuustoimintaohjelman ja vesipolitiikan pitää olla keskenään linjassa. Uusia strategioita toivotaan ympäristöterveydelle, maaperälle, ympäristömelulle ja lääkeaineille.

Joissakin teksteissä (6) halutaan kieltää haitallisia aineryhmiä, mutta parissa otetaan kantaa kieltoja vastaan. Yksittäisissä teksteissä esitetään myös esimerkiksi kansainvälistä sopimusta erityisen haitallisten aineiden käytön lopettamiseksi ja vain turvallisiksi todistettujen aineiden sallimista. Monissa teksteissä (10) toivotaan EU:n ilmanlaatonormien päivittämistä WHO:n suosittelemalle tasolle. Kahdessa tekstissä puolestaan vastustetaan ilmanlaatudirektiivin (2008/50/EY) uudistamista.

Teollisuuspäästädirektiivin (2010/75/EU) päivittämistä kannatetaan kolmessa ja vastustetaan kahdessa tekstissä. Kahdessa tekstissä kannatetaan päästökattodirektiivin (EU) 2016/2284 päivittämistä, yhtenä mainittuna keinona metaanin, elohopean ja mustan hiilen sisällyttäminen. Kolmessa tekstissä toivotaan tuottajavastuun laajentamista saastumiseen.

Kahdessa tekstissä kaivataan EU-sääntelyä maaperän suojelemiseksi, ja yhdessä tätä vastustetaan. Kahdessa tekstissä halutaan päivittää vesipuidedirektiivi niin, että sen jälkeen vallitsisi suunnittelurauha vailla huolta isoista säädösmuutoksista. Neljässä tekstissä sivutaan yhdyskuntajätevesidirektiivin uudistamista, ja niistä kahdessa ehdotetaan uusien saasteiden sääntelyn lisäämistä direktiiviin.

Muita aineistossa mainittuja normiohjaukseen liittyviä kysymyksiä ovat mm.:

- Euro 7 -päästörajat uusille autoille;
- saastuttavimpien autojen kieltäminen keskustoissa joidenkin eurooppalaisten kaupunkien tapaan;
- uudelleen käytettäville materiaaleille samat päästörajat kuin neitseellisille;
- uusi sääntely sisäilman laadulle, vedenalaiselle melulle ja mikro-muoveille;
- uusien aineiden sisällyttäminen karsinogeeniä ja mutageenejä työpaikoilla käsittelevään direktiiviin (2004/37/EY);
- tiukempi valvonta ja sanktiot laivojen laittomien päästöjen (deballasting) kontrolloimiseksi merellä;

- eurooppalainen viranomaistaho, jolla olisi valtaa määrätä rangaistuksia ympäristön ja terveyden suojelemiseksi (sanctioning power); sekä
- pakollinen sisäilman laatutodistus, joka voisi olla esimerkiksi rakennuksen energiatodistuksen yhteydessä.

Innovaatioiden alla teksteissä tuodaan esiin datan ja uuden teknologian käyttöä saasteiden valvontaan ja hallintaan. Esimerkiksi satamissa digitaalisia ratkaisuja voidaan käyttää valvomaan konttien sisältöä ja vuotoja, tunnistamaan jätevesien ylivuodot sekä kertomaan käyttäjille vedenlaadusta.

Taloudellista ohjausta käsittelevistä teksteistä neljä peräänkuuluttaa EU:n maataloustukien kytkemistä ympäristötavoitteisiin. Neljä muuta tekstiä ehdottaa rahoitusta ja investointeja puhtaaseen teknologiaan ja kiertotalouteen, esimerkiksi tukemaan luonnonvarojen talteenottoa jätevesistä. Yksi teksti toivoo yleisesti lisää rahoitusta ympäristönsuojeluun.

Kahdessa tekstissä ehdotetaan ympäristöperusteiden huomioon ottamista elpymispaketeissa mm. kestävä liikenteen tukien ja työntekijöiden muuntokoulutuksen muodossa. Kahdessa tekstissä vaaditaan saastuttavien prosessien suoran ja epäsuoran julkisen tukemisen lopettamista. Yhdessä tekstissä toivotaan vesistö päästöille markkinoita samalla tavalla kuin hiilipäästöille.

Esimerkiksi ilmastopolitiikassa laajasti käytetty hinnoittelu ei muuten juurikaan nouse aineistossa esiin konkreettisten ohjauskeinojen muodossa. Sen sijaan joissakin teksteissä (7) kannatetaan yleisellä tasolla saastuttaja maksaa -periaatteen noudattamista.

Informaatio-ohjaus nousee teksteissä esiin useista eri näkökulmista. Neljässä tekstissä painotetaan tiedon jakamista ja tietoisuuden lisäämistä. Kansalaisille tulisi levittää tietoa mm. saastumisen ja terveyden välisistä yhteyksistä sekä ilman ja veden laadusta. Parissa tekstissä peräänkuulutetaan viranomaisten ympäristöosaamisen lisäämistä.

Tutkimusta käsittelevissä teksteissä lisätiedon katsotaan olevan tarpeen mm. uusista kemikaaleista ja saasteista, niiden vaikutuksista sekä niiden torjunnasta; ympäristöterveydestä ja saasteiden vaikutuksesta sairauksiin; sekä saastumiskehityksestä jäsenmaissa, joissa nykyinen tietopohja on puutteellinen. Kaikelle lainsäädännölle ja poliitikalle pitäisi kolmen tekstin mukaan laatia perusteelliset vaikutusarviot. Tutkimustieto pitäisi myös ottaa päätöksenteossa paremmin huomioon mm. perustamalla riippumaton asiantuntijaelin.

Pari tekstiä peräänkuuluttaa parempaa seurantaa. Tarkemmin ehdotetaan kemikaaleihin liittyvää biomonitorointia, jätevesien kemikaaliseurantaa, uusien kemikaalien sisällyttämistä seurantaan, kaupunkien ilmanlaadun tarkempaa seurantaa, ihmisten altistumisen tutkimista ja toimenpiteiden vaikuttavuuden arviointia tukevia aikasarjoja. Yhdessä tekstissä esitetään kaiken saastumiseen liittyvän datan keräämistä yhteen paikkaan ja kahdessa kemikaalien vaarojen ja riskien varhaisvaroitussjärjestelmää.

Ehdotettujen politiikkatoimien ensisijaiset kohteet on tunnistettu 20 tekstistä (Taulukko 2). Isosta osasta tekstejä politiikkatoimien ensisijaisia kohteita ei pystytty tarkasti määrittämään.

Taulukko 2. Ehdotettujen politiikkatoimien ensisijaiset kohteet eri teksteissä.

Politiikan kohteet	Tekstien määrä
Kaupungit	3
Hallitukset	3
Teollisuus	3
Yritykset	2
Liikenne	2
Maanviljelijät	1
Usea	6
Luokittelematon	96
Yhteensä	116

Yli puolet teksteissä ehdotetuista politiikkatoimista ja päätöksenteosta kohdistuu ensisijaisesti EU-tasolle (Taulukko 3). Vain muutama teksti keskittyy paikalliseen tai kansalliseen tasoon. Useaa eri päätöksentekotasoa käsittelee 15 tekstiä, ja noin viidesosalle teksteistä ensisijaista päätöksenteon tasoa ei pystytty määrittämään. Erityisesti elinkeinoelämän ja kansalaisjärjestöt keskittyvät EU-tason toimiin.

Taulukko 3. Ehdotettujen politiikkatoimien alueellinen kohdentuminen eri teksteissä.

Päätöksenteon taso	Tekstien määrä
EU	65
Paikallinen	7
Kansallinen	3
Usea	15
Muu	2
Luokittelematon	24
Yhteensä	116

4.1.2 Innovatiiviset ohjaukeinit ja lupaavat esimerkit

Osassa teksteistä esitetään innovatiiviseksi luokiteltavia ajatuksia ohjaukeinoista. Innovatiiviseksi on tässä yhteydessä tulkittu ehdotuksia, jotka tekstin perusteella olisivat esitetyssä muodossa olennaisella tavalla uusia tai uudenlaisia. Näitä ovat mm.

- eurooppalainen ympäristömerkintä lääkkeille;
- tekoälyn, avoimen datan ja big datan käyttö ympäristövalvonnassa esimerkiksi ennusteiden ja mallien laadinnassa sekä toimenpiteiden kohdentamisessa alueille;
- integroidut vaikutuspohjaiset biotestit vesiensuojelussa aineiden yhteisvaikutuksen tutkimiseen; sekä
- kansalaisten ja erityisesti haavoittuvien ryhmien tiedonsaannin parantaminen reaaliaikaisella ja saavutettavalla viestinnällä (esim. Kanadan ilmanlaadun terveysindeksi).

Teksteissä kuvataan myös esimerkkejä lupaavista toimenpiteistä, joita joissakin maissa tai joillakin alueilla tai aloilla on jo otettu käyttöön. Esimerkiksi:

- Tanska, jotkin Yhdysvaltain osavaltiot ja McDonald's ovat kieltämässä tai jo kieltäneet PFAS-yhdisteet ruokapakkauksissa, ja Yhdysvalloissa jotkin osavaltiot tekevät saman niitä sisältäville sammutusvaahdoille;
- Tanska, Saksa, Ruotsi ja Alankomaat ovat julkaisseet strategiat, joiden tavoitteena on lopettaa lähes kaikki PFAS-yhdisteiden käyttö vuoteen 2030 mennessä, ja Tanska, Saksa ja Alankomaat ovat myös ottaneet käyttöön rajat juomaveden ja maaperän PFAS-pitoisuuksille;

- Sveitsissä 134 jätevedenpuhdistamo on ottamassa käyttöön aktiivihiihi-järjestelmän otsonointiin yhdistettynä, minkä tavoitteena on ehkäistä pie-ninä pitoisuuksina esiintyvien saasteiden (micropollutants) pääsy ympä-ristöön;
- Oslo ja Madrid ovat kieltämässä autoja ydinkeskustassa, Lontoo on pe-rustanut erittäin alhaisten päästöjen alueita sekä Pariisi ja Bryssel aiko-vat kieltää polttomootoriautot kaupungin alueella;
- Tukholmassa ruuhkamaksut ovat vähentäneet typenoksidien päästöjä 8,5 prosenttia ja hengitettäviä hiukkasia (PM10) 13 prosenttia;
- Berliinissä erityisen saastuneille alueille asetetut 30 km/h:n nopeusrajoitukset ovat vähentäneet typenoksidipäästöjä 10–15 prosenttia;
- Ruotsissa lääninhallitukset ovat saaneet koulutusta siitä, kuinka hankin-nat voivat olla työkalu kohti myrkytöntä ympäristöä, ja maassa on perus-tettu Centrum för ökad substitution av farliga ämnen i kemiska produkter och varor, jonka tavoitteena on lisätä tietoisuutta vaarallisia aineita sisäl-tävistä tuotteista ja vaikuttaa vaarallisten aineiden korvaamiseen ja kes-tävien kemiallisten tuotteiden kehittämiseen; sekä
- Madridissa ja Virossa saastumiseen liittyvä data on julkisesti saatavilla ajantasaisesti.

4.2 Haastatteluiden tulokset

Tekstianalyysin tuloksia täydennettiin eurooppalaisten asiantuntijoiden haastatteluilla (menetelmistä ks. luku 2.4).

4.2.1 Uudet saasteet

Haastateltavat nostivat esiin joukon uusina tai nousevina pitämiään saasteita. Kyse voi olla kokonaan uusista saasteista tai vanhoista saasteista, joiden merkitys tai pai-noarvo keskustelussa on kasvanut. Haastateltavat saivat määritellä itse, mitä saas-teita katsoivat uusiksi tai nouseviksi.

Eniten mainintoja saivat mikromuovit. Toisaalta osa haastateltavista kysyi, kannat-taako mikromuoveista olla Suomessa huolissaan tai onko niitä tarpeen mitata ilmasta. Useita mainintoja keräsivät myös nanopartikkelit, vaikka yksi haastateltavista tähden-sikin, että haitallisuus riippuu koon lisäksi muista ominaisuuksista.

Samoin usea haastateltava nosti esiin lääkkeitä tai antibiootteja. Yhtenä huolenaiheena kansanterveyden kannalta mainittiin antibioottiresistenttien bakteerien mahdollinen

kehittyminen maaperässä. Terveysteen liittyvät myös hormonitoimintaa häiritsevät yhdisteet ja lisääntymisterveydelle vaaralliset kemikaalit.

Useammassa kuin yhdessä haastattelussa mainittiin myös melu (erityisesti veden alla), biomassan polton päästöt ja PFAS-yhdisteet. PFAS-yhdisteistä esimerkki ovat palontorjunta-aineet, jotka kertyvät maaperään ja saattavat sieltä päätyä ihmisen ravintoketjuun.

Yksi vastausten rypäs koskee saasteiden yhteis- ja seurausvaikutuksia. Kaksi haastateltavaa nosti esiin kemikaalien yhteisvaikutuksia. Yksi painotti puolestaan aineiden hajoamistuotteita esimerkiksi vedenpuhdistuksessa. Huolta kannettiin myös biokertyvistä ja kulkeutuvista aineista sekä yleensä aineista, joiden vaikutuksia tunnetaan vielä huonosti.

Seuraavat saasteet keräsivät yksittäisiä mainintoja:

- valo;
- mobiililaitteiden säteily (ns. electromagnetic smog);
- roskaantuminen;
- raskasmetallit;
- polyklooratut bifenyylit (PCB:t);
- neonikotinoidit;
- ammoniakki;
- musta hiili;
- ultrapienet hiukkaset (PM1 tai pienempi); ja
- bisfenoli A ja sen korvaajat.

Yksi haastateltavista purki saasteen uutuuden käsitettä. Ensinnäkin saaste voi olla uusi tieteelle, kuten nanopartikkelit. Toiseksi saaste voi olla uusi politiikalle (esim. valo), jos sitä ei ole juurikaan käsitelty keskustelussa tai sääntelyssä. Kolmanneksi vanhakin saaste voi olla uusi, jos siitä saadaan uutta tietoa (esim. ilmansaasteiden vaikutukset Parkinsonin taudin ilmenemiseen).

Toinen haastateltava puolestaan kehotti siirtämään katseen yksittäisistä uusista saasteista kokonaisvaltaisempaan tarkasteluun. Hänen mukaansa esimerkiksi uudet kemikaalit ehtivät usein jo aiheuttaa vahinkoa siihen mennessä, kun niiden haitallisuus on pystytty osoittamaan. Kemikaali kerrallaan sääntelemisen rinnalle tarvittaisiin aineiden vaikutukseen perustuvia työkaluja (effect-based tools). Tavoitteena on, että voitaisiin tunnistaa haitalliset aineet jo ennen kuin ne päätyvät markkinoille – tai ainakin mahdollisimman nopeasti sen jälkeen, kun havaitaan ongelmia.

Kolmas haastateltava nosti esiin kemikaalimonimuotoisuuden (chemodiversity) lisääntymisen. Samalla tuotteet monimutkaistuvat mm. siksi, että niissä yhdistellään eri aineita (esim. tekstiileissä luonnonkuituja, synteettisiä kuituja, elektroniikkaa ja palones-toaineita). Tämä tekee saasteiden hallinnasta aiempaa kompleksisempää. Uusien päästöjen monitorointi, seuranta ja mittaus vaatii myös voimavaroja ja uutta teknologiaa.

4.2.2 Uudet päästölähteet ja toimialat

Haastateltavat tunnistivat joukon uusiksi tai nouseviksi katsomiaan saasteiden päästölähteitä ja toimialoja. Eniten mainintoja keräsi kokonaisuus, johon kuuluvat akku- ja vetyteollisuus sekä sähköistyminen ja uudet energiaratkaisut yleensä. Haasteeksi nähtiin erityisesti akuissa ja sähköistymisessä tarvittavien mineraalien tuotannon ja kierrätyksen haitat.

Toinen usein mainittu kokonaisuus oli kiertotalous. Haastateltavat huomauttivat, että kierto ei ole koskaan täydellinen, joten aina syntyy myös jätteitä. Kierrossa olevista aineista ei kuitenkaan välttämättä ole riittävästi tietoja, koska osa kuuluu liikesalaisuuksien piiriin. Eloperäisiä aineita kierrätettäessä ravinteet pitää lopuksi palauttaa maaperään. Vaarana ovat raaka-aineiden mukana kiertävät epäpuhtaudet.

Myös uudet ruokajärjestelmät mainittiin haastatteluissa useasti. Laboratoriossa kasvatettava liha ja hyönteisten tuottaminen rehuksi voivat toisaalta vähentää nykyisen maatalouden päästöjä, mutta toisaalta myös luoda uudenlaisia päästöjä. Haastatteluissa nostettiin esiin myös intensiivisen karjatalouden päästöt ja lannoitteiden kadmium.

Joissakin haastatteluissa liikenne mainittiin yleisellä tasolla. Tarkemmin pari haastateltavaa kiinnitti huomiota renkaiden ja jarrujen kulumisen aiheuttamiin ilmansaasteisiin (mm. sinkki). Yksi kokonaan uusi ja nopeasti kasvava liikenteen osa-alue on avaruusmatkailu. Alusten laukaiseminen voi tuottaa paljon päästöjä ilmaan, satelliitit romua avaruuteen ja laukaisut valosaastetta, joka puolestaan häiritsee avaruustutkimusta.

Tuotteiden saasteita tarkasteltiin kahdesta näkökulmasta. Yhtäältä kiinnitettiin huomiota tuotteisiin sitoutuneisiin päästöihin (embedded emissions). Toisaalta nostettiin esiin, että tuotteisiin lisätään yhä enemmän teknologiaa, joka vaikeuttaa kierrättämistä.

Lisäksi hajahuomioita keräsivät:

- ikääntymisen aiheuttama lääkkeiden käytön lisääntyminen;
- laivanrakennus;
- rakennusteollisuus; ja
- kosmetiikka.

Jotkut haastateltavat tarkastelivat saastumista yleisemmin. Saasteita lisää yleinen kulutuksen kasvu (esim. pikamuoti), yritys ratkaista nykyisiä ongelmia (esim. haitallisten aineiden korvaaminen yhtä haitallisilla tai jossakin suhteessa jopa vaarallisemmilla kemikaaleilla) ja rebound-ilmiö (tehostumisella saavutettavat hyödyt lisäävät kulutusta, mikä puolestaan lisää saastumista). Yksi haastateltava kysyi, onko haasteena ylipäänsä yhteiskunnan nopea muuttuminen ja muutosten ennakoitavuuden vaikeus.

4.2.3 Uudet näkökulmat

Kysyttäessä uusia näkökulmia ja lähestymistapoja saastumiseen haastatteluissa oli hajontaa melko paljon. Vastauksista voi kuitenkin erottaa joitakin laajoja kokonaisuuksia.

Yksi niistä koskee kierto- ja jakamistaloutta sekä palveluistamista. Kiertotalous pitää ottaa huomioon kemikaalipuolella ja kemikaalit huomioon kiertotaloudessa. Sekä yksittäiset materiaalit että jätteet on syytä pitää erillään toisistaan ja yksinkertaisina, jotta niitä voi hyödyntää. Tarvitaan uudenlaisia liiketoimintamalleja vaihtoehtona tuotteen omistamiselle. Tuotteet palveluna (product as a service) ovat myös tärkeä keino vähentää saastumista (esim. kemikaalit tai liikenne palveluna).

Toinen laaja kokonaisuus on data, tieto ja tietoisuus. Jos ihmiset voisivat helposti nähdä, kuka saastuttaa ja miten paljon, yritykset toimisivat nopeammin saastumisen ehkäisemiseksi. Myös koulutusta tarvitaan. Osa haastateltavista nosti esiin innovaatiot ja teknologian. Esimerkkejä ratkaisuista ovat digitalisaatio ja 3D-tulostus.

Haastatteluissa nousi myös esiin tarve kokonaisvaltaisuuudelle. Yksittäisten asioiden sijaan pitäisi esimerkiksi tunnistaa sektorien välisiä yhteyksiä, lisätä toimijoiden välistä yhteistyötä ja välttää siiloutumista. Yritysten pitäisi ymmärtää vaikutuksensa läpi koko systeemin ja tuotantoketjun sekä nähdä olennaisimmat vaikuttamisen paikat mm. ekosysteemien kautta. Pitäisi myös etsiä ilmasto- ja saastepolitiikan välisiä synergioita.

Lisäksi haastatteluissa nostettiin esiin seuraavia näkökulmia:

- politiikkatoimet on kohdennettava saasteiden lähteisiin ja tuottajiin, ja kansalaisille saasteettomuudesta on tehtävä oletusvalinta;
- kaupungistuminen vaikuttaa siihen, kuinka paljon ja missä saasteita syntyy;
- pitkät kansainväliset arvoketjut hajauttavat vastuuta, vaikeuttavat seuranta ja ulkoistavat saasteita, mikä herättää kysymyksen tarpeesta velvoittaa yritys vastuuseen; sekä
- elämäntapoja ja kulutustottumuksia on paikallaan kyseenalaistaa ja kysyä, mikä on todella tarpeen.

4.2.4 Tärkeimmät tarvittavat toimet

Usea haastateltava katsoi, että kunnianhimoisena tavoitteena pitää olla nimenomaan nollapäästöt, ei vain saasteettomuus. Yksi haastateltavista kuitenkin muistutti, että tavoite edellyttää sääntelyn lisäksi arvojen muutosta ja radikaalia teknologian kehitystä. Toinen haastateltava peräänkuulutti tiukempia rajoituksia ja sitovia tavoitteita. Piipunpääratkaisujen sijaan yksi haastateltava kaipasi juurisyihin puuttumista. Myös edellä mainittu rebound-ilmiö pitää ottaa päätöksenteossa huomioon.

Selvästi eniten haastatteluissa esiintyi toive kokonaisvaltaisuudesta usealla eri tasolla:

1. ilman, veden ja maaperän käsitteleminen rinnan ja yhtä painavana;
2. saasteiden yhteisvaikutusten arvioiminen;
3. kaikkien toimialojen ja saastelähteiden tarkasteleminen yhtä aikaa;
4. synergiat politiikkojen välillä (esim. saasteettomuus ja ilmastotyö tai terveyspolitiikka);
5. yhteistyö ministeriöiden ja hallinnonalojen välillä;
6. eri tasojen huomioon ottaminen paikallisesta maailmanlaajuiseen; sekä
7. johdonmukaisuus direktiivien välillä.

Konkreettisesti toivottiin REACH-asetuksen kytkemistä paremmin vesilainsäädäntöön, teollisuuden lupaprosesseihin, tuotelainsäädäntöön ja lääkkeitä koskevaan sääntelyyn.

Jotkut haastateltavat muistuttivat tarpeesta toimeenpanna nykyistä sääntelyä. Samoin kaivattiin päätöksenteon läpinäkyvyyttä, hyvää hallintotapaa ja pirstaleisen sääntelyviidakon selkeyttämistä. Yksi haastateltava sekä harmitteli nykyisen ohjauksen liiallista yksityiskohtaisuutta että arvosteli sitä epämääräisyydestä ja tulkinnanvaraisuudesta.

Keskustelua herätti se, mihin vaiheeseen saastumisen ketjua ohjausta kannattaisi kohdentaa. Nykyisen päästöihin kohdistuvan sääntelyyn sijaan peräänkuulutettiin toisaalta painottumista ympäristön tilaan, toisaalta päästöjen lähteisiin. Rinnalle esitettiin

myös tuotteiden päästöintensiteetin ja elinkaaripäästöjen tarkastelua. Samalla toivottiin, että kemikaaleja säädeltäisiin ryhminä.

Monet haastateltavat käsittelivät tietotarvetta ja seurantaa. Tarkemmin kaivattiin esimerkiksi päästörajojen automaattista seurantaa ja niiden ylityksiin puuttumista; suurten ja pienten päästölähteiden erottelamista; läpinäkyvyyttä kemikaalien käyttöön; parempia tietokantoja haitallisista kemikaaleista ja niiden korvaamisesta; vahvempaa tuotteiden ja niiden kemikaalisäältäjen valvontaa; pienempien saastepitoisuuksien monitoroimista; sekä uuden teknologian vaikutusten arviointia ennalta.

Taloudellisen ohjauksen tarve nousi esille eri näkökulmista. Yhdessä haastattelussa kannatettiin saastuttaja maksaa -periaatetta, toisessa EU:n rahoituksen siirtämistä saastuttavasta toiminnasta saastumisen torjuntaan. Kaksi haastateltavaa toivoi nykyistä kattavampaa ja korkeampaa ympäristöverotusta, jonka vastapainoksi voitaisiin laskea työn verotusta. Lisäksi toivottiin saastumisen vähentämiseen keskittyvää rahoitusvälinettä ja EU:n taksonomiasääntöjen käyttämistä myös saastumisen torjuntaan.

Joissakin haastatteluissa kaivattiin sitä, että mukaan otettaisiin paremmin eri toimijoita, kuten yrityksiä, kansalaisia ja järjestöjä. Näin päätöksenteko voisi heijastella paremmin eri näkökulmia ja ottaa huomioon käytännön tilanteita. Myös monitoimijaista yhteistyötä ja PPP-kumppanuuksia kaivattiin.

Kysyttäessä tärkeimmistä tarvittavista toimista erityisesti ilmansaasteiden torjunnassa jotkut haastateltavat nostivat esiin nykyisten säädösten tehokkaamman toimeenpanon. Myös EU:n ilmanlaatumuutosten päivittämistä WHO:n suositusten mukaisiksi toivottiin joissakin haastatteluissa.

Yksittäisiä mainintoja keräsivät mm.:

- vahvemmat keinot (mm. liikennesulut) äkillisissä kaupunkien huonon ilmanlaadun tilanteissa;
- autojen lähipäästöjä rajoittavan Euro 6:n päivittäminen Euro 7:ään;
- kaupunkien vähäpäästövyöhykkeet;
- ilmansaasteiden haittojen kustannusten arviointi;
- saasteverot (esim. Tanskassa SO₂ ja NO_x);
- ilmanlaatudirektiivin päivittäminen;
- tiedon lisääminen kansalaisille;
- sijoitusten ohjaaminen saasteiden vähentämiseen; sekä
- sitovaa sääntelyä pehmeämpien työkalujen (soft law) käyttö täydennyksenä.

Vesien saastumisen torjunnassa jotkut haastateltavat painottivat tarvetta muuttaa maatalouspolitiikkaa, erityisesti ohjata maataloustukia uudelleen. Yksi haastateltavista

arvioi, että vesilainsäädäntö on sinänsä edistyksellistä, mutta haasteet liittyvät jälleen erityisesti sen toimeenpanoon (esim. vesienhoitosuunnitelmat).

Maaperän suojelussa esiin nostettiin tarve parantaa tietopohjaa ja riskienhallintaa. Sääntelyä pitäisi yhtenäistää niin, että eri saasteiden lähteitä kohdeltaisiin yhdenmukaisella tavalla (esim. huoltoasemat verrattuna muihin lähteisiin). Myös oma direktiivi maaperälle sai tukea, mutta toiset haastateltavat pitivät sitä poliittisesti mahdottomana.

4.2.5 Hyvät käytänteet

Kysyttäessä muiden maiden hyviä käytänteitä saastumisen torjunnassa haastateltavat nostivat eniten esiin taloudellisia ohjauskeinoja. Esimerkkeinä mainittiin Ruotsin typenoksidivero, Tanskan ja Norjan torjunta-aineverot sekä Japanin ilmansaastemaksut. Saksassa joutuu maksamaan perustuen siihen, kuinka paljon vesistö päästöt ylittävät normit. Iso-Britannia on puolestaan uudistamassa maatalouden tukijärjestelmää niin, että maanviljelijöille maksettaisiin heidän tuottamiensa ekosysteemipalveluiden perusteella. Yksi haastateltava mainitsi Yhdysvalloista esimerkin, jossa parkkipaikkojen hankkimisen sijaan työntekijöille maksettiin siitä, jos he eivät käyttäneet parkkipaikkaa.

Kytkemättä mihinkään yksittäiseen maahan jotkut haastateltavat puhuivat ulkoiskustannusten sisällyttämisestä, päästökauppajärjestelmistä ja maksuista jätevesien purkamiselle ja luonnonvarojen käytölle. Myös laajennettu tuottajavastuu ja pakkausten maksujen porrastaminen nousivat esiin. Yleisemmin Yhdysvaltain ympäristövirastoon viitaten esitettiin, että saasteista ja niiden torjunnasta voisi puhua enemmän taloudellisten kustannusten kielellä.

Muista politiikoista hyvinä käytänteinä mainittiin:

- Ruotsin kemikaalipolitiikka ja kemikaaleihin erikoistunut virasto;
- Skotlannin pehmeämmät ohjauskeinot (esim. vuoropuhelu yritysten kanssa ja kannustimet);
- maaperään liittyvä Ranskan ja Saksan lainsäädäntö;
- Ison-Britannian pyrkimykset nettopositiivisuuteen rakennushankkeissa; sekä
- Pariisin ja muiden kaupunkien päätökset laskea nopeusrajoituksia keskusta-alueilla.

Haastatteluissa nousivat esiin myös:

- sekoitevelvoite lannoitteille;
- saastebudjetit herkimmille alueille;
- yhteistyöverkostojen (kuten Covenant of Mayors) hyödyntäminen parhaiden käytäntöjen jakamisessa; ja
- pohjoismainen SPIN-tietokanta kemikaalituotteiden sisältämistä aineista.

Muiden politiikka-alueiden hyvistä käytänteistä haastateltavat nostivat esiin mm. terveyden, ilmastotyön ja kiertotalouden edistämisen. Terveyspolitiikasta hyvinä esimerkkeinä mainittiin terveysvalistus, työterveysjärjestelmä ja se, miten terveysammatillaiset kohtaavat tavallisia ihmisiä. Lääkkeiden riskien arviointi ja hyväksyntä voisi taas osin sopia malliksi uusien kemikaalien kohteluun. Käytännössä kemikaalille voitaisiin antaa määräaikainen käyttölupa rajatulle alueelle ja määrälle, ja lopullinen päätös hyväksynnästä tehtäisiin koeajan kokemusten perusteella.

Ilmasto- ja luontopuolelta Hallitustenvälinen ilmastopaneeli IPCC ja Hallitustenvälinen luontopaneeli IPBES ovat lisänneet tutkimustiedon hyödyntämistä päätöksenteossa. Samaa voitaisiin tarvita kemikaaleille.

Ilmastotyössä EU on soveltanut ja kiertotaloudessa on aikeissa soveltaa ekosuunnitteludirektiiviä. Kohteena olevian tuotteiden valikoimaa laajentamalla ja saasteet paremmin sisällyttämällä ekosuunnittelu voisi soveltua myös saastumisen torjuntaan. Myös kiertotalouden edistämiseen kaavailut tuotepassit voisivat auttaa saasteiden vähentämisessä.

4.2.6 Innovatiiviset ohjauskeinot

Kysyttäessä innovatiivisia ohjauskeinoja saastumisen torjuntaan kaksi kokonaisuutta nousi ylitse muiden. Haastateltavat saivat itse arvioida, mitä pitivät innovatiivisena ja minkä tulkitsivat ohjauskeinoksi.

Ensinnäkin monet haastateltavat nostivat esiin tuotemerkinnät, joissa mallia voisi ottaa luomu- ja reilun kaupan merkeistä. Merkinnöissä pitäisi ottaa huomioon vaikutukset saastumiseen kattavasti, ja tulokset voisi esittää havainnollisesti esimerkiksi liikennevaloina. Merkinnät voisivat koskea myös tuotteiden kestävyyttä ja korjattavuutta.

Toiseksi usea haastateltava mainitsi päästökaupan. Esimerkkeinä nostettiin esiin vapaaehtoinen ravinteiden päästökauppa Isossa-Britanniassa ja ilmastopäästöjä koskevan kaupan ulottaminen tieliikenteeseen EU:ssa.

Yksittäisiä mainintoja keräsivät myös:

- ohjaaminen saasteiden vähentämiseen välillisesti (esim. jätevedenpuhdistamojen keskittäminen ja koon kasvattaminen);
- ihmisten käyttäytymisen ohjaaminen;
- korkeammat sakot velvoitteiden rikkomisesta;
- haitallisimpien menetelmien ja teknikoiden kieltö;
- panttijärjestelmän laajentaminen esimerkiksi elektroniikassa;
- autoilun verotuksen porrastaminen ajan ja paikan mukaan;
- saasteille altistumisen seuranta henkilökohtaisten anturien avulla;
- yritysten maanviljelijöille kestävästä ratkaisusta maksamat kannustimet;
- uudet liiketoimintamallit (esim. kemikaalien leasing);
- digitalisaation hyödyntäminen paremman tiedon tuottamisessa päätöksenteon tueksi (esim. Maan digitaalinen kaksonen Destination Earth);
sekä
- raaka-aine- ja mahdollisesti muita tietoja sisältävä tuotepassi.

5 Saasteettomuuspolitiikan muuttuva toimintaympäristö ja mahdollisia uusia ohjauskeinoja

5.1 Uudet saasteet

Saasteiden uutuutta voidaan tarkastella useasta näkökulmasta. Saaste voi olla uusi tieteelle, kuten nanopartikkelit. Saaste voi myös olla uusi politiikalle (esim. valo), jos sitä ei ole juurikaan käsitelty julkisessa keskustelussa tai sääntelyssä. Lisäksi vanhaakin saaste voi olla kuin uusi, jos siitä saadaan uutta tietoa (esim. ilmansaasteiden vaikutukset Parkinsonin taudin ilmenemiseen). Aineistossa vahvimmin esillä olleita uusia saasteita voidaan ryhmitellä muutamiin koreihin (Kuva 3).

Kuva 3. Ympäristölle ja terveydelle haitallisia uusia saasteita ryhmiteltiin hankkeessa viiteen ryhmään (kuvien lähteet²).



Mikromuovit ja nanopartikkelit: levinneet laajalle ympäristöön - tieto ympäristö- ja terveysvaikutuksista vielä vaillinaista.

Lääkkeet ja hormonit: Käyttö ja erilaisten yhdisteiden kasvun myötä myös ympäristöön päätyvien jäämien määrä on kasvussa.

PFAS-yhdisteet: Ryhmä koostuu yli 4 700 yhdisteestä, joista useat kulkeutuvia, pysyviä ja terveydelle haitallisia.

Uudet ilmaansaasteet: Ilmansaasteet, kuten musta hiili ja ultrapienet hiukkaset, joihin kohdistunut kasvava huomio viime vuosina.

Ääni ja valo: Sekä liiallinen ääni että valo nähdään nykyään ympäristöhaasteena, johon tulisi puuttua mm. ohjauskeinoin.

² Kuvien lähteet:

1. Maiju Lehtiniemi/SYKE:n kuvat
2. Sharon Dawn/Wikimedia Commons
3. Australian Government/Department of Defense: <https://defence.gov.au/Environment/PFAS/PFAS.asp>
4. NASA Goddard Space Flight Center CC BY 2.0
5. NASA/Wikimedia Commons

Ensimmäiseen koriin kuuluvat mikromuovit ja nanopartikkelit. Muovin käyttö maailmalla on lisääntynyt voimakkaasti. Mikromuoveja päätyy ympäristöön esimerkiksi autonrenkaiden kuluessa, tiettyjä tekstiilejä pestäessä, isompien muovijätteiden hajotessa ja mikromuoveja tuotteisiin tarkoituksellisesti lisättäessä. Näyttö mikromuovien leviämisestä ja kertymisestä on karttunut, mutta sen vaikutuksia ihmisille ja ympäristölle tunnetaan vielä vaillinaisesti. Myös nanomateriaalien käytön kasvaessa tietoa niiden mahdollisista terveys- ja ympäristöriskeistä tarvitaan lisää. Koska tietopohja on puutteellinen, sääntely on vielä toistaiseksi ollut vähäistä.

Toisen korin muodostavat lääkkeet ja hormonit. Lääkeaineiden käyttö kasvaa väestön vanhetessa, ja markkinoille tuodaan koko ajan uusia yhdisteitä. Lääkejäämiä ei kuitenkaan seurata järjestelmällisesti, eikä niitä ole veloitettu puhdistamaan jätevesien käsittelyssä. Antibioottien runsas käyttö mm. karjataloudessa voi puolestaan vauhdittaa niille vastustuskykyisten bakteerien kehittymistä. Terveysteen liittyvät myös hormoniomintaa häiritsevät yhdisteet ja lisääntymisterveydelle vaaralliset kemikaalit. Yhteistä näille saasteille on, että niillä on eliöihin välittömästi kohdistuvia vaikutuksia. Rajoittamisen haasteena on minimoida aineiden pääsy ympäristöön sen jälkeen, kun niitä on käytetty halutun vaikutuksen aikaansaamiseksi.

Kolmanteen koriin luetaan per- ja polyfluoratut alkyylilyhdisteet (PFAS), joita käytetään mm. palontorjunta-aineissa ja pinnoitteissa. PFASit ovat ryhmä, joka koostuu yli 4 700 kemikaalista. Useat PFASit ovat ympäristössä kulkeutuvia ja pysyviä aineita, joiden uhkaan terveydelle ja ympäristölle on herätty laajemmin vasta viime vuosina. Esillä ovat olleet erityisesti juomaveden ja maaperän kautta ihmisten terveyteen kohdistuvat riskit. Saastumisen rajoittamista vaikeuttaa aineiden laaja käyttö kohteissa, joissa niitä on vaikea korvata ja jotka muodostavat hankalasti hallittavia hajapäästölähteitä.

Neljänteen koriin kuuluvat eräät ilmansaasteet, joihin viime vuosina on ryhdytty kiinnittämään kasvavaa huomiota. Näihin lukeutuu epätäydellisessä palamisessa syntyvä musta hiili (nokipöly), jonka merkityksestä myös ilmastonmuutoksen vauhdittajana on saatu uutta tietoa. Jo aiemmin huomiota saaneiden pienhiukkaspäästöjen (PM_{2.5} ja PM₁₀) rinnalla on alettu kantaa huolta ultrapienistä hiukkasista (PM₁). Saasteiden lähteet ovat moninaisia ja hajallaan, ja niihin liittyy myös merkittäviä sosiaalisia ja kulttuurisidonnaisia kysymyksiä (esim. puun pienpoltto ja saunat).

Viidenteen koriin kuuluvat saasteet, joiden vaikutus perustuu ääneen tai valoon. Melua voidaan pitää kasvavana ympäristöhaasteena etenkin suurissa kaupungeissa. Eri-tyisesti vedenalainen melu on tähän asti jäänyt melko vähälle huomiolle. Samoin valo-saastetta voi pitää nousevana ilmiönä. Saasteiden lähteet ovat verrattain helposti tunnistettavissa, mutta ihmisiin kohdistuvaa melua lukuun ottamatta niihin ei sääntelyssä ole juurikaan kiinnitetty huomiota.

Yksittäisten saasteiden ja saasteryhmien ohella korostuvat saasteiden yhteis- ja seurausvaikutukset. Seokset voivat olla haitallisia, vaikka niiden sisältämien yksittäisten aineiden pitoisuudet jäisivätkin turvallisena pidetylle tasolle. Erityistä huolta herättävät biokertyvät, kulkeutuvat ja huonosti tunnetut aineet sekä aineiden hajoamistuotteet. Kemikaalimonimuotoisuus ja tuotteiden monimutkaistuminen tekevät saasteiden hallinnasta aiempaa työläämpää.

Tähänastinen ympäristöpolitiikka on onnistunut leikkaamaan monia pistelähteiden päästöjä merkittävästi. Sen sijaan hajapäästöjen suitsiminen on osoittautunut hankalammaksi. Pistepäästöjen edelleen vähentyessä hajapäästöjen suhteellinen merkitys korostuu entisestään. Yhteistä edellä esitetyille saastekoreille on, että niidenkin rajoittamisen suurimmat haasteet ovat hajapäästöjen hallinnassa. Lisäksi voi olla paikallaan tarkastella normaaliolojen päästöjen ohella enemmän huolto-, poikkeus- ja häiriötilanteiden päästöjä.

5.2 Uusia näkökulmia saasteettomuuspolitiikkaan

Yleiset megatrendit ja muutokset toimintaympäristössä vaikuttavat saasteiden hallintaan eri tavoin. Kerätyn aineiston perusteella tällaisia ovat esimerkiksi (eivät tärkeysjärjestyksessä):

- digitalisaation eteneminen;
- kiertotalouden yleistymisen ja muutokset suhteessa omistamiseen;
- väestönkasvu, kaupungistuminen ja ikääntyminen;
- ilmastonmuutoksen ja luontokadon eteneminen;
- yritysvastuun vahvistuminen ja sijoittamisen ympäristökriteerit;
- ruokamurros, vaihtoehtoiset proteiinit ja soluviljely;
- sosiaalisen median nousu ja kansalaisten asenteiden muutokset;
- energiamurros ja talouden sähköistyminen;
- arvoketjujen piteneminen ja globalisaation kasvukivut;
- tuotteiden monimutkaistuminen;
- geopolitiikan siirtymät ja nousevien talouksien vahvistuminen; sekä
- pandemian jälkeinen maailma ja mahdolliset uudet pandemiat.

Osa ilmiöistä uhkaa lisätä saastumista tai hankaloittaa saastumisen hillintää. Saasteita lisää esimerkiksi yleinen kulutuksen kasvu. Tuotteisiin sitoutuu saasteita (*embedded emissions*) tuotantoketjun eri vaiheissa, ja niihin lisätään yhä enemmän teknologiaa, mikä vaikeuttaa kierrättämistä. Yritykset ratkaista nykyisiä ongelmia voivat puo-

lestaan luoda uusia, jos haitallisia aineita korvataan toisella tavalla haitallisilla tai josakin suhteessa jopa vaarallisemmilla kemikaaleilla. Samoin menestys saasteettomuustyössä yhdellä osa-alueella voi ainakin teoriassa hankaloittaa saastumisen torjuntaa toisella, jos näin saavutettavalla tehostumisella syntyvät hyödyt lisäävät kulu- tusta ja edelleen saastumista (ns. *rebound*-ilmiö).

Energiamurros lisää tuuli- ja aurinkovoimaloiden, akkujen sekä vedyn valmistuksessa tarvittavien mineraalien käyttöä, mikä voi kasvattaa niiden tuotantoon ja käytöstä pois- tamiseen liittyviä ympäristöhaittoja ja -riskejä erityisesti Euroopan ulkopuolella. Kiertotalous pyrkii pitämään raaka-aineita kierrossa mahdollisimman pitkään, mikä voi ajan oloon johtaa epäpuhtauksien kertymiseen. Yksi mahdollinen seuraus ruokajärjestel- män murroksesta on, että laboratoriossa kasvatettava liha ja hyönteisten tuottaminen rehuksi voivat vähentää maatalouden päästöjä, mutta samalla ne saattavat luoda uu- denlaisia päästöjä. Kaupallinen avaruusliikenne taas voi tuottaa ilmansaasteita, ava- ruusromua ja valosaastetta, mistä on keskusteltu erityisesti Keski- ja Länsi-Euroo- passa. Yksittäisiä merkitystään kasvattavia saastelähteitä voivat olla myös mm. kai- vosteollisuus ja biomassan poltto. Liikenteen sähköistyessä ja fossiilisten polttoainei- den väistyessä enemmän huomiota saatetaan kiinnittää teiden, renkaiden ja jarrujen kulumisen aiheuttamiin saasteisiin.

Teknologian kehitys ja sosiaaliset innovaatiot voivat avata uusia mahdollisuuksia saastumisen torjunnassa. Erityisen kiinnostava kokonaisuus on digitalisaatio, jonka tarjoamia ratkaisuja ovat mm. tekoäly, lohkoketjut, digitaaliset kaksoset, pilvilaskenta, 5G, esineiden internet, pelillistäminen sekä avoin ja massadata. Lisäksi uusia mahdol- lisuuksia voi tarjota kehitys mm. sensoreissa, 3D-tulostamisessa, droneissa, robotii- kassa ja satelliittiteknologiassa. Esimerkiksi tekoälyn avulla voitaisiin mahdollisesti tu- kea päätöksentekoa analysoimalla laajoja tekstiaineistoja, jos siihen liittyvät oikeudel- liset haasteet pystytään ratkaisemaan. Edulliset sensorit ja esineiden internet mahdol- listavat saasteiden laajemman ja reaaliaikaisen seurannan. Eri saasteidentorjunta- vaihtoehtoja voidaan testata virtuaalisesti kaupunkien digitaalisissa kaksosissa. Kone- oppiminen nopeuttaa ja tarkentaa satelliittikuvien analysointia, mitä voidaan hyödyn- tää vaikkapa lannoitteiden kohdentamiseen maataloudessa. Algoritmeja voidaan puo- lestaan käyttää ympäristövaikutusten arvioinnissa ja tulevaisuudessa mahdollisesti jopa osin automatisoidussa ympäristöpäätöksenteossa. Datan visualisointi taas voi auttaa tietoisuuden lisäämisessä. Tarkemmin digitalisaation roolia on käsitelty liit- teessä 10.

Työ muiden kestävyysongelmien ratkaisemiseksi voi sekä tukea että hankaloittaa toi- mia saastumisen vähentämiseksi. Esimerkiksi kiertotalouden myötä yleistyvistä vaihtoehdoista tavaroiden omistamiselle (esim. tuotteet palveluna ja jakamistalous) voi sa- malla tulla keino vähentää saastumista. Synergioiden hyödyntäminen edellyttää kui- tenkin politiikkojen yhteensovittamista. Kun kiertotaloutta edistetään, se pitäisi ottaa

huomioon kemikaalien käytössä ja vastaavasti kemikaalit huomioon kiertotaloudessa. Sekä yksittäiset materiaalit että jätteet olisi syytä pitää erillään toisistaan ja koostumukseltaan yksinkertaisina, jotta niitä voi hyödyntää tehokkaasti.

Tarve kokonaisvaltaisuudelle korostuu laajemminkin. Saasteettomuustyössä pitäisi samalla pystyä tarkastelemaan:

- ilmaa, vettä ja maaperää;
- piste- ja hajapäästöjä;
- saasteiden yhteisvaikutusta;
- eri toimialoja ja saastelähteitä;
- eri hallinnonaloja ja toimijaryhmiä;
- eri tieteenaloja ja näkökulmia;
- eri aikajänteitä;
- eri maantieteellisiä tasoja ja alueita;
- tuotteiden arvoketjun ja elinkaaren eri vaiheita;
- eri politiikan aloja ja direktiivejä;
- eri ohjauskeinoja ja niiden yhdistelmiä; sekä
- sääntelyn soveltamisen yhdenmukaisuutta.

5.3 Mahdollisia uusia ohjauskeinoja

Saasteiden vähentämisessä on saavutettu merkittäviä edistysaskelia, mutta uusien ja jäljelle jääneiden saasteiden haltuunotto on yhä haasteellisempaa (vrt. korit luvussa 5.1). Saasteiden hallintaan on tarjolla monenlaisia uusiakin mahdollisuuksia ja tapoja. Kirjallisuuskatsauksen, politiikka-avausten analyysin, työpajojen ja kyselyn perusteella vaikuttaa siltä, että suurin osa innovatiivisista ohjauskeinoista saastumisen hallintaan nousee joko vanhojen ideoiden uudelleen muotoilusta tai soveltamisesta uudella yhteistyössä.

Tässä alaluvussa esitetään joukko mahdollisia uusia ohjauskeinoja, jotka voisivat soveltua saastumiseen torjuntaan. Ehdotukset on koottu hankkeen aikana laajasta aineistosta, ja ne on ryhmitelty ohjauskeinotyypeittäin jokaisen tarkastellun saastumiskohteen alla. Ehdotetut ohjauskeinot on tuotu esille ottamatta kantaa niiden toimivuuteen tai realistisuuteen. Valikoituja ehdotuksia kuvataan työpajojen, kyselyn ja yleisten kirjallisuudessa tehtyjen havaintojen pohjalta.

5.3.1 Saastumisen yleinen torjunta

Hankkeessa tunnistettiin joukko mahdollisia uusia ohjauskeinoja, jotka voisivat soveltaa yleisesti saastumiseen torjuntaan eri lähteistä tai kohteissa. Ehdotukset on ryhmitelty ohjauskeinotyyppittäin taulukossa 4.

Taulukko 4. Uusia tai nousevia ohjauskeinoja saastumisen torjuntaan yleisesti.

Normiohjaus	Taloudellinen ohjaus	Informaatio-ohjaus	Muut
Tuottajavastuun laajentaminen saastumisen torjuntaa nykyistä paremmin tukevaksi	Maataloustukien kytkeminen vahvemmin saastumisen torjuntaan	Tiedon jakaminen saastumisen ja terveyden välisestä yhteydestä	Ympäristöterveysstrategia
Saastebudjetit herkimmille alueille	Saastuttamiseen kannustavien julkisten tukien alasajo	Riippumaton kansainvälinen asiantuntijaelin saastumisen torjuntaan	Melustrategia
Ekosuunnitteludirektiivin laajentaminen saastumisen torjuntaan (safe by design)	Kattavampi ja korkeampi ympäristöverotus	Saastumisdatan kerääminen yhteen paikkaan ja helposti saavutettavaksi	Eurooppalainen viranomais-taho, jolla valtaa ympäristön ja terveyden suojelussa
Luvituksen sujuvoittaminen EU:n vihreän kehityksen ohjelman tavoitteita toteuttaville toimialoille	Saastumisen vähentämiseen keskittyvä rahoitusväline	Uuden teknologian vaikutusten arviointi ennalta	Vapaaehtoisen sopimisen sopimusmallit
Yritysvastuulainsäädäntö, jossa tarkastellaan laajasti tuotantoketjuja	Saastetullit	Mobiilisovelluksilla tuoteinformaatiota kuluttajille	Vientiin ja tuontiin liittyvien päästöjen huomioon ottaminen Suomen ympäristötilinpidossa
Ympäristökaari, jolla kootaan ympäristöä koskeva lainsäädäntö	Verohelpotukset tai muut hyvitykset saasteiden vähentämisestä	Saastumisen talousvaikutusten havainnollistaminen	
Henkilökohtaisen juridisen vastuun nosto yrityksille ympäristörikkomuksista	Tiukempien ympäristöehtojen settaminen julkisissa hankinnoissa	Materiaaleista ja saastejalanjäljestä tietoa tarjoavat tuotepassit	

Normiohjaus	Taloudellinen ohjaus	Informaatio-ohjaus	Muut
Automatisoitu päästörajojen seuranta ja ylityksiin puuttuminen		Saastejalanjäljestä kertovat tuotemerkinnät (esim. liikennevaloina)	
Pienempien teollisuuslaitosten lisääminen teollisuuspäästädirektiiviin			

Normiohjaukseen luettavissa ideoissa nousee esiin nykyisten ohjauskeinojen, kuten tuottajavastuun, ympäristöluvituksen ja teollisuuspäästädirektiivin, laajentaminen uusiin kohteisiin. Tuottajavastuu voisi auttaa korostamaan tuotteiden koko elinkaaren aikaisten ympäristövaikutusten hallintaa nykyisin painopisteenä olevan elinkaaren loppupäään sijaan. Hankkeen verkkokyselyssä tuottajavastuun laajentaminen sai melko laajaa kannatusta. Työpajassa ekosuunnitteludirektiivin valjastamista saastumisen torjuntaan pidettiin puolestaan vaikuttavana ja varsin hyväksyttävänä keinona, mutta sen kustannustehokkuuteen liittyy vielä useita avoimia kysymyksiä. Tuotantoketjuun liittyy myös yritysvastuulainsäädännön soveltaminen.

Herkimmille alueille laadittavat saastebudjetit korostavat päästöjä vastaanottavien alueiden haavoittuvuuden arviointia. Saastebudjetin ajatus perustuu arvioon kriittisestä kuormituksesta (*critical load*), jonka tietty ekosysteemi tai sen herkkä osa kestää ilman merkittävää haittaa. Työpajassa ohjauskeinon vaikuttavuus arvioitiin hyväksi, mutta hyväksyttävyyks jakoi näkemyksiä. Kysymyksiä herättävät mm. suhde nykyiseen sääntelyyn (esim. ympäristölupien päästörajat) ja mahdolliset esteet uusille hankkeille tilanteissa, joissa budjetti on jo käytetty loppuun. Toisaalta esimerkiksi vesipuitedirektiivi perustuu hyvin pitkälle vesimuodostumakohtaiseen saastebudjettiajatuksen, samoin kuin kaukokulkeumasopimus, joten ohjauskeino ei ole ennennäkemätön.

Taloudellisen ohjauksen alla peräänkuulutetaan tukien ohjaamista yhtäältä saastumisen torjuntaan ja toisaalta pois saastuttavista toiminnoista, yhtenä esimerkkinä maataloustukien uudelleen kohdentaminen. Samoin haitallisia toimintoja voitaisiin verottaa enemmän ja saastumista torjuvia vastaavasti vähemmän esimerkiksi yhteisöveron kevennyksen muodossa. Tyypillisesti verohelpotusten hyväksyttävyyks on selvästi parempi kuin uusien verojen, mutta verotulojen pienenemisen takia niiden kustannustehokkuus voi olla heikko. Työpajassa verohelpotusten vaikuttavuutta pidettiin hyvänä, mutta toisaalta koettiin vaikeaksi määrittää, millä perusteilla verohelpotuksia voitaisiin myöntää suhteessa lupaehtoihin ja miten varmistettaisiin toimijoiden kohtelun yhdenvertaisuus. Verkkokyselyssä puolestaan sai laajaa kannatusta päästöistä perittyjen maksujen palauttaminen tilanteissa, joissa päästöjä on onnistuttu vähentämään.

Tulleja voitaisiin tulevaisuudessa periä saasteiden perusteella samaan tapaan kuin nyt on EU:ssa ehdotettu hiilipäästöjen suhteen. Kuitenkin ilmastopäästöistä poiketen monien saasteiden vaikutukset ovat ensisijaisesti paikallisia tai alueellisia, mikä herättää kysymyksen mahdollisuuksista puuttua saastumiseen muualla. Työpajassa tullien vaikuttavuus arvioitiin hyväksi, mutta kustannustehokkuus ja hyväksyttävyyys jakoivat enemmän näkemyksiä. Hallinnollinen taakka saattaisi olla merkittävä, ja voisi olla vaikea määrittää, mitä tuotteita tullit koskisivat ja mille tasolle tulli asetettaisiin. Tullit voisivat nostaa tuotteiden hintoja, mutta toisaalta vahvistaa kotimaisen tuotannon kilpailukykyä.

Informaatio-ohjaukseen luokiteltavat ideat koskevat mm. saastetietojen kokoamista ja esittämistä helposti saavutettavalla tavalla; saastumisen terveys- ja talousvaikutusten avaamista; sekä riippumatonta kansainvälistä asiantuntijaelintä päätöksenteon tueksi ilmasto- ja luontopaneelien tapaan.

Paljon mahdollisuuksia nähdään tuotteisiin liittyvän saastumistiedon esittämisessä. Tuotepasseilla voitaisiin kuvata yrityksille ja viranomaisille sekä tuotannon aiheuttamaa saastejalanjälkeä että tuotteen sisältämiä yhdisteitä, jotka voivat olla olennaisia kierrätyksen kannalta. Työpajassa tuotepassi arvioitiin hyväksyttävyydeltään hyväksi ja vaikuttavuudeltaankin varsin hyväksi, mutta kustannustehokkuuden suhteen arviot jakaantuivat enemmän. Passi voisi lisätä teollisuuden tietoisuutta ja helpottaa kiertotaloutta, joskaan yritykset eivät välttämättä halua paljastaa tuotteidensa tarkkaa koostumusta. Kuluttajia passi voisi auttaa tekemään tietoisia valintoja, jos tiedot on esitetty ymmärrettävällä tavalla (esim. mobiilisovelluksessa). Läpinäkyvyys lisääntyisi, mutta kysymyksiä liittyi tiedon saatavuuteen ja ymmärrettävyyteen. Tuotemerkinnot voisivat puolestaan auttaa kuluttajia tekemään saastumista vähentäviä valintoja. Havainnollisimmallaan tiedot voitaisiin esittää pakkauksissa liikennevaloina samaan tapaan kuin joissakin maissa ruuan ravintoarvot on esitetty väriskaalana.

Muut mahdolliset ohjauskeinot liittyvät erityisesti strategiaohjaukseen ja viranomaistoimintaan. Uusia strategioita esitetään EU:lle melun torjuntaan ja ympäristöterveyden edistämiseen. Yhtenä ajatuksena toivotaan viranomaista, jolla olisi riittävät valtuudet puuttua saastumista aiheuttavaan toimintaan.

Saastumisen hallinta on monelta osin monimutkainen kokonaisuus, joka hyötyisi nykyistä vahvemmassa systeemitason kestävyystarkastelusta ja sen heijastumisesta ohjauksen kehittämiseen. Systeeminen näkökulma valottaa tuotannon ja kulutuksen suhdetta ja erilaisia virtoja esimerkiksi energiantuotannossa tai liikkumisessa silloissa tapahtuvan tarkastelun sijaan, mikä haastaa kehittämään myös uudenlaisia ohjauskeinoja tai niiden yhdistelmiä. Systeemitason tarkastelussa voitaisiin edetä esimerkiksi tunnistamalla ja edistämällä vaikuttavimpia keinoja ja niiden mittaamista. Systeemitason innovatiiviset ja vaikuttavat ratkaisut ovat kuitenkin haastavia, koska meillä on

kymmenien vuosien aikana kehittynyt sääntely- ja ohjauskeinokehikko, jonka täysmittainen uudistaminen on nähty mahdottomana.

5.3.2 Ilma

Ilmansaasteet ovat yhä ympäristönsuojelullinen ja terveydellinen ongelma, vaikka teollisuuden, energiantuotannon ja liikenteen päästöjä ilmaan on onnistuttu vähentämään. Teollisuudessakin on silti edelleen tarve kehittää kemikaaliriskien hallintaa ja jatkuvatoimista mittaamista päästöjen seurannan parantamiseksi. Lyhyellä aikavälillä ilmanlaatonormeja tultaneen tiukentamaan osana ilmanlaatudirektiivin päivitystä, ja esillä ovat myös mm. paikalliset päästövähennystoimet kaupungeissa (esim. liikenne) ja ammoniakkipäästöjen sääntely. Tulevaisuudessa korostuvat todennäköisesti hajapäästöt ja lähipäästölähteet, joita voitaisiin vähentää mm. sääntelemällä puun pienpolttoa ja rajoittamalla mustan hiilen ja muiden pienhiukkasten päästöjä.

Taulukko 5. Uusia tai nousevia ohjauskeinoja ilmansaasteiden torjuntaan.

Normiohjaus	Taloudellinen ohjaus	Informaatio-ohjaus
EU:n ilmanlaatonormien päivitys WHO-suositusten tasolle	Ilmansaasteverot: NOx-vero, SO ₂ -vero	Ilmanlaadun terveysindeksi
Uusien saasteiden lisääminen päästökattodirektiiviin	Ilmansaastemaksut	Ympäristömerkintä tulisijoille
Euro 7 -päästörajat uusille autoille	SO ₂ -päästökauppa	Ultrapienten hiukkasten pitoisuuksien seuranta
Kaupunkien vähäpäästövyöhykkeet	Vero saastuttaville tulisijoille	
Pakollinen sisäilman laatuodistus	Tuet saastuttavien tulisijojen vaihtamiseen	
Saastuneiden alueiden tiukemmat nopeusrajoitukset	Ruuhka- ja tienkäyttömaksut	
Saastuttavien toimintojen pysäyttäminen äkillisissä saastetilanteissa		
Päästönormit mustalle hiilelle		
Saastuttavimpien tulisijojen myynnin rajoittaminen		

Tunnistetuissa ilmansaasteiden torjuntaa koskevissa ehdotuksissa painottuu normiohjaus (Taulukko 5). EU:n ilmanlaatumormien päivitykselle uusien WHO-suositusten tasolle löytyi paljon tukea hankkeen aineistoissa, ja osin se sisältyikin jo saasteettomuustoimintaohjelmaan. Päästökattodirektiivi voitaisiin laajentaa koskemaan uusia saasteita, kuten metaania ja elohopeaa. Liikenteen saasteisiin voitaisiin puuttua sähköistämisen ohella Euro 7 -normilla uusille autoille, kaupunkien vähäpäästövyöhykeillä, ruuhka- ja tienkäyttömaksuilla tai tiukemmillä nopeusrajoituksilla saastuneimmilla alueilla. Rakennuksille toivotaan pakollisia todistuksia sisäilman laadusta energiatodistusten tapaan. Saastuttavien toimintojen kuten autoilun rajoittaminen tai pysäyttäminen äkillisissä saastetilanteissa voisi auttaa paikallisesti.

Tulisijat ovat Suomen oloissa merkittävä hiukkaspäästöjen lähde, ja siksi erikseen tarkasteltiin saastuttavimpien tulisijojen myynnin rajoittamista. Ohjauskeinoa pidettiin työpajassa varsin hyväksyttävänä ja toteuttamiskelpoisena, koska se koskisi vain uusia tulisijoja. Vaikuttavuus jakoi jonkin verran näkemyksiä, koska tulisijakanta uudistuu hitaasti ja uudet tulisijat ovat muutenkin aiempia puhtaampia. Epäselvyyttä saattoi tulla käsitteistä: EU:n ekosuunnitteludirektiivin velvoitteet koskevat jo uusia kiinteän polttoaineen tulisijoja ja kattiloita, mutta sääntely ei ulotu vielä puukiukaisiin. Vaihtoehtoja uusien tulisijojen päästörajoille voisivat olla esimerkiksi paikalliset rajoitukset tulisijojen käytölle, Norjan mallin mukaiset kannustimet vanhojen tulisijojen uusimiseen, verot saastuttavimmille tulisijoille ja vähäpäästöisyyden takaavat ympäristömerkit.

Taloudellisia ohjauskeinoja koskevat ehdotukset liittyvät erityisesti erilaisiin veroihin, maksuihin ja kauppajärjestelmiin saasteille ja niitä aiheuttaville toimintoille. Päästökauppaa voitaisiin soveltaa myös joihinkin ilmansaasteisiin, kuten rikkidioksidiin Yhdysvalloissa. Toisaalta EU:n nykyisen, ilmastopäästöjä koskevan kaupan kehittämisen auttaisi myös vauhdittamaan ilmansaasteiden leikkaamista, jos fossiilisten polttoaineiden käytön väheneminen energiantuotannossa ja teollisuudessa nopeutuu tai kauppa ulotetaan koskemaan myös tieliikennettä ja rakennusten lämmitystä komission ehdottamalla tavalla. Ruuhka- ja tienkäyttömaksut voisivat leikata liikenteen päästöjä.

Verojen katsotaan voivan sopia ohjauskeinoiksi esimerkiksi typen oksidien ja rikkidioksidin päästöille, niin kuin Tanskassa. Verojen sijaan voitaisiin käyttää Japanin mallin mukaan saastemaksuja, joissa korvauksia ilmansaasteiden terveyshaitoista rahoitetaan yrityksiltä saasteiden perusteella kerättävillä maksuilla. Työpajassa verojen vaikuttavuus arvioitiin hyväksi, mutta kustannustehokkuus ja hyväksyttävyytensä herättivät kysymyksiä. Verotason asettamisessa joudutaan tekemään valintoja vaikuttavuuden

ja hyväksyttävyyden välillä, sillä korkeita veroja vastustetaan, mutta matalat verot eivät ohjaa toimintaa merkittävästi. Verohelpotuksiin suhtaudutaan yleensä myönteisesti, vaikka niiden kustannustehokkuus voi puolestaan olla heikko.

5.3.3 Vesi

Tietyt vesiin päätyvät saasteet ovat pitkällä aikavälillä vähentyneet mm. teollisuuden ja yhdyskuntien jätevesien puhdistuksen ansiosta. Toisaalta pitkään säänneltyjen aineiden rinnalle on noussut uusia ja osin huonosti tunnettuja saasteita, kuten lääkeainejäämät. Tunnistamattomien aineiden uhka ja kemikaalien mahdolliset yhteisvaikutukset ympäristössä haastavat nykyisiä ympäristönsuojelun menetelmiä. Tulevaisuudessa voi olla tarpeen yhtenäistää EU:ssa vesien tarkkailukäytäntöjä vertailukelpoisuuden varmistamiseksi ja lisätä sääntelyyn uusia aineita. Myös hajapäästöjen hillitsemisen tarve korostuu.

Taulukko 6. Uusia tai nousevia ohjauskeinoja vesien saastumisen torjuntaan

Normiohjaus	Taloudellinen ohjaus	Informaatio-ohjaus
Uusien saasteiden lisääminen yhdyskuntajätevesi- ja prioriteettiainedirektiiveihin	Päästökauppa joillekin vesistöjäasteille saman vesimuodostuman alueella	Integroitujen vaikutuspohjaisten biotestien edistäminen yhteisvaikutuksen tutkimiseen
Uusi sääntely vedenalaiselle melulle	Maksut päästönormien ylittämisestä	Entistä kattavamman tiedon tuottaminen jätevesien lääkejäämistä
Tehokkaampi haitallisten aineiden päästöjen rajoittaminen jo ensisijaisella päästölähteellä kuten teollisuuslaitoksissa, jotka liittyneet vesihuoltolaitoksen viemäriverkkoon Pieninä pitoisuuksina esiintyvien saasteiden jälkipuhdistus vedenpuhdistamoilla.	Jätevesimaksut	Yhdyskuntajäteveden puhdistamisen green deal -sopimus haitallisten aineiden päästöjen vähentämisestä
Sekoitevelvoite lannoitteille	Vero veden käytölle	
Sääntely ravinnekiertojen sulkemiseksi		

Normiohjaus**Taloudellinen ohjaus****Informaatio-ohjaus**

Raja-arvojen asettaminen
jätevesien haitallisimmille
lääkejäämille

Kaikkien vaarallisten ja
haitallisten aineiden selvittäminen
vesistöpäästöistä ja niiden
ympäristöriskiarvio

Haitta-aineiden yhteisvaikutuksia
mittaavat jätevesitestit
ympäristölupiin

Monipuolisempi laatumormien
käyttö vesipäästöjen riskien
ennustamisessa ja raja-arvojen
asettamisessa (indikaattoriaineet,
laimenemiskertoimet)

Normiohjausta koskevat ehdotukset painottuvat jätevesiin (Taulukko 6). Yhdyskunta-jätevesi- ja prioriteettainedirektiiveihin voitaisiin sisällyttää uusia saasteita, ja haitallisimmille lääkejäämille voitaisiin asettaa raja-arvoja. Sveitsin mallin mukainen velvoite käsitellä jätevedenpuhdistamoilla pieninä pitoisuuksina esiintyviä saasteita arvioitiin työpajassa yhtäältä vaikuttavaksi mutta toisaalta hyvin kustannustehottomaksi. Uutta sääntelyä ehdotetaan vedenalaiselle melulle ja ravinnekiertojen sulkemiseksi, ja ympäristölupien ehtoja voitaisiin hyödyntää monipuolisemmin.

Ravinnepäästöjen vähentämistä olisi mahdollista edistää edellyttämällä kierrätysravinteiden sekoittamista lannoitteisiin. Työpajassa sekoitevelvoite herätti monia kysymyksiä. Kierrätysravinteista pitäisi puhdistaa haitta-aineet kuten mikromuovit ja tuotteiden laatua valvoa, mikä nostaisi kustannuksia ja saattaisi lisätä tuontia. Lannoitteiden hinnat ovat nousseet, mikä parantaa kierrätysravinteiden kilpailukykyä jo markkinaehtoisesti. Vesistöjen tilassa vaikutus näkyisi hitaasti. Toisaalta velvoitteen vaikuttavuus, kustannustehokkuus ja hyväksyttävyyys arvioitiin kokonaisuutena varsin hyväksi. Velvoitteen haasteita pitäisi verrata vaihtoehtoisten ohjauskeinojen vastaaviin. Yksi vaihtoehto voisi olla käyttövelvoite, jossa viljelijöiltä edellytettäisiin kierrätyslannoitteiden käyttöä.

Taloudelliseen ohjaukseen kuuluvat ehdotukset maksuista, joita perittäisiin jäteveden tuottamisesta tai päästönormien ylittämisestä, niin kuin Saksassa. Vastaavasti puhtaan veden käyttöä voitaisiin verottaa.

Työpajassa tarkasteltiin lähemmin ajatusta kaupasta joillekin vesistöpäästöille. Ohjauskeinon vaikuttavuus voisi olla varsin hyvä ja kustannustehokkuuskin kohtuullinen, mutta hyväksyttävyyttä herätti kysymyksiä. Päästökaupan katsottiin soveltuvan paremmin piste-kuormituksen ohjaamiseen, mutta vesistöpäästöissä isoimmat haasteet ovat hajakuormituksessa. Esimerkiksi jo nykyisiä jätevedenpuhdistamojen ravinnepäästöjen rajoja pidettiin melko hyvinä, jolloin kaupan lisäarvo voisi jäädä vähäiseksi. Myös yhteys vesipuitteidirektiivin vaatimuksiin ja nykyisen järjestelmän päästörajoihin mietitytti.

Informaatio-ohjauksen alla kaivataan tietopohjan parantamista. Tähän voisivat soveltaa integroidut vaikutuspohjaiset biotestit saasteiden yhteisvaikutuksen tutkimiseen ja jätevesien lääkejäämien laajempi seuranta.

5.3.4 Maaperä

Maaperän suojeleminen on jäänyt EU:ssa jälkeen ilman ja veden suojelesta. Maaperän suojeleminen on sinänsä otettu huomioon mm. seitsemännessä ympäristötoimintaohjelmassa, saasteettomuustoimintaohjelmassa ja viimeksi uudessa maaperän suojelemissä strategiasa, mutta kattava sääntely puuttuu. EU:n tasoinen sääntelykehikko kuten maaperädirektiivi onkin saanut kannatusta sekä kirjallisuudessa että asiantuntijoiden ja sidosryhmien kannanotoissa. Maaperää voi suojella vain, jos otetaan huomioon itse maaperä, maaperän eliöt ja niiden vuorovaikutus sekä erilaisten maaperää muuttavien tekijöiden kehitys.

Taulukko 7. Uusia tai nousevia ohjauskeinoja maaperän saastumisen torjuntaan

Normiohjaus	Taloudellinen ohjaus	Informaatio-ohjaus	Muut
Kansallinen maaperälainsäädäntö	Maataloustukien sitominen vahvemmin maaperän suojelemiseen	Verkkoalustat tiedon ja kokemusten jakamiseen	Kansallinen maaperästrategia
Maaperädirektiivi	Maankäyttöverot	Tiedottaminen alan toimijoille kuten maanviljelijöille	
		Maaperää koskevat inventaariot ja valvontakehikot	

Ehdotuksia uusista, maaperää koskevista ohjauskeinoista kertyi vähemmän kuin ilmaan tai veteen liittyviä (Taulukko 7). Normiohjauksen alla esitetään kansallisella tasolla maaperälainsäädäntöä, jollainen on nykyään jo mm. Saksassa, Alankomaissa, Ranskassa ja Isossa-Britanniassa. Taloudelliseen ohjaukseen liittyen toivotaan maataloustukien sitomista maaperän suojelemiseen ja maankäyttöveroja.

Informaatio-ohjauksen alla esitetään mm. alustoja tiedon jakamiseen, inventaarioita ja tiedottamista maanviljelijöille. Muussa ohjauksessa peräänkuulutetaan kansallista maaperästrategiaa ja oikeutta puhtaaseen maaperään ihmisoikeudeksi.

EU-tasolla toivotaan maaperädirektiiviä. EU:n maaperästrategian mukaan ehdotus maaperän terveyttä koskevasta laista annettaisiin vuonna 2023. Työpajassa direktiivin vaikuttavuutta ja hyväksyttävyyttä pidettiin varsin hyvinä, mutta huolia liittyi erityisesti kustannustehokkuuteen. Raskas raportointi voisi lisätä kustannuksia, mikä vaikutti aiemman direktiiviehdotuksen kaatumiseen. Erot jäsenmaiden välillä luonnonoloissa ja maaperäpolitiikassa ovat suuria, joten yhteisen linjan löytäminen voi osoittautua haastavaksi. Toisaalta direktiivi voisi vähentää vapaamatkustamista ja parantaa tietopohjaa. EU-tason sääntely myös avaisi mahdollisuuden hyödyntää unionin rahoitusinstrumentteja.

5.3.5 Kemikaalit ja mikromuovit

Kemikaalien ja haitallisten aineiden hallintaa koskeva sääntely on kehittynyt huomattavasti, ja joidenkin ilmeisen haitallisten aineiden käyttö onkin jo kielletty. EU:lla on nykyisin yksi kattavimmista ja suojaavimmista, mutta myös monimutkaisimmista kemikaalien sääntelykehyksistä. Saastumisen torjunnassa ja sitä koskevassa tiedossa on kuitenkin vielä aukkoja. Jo rajoitettujen aineiden lukumäärä on edelleen pieni, ja niiden rinnalle on noussut myös useita uudempia ympäristöhaasteita. Tällaisia ovat mm. kemikaalien yhteisvaikutukset, lääkejäämät ja hormonit, PFAS-yhdisteet, pysyvät kulkeutuvat yhdisteet sekä mikromuovit.

EU:ssa on tällä hetkellä pyrkimys siirtyä yksittäisten vaarallisten kemikaalien sääntelystä aineryhmien sääntelyyn sekä ottaa käyttöön kulkeutuvuutta ja pysyvyyttä koskevia uusia vaaraluokkia. Lisäksi kemikaalien yhteisvaikutukset voitaisiin ottaa osaksi REACH-rekisteröintiä. Yksi aine, yksi arviointi -menettelyn käyttöönotto voisi tehostaa aineiden tunnistamista ja yhtenäistä riskienarviointia ja -hallintaa.

Taulukko 8. Uusia tai nousevia ohjauskeinoja ympäristön kemikalisoitumisen torjuntaan

Normiohjaus	Taloudellinen ohjaus	Informaatio-ohjaus	Muut
Määräaikaiset käyttöluvut rajatulle alueelle, määrälle tai käyttöön	Torjunta-aineverot	Lääkkeiden ympäristöluokitus ja -merkintä	Lääkeainestrategia
Uusien aineiden sisällyttäminen karsinogeeniä ja mutageeniä työpaikoilla käsittelevään direktiiviin	Verot haitallisille aineille tuotteissa (kuten elektroniikassa ja muoveissa)	Vaarojen ja riskien varhaisvaroitusjärjestelmä	Vapaaehtoinen sopimus lääkeyhtiöiden kanssa lääkeaineiden ympäristöriskinarviointitiedon luovuttamisesta
Tiukemmat rajoitukset ja kiellot PFAS-yhdisteille ja pysyville kulkeutuville aineille		Lisää tietoa uusien aineiden ympäristöriskeistä mm. ympäristökartoituksilla Ihmisten altistumisen seuranta	
Kemikaalien hallinnan parantaminen BAT-vertailuasiakirjoissa ja kemikaalien käytön tarkempi huomiointi ympäristöluvuissa	Kannustimet edistämään haitattomampien kemikaalien käyttöä ja vähentämään kemikaalikuormaa	Vaarallisten aineiden korvaamisen keskus ja PK-yritysten tukeminen kemikaalihallinnassa	
Yhteisvaikutusten turvakertoimen käyttö REACH-asetuksessa	Haitallisten muovituotteiden tai neitseellisen muovin verotus	Paremmat tietokannat haitallisista kemikaaleista ja niiden korvaamisesta	
Ympäristövaikutusten arvioinnin ottaminen osaksi lääkkeiden markkinoille pääsyn ehtoja		Kansainvälinen tiedepaneeli kemikaaleille (IPCC:n tyyliin)	
Kansainvälinen sopimus haitallisten aineiden kieltämiseksi		Tuotteiden kemikaalijalanjäljen arviointi	

Normiohjaus	Taloudellinen ohjaus	Informaatio-ohjaus	Muut
Siirtyminen samankaltaisesti vaikuttavien aineryhmien riskinarviointiin ja sääntelyyn yksittäisten kemikaalien sijaan		Lääkkeiden takautuva ympäristöriskinarviointi	
Uusi sääntely mikromuoveille		Yksi aine, yksi arviointi -periaatteen soveltaminen	
Mikromuovien sisällyttäminen ympäristölupien ehtoihin		Tukesin opastavat tarkastukset yrityksille parantamaan kemikaalilainsäädännön tuntemusta	
		Mikromuovien pitoisuuksien ja niille altistumisen seuranta	

Normiohjausta koskevat ehdotukset painottuvat rajoitusten ja kieltojen laajentamiseen uusiin aineisiin (Taulukko 8). PFASeille toivottiin mm. Tanskan, Saksan ja joidenkin Yhdysvaltain osavaltioiden esimerkkien mukaisesti tiukempia rajoituksia. Työpajassa rajoitusten tiukentamista pidettiin vaikuttavana ja hyväksyttävänä mutta kustannustehokkuudeltaan arveluttavana keinona. Uusia aineita halutaan sisällyttää karsinogeeniä ja mutageenejä työpaikoilla käsittelevään direktiiviin, ja lääkkeiden markkinoille pääsyyn kaivataan ympäristöehtoja. Mikromuoveille halutaan uutta sääntelyä, ja ne toivotaan sisällytettäväksi ympäristölupien ehtoihin. Lisäksi REACH-asetukseen kaivataan kemikaalien yhteisvaikutukseen perustuvaa turvakerrointa.

Yhden ehdotuksen mukaan uusille kemikaaleille voisi myöntää käyttölupia rajatulle alueelle, määrälle, kohteisiin ja ajaksi. Tiedon karttuessa sallittua käyttöä voitaisiin joko laventaa tai kaventaa. Työpajassa ohjauskeinon vaikuttavuus arvioitiin hyväksi ja hyväksyttävyyttä melko hyväksi, mutta kustannustehokkuutta pidettiin melko heikkona. Rajoitetun käyttöoikeuden sijaan tai ainakin rinnalle ehdotettiin uusien aineiden perusteellisempaa testaamista. Tämä parantaisi tietopohjaa mutta voisi myös kasvattaa uusien kemikaalien kehittämisen kustannuksia etenkin, jos velvoitteet koskisivat myös pieninä määrinä käytettäviä aineita. Kysymyksiä herättivät myös suhde nykyiseen CLP-asetukseen ja se, onko riittäviä menetelmiä kaikkien aineiden (esim. nanomateriaalit) testaamiseen luotettavasti.

Taloudellista ohjausta koskevat ehdotukset keskittyvät veroihin. Torjunta-aineita voitaisiin verottaa Tanskan ja Norjan tapaan. Työpajassa veron vaikuttavuutta pidettiin melko hyvänä, mutta kustannustehokkuus ja erityisesti hyväksyttävyyttä arvioitiin jonkin verran heikommiksi.

Verotus voisi kohdistua myös esimerkiksi elektroniikan ja muovien sisältämiin haitallisiin aineisiin. Vastaavia veroja on jo Ruotsissa ja Tanskassa. Työpajassa ehdotuksen vaikuttavuus arvioitiin hyväksi ja kustannustehokkuus ja hyväksyttävyyttä melko hyväksi. Veron kohdentaminen ja hallinnoiminen saattaisi kuitenkin olla hankalaa. Verotusta pidettiin epärealistisena, jos haitalliselle aineelle ei ole realistisia vaihtoehtoja. Hyväksyttävyyttä parantaisi, jos veron tuotto kohdennettaisiin ympäristönsuojeluun. Veroa voitaisiin periä myös muovin käytöstä yleensä.

Eniten kemikaalien haittojen vähentämiseen liittyviä ehdotuksia on informaatio-ohjauksen saralta. Ehdotuksissa peräänkuulutetaan lääkkeiden takautuvaa riskiarviointia; yksi aine, yksi arviointi -periaatteen soveltamista; tuotteiden kemikaalijalanjäljen arviointia; ja parempia tietokantoja haitallisista kemikaaleista ja niiden korvaamisesta. Samoin toivotaan kemikaaleille vaarojen ja riskien varhaisvaroitusjärjestelmää sekä ihmisten altistumisen parempaa seurantaa. Hallitustenvälinen ilmastopaneeli taas voisi toimia verrokkina vastaavalle kansainväliselle tiedepaneelille kemikaaleista.

Lähempään tarkasteluun työpajassa otettiin lääkkeiden ympäristöluokitus ja -merkintä sekä vaarallisten aineiden korvaamisen keskus. Lääkkeiden ympäristömerkintää pidettiin vaikuttavuudeltaan ja hyväksyttävyydeltään varsin hyvänä, mutta kustannustehokkuus jakoi mielipiteitä jonkin verran. Ruotsin vaarallisten aineiden korvaamisen keskusta pidettiin hyvin hyväksyttävänä ja myös vaikuttavuudeltaan ja kustannustehokkuudeltaan kohtuullisen hyvänä. Keskus voisi olla yksi tapa tukea erityisesti PK-yrityksiä kemikaalihallinnassa. Myös Tukesin opastavat tarkastukset voisivat auttaa parantamaan yritysten kemikaalilainsäädännön tuntemusta.

6 Johtopäätökset: saasteettomuuspolitiikan mahdollisia kehityskulkuja

Euroopassa ollaan yleisellä tasolla yksimielisiä siitä, että saastumista tulisi vähentää. EU:n saasteettomuustoimintaohjelma pyrkii siihen, että vuoteen 2050 mennessä olemme onnistuneet vähentämään ilman, veden ja maaperän pilaantumisen tasolle, jota ei enää pidetä haitallisena terveydelle ja ekosysteemeille ja joka kunnioittaa maapallon resurssien rajoja. Ohjelmaan on kirjattu useita konkreettisia ja osin hyvinkin kunnianhimoisia tavoitteita saastumisen vähentämiseksi sekä suuri joukko ohjelmaa tukevia temaattisia politiikkaprosesseja. Tavoitteiden saavuttamiseksi on edelleen parannettava olemassa olevia ohjauskeinoja ja niiden toimeenpanoa. Sen lisäksi on kehitettävä ja otettava käyttöön uusia ohjauskeinoja.

Saasteettomuuspolitiikan toteuttamiseksi on kiinnitettävä huomiota yhä suurempaan joukkoon ilmaa, vettä ja maaperää pilaavia saasteita. Uusia saasteita luokiteltiin tässä työssä kirjallisuuskatsauksen, tekstianalyysin ja haastatteluiden perusteella saastekoreihin: mikromuovit ja nanopartikkelit; lääkejäämät ja hormonit; PFAS-yhdisteet; uudet ilmansaasteet; sekä saasteet, joiden vaikutus perustuu ääneen tai valoon.

Näiden lisäksi meillä on kestohaasteita, joihin ei ole toistaiseksi löytynyt riittävän vaikuttavia ohjauskeinoja. Hajapäästöjen hallinta on yksi tällainen. Maaperän suojeleminen, johon myös hajapäästöjen hallinta keskeisesti kytkeytyy, on toinen. Lisäksi vaikka tiettyjen aineiden päästöjä on tarkkailtu ja säännelty pitkään, käytetään esimerkiksi teollisuudessa runsaasti kemikaaleja, joiden yhteisvaikutuksista ympäristöön ja terveyteen ei ole tarpeeksi tietoa. Vaarallisten ja haitallisten aineiden ympäristö- ja ihmisaltistus-seurantoja on kehitettävä ja tehostettava, koska uusien – tai kaikkien vanhojenkaan – kemikaalien ja lääkkeiden käytöstä ei ole saatavilla kattavaa tietoa.

Saasteettomuuspolitiikassa on kyse toisaalta jo käytössä olevien ohjauskeinojen nykyistä tehokkaammasta soveltamisesta, toisaalta huomion kiinnittämisestä niihin saasteisiin ja saastumista aiheuttaviin toimintoihin, joihin nykyiset ohjauskeinot eivät ole kyenneet puuttumaan riittävästi tai ei vielä lainkaan. Sekä perinteisten että innovatiivisten ohjauskeinojen avulla pyritään osaltaan eri tavoin kannustamaan teknologisiin innovaatioihin, jotka ovat keskeisiä sekä tuotantomenetelmien että seurannan kehittämässä. Lisäksi olemassa olevan sääntelyn täysi täytäntöönpano on keskeistä.

Tässä raportissa on tunnistettu erilaisin menetelmin ympäristön saastumiseen ja sen torjuntaan liittyviä ilmiöitä, trendejä ja heikkoja signaaleja. Niitä yhteen vetämällä ja

vuorovaikutteisesti analysoimalla raportissa on päädytty useaan poikkileikkaavaan EU:n saasteettomuuspolitiikan ja laajemminkin ympäristösääntelyn kehityskulkuun. Mahdolliset kehityskulut ovat mitä todennäköisimmin rinnakkaisia, ja niissä ylitetään teemarajoja, joihin luvussa 5 esitetyt mahdolliset ohjaukeinot jakautuvat.

Kehityskulku 1: Kiertotalous lisää haitta-aineiden kertymistä

EU ja Suomi ovat vahvasti sitoutuneet edistämään kiertotaloutta eli aineiden, materiaalien ja tuotteiden pitämistä kierrossa mahdollisimman pitkään. Siirtymä kiertotalouteen on välttämätön, mutta riskinä on, että samalla jotkin rajoitetut haitta-aineet kuten POP-yhdisteet eivät poistu jätteenkäsittelyn kautta. Tällöin ne jäävät erilaisiin tuotteisiin ja mahdollisesti vapautuvat ympäristöön tai aiheuttavat riskiä ihmisterveydelle.

Useimpien kulutustavaroiden kohdalla tilannetta ei nähdä yleisesti ongelmallisena. Esimerkiksi sähkölaitteiden ja niiden materiaalien kierrätystä säännellään jo melko tarkasti. Kehityskulku on kuitenkin mahdollinen ja osin jo nähtävissä esimerkiksi ravinteiden kierrätykseen liittyen. Pyrkimykset yhdyskuntajätteen hyödyntämiseen kierrätyslannoitteiden valmistuksessa vaativat riskinhallintaa ja kohdennettuja ohjaukeinoja, joilla turvataan sekä terveellinen ravinto että vesien ja maaperän puhtaus. Samoin riski haitta-aineiden kertymiseen on todellinen hankalammin kierrätettävissä materiaaleissa, kuten purkujätteissä, jos tavoitellaan selvästi nykyistä korkeampaa kierrätysastetta. Toisaalta haitta-aineiden tunnistamisen, seurannan ja torjunnan hankaluudet voivat hidastaa välttämätöntä siirtymää kiertotalouteen.

EU-politiikan tavoitteita ovat mahdollisimman korkea kiertotalousaste, turvalliset tuotteet ja puhdas ympäristö. Näkökulmasta riippuen korostuu mahdollisimman korkea kiertotalousaste tai varovaisuusperiaate; molempien kohdalla tarvitaan selkeää ja riittävän tiukkaa sääntelyä. Kehityskulkuun liittyvä EU-sääntely muodostaa jo nyt monimutkaisen kokonaisuuden pitäen sisällään esimerkiksi REACH-asetuksen, tuotesääntelyn, jätedirektiivin ja lukuisat muut jättesäädökset, jätteen siirtoasetuksen, POP-asetuksen, veden uudelleenkäyttöasetuksen, lannoitevalmisteasetuksen sekä ekosuounniteludirektiivin. Ympäristösäädösten ohella myös sisämarkkinasääntely on merkittävä osa kiertotalouden sääntelyn kokonaisuutta.

Lähtitulevaisuudessa kehityskulkuun liittyvät useat käynnistyneet tai ehdotetut EU-politiikkaprosessit: ekosuounniteludirektiivin uudistaminen, kestävän tuotepolitiikan aloite, tuotteiden sisältämien kemikaalien seurannan (tai jäljitettävyyden) parantaminen tuotteiden koko elinkaaren aikana, End of Waste -sääntelyn (EoW) kehittäminen sekä tekstiilejä ja rakennettua ympäristöä koskevat strategiat. Suomessa kehityskulkuun liittyy ainakin EU-säännösten implementoiminen ja kansallisten EoW-säädösten valmistelu niiltä osin kuin EU-tasolla ei ole säädetty.

Kehityskulkuun liittyviä mahdollisia innovatiivisia ohjauskeinoja voisivat olla esimerkiksi:

- ekosuunnitteludirektiivin ja tuottajavastuun laajentaminen saastumisen torjuntaa nykyistä paremmin tukevaksi;
- tuotteiden kemikaalijalanjäljen arviointi, materiaaleista ja saastejalanjäljestä tietoa tarjoavat tuotepassit, tuoteinformaatiota kuluttajille jakavat mobiilisovellukset sekä saastejalanjäljestä kertovat tuotemerkinnät;
- haitallisten aineiden poiston tehostaminen jo ensisijaisella päästölähteellä kuten teollisuuslaitoksissa, jotka ovat liittyneet vesihuoltolaitoksen viemäriverkkoon;
- raja-arvojen asettaminen jätevesien haitallisimmille lääkejäämille ja pieninä pitoisuuksina esiintyvien saasteiden jälkipuhdistus yhdyskuntavedenpuhdistamoilla;
- tiukemmat rajoitukset ja kiellot PFAS-yhdisteille ja pysyville kulkeutuvilla aineille; sekä
- uusi sääntely mikromuoveille ja mikromuovien sisällyttäminen merkittävien päästölähteiden ympäristölupien ehtoihin.

Kehityskulku 2: Vapaaehtoisia sopimuksia hyödynnetään enemmän

Valtion ja yksityisen sektorin välisillä vapaaehtoisilla sopimuksilla on Suomessa pitkät perinteet – ensimmäiset sopimuksen solmittiin energiatehokkuuden edistämiseksi jo 1990-luvulla. Tuoreimmat saasteettomuuspolitiikkaan liittyvät green deal -sopimukset ovat muovisten kertakäyttöisten annospakkausten kulutuksen vähentämistä koskeva sopimus (2022), yhdyskuntajäteveden puhdistamisen sopimus (2021), rakentamisen muovit -sopimus (2020) ja haitallisten aineiden vähentäminen varhaiskasvatuksen hankinnoissa – kestävien hankintojen -sopimus (2020). Kustannustehokkuutensa ja joustavuutensa vuoksi sopimukset ovat osoittautuneet laajalti hyväksytyiksi ohjauskeinoiksi, ja ne voivatkin olla mahdollinen etenemistapa tilanteissa, joissa normi- tai taloudellista ohjausta vastustetaan. Toisaalta sopimukseen liittyy kysymyksiä vapaamatkustajuudesta ja vaikuttavuudesta – tutkimustietoa suomalaisista sopimuksista on toistaiseksi niukasti. Lisäksi on muistettava, että raportointiin ja seurantaan sitoutuu sekä hallinnollista työtä että yritysten resursseja.

Vapaaehtoisten sopimusten potentiaalia voisi olla mahdollista hyödyntää saasteettomuuspolitiikassa tulevaisuudessa enemmän. EU ja monet jäsenmaat eivät kuitenkaan näyttäisi pitävän vapaaehtoisuutta realistisena keinona saavuttaa saasteettomuustavoitteita, vaan pitävät sitovaa normiohjausta parempana sääntelytapana. Suomi voisi toimia saasteettomuuspolitiikkaa tukevien vapaaehtoisten sopimusten edelläkävijänä, myös niiden seurannan kehittämisessä ja vaikuttavuuden tutkimuksessa.

Esimerkkejä mahdollisista innovatiivisista ohjauseinoista:

- vapaaehtoisen sopimisen sopimusmallit;
- sopimukset, joihin liittyy taloudellisia kannusteita;
- yhdyskuntajäteveden puhdistamisen sopimukseen lisätään vaatimuksia koskien teollisuudesta tai yrityksistä peräisin olevaiin haitallisiin aineisiin; sekä
- vapaaehtoinen sopimus lääkeyhtiöiden kanssa lääkeaineiden ympäristö-riskinarviointitietojen luovuttamisesta.

Kehityskulku 3: Ilmastotavoitteet ohjaavat saasteiden torjuntaa

Ilmastonmuutoksen torjuminen on ollut politiikan asialistan kärjessä. Saasteettomuuden edistäminen sen sijaan ei ole ollut viime vuosina laajemman ja pitkäkestoisemman keskustelun kohteena. Selvää on, että monet ilmastopolitiikan toimet hyödyttävät saasteiden vähentämistä, mikä näkyy selkeimmin ilmansaasteiden kohdalla. Ilmastotavoitteiden toteutuminen esimerkiksi liikenteen ja energiantuotannon sähköistyessä vähentää myös muita polttoprosesseissa syntyviä päästöjä, millä on positiivisia ympäristö- ja terveyshyötyjä. Tämä muuttaa ilmansuojelun painopisteitä. Toisaalta joissain tapauksissa ilmastotoimet voivat aiheuttaa muita ongelmia (esim. akkuminaeraalien louhinnasta) tai jättää saasteettomuuden edistämisen varjoonsa.

EU on sitoutunut kansainvälisiin ilmastotavoitteisiin, jotka ohjaavat unionin ilmastopoliittikkaa. Kesällä 2021 julkaistun laajan fit for 55 -säädösehdotuspaketin tavoitteena on vähentää EU:n ilmastopäästöjä vähintään 55 prosenttia vuoteen 2030 mennessä vuoden 1990 tasosta. Paketti käsittelee kaikkia tärkeimpiä ilmastopolitiikan alueita: päästökauppaa, taakanjakosektoria, maankäyttöä ja nieluja, energiatehokkuutta, liikennettä sekä uusiutuvaa energiaa. Uutena ehdotuksena mukana ovat mm. hiilitullit.

EU:n kestävän rahoituksen taksonomialla eli luokittelujärjestelmällä pyritään edistämään ilmasto- ja ympäristötavoitteiden huomioon ottamista rahoituksessa. Vuoden 2020 asetus pitää sisällään kuudenlaisia ympäristötavoitteita: ilmastonmuutoksen hillintä, ilmastonmuutokseen sopeutuminen, vesivarojen ja merten luonnonvarojen kestävä käyttö ja suojeleminen, siirtyminen kiertotalouteen, ympäristön pilaantumisen ehkäiseminen ja vähentäminen, sekä biologisen monimuotoisuuden ja ekosysteemien suojeleminen ja ennallistaminen. Vuoden 2022 alussa tuli voimaan ensimmäinen tarkempi kriteeristö (delegoitu asetus (EU) N:o 2021/2139) eri liiketoimintojen (mm. metsänhoito, energiantuotanto, liikenne, rakentaminen) kestävyydelle ilmastonmuutoksen hillinnän ja sopeutumisen näkökulmasta. Parhaillaan valmistellaan neljän muun tavoitteen tarkempaa kriteeristöä, jossa kemikaaleja koskevat kriteerit ovat vaaraperusteisia.

Esimerkkejä mahdollisista innovatiivisista ohjauskeinoista:

- lupamenettelyiden sujuvoittaminen EU:n vihreän kehityksen ohjelman tavoitteita toteuttaville toimialoille;
- saastuttavimpien tulisijojen myynnin rajoittaminen tai verottaminen, tuet saastuttavien tulisijojen vaihtamiseen ja ympäristömerkintä vähäpäästöisille tulisijoille;
- ruuhka- ja tienkäyttömaksut; sekä
- maankäyttöverot.

Kehityskulku 4: Poliitikka painottuu enemmän hajapäästöjen torjuntaan

Koska pistemäisistä lähteistä peräisin olevaa saastumista on pystytty vähentämään varsin tehokkaasti, korostuu saasteettomuustyössä tulevaisuudessa todennäköisesti entistä enemmän hajapäästöjen rajoittaminen. Esimerkiksi maaperää pilaa merkittävässä määrin hajakuormitus, joka nykyisin pitää sisällään myös useita nousevia päästölähteitä. EU:n tuore maaperästrategia visioi, että vuonna 2050 kaikki EU-alueen maaperäekosysteemit ovat terveitä ja entistä vastustuskykyisempiä. Tähän tuskin tullaan pääsemään ilman monipuolisia ohjauskeinoja, joiden joukossa on myös normisääntelyä. Tämänhetkisen tiedon mukaan komissio valmistelee vuonna 2023 julkistettavaksi suunnitellun maaperän terveyttä koskevan lakiesityksen.

Hajapäästöjen sääntely on vaikeaa siksi, että pitäisi päästä kiinni lukuisiin pieniin saastevirtoihin ja vaikuttaa useisiin toimijoihin, sekä käytäntöihin että käyttäytymiseen. Perinteisen normin asettaminen hajapäästöille on vaikeaa. Lisäksi sääntelyä vaikeuttaa se, että tiedot hajakuormituksesta ovat esimerkiksi haitallisten aineiden osalta puutteelliset. Toisaalta hajapäästöjen joukossa on monia hankalia (mm. ravinnepäästöt, elohopea) ja uudempiakin (mm. mikromuovit, PFAS-yhdisteet, hormonit ja lääkejäämät) päästölähteitä.

Hajapäästöjen hillintä kaipaa kipeästi innovatiivisia ohjauskeinoja, joiden avulla päästään hyväksyttävällä ja kustannustehokkaalla tavalla kohti saasteettomuustoimintaohjelman tavoitteita. Kehityskulkuun liittyviä mahdollisia innovatiivisia ohjauskeinoja voisivat olla esimerkiksi:

- päästöbudjetit herkimmille alueille;
- kaupunkien vähäpäästövyöhykkeet, saastuneiden alueiden nopeusrajoitukset ja saastuttavien toimintojen pysäyttäminen äkillisissä saastetilanteissa;
- ympäristövaikutusten arvioinnin ottaminen osaksi lääkkeiden markkinoille pääsyn ehtoja ja lääkkeiden ympäristöluokitus ja -merkintä; sekä
- hajapäästöseurantojen ja -arviointien parantaminen uusia teknologioita ja tekoälyä hyödyntämällä.

Kehityskulku 5: Saasteettomuusnäkökulma sisällytetään tuotesuunnitteluun

Ajatus saasteettomuusnäkökulman sisällyttämisestä tuotesuunnitteluun perustuu tuottajavastuun vahvistamiseen. Tuotesuunnittelun painoarvo onkin viime aikoina kasvanut erityisesti ilmasto- ja kiertotalouspolitiikassa. Toistaiseksi tuotesuunnittelua koskevissa ohjauskeinokeskusteluissa saasteettomuusnäkökulma ei ole ollut näkyvästi esillä, vaikka suunnitteluvaiheessa voitaisiinkin kiinnittää huomiota saasteisiin, joiden hallinta myöhemmin voi olla hyvin hankalaa (esim. PFAS-yhdisteet).

Saasteettomuuden edistäminen tuotesuunnittelun keinoin vaatii panostusta yritysten innovaatio toimintaan, jotta kehitettäisiin ja tuotettaisiin tuotteita, jotka ovat mahdollisimman puhtaita koko elinkaarensa ajan. Ekosuunnitteludirektiivi voi lähitulevaisuudessa täsmentyä saasteettomuusnäkökulmasta, vaikka vaikutukset näkyvät todennäköisesti hitaasti. Keskeistä on myös se, mille tuoteryhmille ekosuunnitteluvaatimuksia laaditaan ja miten kattavasti direktiivin tarjoamia mahdollisuuksia hyödynnetään saasteettomuuden edistämiseksi. Lisäksi tarvittaisiin todennäköisesti myös tehokkaita ja oikeudenmukaisia taloudellisia ohjauskeinoja, joiden pitäisi olla toteuttamiskelpoisia myös sisämarkkinasääntelyn näkökulmasta.

Kehityskulkuun liittyviä mahdollisia innovatiivisia ohjauskeinoja voisivat olla esimerkiksi:

- ekosuunnitteludirektiivin ja tuottajavastuun laajentaminen saastumisen torjuntaa paremmin tukevaksi;
- tuotantoketjuja laajasti tarkasteleva yritys vastuulainsäädäntö;
- tiukempien ympäristöehtojen asettaminen julkisissa hankinnoissa;
- materiaaleista ja saastejalanjäljestä tietoa tarjoavat tuotepassit, tuoteinformaatiota kuluttajille jakavat mobiilisovellukset sekä saastejalanjäljestä kertovat tuotemerkinnät; sekä
- vaarallisten aineiden korvaamisen keskus, PK-yritysten tukeminen kemikaalihallinnassa sekä kannustimet edistämään haitattomampien kemikaalien käyttöä ja vähentämään kemikaalikuormaa

Kehityskulku 6: Digitalisaatiosta uusia työkaluja saasteiden torjuntaan

Digitalisaatio tarjoaa laajan kirjon työkaluja, joita voi soveltaa eri tavoin saasteiden torjunnassa, esimerkiksi seurannassa ja päätöksenteon tukena. Mahdollisia uusia ratkaisuja ovat mm. tekoäly, lohkoketjut, digitaaliset kaksoset, pilvilaskenta, 5G, esineiden internet, pelillistäminen, avoin ja massadata, sensorit, 3D-tulostaminen, dronet, robotiikka ja satelliittitekniologia. Ratkaisujen kehittäminen ja hyödyntäminen vaativat kui-

tenkin paljon teknologista osaamista ja laitteistoa. Ilmansuojelun puolella osaa teknologisista ratkaisuista on hyödynnetty jo pitkään, mutta esimerkiksi tekoälyyn perustuvat ratkaisut eivät ole vielä yleistyneet.

Digitaalisten ratkaisujen edistämisessä julkinen ohjaus voi toimia esimerkiksi tutkimus- ja innovaatiopolitiikan keinoin. Tällöin voidaan aloittaa pienimuotoisemmilla kokeiluilla, joista onnistuneita voidaan skaalata horisontaalisesti ja vertikaalisesti. Toisaalta jos pyritään hyödyntämään tekoälyä esimerkiksi päätöksenteossa, tulisi tekoälyn hyödyntämisen menettelylliset ja oikeudelliset näkökulmat tarkastella huolellisesti. Myös hyväksyttävyyden voi olla koetuksella, jos esimerkiksi lupapäätökset perustuisivat suoraan mallinnukseen ja tekoälyn ilman erillistä oikeudellista harkintaa.

Kehityskulkuun liittyviä mahdollisia innovatiivisia ohjauskeinoja voisivat olla esimerkiksi:

- automatisoitu päästörajoiden seuranta ja ylityksiin puuttuminen;
- saastumistiedon kerääminen yhteen paikkaan ja reaaliaikainen jatkuva toimien päästömittauksien tietojen saatavuus;
- materiaaleista ja saastejalanjäljestä tietoa tarjoavat tuotepassit sekä tuoteinformaatiota kuluttajille jakavat mobiilisovellukset;
- verkkoalustat tiedon ja kokemusten jakamiseen; sekä
- kemikaalien vaarojen ja riskien varhaisvaroitusjärjestelmä.

Kehityskulku 7: Säädeltävien saasteiden määrä kasvaa ja ohjauksessa siirrytään kohti aineryhmiä ja yhteisvaikutuksia

Markkinoille tulee koko ajan uusia kemiallisia aineita, ja ymmärryksemme vanhojenkin kemikaalien haitoista ja riskeistä kasvaa. Ymmärrämme myös yhä paremmin sen, että tietämyksemme aineiden yhteisvaikutuksista on varsin rajoittunutta. Rajoitettujen aineiden osuus kaikista käytössä olevista haitallisista kemikaaleista on hyvin pieni, mutta rajoitettujen aineiden päästöt ja pitoisuudet ovat alentuneet, mikä osoittaa rajoitusten toimivan. Mahdollisesti merkittävienkin yhteisvaikutusten vuoksi yksittäisten aineiden rajoittamiseen perustuva lähestymistapa ei kuitenkaan riitä saasteettomuuspolitiikan tavoitteiden saavuttamiseksi. Lisäksi aine kerrallaan tapahtuva sääntely on osoittautunut hitaaksi ja työlääksi etenemistavaksi.

Ratkaisuksi on esitetty aineryhmiin ja yhteisvaikutuksiin perustuvaa lähestymistapaa, joka vaatisi nykyistä laajempaa tietopohjaa ja melko suurta muutosta sääntely-ympäristöön. Yhteiskunnallinen hyväksyttävyyden kemikaalien haitallisten yhteisvaikutusten vähentämiseksi on korkea, mutta toimivia keinoja on toistaiseksi rajatusti. Taloudellisen tuen, siirtymäaikojen ja joidenkin hyödykkeiden korvaamisen tarve on todellinen.

Kemikaalien yhteisvaikutuksia koskeva tai aineryhmäkohtainen sääntely ei ole vielä merkittävästi edistynyt, mutta tahtotila näiden edistämiseksi on vahvasti ilmaistu. EU:n hiljattain päivitetty kemikaalistrategia on aiempaa kunnianhimoisempi, ja toimia voidaan pitää hyvänä alkuna. Strategiassa on esitetty lukuisia lainsäädännön päivitystarpeita. Komissio on julkaissut laaja-alaisen ehdotuksen akkuasetuksen päivittämiseksi, jolla asetettaisiin nykyistä tiukempia rajoituksia akkukemikaaleille. Kemikaalistrategian jatkotoimet, joista päätetään lopullisesti osin vasta seuraavan komission aikana, tulevat määrittelemään paljon lähitulevaisuuden kehitystä. Komissio valmistelea REACH-asetuksen päivitystä. Suurista tietoukoista huolimatta REACH-asetukseen ollaan todennäköisesti lisäämässä seosten arviointikerroin, mutta jatkossa kemikaalien yhteisvaikutuksiin voisi olla tarpeen laajemminkin. Pohdinta PFAS-yhdisteiden käytön rajoittamiseksi etenee – ensivaiheessa on todennäköistä, että niiden käyttöä sammutusvaahdoissa tullaan rajoittamaan. Turvakertoimen asettaminen on hyvin haastavaa, koska eri aineyhdistelmien kohdalla ei tiedetä, mikä on turvallista. Lisäksi riskin arviointi on suhteutettava siihen, missä tuotteessa arvioitavaa ainetta, aineryhmää tai aineyhdistelmää tullaan käyttämään (esim. elintarviketuotannossa, kemianteollisuudessa vai lääkkeenä).

Kehityskulkuun liittyviä mahdollisia innovatiivisia ohjauskeinoja voisivat olla esimerkiksi:

- yhteisvaikutuksia mittaavat jätevesitestejä koskevat lupamääräykset ympäristölupiin, integroitujen vaikutuspohjaisten biotestien edistäminen ja yhteisvaikutusten turvakertoimen käyttö REACH-asetuksessa;
- yksi aine, yksi arviointi -periaatteen kokonaisvaltaisempi soveltaminen;
- samankaltaisesti vaikuttavien aineryhmien riskinarviointi ja sääntely yksittäisten kemikaalien sijaan;
- saastumistiedon kerääminen helposti saavutettavaksi, vaarojen ja riskien varhaisvaroitussjärjestelmä ja ihmisten altistumisen seuranta;
- uusien saasteiden lisääminen yhdyskuntajätevesi- ja prioriteettiainedirektiiveihin sekä karsinogeeniä ja mutageenejä työpaikoilla käsittelevään direktiiviin; sekä
- määräaikaiset kemikaalien käyttöluvut rajatulle alueelle, määrälle tai käyttöön.

Kehityskulku 8: Taloudellista ohjausta sovelletaan enemmän saasteettomuustyössä

Taloudellisten ohjauskeinojen käyttö on vakiintunut ympäristöpolitiikan keino, joka on tuottanut hyviä tuloksia kustannustehokkaammin ja hyväksytymmin kuin muilla keinoilla. Saasteettoman toiminnan kannattavuuden tukemiseen tai saastuttavan toiminnan kannattavuuden vähentämiseen pyrkiviä ohjauskeinoja on sen sijaan ehdotettu, kehitetty ja sovellettu toistaiseksi niukasti. Esimerkiksi ilmastopolitiikassa laajasti käytetty päästökauppa ei noussut hankkeen aineistossa juurikaan esiin konkreettisenä

ohjauskeinona. Toisaalta taloudellisen ohjauksen hyväksyttävyyden on kiistanalainen silloin, kun saastuttamisesta ehdotetaan perittävän maksuja, ja tuet vaativat varoja, joiden osoittaminen valtion budjetista voi olla vaikeaa. Viimeaikaisia kotimaisia esimerkkejä kuitenkin löytyy, kuten sähköauton hankintatuki ja avustus pientalojen öljylämmityksestä luopumiseksi. Vaikka kaikki tuet eivät välttämättä ole kustannustehokkaita, niillä voi olla merkitystä innovaatioiden edistämiseksi kriittisen kannattavuusrajan yli.

Taloudellisten ohjauskeinojen potentiaali on yleisesti tunnustettu. Jatkossa on tarpeen panostaa yhteisymmärryksen saavuttamiseen isommista ja vaikuttavammista kokonaisuuksista. Esimerkiksi taloudellisilla ohjauskeinoilla voidaan edistää innovatiivisten tekniikoiden kehittämistä, mikä voisi tukea saasteettomuutta teollisuuspäästödirektiivin BREF-prosesseissa. Tätä kautta saavutettavat päästövähennykset voisivat olla hyvinkin vaikuttavia, vaikka BREF-prosessi ei ole toistaiseksi merkittävästi onnistunut edistämään innovatiivisten tekniikoiden käyttöönottoa teollisuudessa. Perinteisen sääntelyn ja verotuksen yhdistelmiä voidaan tehostaa entisestään tukemalla tutkimus- ja kehittämistoimintaa sekä pilotti- ja demonstraatiohankkeita. EU-politiikassa suuressa roolissa lähitulevaisuudessa on kestävä rahoituksen luokittelu, joka voi lisätä kokonaisvaltaisemmin kestävyysnäkökohtien huomioon ottamisesta ensin rahoituksessa ja tätä kautta laajemminkin yhteiskunnan toiminnassa.

Kehityskulkuun liittyviä mahdollisia innovatiivisia ohjauskeinoja voisivat olla esimerkiksi:

- maataloustukien kytkeminen nykyistä vahvemmin saastumisen torjuntaan ja saastuttamiseen kannustavien julkisten tukien alasajo;
- saastumisen vähentämiseen keskittyvä rahoitusväline;
- verohelpotukset ja muut hyvitykset saasteiden vähentämisestä;
- ilmansaasteverot ja -maksut;
- päästökauppa vesistöjä varten; sekä
- verot haitallisille aineille tuotteissa, torjunta-aineille ja haitallisille muovituotteille.

Lopuksi

Saasteettomuus on tärkeä ja laajasti hyväksytty yhteiskunnallinen tavoite. Meillä kaikilla on Suomen perustuslaissa turvattu oikeus hyvään ympäristöön ja mahdollisuus vaikuttaa elinympäristöä koskevaan päätöksentekoon.

Tässä raportissa esitellyt uudet ja vanhat saastumisen syyt ja kohteet sekä nykyiset ja mahdolliset innovatiiviset ohjauskeinot valaisevat sitä, miten monimutkaisista ongelmista saastumisesta kokonaisuudessaan on kysymys. Edellä käsitellyt kehityskulut ovat kaikki mahdollisia ja todennäköisiäkin ainakin joillakin saastumisen osa-alueilla. Lisäksi erityisesti tiedeyhteisö on korostanut kansainvälisen yhteistyön ja sopimusten

merkitystä saasteongelman ratkaisussa. Globaali mittakaava on tärkeä myös siksi, että merkittävä osa eurooppalaisista kulutushyödykkeistä tai niiden raaka-aineista tuodaan maanosan ulkopuolelta, jolloin päästöt syntyvät muualla.

Saasteettomuuden saavuttaminen vaatii kokonaisvaltaista otetta yhteiskunnan teknologiset-taloudellisten järjestelmien muuttamiseksi kestävämmiksi. Saasteettomuuden edistäminen kietoutuu yhteen muiden kestävyysaasteiden, erityisesti ilmastonmuutoksen ja luontokadon, ratkaisemisen kanssa.

Lähteet

- Ahkola H., Äystö L., Karlsson S., Pihlaja T. & Kauppi S. (2020a). Lääkeaineiden ympäristöriskin arvioinnin epävarmuuslähteitä. *Dosis 3/2020*: 290–298.
- Ahkola H., Fjäder P., Perkola N., Äystö L. & Kauppi S. (2020b). Lääkeainejäämät lietteiden kierrätyksessä. *Dosis 3/2020*: 314–322.
- Albaladejo, J., Díaz-Pereira, E., de Vente, J. (2021). Eco-Holistic Soil Conservation to support Land Degradation Neutrality and the Sustainable Development Goals. *Catena* 196.
- Alam, S., Hyde B., Duffy P., McNabola, A. (2018). Analysing the Co-Benefits of transport fleet and fuel policies in reducing PM_{2,5} and CO₂ emissions.
- Aldy, J. E. (2020).: Evaluating Regulatory Performance: Learning from and Institutionalizing Retrospective Analysis of EPA Regulations. *Cape Western Reserve Law Review* Vol 70, 4
- Alhola, K., Sankelo, P., Antikainen, R., Helonheimo, T., Kaljonen, M., Karjalainen, L., Linjama, J., Lounasheimo, J., Peltomaa, J., Pesu J., Sederholm, C. & Tainio, P. (2019). Vähähiilisyys ja kiertotalous julkisissa hankinnoissa. Kiihdyttämö -hankkeen tulokset, opit ja kokemukset. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 45/2019. <http://hdl.handle.net/10138/306901>
- Amblart, L. (2021). Collective action as a tool for agri-environmental policy implementation. The case of diffuse pollution control in European rural areas. *Journal of Environmental Management* 280.
- Anker, H.T., Backer, C.W., Baaner, L., Keessen A.M., Möckel, S.(2019).: Natura 2000 and the Regulation of Agricultural Ammonia Emissions. *Journal for european environmental & planning law* 16 (2019) 340-371.
- Antoniadis, V., Shaheen, S.M., Levizou, E., Shahid, M., Niazi, N.K., Vithanage, M., Ok, Y.S., Bolan, N., Rinklebe, J. (2019). A critical prospective analysis of the potential toxicity of trace element regulation limits in soils worldwide: Are they protective concerning health risk assessment? - A review. *Environment International* 127, 819–847.
- Apteekkari 2021. Lääkkeiden ympäristöluokitus tulossa pian apteekkien käyttöön. Uutinen 10.11.2021. www.apteekkari.fi/uutiset/laakkeiden-ymparistoluokitus-tulossa-pian-apteekkien-kayttoon

- Arp H.P.H., Hale S.E. (2019). UBA Texte 126/2019: REACH: Improvement of guidance methods for the identification and evaluation of PM/PMT substances. German Environment Agency (UBA).
- Aus der Beek, T., Weber, F.-A., Bergmann, A., Hickmann, S., Ebert, I., Hein, A., Küster, A. (2016). Pharmaceuticals in the environment – Global occurrences and perspectives. *Environmental Toxicology and Chemistry* 35: 823-835.
- Aust N., Fischer J., Moltmann J. F., Kacan S., Werschkun B., Riedel F., Forsius K., Vähä E., Jouttijärvi T., Mehtonen J., Högmander P., Månsson A., Appelgren H., Bormark S., Debourg C., Suhr M., Leuthold S., Zietlow B., Krupaneck J. & Kupits K. (2021). Approaches for a better use of available data to prevent or reduce releases of substances of concern from industrial installations. HAZBREF WP2 Report. https://www.syke.fi/en-US/Research_Development/Research_and_development_projects/Projects/Hazardous_industrial_chemicals_in_the_IED_BREFs_HAZBREF/Publications
- Azam, M.M. (2016). [Soil Contamination and Remediation Measures: Revisiting the Relevant Laws and Institutions](#). In H. Hasegawa, I.Md.M. Rahman, M.A. Rahman (Eds.), *Environmental Remediation Technologies for Metal-contaminated Soils*, Springer Japan, Tokyo, 99-124, [10.1007/978-4-431-55759-3_5](https://doi.org/10.1007/978-4-431-55759-3_5)
- Bataille, C. (2019). Physical and policy pathways to net-zero emissions industry. *WIREs Clim Change*. <https://doi.org/10.1002/wcc.633>
- Baumann, F., Friehe, T. (2017). Design standards and technology adoption: welfare effects of increasing environmental fines when the number of firms is endogenous. *Environ Econ Policy Stud* 19, 427-450. DOI [10.1007/s10018-016-0166-1](https://doi.org/10.1007/s10018-016-0166-1)
- Belinskij, A., Iho, A., Paloniitty, T., Soininen, N. (2019) From Top–Down Regulation to Bottom–Up Solutions: Reconfiguring Governance of Agricultural Nutrient Loading to Waters. *Sustainability* 11, 5364.
- Bellanova, R., de Goede, M. (2020). The algorithmic regulation of security: An infrastructural perspective. *Regulation & Governance* 14, <https://doi.org/10.1111/rego.12338>.
- Bilotta, G., Milner, A. & Boyd, I. (2014). On the use of systematic reviews to inform environmental policies. *Environmental science & policy* 42: 67-77.

- BIO Intelligence Service. (2013). Study on the environmental risks of medicinal products. Final Report prepared for Executive Agency for Health and Consumers. https://ec.europa.eu/health/sites/default/files/files/environment/study_environment.pdf
- Birnbaum L., Grandjean P. (2015). Alternatives to PFASs: Perspectives on the Science. Editorial. *Environmental Health Perspectives*: Vol. 123, 5,: A104-105.
- Black, J., Lodge, M. & Thatcher, M. (toim) (2005). *Regulatory Innovation: A Comparative Analysis*. Edward Elgar, Cheltenham.
- Black, J., Murray, A. (2019). Regulating AI and Machine Learning: Setting the Regulatory Agenda. *European Journal of Law and Technology* 10: 3.
- Bjørner, T., Brandt, J., Hansen, L.G., Nygaard Källström M. (2019). Regulation of air pollution from wood-burning stoves. *Journal of Environmental Planning and Management* 62:8, 1287-1305. <https://doi.org/10.1080/09640568.2018.1495065>
- Blum A., Balan S., Scheringer M., Trier X., Goldenman G., Cousins I., Diamond M., Fletcher T., Higgins C., Lindeman A., Peaslee G., de Voogt P., Wang Z. & Weber R. (2015). The Madrid Statement on Poly- and Perfluoroalkyl Substances (PFASs). Brief Communication. *Environmental Health Perspectives*: Vol. 123, 5, 2015: A107-111.
- Bomark S., Vähä E., Forsius K., Jouttijärvi T., Kalisz M., Krupanek J., Kupits K., Mehtonen J., Månsson A., Högmänder P. & Johansson A. (2021). Sectoral Guidance for Chemicals Management in the Chemical Industry with focus on the production of fertilisers and polymers. HAZBREF project Activity 4.1 report. <https://www.naturvardsverket.se/Om-Naturvardsverket/Publikationer/ISBN/6900/978-91-620-6953-7/>
- Bonilla, J., Coria, J., Mohlin, K., Sterner, T. (2015). Refunded emission payments and diffusion of NOx abatement technologies in Sweden. *Ecological Economics* 116, 132–145.
- Bolzonella, C., Lucchetta, M., Gianni, T., Boatto, V., Zanella, A. (2019). Is there a way to rate insecticides that is less detrimental to human and environmental health? *Global Ecology and Conservation* 20.
- Bowman J. (2015a). Fluorotechnology is critical to modern life: the FluoroCouncil counterpoint to the Madrid Statement. Brief Communication. *Environmental Health Perspectives*: Vol. 123, 5, 2015: A2-3.

Bowman J. (2015b). Response to “Comment on ‘Fluorotechnology Is Critical to Modern Life: The FluoroCouncil Counterpoint to the Madrid Statement’”. Correspondence. *Environmental Health Perspectives*: Vol. 123, 7, 2015: A170-171.

Brack, W., Escher, B.I., Müller, E. ym. (2018). Towards a holistic and solution-oriented monitoring of chemical status of European water bodies: how to support the EU strategy for a non-toxic environment? *Environ. Sci. Eur.* 30:33.

<https://doi.org/10.1186/s12302-018-0161-1>

Brolund, J & Lundmark, R. (2017). Effect of Environmental Regulation Stringency on the Pulp and Paper Industry. *Sustainability* 9. doi:10.3390/su9122323

Brozinski J-M, Kronberg L. & Mannio J. (2012). Mihin lääkeaineet päätyvät ympäristössä? *Duodecim* 13/2012: 1376- 1380.

Bruulsema, T. (2018). Managing nutrients to mitigate soil pollution. *Environmental Pollution* 243, 1602-1605

Burke, A. & Fishel, S. (2020). A coal elimination treaty 2030: Fast tracking climate change mitigation, global health and security. *Earth System Governance.* 3, 100046.

<https://doi.org/10.1016/j.esg.2020.100046>

Burns E., Carter L., Snape J., Thomas-Oates J. & Boxall A. (2018). Application of prioritization approaches to optimize environmental monitoring and testing of pharmaceuticals. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B* 21:3, 115-141.

C-461/13 *Weser* ECLI:EU:C:2015:433.

Caldwell J., Mertens B., Kappler K., Senac T., Journel R., Wilson P., Meyerhoff R. D., Parke N. J., Mastrocco F., Mattson B., Murray-Smith R., Dolan D. G., Straub J. O., Wiedemann M., Hartmann A. & Finan D. S. (2016). A Risk Based Approach to Managing Active Pharmaceutical Ingredients in Manufacturing Effluent. *Environ Toxicol Chem* 4: 813–822.

Castelo-Grande, Teresa ym. (2018): Strengths and weaknesses of European soil legislations: The case study of Portugal. *Environmental Science and Policy* 79, 66–93.

CCB (2017). *Pharmaceutical Pollution in the Baltic Sea Region*. Coalition Clean Baltic. Uppsala, Sweden.

Chemical Watch (2021a). Spotlight on PFAS - Regulatory developments from around the world. Chemical Watch. May 2021. <https://home.chemicalwatch.com/pfass-report-form/>

Chemical Watch (2021b). Chapter "RIVM to explore criteria for EU essential use of persistent chemicals" in Spotlight on PFAS - Regulatory developments from around the world: 13-15. Chemical Watch. May 2021. <https://home.chemicalwatch.com/pfass-report-form/>

Chemical Watch (2021c). Chapter "Guest Column: How does the concept 'essential use of PFASs' fit the current legal framework in Europe?" in Spotlight on PFAS - Regulatory developments from around the world. Chemical Watch. May 2021. <https://home.chemicalwatch.com/pfass-report-form/>

ChemSec (2021). EU measures to tackle hazardous chemicals build on incorrect data. ChemSec Statement 27.5.2021. EU measures to tackle hazardous chemicals build on incorrect data.

Coelho, S., Rafael, S., Lopes, D., Miranda, A.I., Ferreira, J. (2021). How changing climate may influence air pollution control strategies for 2030? *Science of the Total Environment* 758. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143911>

Cole, D. H., Grossman, P.Z. (1999). "When Is Command-and-Control Efficient? Institutions, Technology, and the Comparative Efficiency of Alternative Regulatory Regimes for Environmental Protection". *Articles by Maurer Faculty*. 590. <https://www.repository.law.indiana.edu/facpub/590>

Collins, A.L. (2016). Tackling agricultural diffuse pollution: What might uptake of farmer-preferred measures deliver for emissions to water and air? *Science of the Total Environment* 547, 269–281.

Cousins I., Balan S., Scheringer M., Weber R., Wang Z., Blum A., Diamond M., Fletcher T., Goldenman G., Higgins C., Lindeman A., Peaslee G., Trier X. & de Voogt P. 2015. Comment on "Fluorotechnology Is Critical to Modern Life: The FluoroCouncil Counterpoint to the Madrid Statement". *Correspondence. Environmental Health Perspectives: Vol. 123, 7, 2015: A170.*

Cousins I., Goldenman G., Herzke D., Lohmann R., Miller M., Ng C., Patton S., Scheringer M., Trier X., Vierke L., Wang Z. & DeWitt J. (2019). The concept of essential use to determine when uses of PFAS can be phased out. *Environ. Sci.: Processes Impacts*, 2019, 21, 1803-1815.

Dahlbo, H., Vähä, E., Turunen, T., Forsius, K., Jouttijärvi, T., Järvinen, E., Månsson, A., Kalisz, M., Leuthold, S., Kupits, K. (2021). Promoting non-toxic material cycles in the preparation of Best Available Technique Reference Documents (BREFs). Reports of the Finnish Environment Institute 24/2021. <http://hdl.handle.net/10138/329318>

Danish EPA (2017). Exposure of children and unborn children to selected chemical substances. Survey of chemical substances in consumer products No. 158, 2017. http://orbit.dtu.dk/files/136888869/Eksponeringsrapport_ENG_.pdf

Delpero C. (2021a). In-depth: What you need to know about the EU's PFAS crack-down. ENDS Europe News 3.6.2021.

Delpero C. (2021b). EU's PFAS phase-out panned by plastics lobby. ENDS Europe News 2.6.2021.

Delpero C. (2021c). Commission moves ahead with plans for new hazardous chemicals classes. ENDS Europe News 10.8.2021.

Demirel, P., Iadridis, K., Kesidou, E. (2018). The impact of regulatory complexity upon self-regulation: Evidence from the adoption and certification of environmental management systems. *Journal of Environmental Management* 207, 80-91

Doole, Graeme J. ym. (2013). Evaluation of agri-environmental policies for reducing nitrate pollution from New Zealand dairy farms accounting for farm heterogeneity. *Land Use Policy* 30, 57– 66

Dufva, M. & Ahlqvist, T. (2015). Miten edistää hallituksen ja eduskunnan välistä tulevaisuusdialogia? Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 17/2015

Dulio, Valeria ym. (2018). Emerging pollutants in the EU: 10 years of NORMAN in support of environmental policies and regulations. *Environ Sci Eur* 30:5.

EEB: A CAP for zero-pollution and a circular economy. Policy Brief

EC [Euroopan komissio] 2011. European Commission, Health and Consumer Protection Directorate-General, Scientific Committee on Consumer Safety, Scientific Committee on Health and Environmental Risks, Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks, Toxicity and Assessment of Chemical Mixtures. http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/environmental_risks/docs/scher_o_155.pdf.

EC [Euroopan komissio] 2012. Guidance Document No. 28 Technical Guidance on the Preparation of an Inventory of Emissions, Discharges and Losses of Priority and Priority Hazardous Substances. Common Implementation Strategy for the WFD (2000/60/EC). Technical Report 2012–058.

EC [Euroopan komissio] 2015. Commission Implementing Decision (EU) 2015/495 of 20 March 2015 establishing a watch list of substances for Union-wide monitoring in the field of water policy pursuant to Directive 2008/105/EC of the European Parliament and of the Council.

EC [Euroopan komissio] 2017. A European One Health Action Plan against Antimicrobial Resistance (AMR). https://ec.europa.eu/health/sites/default/files/antimicrobial_resistance/docs/amr_2017_action-plan.pdf

EC [Euroopan komissio] 2018. Commission Implementing Decision (EU) 2018/840 of 5 June 2018 establishing a watch list of substances for Union-wide monitoring in the field of water policy pursuant to Directive 2008/105/EC of the European Parliament and of the Council and repealing Commission Implementing Decision (EU) 2015/495.

EC [Euroopan komissio] 2019a. SWD(2019) 439; Commission Staff Working Document. Fitness Check of the Water Framework Directive, Groundwater Directive, Environmental Quality Standards Directive and Floods Directive.

EC [Euroopan komissio] 2019b. SWD(2019) 700; Commission Staff Working Document. Evaluation of the Council Directive 91/271/EEC of 21 May 1991, concerning urban waste-water treatment.

EC [Euroopan komissio] 2020a. Kestävyyttä edistävä kemikaalistrategia - Kohti myrkytöntä ympäristöä, esittelylehtinen. Publications Office of the EU. KH0220859FIN.fi.pdf

EC [Euroopan komissio] 2020b. SWD(2020) 249; Commission Staff Working Document. Poly- and perfluoroalkyl substances (PFAS). Accompanying the Chemicals Strategy for Sustainability.

EC [Euroopan komissio] 2020c. SWD(2020) 250; Commission Staff Working Document. Progress report on the assessment and management of combined exposures to multiple chemicals (chemical mixtures) and associated risks. Accompanying the Chemicals Strategy for Sustainability.

EC [Euroopan komissio] 2020d. SWD(2020) 251; Commission Staff Working Document. Fitness Check on endocrine disruptors. Accompanying the Chemicals Strategy for Sustainability.

EC [Euroopan komissio] 2020e. SWD(2020) 247; Commission Staff Working Document. Review of certain provisions of Regulation (EC) No 1907/2006 concerning the Registration, Evaluation, Authorisation and Restrictions of Chemicals (REACH), as laid down in its Article 138. Accompanying the Chemicals Strategy for Sustainability.

EC [Euroopan komissio] 2020f. SWD(2020) 248; Commission Staff Working Document. Synopsis report summarising the feedback received in the context of the Chemicals Strategy for Sustainability. Accompanying the Chemicals Strategy for Sustainability.

EC [Euroopan komissio] 2020g. Commission Implementing Decision (EU) 2020/1161 of 4 August 2020 establishing a watch list of substances for Union-wide monitoring in the field of water policy pursuant to Directive 2008/105/EC of the European Parliament and of the Council.

EC [Euroopan komissio] 2020h. Update on Progress and Implementation - European Union Strategic Approach to Pharmaceuticals in the Environment.

EC [Euroopan komissio] 2020i. Caring for soil is caring for life – Ensure 75% of soils are healthy by 2030 for food, people, nature and climate.

EC [Euroopan komissio] 2021. Report from the commission to the european parliament, the council, the european economic and social committee and the committee of the regions the second clean air outlook. COM/2021/3 final.

ECHA 2016. Know more about the effects of the chemicals we use in Europe. ECHA Press release 16.1.2016. https://echa.europa.eu/fi/view-article/-/journal_content/title/know-more-about-the-effects-of-the-chemicals-we-use-in-europe

ECHA 2018. Annex XV Restriction Report - Proposal for a Restriction of C9-C14 PFCAs -including their salts and precursors. echa.europa.eu/documents/10162/2ec5dfdd-0e63-0b49-d756-4dc1bae7ec61

ECHA 2019a. Annex XV Restriction Report - Proposal for a Restriction of Perfluorohexane sulfonic acid (PFHxS), its salts and PFHxS-related substances. echa.europa.eu/documents/10162/a22da803-0749-81d8-bc6d-ef551fc24e19

ECHA 2019b. Annex XV Restriction Report - Proposal for a Restriction of Undecafluorohexanoic acid (PFHxA), its salts and related substances. <https://echa.europa.eu/documents/10162/c4e04484-c989-733d-33ed-0f023e2a200e>

ECHA 2020a. Bisphenol S has replaced bisphenol A in thermal paper. <https://echa.europa.eu/fi/-/bisphenol-s-has-replaced-bisphenol-a-in-thermal-paper>

ECHA 2020b. Compiled RAC and SEAC opinion on an Annex XV dossier proposing restrictions on Perfluorohexane sulfonic acid (PFHxS) including its salts and related substances. Committee for Risk Assessment (RAC) & Committee for Socio-economic Analysis (SEAC). <https://echa.europa.eu/documents/10162/fdaed5b0-b6e4-9a21-b45d-ca607c05f845>

ECHA 2021. Ehdokasluettelo erityistä huolta aiheuttavista aineista lupamenettelyä varten. Ehdokasluettelo erityistä huolta aiheuttavista aineista lupamenettelyä varten - ECHA (europa.eu). [viitattu 5.10.2021]

EEA 2018a. European waters - Assessment of status and pressures 2018. EEA report No 7/2018. EEA, Copenhagen.

EEA 2018b. Chemicals in European waters - Knowledge developments. EEA report No 18/2018. EEA, Copenhagen.

EEA 2018c, Chemicals for a sustainable future, (<https://www.eea.europa.eu/about-us/governance/scientificcommittee/reports/chemicals-for-a-sustainable-future>)

EEA 2018d. Releases to the environment from Europe's industrial sector. Briefing no. 03/2018. doi: 10.2800/858619

EEA 2021. Air quality in Europe 2021. Report no. 15/2021

EEA 2019. The European environment – state and outlook 2020. EEA, Copenhagen.

EEA 2020. EEA Signals 2020: Towards zero pollution in Europe. EEA, Copenhagen.

EEA 2021. Briefing no. 19/2021. Health impacts of air pollution in Europe, 2021. doi: 10.2800/08097

EEB 2020. PFASs – avoiding the streetlight effect - An overview of the current situation in the EU. 15.7.2020. European Environmental Bureau (EEB). <https://eeb.org/library/pfass-avoiding-the-streetlight-effect/>

EEB 2021. ECHA's progress towards implementing REACH principles: 10 crucial tests for 2021. June 2021. European Environmental Bureau (EEB). <https://eeb.org/library/echa-progress-on-reach-10-crucial-tests-for-2021/>

EFPIA 2015. ECO-PHARMACO-STEWARDSHIP (EPS) - A Holistic Environmental Risk Management Program. www.efpia.eu/media/25628/eps-a-holistic-environmental-risk-management-program.pdf. [Viitattu 10.3.2022.]

EFPIA 2021. Pharmaceuticals in the Environment (PIE) - EFPIA works towards a balanced, evidence-based framework of Eco-Pharmaco-Stewardship to be utilised in addressing the emerging problem of PIE in Europe Pharmaceuticals in the Environment (PIE) (efpia.eu)

EFSA 2018. Guidance on harmonised methodologies for human health, animal health and ecological risk assessment of combined exposure to multiple chemicals <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2019.5634> <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2019.5634>

Ek Henning, H., Putna.Nimane, I., Kalinowski, R., Perkola, N., Bogusz, A., Kublina, A., Haiba, E., Barda, I., Karkovska, I., Schütz, J., Mehtonen, J., Siimes, K., Nyhlén, K., Dzintare, L., Äystö, L., Sinics, L., Laht, M., Lehtonen, M., Stapf, M., Stridh, P., Poikäne, R., Hoppe, S., Lehtinen, T., Kõrgma, V., Junttila, V., Leisk, Ü. (2020). Pharmaceuticals in the Baltic Sea Region – emissions, consumption and environmental risks. Report no. 2020:28, Länsstyrelsen Östergötland, Linköping. <https://www.lansstyrelsen.se/4.f2dbbcc175974692d268b9.html>

EMA 2006. Guideline on environmental risk assessment of medicinal products for human use. European Medicines Agency. Committee for Medicinal Products for Human Use (CHMP). EMEA/CHMP/SWP/4447/00 corr2; <https://www.ema.europa.eu/en/environmental-risk-assessment-medicinal-products-human-use>

EMA 2018. Guideline on environmental risk assessment of medicinal products for human use. Draft 15 November 2018. European Medicines Agency. Committee for Medicinal Products for Human Use (CHMP). EMEA/CHMP/SWP/4447/00 Rev. 1. https://www.ema.europa.eu/en/documents/scientific-guideline/draft-guideline-environmental-risk-assessment-medicinal-products-human-use-revision-1_en.pdf

EmConSoil (2019). CHALLENGES FOR EMERGING SOIL CONTAMINANT GOVERNANCE & POLICY CREATING A MULTI-STAKHOLDER NETWORK. OVAM.

Endres, A., Firehe, T., Rundshagen, B. (2020). Diffusion and adoption of advanced emission abatement technology induced by permit trading. *Journal of Public Economic Theory* 22, 1313-1337. DOI: 10.1111/jpet.12430

ENDSEurope 2022. Leak: Draft ecodesign law sets out plans for 'product passport'. 2.3.2022

Environment Council 2009. Council conclusions on combination effects of chemicals', 2988th Environment Council meeting Brussels, 22 December 2009. https://www.consilium.europa.eu/uedocs/cms_data/docs/pressdata/en/envir/112043.pdf

Erdogan Hakki, E., Havlicek E., Dazzi C., Montanarella L., Van Liedekerke M., Vrščaj B., Krasilnikov P., Khasankhanova G., Vargas R. (2021). SOIL conservation and SDG'S achievement in Europe and central Asia: WHICH role for the European SOIL partnership?, *International Soil and Water Conservation Research* (2021), doi: <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2021.02.003>.

Ernhede C. (2021). 'Forever chemicals': EU executive bans 'around 200' PFAS. ENDS Europe News 31.8.2021.

Esteban, E., Albiac, J. (2012). Assessment of Nonpoint Pollution Instruments: The Case of Spanish Agriculture. *International Journal of Water Resources Development*, 28:1, 73-88. DOI: 10.1080/07900627.2012.640878

Escher B.I., Aït-Aïssa S., Behnisch P.A., Brack W., Brion F., Brouwer A., Buchinger S., Crawford S.E. et al. (2018). Effect-based trigger values for in vitro and in vivo bioassays performed on surface water extracts supporting the environmental quality standards (EQS) of the European Water Framework Directive. *Sci. Tot. Environ.* 628-629: 748-765.

EU 2014. Technical report on aquatic effect-based monitoring tools. Technical Report – 2014 – 077.

EU 2021. Technical proposal for effect-based monitoring and assessment under the Water Framework Directive. Report to the Common Implementation Strategy (CIS) Working Group Chemicals on the outcome of the work performed in the subgroup on Effect-Based Methods (EBM). October 2021.

EurEau 2021a. EurEau's expectations for a revised UWWTD - Waste water service provider's contribution to the Green Deal. Public statement. April 2021.

<https://www.eureau.org/resources/news/540-eureau-s-expectations-for-a-revised-uwwtd>

EurEau 2021b. Briefing note on PFAS and wastewater. May 2021.

www.eureau.org/resources/news/544-briefing-note-on-pfas-and-wate-water

Euroopan Tilintarkastus tuomioistuin (2018). Aavikoitumisen torjunta EU:ssa: kasvava uhka edellyttää enemmän toimia.

Fang, Z., Bai, H., Bilan, Y. (2019). Evaluation Research of Green Innovation Efficiency in China's Heavy Polluting Industries. Sustainability 12.

doi:10.3390/su12010146

Feng, Z., Chen, W. (2018). Environmental regulation, green innovation, and industrial green development: An empirical Analysis Based on the spatial Durbin model. Sustainability 10, 223. doi:10.3390/su10010223

Fjäder, P., Ala-Ketola, U., Kauppi, S., Korkalainen, M., Lehtiniemi, M., Salminen, J., Selonen, S., Setälä, O., Sillanpää, M., Sorvari, J., Sillanpää, S., Talvitie, J., Turunen, T., Virkkunen, H. (tulossa). Muovien haitalliset ympäristö- ja terveysvaikutukset. Mysteri-hankkeen loppuraportti.

Font, A. & Fuller, G.W. (2016). Did policies to abate atmospheric emissions from traffic have a positive effect in London? Environmental Pollution 218, 463-474. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2016.07.026>

Forsius, K., Jouttijärvi, T., Vähä, E. Teollisuuspäästödirektiivin mukaisen jätteenkäsittelytoiminnan BAT-inventaario (BAT 3) - vaarallisten aineiden tunnistaminen. Saatavilla: https://www.ymparisto.fi/fi-fi/kulutus_ja_tuotanto/Paras_tekniikka_BAT

Geissen, V. ym. (2015). Emerging pollutants in the environment: A challenge for water resource management. International Soil and Water Conservation Research 3, 57–65.

Ghosal, V., Stephan, A., Weiss, J.F. (2019). Decentralized environmental regulations and plant-level productivity. Bus Strat Env. 28, 998–1011.

Gluge J., Scheringer M., Cousins I., DeWitt J. Goldenman G., Herzke D., Lohmann R., Ng C., Trier X. & Wang Z. (2020). An overview of the uses of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS). Environ. Sci.: Processes Impacts, 2020, 22, 2345-2373.

Gohlke-Kokkonen, M. 2016. Lääketeollisuus haluaa ehkäistä lääkkeiden ympäristövai-
kutuksia. SIC! 3/2016. [http://sic.fimea.fi/arkisto/2016/3_2016/vain-
verkossa/laaketeollisuus-haluaa-ehkaista-laakkeiden-ymparistovaikutuksia](http://sic.fimea.fi/arkisto/2016/3_2016/vain-
verkossa/laaketeollisuus-haluaa-ehkaista-laakkeiden-ymparistovaikutuksia). [Viitattu
10.3.2022]

Gonzalez Lago, M., Plant, R., Jacobs, B. (2019): Re-politicising soils: What is the role
of soil framings in setting the agenda? *Geoderma* 349, 97–106

Grebot, B., Tweed, J., Tsamis, A., Scarborough, T., Iopez, A., Illes, A., Hekman, J.,
Stephenson, S., Menaude, H., Anderson, N., Winter, B., Waxender, H., Schindler, I.,
McNeill, A., Pelsy, F., Rouas, V. (2020). Support to the evaluation of the Industrial
Emissions Directive (Directive 2010/75/EU). European Commission.
doi:10.2779/472702

Greiner, L. ym. (2018). Assessment of soil multi-functionality to support the sustaina-
ble use of soil resources on the Swiss Plateau. *Geoderma Regional* 14.

Guo, J. ym. (2020). Source, migration and toxicology of microplastics in soil. *Environ-
ment International* 137.

Haavisto, T., Retkin, R. (2014). Perfluorattujen yhdisteiden aiheuttama ympäristön pi-
laantuminen paloharjoitusalueilla. SYKEN raportteja 11/2014.

Hakanen A., Jalava J. & Kaartinen L. (2017). Mikrobilääkeresistenssin torjunnan kan-
sallinen toimintaohjelma 2017–2021. Sosiaali- ja terveysministeriön julkaisuja 2017:4.
<https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/79886>

Hale S. E., Arp H. P. H., Schliebner I. & Neumann M. (2020a). What's in a Name: Per-
sistent, Mobile, and Toxic (PMT) and Very Persistent and Very Mobile (vPvM) Sub-
stances. *Environ. Sci. Technol.* 2020, 54, 14790–14792.

Hale S. E., Arp H. P. H., Schliebner I. & Neumann M. (2020b). Persistent, mobile and
toxic (PMT) and very persistent and very mobile (vPvM) substances pose an equiva-
lent level of concern to persistent, bioaccumulative and toxic (PBT) and very persis-
tent and very bioaccumulative (vPvB) substances under REACH. *Environmental Sci-
ences Europe* 32:155.

Hasler, B., ym. (2019): Cost-effective abatement of non-point source nitrogen emis-
sions – The effects of uncertainty in retention. *Journal of Environmental Management*
246, 909–919.

He, W., Yang, W., Choi, S. (2018). The Interplay Between Private and Public Regulations: Evidence from ISO 14001 Adoption Among Chinese Firms. *J Bus Ethics* 152:477–497.

Heikinheimo A., Johansson V., Mehtonen J. & Häkkinen E. (2020). Lääkejätteen vähentäminen ja oikea hävittäminen osa mikrobilääkeresistenssin torjuntaa. *Eläinlääkäri-lehti* 8/2020: 495-498.

Hellsten, S., Dalgaard, T., Rankinen, K., Tørseth, K., Bakken, L., Bechmann, M., Kulmala, A., Moldan, F., Olofsson, S., Piil, K., Pira, K., Turtola, E. (2019). *Journal of Environmental Management* 236. 674-686. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.11.143>

Helmholtz Centre for environmental research (2019). Providing support in relation to the implementation of the EU Soil Thematic Strategy – Drivers and transboundary impacts of soil degradation.

Hermens, J., Leeuwangh, P. (1982). Joint toxicity of mixtures of 8 and 24 chemicals to the guppy (*Poecilia reticulata*), *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 6:302-310.

Hildén, M., Kupiainen, K., Forsius, M., Salonen, R.O. (2017). Mustan hiilen päästöjä vähentämällä jarrutetaan arktista lämpenemistä. SYKE Policy Brief. ISBN 978-952-11-4878-1 (PDF)

Hodgson R. (2021). Planned EU rules would have barred many microplastics and PFAS, says Commission official. *ENDS Europe News* 22.9.2021.

Howe, C. W & Lee, D. W. (1983). Priority Pollution Rights: Adapting Pollution Control to a Variable Environment. *Land Economics* 59(2): 141-149.

Hsueh, L. (2013). Beyond regulations: Industry voluntary ban in arsenic use. *Journal of Environmental Management* 131, 435-446.

Hu, G., Jin, T., Liu, Y. (2019). Effects of environmental regulation on the upgrading of Chinese manufacturing industry. *Environmental Science and Pollution Research* 26: 27087-27099. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-05808-5> nese manufacturing industry.

Huybrechts, D., Derden, A., Van den Abeele, L., Vander Aa, S. & Smets, T. (2018). Best available techniques and the value chain perspective. *J of Cleaner Production* 174, 847-856.

IPCS 2002. Global assessment of the state-of-the-science of endocrine disruptors. Geneva, Switzerland, World Health Organization, International Programme on Chemical Safety.

Izydorczyk, K. ym. (2019). The ecohydrological approach, SWAT modelling, and multi-stakeholder engagement – A system solution to diffuse pollution in the Pilica basin, Poland. *Journal of Environmental Management* 248.

Jiménez-Parra, B., Alonso-Martínez, D., Godos-Díez, J.-L. (2018). The influence of corporate social responsibility on air pollution: Analysis of environmental regulation and eco-innovation effects. *Corp Soc Resp Env Ma.* 25:1363–1375.

Juerges, N., Hansjürgens, B. (2018). Soil governance in the transition towards a sustainable bioeconomy - A review. *Journal of Cleaner Production* 170, 1628-1639.

Kaartinen T. (2020). Ajankohtaiset PFAS-yhdisteitä koskevat EU-rajoitusasiat. Esitys Kansallisen PFAS-verkoston kokouksessa 15.12.2020.

Kang, S.J., Lee, S. (2021). Impacts of Environmental Policies on Global Green Trade. *Sustainability* 13. <https://doi.org/10.3390/su13031517>.

Kautto, P. & Valve, H. (2019). Cosmopolitics of a Regulatory Fit: The Case of Nanocellulose. *Science as Culture*, 28:1.

KEMI 2015. Occurrence and use of highly fluorinated substances and alternatives: Report from a government assignment. KEMI report 7/2015.

Knol-Kauffman, M., Solås, A.-M., Arbo, P. (2021). Government-industry dynamics in the development of offshore waste management in Norway: from prescriptive to risk-based regulation. *Journal of Environmental Planning and Management* 64:4, 649-670. DOI: 10.1080/09640568.2020.1779676

KOM (2001) 88, lopullinen. Komission ehdotus: Valkoinen kirja - Tulevaa kemikaalipolitiikkaa koskeva strategia.

KOM (2012) 252 Komission tiedonanto neuvostolle – Kemikaalien yhteisvaikutukset: Kemialliset seokset

KOM (2019) 128, lopullinen. Komission tiedonanto Euroopan parlamentille, neuvostolle ja Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle: Euroopan unionin strateginen lähestymistapa ympäristössä oleviin lääkeaineisiin

KOM (2019) 640, lopullinen. Komission tiedonanto Euroopan parlamentille, Eurooppa-neuvostolle, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle – Euroopan vihreän kehityksen ohjelma

KOM (2020) 102, lopullinen. Komission tiedonanto Euroopan parlamentille, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle ja alueiden komitealle: Euroopan uusi teollisuusstrategia.

KOM (2020) 380, lopullinen. Komission tiedonanto Euroopan parlamentille, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle ja alueiden komitealle: Vuoteen 2030 ulottuva EU:n biodiversiteettistrategia - Luonto takaisin osaksi elämäämme

KOM (2020) 381, lopullinen. Komission tiedonanto Euroopan parlamentille, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle ja alueiden komitealle: Pellolta pöytään -strategia - Oikeudenmukaista, terveyttä edistävää ja ympäristöä säästävää elintarvikkejärjestelmää varten

KOM (2020) 667, lopullinen. Komission tiedonanto Euroopan parlamentille, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle ja alueiden komitealle: Kestävyyttä edistävä kemikaalistrategia - Kohti myrkyttöä ympäristöä.

KOM (2020) 761, lopullinen. Komission tiedonanto Euroopan parlamentille, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle ja alueiden komitealle: Euroopan lääkestrategia.

KOM (2021) 400, lopullinen. Komission tiedonanto Euroopan parlamentille, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle ja alueiden komitealle: Terve maapallo kaikille EU:n toimintasuunnitelma ”Kohti ilman, veden ja maaperän saasteettomuutta”

KOM (2021) 699 lopullinen. Komission tiedonanto Euroopan parlamentille, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle ja alueiden komitealle – Vuoteen 2030 ulottuva EU:n maaperästrategia Terveestä maaperästä hyötyä ihmisille, elintarvikkeille, luonnolle ja ilmastolle.

Korhonen, J., Pätäri, S., Toppinen, A., Tuppuru, A. (2015). The role of environmental regulation in the future competitiveness of the pulp and paper industry: the case of the sulfur emissions directive in Northern Europe. *Journal of Cleaner Production* 108, 864-872.

Korkki K. (2006). Perfluorattujen alkyyliaineiden (PFAS) aiheuttamat ympäristöriskit Suomessa. *Suomen Ympäristö* 14.

Kortenkamp, A., Faust, M. (2018). Regulate to reduce chemical mixture risk. *Science* 361: 224-226.

Koulu, R. (2018). Digitalisaatio ja algoritmit – oikeustiede hukassa? *Lakimies* 7–8/2018 s. 840–867.

Koulu, R., Mäihäniemi, B., Kyyrönen, V., Hakkarainen, J. & Markkanen, K. (2019). Algoritmi päätöksentekijänä? Tekoälyn hyödyntämisen mahdollisuudet ja haasteet kansallisessa sääntely-ympäristössä. Helsinki: valtioneuvosto. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2019:44.

Krupanek J., Vähä E., Forsius K., Högmänder P., Johansson A., Jouttijärvi T., Mehtonen J., Kalisz M., Kupits K., Leuthold S., Bomark S. & Månsson A. (2021). Sectoral Guidance for Chemicals Management in the Surface Treatment of Metals and Plastics Industry. HAZBREF project Activity 4.1 report. <https://www.naturvardsverket.se/Om-Naturvardsverket/Publikationer/ISBN/6900/978-91-620-6954-4/>

Kukkonen, J., López-Aparicio, S., Segersson, D., Geels, C., Kangas, L., Kauhaniemi, M., Maragkidou, A., Jensen, A., Assmuth, T., Karppinen, A., Sofiev, M., Hellén, H., Riikonen, K., Nikmo, J., Kousa, A., Niemi, J.V., Karvosenoja, N., Sousa Santos, G., Sundvor, I., Im, U., Christensen, J.H., Nielsen, O., Plejdrup, M., Nøjgaard, J.K., Omsted, G., Andersson, C., Forsberg, B., Brandt, J. (2020). The influence of residential wood combustion on the concentrations of PM_{2.5} in four Nordic cities. *Atmospheric Chemistry and Physics* 20:7 4333-4365. <https://doi.org/10.5194/acp-20-4333-2020>

Kuklinska, K., Wolska, L., Namiesnik, J. (2015). Air quality policy in the U.S. and the EU – a review. *Atmospheric Pollution Research* 6, 129-137. doi:10.5094/APR.2015.015

Kümmerer K. & Hempel M. (toim.). (2010). *Green and Sustainable Pharmacy*.

Kärroman A., Wang T. & Kallenborn R. (2019). PFASs in the Nordic environment. *TemaNord* 2019:515.

Köhler, J. ym. (2015). *Concurrent Design Foresight*. Report to the European Commission of the Expert Group on Foresight Modelling.

Laitinen J., Vieno N. & Kandelberg K. (2020). Jätevesien lääkejäämien käsittelyn kustannustehokkuus. *Vesitalous* 1/2020: 17-19.

Larsson D. G. J. (2014). Pollution from drug manufacturing: review and perspectives. 369. *Phil. Trans. R. Soc. B*.

Lascoumbes, P. & Le Gales, P., (2007). Introduction: Understanding Public Policy through Its Instruments—From the Nature of Instruments to the Sociology of Public Policy Instrumentation. *Governance* 20.

Lavee D. (2018). Cost-benefit analysis of implementing policy measures for reducing PM and O₃ concentrations: the case of Israel. *International journal of sustainable development & world ecology* 25:8, 683-695. <https://doi.org/10.1080/13504509.2018.1466210>

Lee, J., Woo, J. (2020). Green New Deal policy of South Korea: Policy Innovation for a Sustainability Transition. *Sustainability* 12. doi:10.3390/su122310191

Leisk Ü., Kõrgmaa V., Bregendahl J., Junntila V., Äystö L., Mehtonen J., Schütz J., Stapf M., Kubliņa A., Cakars I., Dworak A., Walkowiak R., Nyhlén K. & Lindstam J. (2020). Enhanced environmental permitting of pharmaceutical plants in the Baltic Sea region. CWPPharma Activity 4.3 Report. https://zenodo.org/record/4291927#.X79_trMxm70

Leppänen, M., Akkanen, J., Karjalainen, A., Lehtonen, K. & Mäenpää, K. (2015). Vesien sedimentit haitta-aineiden arkistona - Ympäristöriskinarviointi odottaa tekijäänsä. *Ympäristö ja Terveys* 4/2015: 48-55.

Li, M., Du, W., Tang, S. (2021). Assessing the impact of environmental regulation and environmental co-governance on pollution transfer: Micro-evidence from China. *Environmental Impact Assessment Review* 86, 106467.

Li, Y.; Cheng, Y.; Zhou, L.; Yang, Y. (2021). Advances, Norms, and Perspectives in Product Chemical Footprint Research. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 18, 2728. <https://doi.org/10.3390/ijerph18052728>

Lim, S., Prakash, A. (2014). Voluntary Regulations and Innovation: The Case of ISO 14001. *Public Administration Review*.

Lindholm-Lehto P., Knuutinen J., Herve S. & Ahkola H. (2015). Lääkeaineet jätevedenpuhdistamolla ja vesistöissä. *Ympäristö ja Terveys* 3/2015: 38-43.

Lodge, M. (2019). How far to nudge? Assessing behavioural public policy. *Public Admin*, 97: 233-234.

Londesborough S. (toim.), Holm K., Jaakkonen S., Jokela S., Kallio-Mannila K., Mannio J., Mehtonen J., Nikunen E., Pyy O., Siimes K., Silvo K. & Verta M. (2006). Haitallisista aineista aiheutuvan kuormituksen vähentäminen - Taustaselvitys osa II, Vesien-suojelun suuntaviivat vuoteen 2015. SYKE:n raportteja 23/2006.

Lopez-Aparicio, S. & Grythe, H. (2020). Evaluating the effectiveness of a stove exchange programme on PM2.5 emission reduction. *Atmospheric Environment* 231, <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2020.117529>.

Louhisalmi M., Alajärvi L., Martikainen M. & Timonen J. (2020). Suomalaiset palauttavat lääkejätteen apteekkiin – kyselytutkimus käyttämättömien ja vanhentuneiden lääkkeiden hävityskäytännöistä aikuisväestölle. *Dosis* 3/2020: 384–397.

Mannio, J. & Holm, K. (2015). Ympäristölle haitallisten aineiden kartoitukset – sääntelyn kompassi. *Ympäristö ja Terveys* 3/2015: 26-31.

Mardones, C., Saavedra, A. (2016). Comparison of economic instruments to reduce PM2.5 from industrial and residential sources. *Energy Policy* 98, 443-452. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2016.09.011>

Mardones, C., Sanhueza, L. (2015). Tradable permit system for PM2.5 emissions from residential and industrial sources. *Journal of Environmental Management* 157 326-331. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.03.054>

Marini, M., Caro, D., Thomsen, M. (2020). The new fertilizer regulation: A starting point for cadmium control in European arable soils? *Science of the Total Environment* 745.

Martin, O.V., Martin, S., Kortenkamp, A. (2013). Dispelling urban myths about default uncertainty factors in chemical risk assessment – sufficient protection against mixture effects? *Environ Health* 12, 53. <https://doi.org/10.1186/1476-069X-12-53>

Mauzerall, D. (2021). Win-Win Opportunities to Improve Air Quality, Decrease GHG Emission, and Increase Solar PV Generation. *Nature Conference on Sustainable Solutions for Pollution Control*. Konferenssiesitelmä 29.4.2021.

Meek, M.E., Boobis, A.R., Crofton, K.M., Heinemeyer, G., van Raaij, M., Vickers, C. (2011). Riskassessment of combined exposure to multiple chemicals: A WHO/IPCS framework. *Reg. Toxicol. Pharmacol.* 60 S1–S14 <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21466831/>

- Mehtonen, J., Perkola, N., Reinikainen, J., Seppälä, T. & Suikkanen, J. (2016). Perfluoratut yhdisteet - tietopaketti. SYKE. 13 s. Vain sähköisesti: www.ymparisto.fi/fi-FI/Kulutus_ ja_ tuotanto/Kemikaalien_ymparistoriskit/Ymparistoon_paatyvät_haitalliset_aineet/Perfluoratut_yhdisteet
- Mehtonen, J., Holmberg, M., Räike, A., Siimes, K., Vähä, E. ym. (2018). Vesipuitediaktiivin mukainen vesiympäristölle vaarallisten ja haitallisten aineiden (12 uutta EU-prioriteettia) kuormitusinventaario. https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesiensuojelu/Vesienhoidon_suunnittelu_ ja_ yhteistyö/Suunnitteluopas/Vesiymparistolle_vaarallisten_ ja_ haitallisten_aineiden_kuormitusinventaario(48680)
- Mehtonen, J., Äystö, L., Junttila, V., Perkola, N., Lehtinen, T., Bregendahl, J., Leisk, Ü., Kõrgmaa, V., Aarma, P., Schütz, J., Stapf, M., Kublina, A., Karkovska, I., Szumska, M., Bogusz, A., Kalinowski, R., Spjuth, S., Nyhlén, K., Jakobsson, T., Suzdalev, S. & Kaskelainen, E. (2020). Good practices for take-back and disposal of unused pharmaceuticals in the Baltic Sea region. Reports of the Finnish Environment Institute 34/2020. <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/319009>
- Mehtonen, J., Siimes, K., Junttila, V., Holmberg, M., Pyy, O., Räike, A., Vuorenmaa, J. ym. (2021a). VPD:n vesiympäristölle vaarallisten ja haitallisten aineiden kuormitusinventaario II - tietoa vesienhoidon suunnitteluun vuosille 2022 – 2027. https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesiensuojelu/Vesienhoidon_suunnittelu_ ja_ yhteistyö/Suunnitteluopas/Vesiymparistolle_vaarallisten_ ja_ haitallisten_aineiden_kuormitusinventaario_II(48680)
- Mehtonen, J., Junttila, V., Siimes, K., & Holmberg, M. (2021b). Vaaralliset ja haitalliset aineet - kuormitusinventaarion tuloksia. Ympäristö ja Terveys 8/2021: 32-37.
- Mewes, M. (2012). Diffuse nutrient reduction in the German Baltic Sea catchment: Cost-effectiveness analysis of water protection measures. *Ecological Indicators* 22, 16–26.
- Minkkinen L., Leppä E., Pohjanoksa-Mäntylä M. (2020). Lääkkeiden kansallinen ympäristöluokitus – millaista tietoa apteekeissa tarvitaan lääkkeiden ympäristövaikutuksista? *Dosis* 3/2020: 398–414.
- Miranda, A., Silveira, C., Ferreira, J., Monteiro, A., Lopes, D., Relvas, H., Borrego, C. & Roebeling, P. (2015). Current air quality plans in Europe designed to support air quality management policies. *Atmospheric Pollution Research* 6, 434-443. doi: 10.5094/APR.2015.048

Misuraca, G., and van Noordt, C. (2021). Overview of the use and impact of AI in public services in the EU. Luxembourg: Publications Office of the European Union.

Mol, G., Keesstra, S. (2012). Soil science in a changing world. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 4:473–477

Molinos-Senante, M., Porcher, S., Maziotis, A. (2017). Impact of regulation on English and Welsh water-only companies: an input-distance function approach. *Environmental Science and Pollution Research* 24, 16994-17005. DOI: 10.1007/s11356-017-9345-2

Montobbio, F., Solito, I. (2018). Does the Eco-Management and Audit Scheme Foster Innovation in European Firms? *Business Strategy and the Environment*, 27, 82-99. DOI: 10.1002/bse.1986

Mänttari M., Kallioinen M., Vornamo T. (2020). Lääkeaineiden kuorma jätevedenpuhdistamolle ja niiden primääripäästölähteet. *Vesitalous* 1/2020: 13-16.

Naidu, R., Biswas, B., Willett, I.R., Cribb, J., Singh, B.K., Nathanail, C.P., Coulon, F., Semple, K.T., Jones, K.C., Barclay, A., & Aitken, R.J. (2021). Chemical pollution: A growing peril and potential catastrophic risk to humanity. *Environ. Int.* 156, 106616.

Neumann M. & Schliebner I. (2019). UBA Texte 127/2019: Protecting the sources of our drinking water: The criteria for identifying Persistent, Mobile, and Toxic (PMT) substances and very Persistent, and very Mobile (vPvM) substances under the EU chemical legislation REACH. German Environmental Agency (UBA).

Neumann M. (2021). A brief history of the PMT/vPvM criteria – presentation 25.3.2021 in 3rd PMT Workshop: Getting control of PMT and vPvM substances under REACH. <https://www.umweltbundesamt.de/en/the-third-pmt-workshop-2021>

van Noordt, C. ja Misuraca, G. (2020). Exploratory Insights on Artificial Intelligence for Government in Europe. *Social Science Computer Review*. doi: 10.1177/0894439320980449.

Nystén T., Äystö L., Laitinen J., Mehtonen J., Alhola K., Leppänen M., Perkola N., Vieno N., Sikanen T., Yli-Kauhaluoma J., Karlsson S., Virtanen V. & Teräsalmi E. (2019). Ympäristöön päätyviä lääkepäästöjä voidaan vähentää. SYKE Policy Brief - Näkökulmia ympäristöpolitiikkaan 17.5.2019. <http://hdl.handle.net/10138/301742>

Nystén T. & Äystö L. (2020). Pääkirjoitus: Ohjauskeinoilla ja tehokkailla jätevedenpuhdistusmenetelmillä voidaan vähentää lääkettämyynteistä aiheutuvia päästöjä ympäristöön. *Vesitalous* 1/2020: 4.

OECD (2010). *Risk and Regulatory Policy – Improving the governance of Risk*. OECD Review of Regulatory Reform.

OECD (2018). *Considerations for Assessing the Risks of Combined Exposure to Multiple Chemicals*. Series on Testing and Assessment No. 296, Environment, Health and Safety Division, Environment Directorate.

OECD (2019a). *Pharmaceutical Residues in Freshwater - Hazards and Policy Responses*. 2019: Paris. <https://www.oecd.org/publications/pharmaceutical-residues-in-freshwater-c936f42d-en.htm>

OECD (2019b). *Health at a Glance 2019: OECD Indicators*. OECD Publishing, Paris. <https://doi.org/10.1787/4dd50c09-en>

OECD (2020). *Health at a Glance: Europe 2020. State of Health in the EU Cycle. Part I Chapter 2*.

Olsen, Y., Klenø Nøjgaard, J., Rørdam Olesen H., Brandt, J., Sigsgaard, T., Pryor, S.C., Ancelet, T., del Mar Viana, M., Querol, X., Hertel, O. (2020). Emissions and source allocation of carbonaceous air pollutants from wood stoves in developed countries: A review. *Atmospheric Pollution Research* 11:2, 234-251. <https://doi.org/10.1016/j.apr.2019.10.007>.

Pacheco-Vega, R. (2020). Environmental regulation, governance, and policy instruments, 20 years after the stick, carrot, and sermon typology. *Journal of Environmental Policy & Planning* 22:5, 620-635. DOI: 10.1080/1523908X.2020.1792862

Paleari, S. (2017). Is the European Union protecting soil? A critical analysis of Community environmental policy and law. *Land Use Policy* 64, 163–173.

Palomäki T. (2016). Ihmislääkkeiden ympäristöriskiä arvioidaan osana myyntilupaa. *Sic!* –lehti 3/2016. https://sic.fimea.fi/arkisto/2016/3_2016/vain-verkossa/ihmislääkkeiden-ymparistoriskia-arvioidaan-osana-myyntilupaa.

Panagos, P., Montanarella, L. (2018). Soil Thematic Strategy: An important contribution to policy support, research, data development and raising the awareness. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 5:38–41.

- Patterson, J.J. (2021). *Remaking Political Institutions: Climate Change and Beyond*. Cambridge University Press.
- Perkola N., Äystö L., Junttila V., Siimes K. & Mehtonen J. (2021). Lääkeaineiden päästöt ja niiden hallinta Itämeren alueella. *Ympäristö ja Terveys* 4/2021: 48-53.
- Persson, L., Carney Almroth, Collins, C.D., Cornell, S., de Wit, C. ym. (2022). Outside the Safe Operating Space of the Planetary Boundary for Novel Entities *Environ. Sci. Technol.*, <https://doi.org/10.1021/acs.est.1c04158>
- Pickstone S. (2021a). Five governments take first step towards EU ban on PFAS. *ENDS Europe News* 19.7.2021.
- Piscitello, A., Bianco C., Casasso, A. & Sethi, R. (2021). Non-exhaust traffic emissions: Sources, characterization, and mitigation measures. *Science of the Total Environment* 766, 144440. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144440>
- Posthuma, L.; Bjørn, A.; Zijp, M.C.; Birkved, M.; Diamond, M.L.; Hauschild, M.Z.; Van de Meent, D. (2014). Beyond safe operating space: Finding chemical footprinting feasible. *Environ. Sci. Technol.*, 48, 6057–6059
- Postma, J. (2019). Effect-based monitoring under the WFD, opportunities, challenges and needs. Summary report of the workshop, 14-15 November 2019, Utrecht, The Netherlands.
- Potoski, M., Prakash, A. (2013). Do Voluntary Programs Reduce Pollution? Examining ISO 14001's Effectiveness across Countries. *Policy Studies Journal*, 41:2.
- Prata, J.C., Patrício Silva, A.L., Da Silva, J.P., Mouneyrac, C., Walker, T.R., Duarte, A.C., Rocha-Santos, T. (2019). Solutions and Integrated Strategies for the Control and Mitigation of Plastic and Microplastic Pollution. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 16, 2411; doi:10.3390/ijerph16132411
- Qu, Y., Yu, Y., Appolloni, A., Li, M., Liu, Y. (2017). Measuring Green Growth Efficiency for Chinese Manufacturing Industries. *Sustainability* 9. doi:10.3390/su9040637
- Ramon, F., Lull, C. (2019). Legal measures to prevent and manage soil contamination and to increase food safety for consumer health: The case of Spain. *Environmental Pollution* 250, 883-891

- Carvalho, R.N., Arukwe, A., Ait-Aissa, S., Bado-Nilles, A., Balzamo, S., Baun, A., Belkin, S., Blaha, L., Brion, F., Conti, D., Creusot, N., Essig, Y., ym. (2014). Mixtures of Chemical Pollutants at European Legislation Safety Concentrations: How Safe Are They? *Toxicol.Sci.* 141: 218–233, <https://doi.org/10.1093/toxsci/kfu118>
- Reemtsma T., Berger U., Arp H. P. H., Gallard H., Knepper T. P., Neumann M., Quintana J. B. & de Voogt P. (2016). Mind the Gap: Persistent and Mobile Organic Compounds - Water Contaminants That Slip Through. *Environ. Sci. Technol.* 2016, 50, 10308–1031
- Regjeringen (2019). Elements for an EU-strategy for PFASs. www.regjeringen.no/contentassets/1439a5cc9e82467385ea9f090f3c7bd7/fluor---eu-strategy-for-pfass---december-19.pdf
- Reinikainen J., Perkola N., Takala M., Äystö L. & Ahkola H. (2019). Perfluorattujen alkylyhdisteiden ympäristötutkimukset ja riskinarviointi. SYKE:n raportteja 21/2019
- Ricardo (2020). Support to the evaluation of the Industrial Emissions Directive (Directive 2010/75/EU). The 1st stakeholder workshop for revision of the IED, 15 December 2020, online. Saatavilla: <https://cdn.ricardo.com/ee/media/assets/ied-ia-workshop-15dec20-minutes.pdf>.
- Ricardo (2021). IED Impact workshop background paper 7.7.2021. The 2nd stakeholder workshop for revision of the IED, 7 July 2021, online. Saatavilla: <https://cdn.ricardo.com/ee/media/assets/ied-ia-workshop-7-jul-21-minutes.pdf>
- Ritscher A., Wang Z., Scheringer M., Boucher J., Ahrens L., Berger U., Bintein S. ym. (2018). Zürich Statement on Future Actions on Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFASs). Brief Communication. *Environmental Health Perspectives*: Vol. 126, 5, 2018: 1-5.
- Romero, J.A., Freedman, M., O'Connor, N. (2018). The impact of Environmental Protection Agency penalties on financial performance. *Business Strategy and the Environment* 27, 1733-1740. <https://doi.org/10.1002/bse.2239>
- Romppanen, S. (2018). Arctic climate governance via EU law on black carbon? *RECIEL* 27, 45-54. DOI: 10.1111/reel.12241
- Rudén C. (2020). Time for smarter and safer chemical management – grouping and mixture risk assessment in European chemicals legislation. Policy Brief 6/2020. Stockholm University Baltic Sea Centre.

Salas, R., Perez-Villadoniga, M.J., Prieto-Rodrigues, J & Russo, A. (2021). Were traffic restrictions in Madrid effective at reducing NO₂ levels? *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 91, 102689. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102689>

Santos, G.S., Sundvor, I., Vogt, M., Grythe, H., Haug, T.W., Hoiskar, B.A. & Tarrason, L. (2020). Evaluation of traffic control measures in Oslo region and its effect on current air quality policies in Norway. *Transport Policy* 99, 251-261. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2020.08.025>

Savolahti, M., Karvosenoja, N., Tissari, J., Kupiainen, K., Sippula, O. & Jokiniemi, J. (2016). Black carbon and fine particle emissions in Finnish residential wood combustion: Emission projections, reduction measures and the impact of combustion practices. *Atmospheric Environment* 140, 495-505. <http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosenv.2016.06.023>

Scheringer M., Trier X., Cousins I., de Voogt P., Fletcher T., Wang Z. & Webster T. (2014). Helsingør Statement on poly- and perfluorinated alkyl substances (PFASs). *Chemosphere* 114; 337–339.

Schwarz S., Gildemeister D., Hein A., Schröder P. & Bachmann J. (2021). Environmental fate and effects assessment of human pharmaceuticals: lessons learnt from regulatory data. *Environmental Sciences Europe* 33:68.

Siimes K., Vähä E., Junttila V., Lehtonen K. & Mannio J. (toim.). (2019). Haitalliset aineet Suomen vesissä: tilanne ja seurannan suuntaviivat. SYKE:n raportteja 8 /2019.

Siimes K. & Mannio J. (2020). Pintavesien kemiallinen tila – Qua vadis? *Vesitalous* 4/2020: 40–45.

Slunge, D., Alpizar, F. (2019). Market-Based Instruments for Managing Hazardous Chemicals: A Review of the Literature and Future Research Agenda. *Sustainability*, 11.

Soils4EU (2019a). Providing support in relation to the implementation of the EU Soil Thematic Strategy Policy brief: "Soil quality in spatial planning". European Commission, DG Environment 2019.

Soils4EU (2019b). Providing support in relation to the implementation of the EU Soil Thematic Strategy Potential of Earth Observation for improved soil monitoring. European Commission, DG Environment 2019.

Soils4EU (2019c). Providing support in relation to the implementation of the EU Soil Thematic Strategy Review of economic, social and environmental impacts of and implementation barriers for soil protection and sustainable management measures for arable land across the EU. European Commission, DG Environment 2019.

Soils4EU Policy Brief (2019). Integrated soil and land policy for Europe.

Sorsa, K. (2011a).: Standardit sääntelyinnovaationa. Teoksessa Lainvalmistel, tutkimus, yhteiskunta: Jyrki Talan juhlakirja.

Sorsa, K. (2011b). Yhteiskuntavastuu, yksityinen sääntely ja systeemiset innovaatiot. Edilex 2011/26.

Stavi, I., Rattan, L. (2015). Achieving Zero Net Land Degradation: Challenges and opportunities. Journal of Arid Environments 112, 44-51.

Stephenson, K., Shabman, L. (2016). Nutrient Assimilation Services for Water Quality Credit Trading Programs: A Comparative Analysis with Nonpoint Source Credits. Coastal Management 45:1, 24-43. DOI: 10.1080/08920753.2017.1237240

STM: EU:n uuden juomavesidirektiivin toimeenpanon valmistelu on alkanut Suomessa - Sosiaali- ja terveystieteiden ministeriö (stm.fi) [28.9.2021].

Stubenrauch, J., Garske, B., Ekardt, F. (2018). Sustainable land use, soil protection and phosphorus management from a cross-national perspective. Sustainability, 10, 1988, 10.3390/su10061988

Suhr M., Forsius K. Ginzky H., Löffler L., Mehtonen J., Häkkinen E., Tietjen L., Moltmann J. F., Månsson A., Pirntke U., Turunen T., Ujfalusi M., Vähä E. & Weiß A. (2020). Analysis of the interfaces, possible synergies or gaps between Industrial Emission Directive, REACH Regulation, Water Framework Directive, Marine Strategy Framework Directive and the POP Regulation concerning hazardous substances. HAZBREF Activity 3.1 Report. <https://www.syke.fi/download/noname/%7BE565D8ED-8AB4-47AA-BAB5-369B9D905B05%7D/160790>

Suhr, M., Forsius, K., Mehtonen, J., Aust, N., Vähä, E., Moltmann, J.F., Månsson, A., Järvinen, E. (2021). Strengthening chemicals management in Best Available Techniques Reference Documents. Reports of the Finnish Environment Institute 48/2021. <http://hdl.handle.net/10138/337588>

Suhr, M., Forsius, K., Ginzky, H., Löffler, L., Mehtonen, J., Häkkinen, E., Tietjen, L., Moltmann, J.F., Månsson, A., Pirntke, U., Turunen, T., Ujfalusi, M., Vähä, E., Weiss, A. (2020). Analysis of the interfaces, possible synergies or gaps between Industrial Emission Directive, REACH Regulation, Water Framework Directive, Marine Strategy Framework Directive and the POP Regulation concerning hazardous substances. HAZBREF Activity 3.1 report. Saatavilla: https://www.syke.fi/en-US/Research_Development/Research_and_development_projects/Projects/Hazardous_industrial_chemicals_in_the_IED_BREFs_HAZBREF/Publications

Söderholm, K., ym. (2017). The transition to chlorine free pulp revisited: Nordic heterogeneity in environmental regulation and R&D collaboration. *Journal of Cleaner Production* 165, 1328-1339.

SWD (2020) 181 final Commission Staff Working Document Evaluation of the Industrial Emissions Directive (IED) – Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council of 24 November 2010 on industrial emissions (integrated pollution prevention and control).

SYKE [Suomen ympäristökeskus] (2020). Ilman epäpuhtauksien päästöt Suomessa. Saatavilla: https://www.ymparisto.fi/fi-fi/kartat_ja_tilastot/ilman_epapuhtauksien_paastot

Taylor, C., ym. (2012). Selecting Policy Instruments for Better Environmental Regulation: a Critique and Future Research Agenda. *Env. Pol. Gov.* 22, 268–292.

Teräsalmi E., Sikanen T., Kärkkäinen R., Äystö, L., Mehtonen J., Virtanen V. & Nystén T. (2020). Lääkkeiden ympäristövaikutusten hallinta sääntelyn avulla. *DOSIS – Farmaseuttinen aikakauskirja* 3/2020: 354-366. https://dosis.fi/wp-content/uploads/2020/09/Dosis_3-2020-1.pdf

Thisgaard P., Zhiteneva V., Miehe U., Stapf M., Perkola N., Mehtonen J., Äystö L. & Ek Henning H. (2020). Action Plan for API Emission Reductions. *CWPharma Activity 5.3 Report*. <https://www.cwpharma.fi/en-US/Publications>

THL (2021). Fluoratut yhdisteet. www.thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/ymparistomyrkyt/tarkempaa-tietoa_ymparistomyrkyista/fluoratut-yhdisteet. [viitattu 23.9.2021]

Trasanda L. (2017). Exploring regrettable substitution: replacements for bisphenol A. *Comment. Lancet Planetary Health: Vol 1, E88-89*. [www.thelancet.com/pdfs/journals/lanplh/PIIS2542-5196\(17\)30046-3.pdf](http://www.thelancet.com/pdfs/journals/lanplh/PIIS2542-5196(17)30046-3.pdf)

Trojanowski, R. & Fthenakis, V. (2019). Nanoparticle emissions from residential wood combustion: A critical literature review, characterization, and recommendations. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 103, 515-528. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.01.007>

Tukes (2018). Kasvinsuojeluaineiden kestävän käytön toimintaohjelma II 2018–2022. Kasvinsuojeluaineiden kestävän käytön toimintaohjelma II 2018-2022 (tukes.fi)

Ulbricht, L. & Yeung, K. (2021). Algorithmic regulation: A maturing concept for investigating regulation of and through algorithms. *Regulation & Governance*, doi:10.1111/rego.12437.

Undeman E., Rasmusson K., Kokorite I., Leppänen M., Larsen M. M. & Pazdro K. (2021). Policy Brief: Call for better management of micropollutants in wastewater. February 2021. Baltic Sea Centre. <https://balticeye.org/en/policy-briefs/better-management-of-micropollutants-in-wastewater/>

UNECE (2021). Executive Body for the Convention on Long-range Transboundary Air Pollution Working Group on Strategies and Review. Fifty-ninth session. Assessment report on ammonia. Geneva 18–21 May 2021. https://unece.org/sites/default/files/2021-03/ECE_EB.AIR_WG.5_2021_7-2102624E.pdf

UNEP/WHO (2013). State of the science of endocrine disrupting chemicals – 2012, Toim. Bergman, Å., Heindel, J.J., Jobling, S., Kidd K.A., and Zoeller, R.T.

UNESCO & HELCOM (2017). Pharmaceuticals in the aquatic environment of the Baltic Sea region. BSEP 149. <https://helcom.fi/media/publications/BSEP149.pdf>

Van Broekhuizen, F.A., Posthuma, L., Traas, T.P. (2017). Addressing combined effects of chemicals in environmental safety assessment under REACH - A thought starter, RIVM Report 2016-0162.

van den Brink P. J. ym. (2018). Toward sustainable environmental quality: Priority research questions for Europe. *Environ. Toxicol. Chem.* 37: 2281-2295.

van der Oost, G. Sileno, M. Suarez Munoz, M.T. Nguyen, H. Besselink, A. Brouwer. (2017). SIMONI (smart integrated monitoring) as a novel bioanalytical strategy for water quality assessment: part I–model design and effect-based trigger values. *Environ. Toxicol. Chem.* 36:2385-2399.

Vedrenne, M., Borge, R., Lumbreras, J., Conlan, B., Rodriguez, M., de Anres, J., de la Paz, D., Perez, D. & Narros, A. (2015). An integrated assessment of two decades of air pollution policy making in Spain: Impacts, costs and improvements. *Science of the Total Environment* 527-528, 351-361. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.05.014>

Vermeulen, W.J.V., Backes, C.W., de Munck, M.C.J., Campbell-Johnston, K., de Waal, I.M., Rosales Carreon ja J.Boeve, M.N. 2021. Pathways for Extended Producer Responsibility on the road to a Circular Economy. White paper based on a literature review and the results of a Delphi study, on the experiences with EPR in the Netherlands. Utrecht: Utrecht University, Circular Economy and Society Hub.

Vesiasian neuvottelukunta (1986). Vesiensuojelun tavoiteohjelma vuoteen 1995. Komiteanmietintö 42/1986.

Viana, M., de Leeuw, F., Bartonova, A., Castell, N., Ozturk, E., González Ortiz, A. (2020). *Environment International* 144, 105907. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105907>

Vieno, N., Sarvi, M., Salo, T., Rämö, S., Ylivainio, K., Ptikänen, T., Kusnetsov, J. (2018). Puhdistamolietteiden sisältämien haitta-aineiden aiheuttamat riskilannoitekäytössä. *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus* 58/2018

Vieno N., Karlsson S., Äystö L. & Mehtonen J., Sikanen T., Kärkkäinen R., Yli-Kauhaluoma J. & Nystén T. (2019). Lääkeaineiden ympäristöluokittelun käyttöönoton mahdollisuudet Suomessa. SYKE:n raportteja 19/2019.

Vieno N., Sikanen T., Äystö L., Mehtonen J., Karlsson S., Nystén T. (2020a). Lääkeaineiden ympäristöluokituksen hyödyt ja haasteet. *Vesitalous* 1/2020: 23-24.

Vieno N., Äystö L., Mehtonen J., Sikanen T., Karlsson S., Fjäder P., Nystén T. (2020b). Lääkejäämien vesistöriskien arviointi Suomessa. *Vesitalous* 1/2020: 25-28.

Virtanen V. (2016). Eläinlääkkeiden ympäristöriskien arviointi. *Sic! –lehti* 3/2016. https://sic.fimea.fi/arkisto/2016/3_2016/palstat/elainlaakkeidenymparistoriskien-arviointi

Vogl, V., Åhman, M., Nilsson, L. (2020). The making of green steel in the EU: a policy evaluation for the early commercialization phase *Climate Policy* 21:1, 78-92. DOI: 10.1080/14693062.2020.1803040

Vuoristo, H., Gustafsson, J., Helminen, H., Jokela S., Londesborough S., Mannio J., Mehtonen J., Mononen P., Nakari T., Ojanen P., Ruoppa M., Silvo K. & Sainio P. (2010). Haitallisten aineiden tarkkailu – Päästöt ja vaikutukset vesiin. Ympäristöhallinnon ohjeita 3/2010.

VVY: Vesilaitosyhdistys - Uuden juomavesidirektiivin toimeenpanon valmistelu on alkanut Suomessa (vvy.fi) [28.9.2021].

Vähä E., Högmander P., Mehtonen J. & Forsius K. (2020). Turvallinen kiertotalous edellyttää luotettavaa tietoa haitallisten kemikaalien teollisesta käytöstä. Ympäristö ja Terveys 7/2020: 6-12.

Wang, Z., Walker, G.W., Muir, D.C.G., and Nagatani-Yoshida, K. (2020). Toward a Global Understanding of Chemical Pollution: A First Comprehensive Analysis of National and Regional Chemical Inventories. *Environ. Sci. Technol.* 54:2575-2584. DOI: 10.1021/acs.est.9b06379

Wang, Z., Altenburger, R., Backhaus, T., Covaci, A., Diamond, M.L., Grimalt, J.O., Lohmann, R., Schäffer, A., Scheringer, M., Selin, H., Soehl, A., Suzuki, N. (2021). We need a global science-policy body on chemicals and waste *Science*, 371: 774-776.

Wilhammer, M., Wittkopf, S., Richter, K. & Weber-Blaschke, G. (2017). The impact of a new emission control act on particulate matter emissions from residential wood energy use in Bavaria, Germany. *Journal of Cleaner Production* 145, 134-141. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.01.039>

WHO (2019). Ten threats to global health in 2019. <https://www.who.int/news-room/spotlight/ten-threats-to-global-health-in-2019> (2019a)

WHO (2019). Microplastics in drinking-water. Geneva: World Health Organization; 2019. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. (2019b)

WHO (2021). WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. World Health Organization. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/345329>

Xiong, B., Wang, R. (2020). Effect of Environmental Regulation on Industrial Solid Waste Pollution in China: From the Perspective of Formal Environmental Regulation and Informal Environmental Regulation. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 17.

Yamineva, Y., Liu, Z. (2019). Cleaning the air, protecting the climate: Policy, legal and institutional nexus to reduce black carbon emissions in China. *Environmental Science and Policy* 95, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2019.01.016>

Yamineva, Y., Romppanen, S. (2017). Is law failing to address air pollution? Reflections on international and EU developments. *RECIEL* 26, 189-200. DOI: 10.1111/reel.12223

Yeung, K. (2017). 'Hypernudge': Big Data as a mode of regulation by design. *Information, Communication & Society*, 20:1, 118-136.

Yeung, K. (2018). Algorithmic regulation: A critical interrogation. *Regulation & Governance* 12: 505–523.

Yeung, K. (2019). Regulation by Blockchain: the Emerging Battle for Supremacy between the Code of Law and Code as Law. *The Modern Law Review*, 82: 2.

YM (1998). Vesiensuojelun tavoitteet vuoteen 2005. *Suomen ympäristö* 226.

YM (2000). Vesiensuojelun toimenpideohjelma vuoteen 2005. *Suomen ympäristö* 402.

YM (2007). Vesiensuojelun suuntaviivat vuoteen 2015, Valtioneuvoston periaatepäätös. *Suomen ympäristö* 10/2007.

YM (2011). Ympäristön tilan seurannan strategia 2020. Ympäristöministeriön raportteja 23/2011.

YM (2017). Kansallinen vaarallisia kemikaaleja koskeva ohjelma. Väliarviointi ja tarkistus 2017. *Suomen ympäristö* 4/2017. 74 s.

YM (2019). Suomen muovitiekartta: Vähennä ja vältä, kierrätä ja korvaa. Ympäristöministeriö 2019. <https://muovitiekartta.fi/>

YM (2021). Ympäristön tilan seurannan strategia 2030 - luonnos 1.9.2021. 25 s. + liitteet.

Äystö L., Mehtonen J., Vieno N., Ahkola H., Leppänen M., Sikanen T., Yli-Kauhaluoma J. & Nystén T. (2019a). Lääkeaineet lääketeollisuuden ympäristöluvista. SY-KE:n raportteja 20/2019.

Äystö L., Vieno N., Sikanen T., Karlsson S. & Virtanen V. (2019b). Ympäristöön päätyvien lääkeainejäämien aiheuttama riski pintavesille Suomessa. <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/307536>

Äystö L., Vieno N., Fjäder P., Mehtonen J. & Nystén T. (2020a). Lääkeaineiden kuorma jätevedenpuhdistamoille ja niiden primääripäästölähteet. *Vesitalous* 1/2020: 5-8.

Äystö, L., Siimes, K., Junntila, V., Joukola, M., Liukko, N. (2020b). Emissions and environmental levels of pharmaceuticals – Upscaling to the Baltic Sea Region. CWPharma project report for GoA 2.3. <http://hdl.handle.net/10138/321722>

Äystö L., Stapf M. (2020). Scenarios for reducing pharmaceutical emissions – Estimated load reductions, greenhouse gas emissions & costs. CWPharma Project Activity 5.1 + 5.2 report. <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/322549>

Liitteet

Liite 1. Kirjallisuuskatsauksen tietohaut

Kirjallisuuskatsauksen tietohauissa käytetyt hakusanat ja tietokannat sekä saadut osumat ja analysoitujen paperien määrä.

Aihe	Hakusanat / aineistorajaukset	Tietokanta	Osumia (kpl)	Otsikon perusteella jatsoon (kpl)	Abstraktin perusteella jatsoon (kpl)
Päästöt ilmaan	Zero pollution AND air pollution control AND air emissions AND regulation NOT industry NOT China	ScienceDirect	1 312	16	5
Päästöt ilmaan	"air pollution control" AND regulation NOT China	ScienceDirect	574	18	9
Päästöt ilmaan	air pollution protection AND emission ceiling AND regulation	ScienceDirect	768	28	10
Päästöt ilmaan	"air quality" EU	ScienceDirect	165	14	4
Päästöt ilmaan	residential particulate matter emissions	ScienceDirect	215	19	7
Päästöt ilmaan	"air pollution AND regulat* AND polic*" anywhere and "air" in Abstract	Wiley	1 146	25	8
Päästöt ilmaan	air pollution control AND regulat* AND Europe NOT water Not China	Taylor & Francis	676	41	4
Päästöt ilmaan	from (All Fields contains "air pollution") from (Language contains 'en') AND from (All Fields contains 'control') AND from (All Fields contains 'emission') AND from (All Fields contains 'regulat*') AND from (All Fields contains 'policy') AND from (IGO collection contains 'OECD') AND from (All Fields contains 'legislat*') NOT from (Title contains 'industr*') NOT from (Title contains 'water') published between 2015 and 2021	OECD	1 153	28	13

Aihe	Hakusanat / aineistorajaukset	Tietokanta	Osumia (kpl)	Otsikon perusteella jatsoon (kpl)	Abstraktin perusteella jatsoon (kpl)
Päästöt ilmaan	Search on title / abstract: air pollution	EEA	30	8	1
Teollisuuden päästöt	Zero pollution AND industry AND best available technology AND innovation NOT vehicles or automobiles or cars NOT energy NOT agriculture	EBSCO	206	18	8
Teollisuuden päästöt	Zero pollution AND regulation AND innovation AND industry Publication: sustainability, environmental science and pollution research, journal of industrial ecology, international journal of advanced manufacturing ecology	EBSCO	1 118	26	18
Teollisuuden päästöt	Zero emissions, industry, phase out, emerging techniques, innovation, regulation	Taylor & Francis	244		2
Teollisuuden päästöt	Circular Economy, regulation, zero emissions	Taylor & Francis	25		6
Teollisuuden päästöt	Zero pollution, Industry, Innovation, Sustainable, Abatement, Regulation	ScienceDirect	1 046	50	9
Teollisuuden päästöt	Zero pollution, Industry, Innovation, Sustainable, Abatement, Regulation	Wiley	217	47	6
Maaperä	"soil" AND "pollution" AND "prevention" AND "regulation", NOT China, NOT mining, NOT air	ScienceDirect	589	18	5
Maaperä	"soil pollution" AND "regulation", NOT China, NOT mining, NOT remediation	ScienceDirect	353	41	19
Maaperä	"soil legislation" OR "soil regulation" OR "soil governance"	ScienceDirect	132	50	14
Maaperä	"soil policy" OR "Land policy" NOT China	Wiley	200	4	2
Säätelyinnovaatiot	säätelyinnovaa*	Edilex	10		2

Aihe	Hakusanat / aineistorajaukset	Tietokanta	Osumia (kpl)	Otsikon perusteella jatsoon (kpl)	Abstraktin perusteella jatsoon (kpl)
Säätelyinnovaatiot	regulatory innovation	Edilex	207	23	6
Säätelyinnovaatiot	regulat* innova* pollu*, all text AND regulat* subjectissa (2010 – 2021, full text, englanniksi, academic journals)	EBSCO	1 402	131	38
Säätelyinnovaatiot	diffuse emission regula* (2010 – 2021)	EBSCO	391	23	10
Säätelyinnovaatiot	(All Fields contains 'regulat* innova* pollut* enviro*') AND from (Title contains 'regulat*') AND from (IGO collection contains 'OECD') vuodet 2010 - 2021	OECD	119	26	5

Liite 2. Tekstiaineiston kuvaus

Suurin osa teksteistä on peräisin EU:n tai Euroopan tason tahoilta. Eurooppaa laajempien kansainvälisten tahojen tekstejä mukana on 12. Yksittäisistä maista korostuvat etenkin Saksa ja Ranska. On syytä huomata, että Espanjaa ja Viroa lukuun ottamatta Etelä- ja Itä-Euroopan maat ovat aineistossa aliedustettuna.

Analysoitujen tekstien maantieteellinen jakaantuminen

Maantieteellinen jakautuminen	Tekstejä (kpl)
Eurooppa	61
Kansainvälinen	12
Saksa	10
Ranska	7
Suomi	4
Espanja	4
Viro	4
Iso-Britannia	3
Ruotsi	3
Itävalta	2
Alueellinen	2
Tšekki	1
Alankomaat	1
Yhdysvallat	1
Belgia	1
Yhteensä	116

Aineistosta valtaosa, 82 tekstiä, on englanninkielistä. Loput ovat saksaksi, ranskaksi, espanjaksi, ruotsiksi, viroksi ja suomeksi.

Analysoitujen tekstien kieli

Kieli	Tekstejä (kpl)
Englanti	82
Saksa	9
Ranska	9
Ruotsi	5
Viro	5
Espanja	4
Suomi	2
Yhteensä	116

Aineistossa on mukana tekstejä toimijoilta yli kymmenestä toimijakategoriasta. Ryhmistä korostuvat erilaiset etu- ja kansalaisjärjestöt, joiden näkemyksiä teksteistä on yli puolet. Elinkeinoelämän järjestöjen ja yritysten tekstejä on yhteensä 40, ympäristö- ja muiden kansalaisjärjestöjen puolestaan 27.

Analysoitujen tekstien kirjoittajien jakautuminen eri toimijaryhmiin

Toimijaryhmät	Tekstejä (kpl)
Elinkeinoelämän järjestö	34
Ympäristöjärjestö	14
Muu kansalaisyhteiskunta	13
Viranomaiset	10
Media	9
Usean sidosryhmän aloite	7
Yritys	6
Tutkimus	6
Ammattiyhdistysliike	4
Usea	1
Muu	12
Yhteensä	116

Lähes puolet aineistosta, 50 tekstiä, on eri tahojen kannanottoja saasteettomuustoimintaohjelmaan tai saasteisiin ja saastumiseen yleensä. Toiseksi eniten aineistossa on erilaisia artikkeleita, kuten lehdissä tai eri toimijoiden verkkosivuilla julkaistuja tekstejä. Jäljelle jäävä kolmannes on blogikirjoituksia, mielipiteitä, raportteja, lehdistötiedotteita tai sekalaisia muita tekstejä.

Analysoitujen tekstien jakautuminen eri tekstityyppeihin

Tekstityyppi	Tekstejä (kpl)
Kannanotto	52
Artikkeli	30
Raportti	10
Blogiteksti	9
Mielipide	4
Lehdistötiedote	2
Muu	9
Yhteensä	116

Euroopan komissio keräsi lokakuussa 2020 palautetta saasteettomuustoimintaohjelman etenemissuunnitelmasta, ja marraskuusta 2020 helmikuuhun 2021 käynnissä oli julkinen kuuleminen. Analysoitavassa aineistossa näihin kuulemisiin kuuluvia palautteita ja kannanottoja on mukana runsaat 30.

Analysoitujen tekstien kuuluminen komission kuulemisaineistoon

Osa komission kuulemista	Tekstejä (kpl)
Ei	84
Kyllä	32
Yhteensä	116

Teksteistä noin puolet käsittelee useita saasteryhmiä. Yksittäisistä ryhmistä parhaiten edustettuja ovat ensisijaisesti hiukkasiin ja muihin ilmanlaatua heikentäviin päästöihin painottuvat tekstit. Runsaasta kymmenyksestä teksteistä ei ensisijaista saasteryhmää

ole mahdollista määrittää. Hiukkaset ja ilmanlaatu ovat esillä erityisesti median artikkeleissa ja haitalliset kemikaalit ympäristöjärjestöjen kirjoituksissa.

Eri saasteiden esiintyminen teksteissä

Saastekategoria	Tekstejä (kpl)
Usea	57
Hiukkaset ja muut ilmanlaatua heikentävät päästöt	22
Haitalliset kemikaalit	11
Rehevoittävät päästöt	5
Raskasmetallit ja muut metallit	2
Lääkepäästöt	2
Muut	1
Luokittelematon	16
Yhteensä	116

Saasteita voidaan tarkastella teksteissä esiintyvän ensisijaisen saasteryhmän lisäksi yksittäisten mainittujen saasteiden näkökulmasta. Karkeasti luokiteltuna eri saasteita mainitaan aineistossa seuraavasti:

- hiukkaspäästöt: 21
- lääkeaineet: 17
- typenoksidit: 14
- hormonihäiriköt: 13
- torjunta-aineet: 10
- mikromuovi: 10
- PFAS: 9
- otsoni: 8
- ravinteet (myös lanta, lannoitteet): 7
- melu: 6, josta vedenalainen melu 2
- raskasmetallit ja muut metallit 6
- musta hiili: 4
- pysyvät orgaaniset yhdisteet (POP): 3
- karsinogeenit (tällä käsitteellä): 2
- haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC): 2

Erilaisia uusia saasteita käsitellään 26 tekstissä. Uusiksi saasteiksi tulkittiin sellaiset, jotka tekstissä kuvataan uusiksi tai tuloillaan oleviksi. Aineiston enemmistössä ei kuitenkaan voitu suoraan tekstin perusteella määritellä, käsitelläänkö niissä uusia saasteita. Uusia saasteita nostavat esiin erityisesti ympäristöjärjestöt.

Uusien saasteiden käsittely analysoiduissa teksteissä

Uusi saaste	Tekstejä (kpl)
Kyllä	26
Ei	24
Luokittelematon	66
Yhteensä	116

Teksteistä 18 käsittelee saasteiden hajalähteitä ja 7 pistelähteitä. Valtaosaa teksteistä ei voitu luokitella sen mukaan, käsittelevätkö ne piste- vai hajalähteitä.

Piste- ja hajalähteiden käsittely analysoiduissa teksteissä

Piste- vai hajalähde	Tekstejä (kpl)
Hajalähde	18
Pistelähde	7
Luokittelematon	89
Yhteensä	116

Noin neljäsosa teksteistä käsittelee useaa toimialaa, ja runsaassa neljäsosassa tekstejä toimialaa ei voitu luokitella. Teollisuus oli yksittäisistä toimialoista parhaiten edustettuna, mutta myös liikenne ja maa- ja metsätalous nousivat aloina selvästi esille. Muutamat tekstit käsitelivät kotitalouksia, energiantuotantoa ja jätehuoltoa. Muita toimialoja olivat yhdyskuntavesien käsittely, terveydenhuolto, öljynetsintä ja -tuotanto sekä elintarviketeollisuus.

Analysoitujen tekstien käsittelemät toimialat

Toimialat	Tekstejä (kpl)
Teollisuus	22
Liikenne	10
Maa- ja metsätalous	9
Kotitaloudet	2
Energiantuotanto	2
Jätehuolto	2
Muu	7
Usea	30
Luokittelematon	32
Yhteensä	116

Miltei kolmasosassa tekstejä saasteiden kohteita esiintyi useampia, ja noin neljäsosassa kohteita ei voitu luokitella. Yksittäisistä kohteista ilma ja vesi olivat teksteissä parhaiten edustettuina: molemmat kohteet mainittiin ensisijaisina noin viidesosassa tekstejä. Ihmiset esiintyivät ainoana saasteiden ensisijaisena kohteena seitsemässä ja maaperä yhdessä tekstissä.

Analysoitujen tekstien käsittelemät saasteiden kohteet

Saastekategoria	Tekstejä (kpl)
Ilma	25
Vesi	22
Ihmiset	7
Maa	1
Usea	34
Luokittelematon	27
Yhteensä	116

Yksittäisistä saasteiden vaikutuksista terveys on teksteissä parhaiten edustettuna, mutta liki yhtä monessa tekstissä mainitaan useita vaikutuksia. Ympäristövaikutukset nousevat esille 9 tekstissä ja talousvaikutukset 4 tekstissä. 29 tekstissä vaikutuksia ei voitu luokitella.

Saasteiden eri vaikutusten esiintyminen analysoiduissa teksteissä

Vaikutukset	Tekstejä (kpl)
Terveys	40
Ympäristö	9
Talous	4
Usea	34
Luokittelematon	29
Yhteensä	116

Liite 3. Tekstiaineiston verkkohaut

Tekstianalyysin verkkohaut etenivät useassa vaiheessa, jotka on kuvattu yksityiskohdaisesti alla olevassa taulukossa. Ensimmäisessä vaiheessa käytettiin tarkkaa termiä ”zero pollution action plan”, mutta myös sanoja zero pollution action plan. Toisessa vaiheessa hakutermejä laajennettiin. Kolmannessa vaiheessa hakutermit käännettiin kuudelle eri kielille. Neljännessä vaiheessa haut taas tehtiin kohdennetusti 17 Euroopan maan kansallisille verkkotunnuksille (esim. Puolalle .pl). Hakuun sisällytettiin valtaosa EU-jäsenmaista Etelä- ja Itä-Euroopassa sekä EU:n ulkopuolelta Serbia ja Ukraina.

Tekstiaineiston verkkohakujen vaiheet, hakusanat ja rajaukset

Vaihe	Hakusanat (haut 1.1.2019 eteenpäin)
Harjoittelu	”zero pollution action plan”
Ensimmäinen vaihe	”zero pollution action plan” zero pollution action plan
Toinen vaihe	zero air pollution, zero water pollution, zero soil pollution, pollution innovation pollution policy innovation EU emerging pollutants, EU new pollution EU pollution governance.
Kolmas vaihe: ranska	UE + polluants + émergents, exposé de position, pollution + politique + innovation, UE + pollution + gouvernance, zéro pollution de l’air, zéro pollution des sols
Kolmas vaihe: saksa	Null-schadstoff aktionsplan, Null-schadstoff stellungnahme, Null-schadstoff-ziel wasser/luft/boden
Kolmas vaihe: espanja	plan de contaminación cero, contaminación del aire cero, cero contaminación del agua, contaminación del suelo cero, contaminación + innovación, contaminación + política + innovación, UE + contaminantes + emergentes, UE + contaminación + gobernanza, UE + nueva + contaminación
Kolmas vaihe: ruotsi	handlingsplan för nollförorening, noll luftföroreningar, noll vattenförorening, noll förorening, föroreningsinnovation, föroreningspolitikinnovation, EU-framväxande förorening, EU nya förorening, EU-föroreningsstyrning

Vaihe	Hakusanat (haut 1.1.2019 eteenpäin)
Kolmas vaihe: suomi	nollapäästötoimintaohjelma, saasteettomuustoimintaohjelma nollapäästö/saasteettomuus vesi/ilma/maaperä, saasteettomuus politiikka innovaatio, EU uudet saasteet, EU nousevat saasteet EU saasteiden hallinta
Kolmas vaihe: viro	Nullsaaste, nullheide, nullreostus, õhu nullsaaste, vee nullsaaste, mulla nullsaaste, Eesti kliimapolitiika, kliimaambitsioon, kliimaneutraalsus, heitkoguste vähendamine, õhusaasteainete heitkoguste vähendamine, välisõhu heide, mürakaart, põllumajanduse heide, põllumajanduse arengukava, Eesti vee kvaliteet, mereala heide, mereala strateegia, mereprügi, riigi jäätmekava, transpordi arengukava, kasvuhoonegaaside heide Eestis, välisõhu saasteained Eestis, energiatõhususkohustus, taastuvenergia eesmärgid, energiamajanduse arengukava, kemikaalide strateegia, raskmetallid väetistes, ravimijäägid, taimekaitsevahendite jäägid
Neljäs vaihe	Zero pollution action plan
Viides vaihe	Kohdennetut haut

Liite 4. Haastattelurunko ja haastatellut henkilöt

Englanninkielinen haastattelurunko

Part I

What are the main improvements in policies and measures needed to reach the zero pollution ambition in Europe...

...in general?

...on air pollution?

...on water pollution?

...on soil pollution?

Do you know any policy tools already in use in Europe or in other parts of the world, which could be used as good models for European policy to reach the zero pollution ambition?

Part II

What are new and emerging (or forgotten and neglected) pollutants that should be addressed in the future?

Which?

How should they be addressed

Are there any new and emerging sources of pollution?

Which?

How should they be addressed?

Are there any new and emerging sectors (for example: hydrogen, batteries, small modular nuclear reactors or circular economy) that could cause pollution?

Which?

How should they be addressed?

Part III

Are there any new and innovative types of policy instruments that could be used in the future to control pollution?

Which?

Have they been tested in practice?

Are there any successful models from other policy areas (for example: health sector, climate policy, nature conservation) on policy instruments that could be used to control pollution?

Are there any new and promising approaches or perspectives (broader ideas, for example: transition thinking, innovation) that could be used to control pollution?

Who else should we talk to?

Haastatellut henkilöt

8.7.2021 Luca Montanarella, Action Leader in Soil, Euroopan komission yhteinen tutkimuskeskus JRC

12.7.2021 Dirk Bunke, professori, Öko-Institut e.V.

14.7.2021 Elina Karhu, Riskinhallintaryhmän päällikkö; Jack de Bruijn, Director of Risk Management, Euroopan kemikaalivirasto ECHA

27.7.2021 Nils Axel Braathen, Principal Administrator Environment Directorate, Environmental Performance and Information Division, Taloudellisen yhteistyön ja kehityksen järjestö OECD

10.8.2021 Stefan Sipka, Policy Analyst, European Policy Centre

12.8.2021 Andrew Farmer, Senior Fellow, Low-carbon Circular Economy Programme, Institute for European Environmental Policy

16.8.2021 Patrick ten Brink, Deputy Secretary General and Director of EU Policy, European Environmental Bureau

30.8.2021 Rolf Altenburger, Head of the Research Unit Chemicals in the Environment, Helmholtz Centre for Environmental Research

1.9.2021 Petri Tapio, professori, Tulevaisuuden tutkimuskeskus

2.9.2021 Riku Vahala, vesihuoltotekniikan professori, Aalto-yliopisto

3.9.2021 Philippe Thunis, Project Leader, Annette Borowiak, Project Leader, Fabio Monforti Ferrario, Project Leader, Euroopan komission yhteinen tutkimuskeskus JRC

14.9.2021 Alfredo Lopez Carretero, Associate Director Environmental Policy, Ricardo

15.9.2021 Mikael Skou Andersen, Professor of Environmental Policy Analysis, Aarhus University, Department of Environmental Science

24.9.2021 Owen White, Technical Director, Collingwood Environmental Planning

28.9.2021 Martin Baxter, Director of Policy & External Affairs, IEMA

28.9.2021 Klaus Kümmerer, Professor for Sustainable Chemistry and Material Resources, Leuphana University Lüneburg

Liite 5. Sana-analyysi

Menetelmät

Sana-analyysi toteutettiin Voyant-sovelluksella. Sovellukseen syötettiin analysoitavat tekstit, joista Voyant laski esiintyvien sanojen määrän ja muita ominaisuuksia.

Saasteettomuustoimintaohjelman lisäksi sovellukseen syötettiin ohjelman liite. Ohjelmasta käytettiin alkuperäistä englanninkielistä versiota.

Tekstianalyysin aineiston 116 tekstistä sovellukseen syötettiin 109. Pois jätetyistä teksteistä yksi ei ollut enää saatavilla, yhtä ei pystytty lataamaan, yksi teksti oli kuvana ja neljä oli lomakemuotoisia vastauksia komission konsultaatioon. Muut kuin englanninkieliset tekstit on ensin konekäännetty Google Translatella englanniksi.

Voyant sulkee automaattisesti joukon analyysin kannalta epäolennaisia sanoja. Näitä ovat mm. numerot, välimerkit, artikkelit, partikkelit, persoonapronominit ja yleiskäyttöiset sanat (esim. always, another, are). Tämän lisäksi luvuista poistettiin käsin esimerkiksi verkkosivujen osoitteita.

Tulokset

Tulosten tulkinnassa on otettava huomioon, että Voyant laskee saman sanan eri muodot (esim. strategy ja strategies, Europe ja European) eri sanoiksi. Toisaalta englannissa samoista sanoista ei esiinny niin paljon eri muotoja kuin vaikka suomessa.

Sekä saasteettomuustoimintaohjelmasta että tekstianalyysin aineiston teksteistä tunnistettiin englanniksi yleisimmin esiintyvät sanat. Ylempi sanapilvi kuvaa toimintaohjelman 55 yleisintä sanaa, alempi vastaavasti aineiston tekstien 55 yleisintä sanaa.

Ensimmäisessä ovat EU:hun, sen jäsenmaihin ja EU-järjestelmään liittyvät sanat: EU, European, Europe, member ja states sekä commission. Toisessa ovat erilaiset ympäristöön ja kestävyteen liittyvät yleiset sanat, kuten environmental, environment, green, sustainable, emissions ja clean. Kolmanteen voi lukea saastumisen kohteita ja muotoja kuvaavat sanat: air, water ja soil sekä health, waste, noise, climate, marine ja energy. Neljanteen ryppäeseen voi puolestaan sisällyttää politiikan keinoihin liittyviä sanoja, kuten directive, implementation, monitoring, measures ja strategy.

Toimintaohjelman ja aineiston tekstien välillä on sanojen esiintyvyydessä eroja. Esimerkiksi saastumisen kohteita kuvaavat sanat painottuvat hieman eri tavoin. Air ja water ovat molemmissa melko lähellä kärkeä, mutta soil jää aineiston teksteissä hyvin kauas siitä.

Toimintaohjelma	Yleisyys	Aineiston tekstit	Yleisyys
air	4.	water	4.
water	15.	air	6.
soil	20.	soil	(88.)

Toimintaohjelman 55 yleisimmän sanan kärkeen yltää joitakin sellaisia sanoja, joita ei esiinny aineiston tekstien kärkisanoissa – ja päinvastoin. Toimintaohjelmassa tällaisia ovat mm. noise, digital, marine ja ambition. Aineiston teksteissä näitä sanoja ovat puolestaan mm. COVID, chemicals, packaging, regulation, economy, innovation ja industry. Laajennettua tuottajavastuuta kuvaava EPR (extended producer responsibility) esiintyy aineiston teksteissä peräti 742 kertaa, mutta tämä johtuu lähinnä yhdestä raportista.

Toimintaohjelmassa, mutta ei aineiston teksteissä	Aineiston teksteissä, mutta ei toimintaohjelmassa
noise	countries
monitoring	policy
relevant	substances
soil	COVID
support	care
reduction	EPR
better	OECD
member	chemicals

Toimintaohjelmassa, mutta ei aineiston teksteissä	Aineiston teksteissä, mutta ei toimintaohjelmassa
national	based
international	packaging
states	treatment
clean	example
framework	regulation
digital	used
initiatives	legislation
outlook	life
actions	people
marine	economy
ambition	innovation
law	level
help	industry
horizon	risk
impacts	

Liite 6. Kirjallisuuskatsauksen ulkopuolelle jääneitä kemikaaleihin liittyviä aihealueita

Hormonitoimintaa häiritsevät yhdisteet

Hormonitoimintaa häiritsevät kemikaalit yhdistetään yhä useammin sairauksiin, jotka vaikuttavat hormonijärjestelmän kautta. Niitä käytetään yhä enemmän, mikä aiheuttaa vakavan riskin ihmisten terveydelle ja luonnonvaraisille eläimille sekä aiheuttaa taloudellisia kustannuksia yhteiskunnalle. Tunnistettuja tai epäiltyjä hormonitoimintaa häiritseviä yhdisteitä on noin 800 ja monia niistä esiintyy päivittäistavaroissa kuten muoviesineissä, metallitölkeissä ja kosmetiikkatuotteissa (EEA 2020). EU:n sääntelyjärjestelmä hormonitoimintaa häiritseville kemikaaleille on hajanainen, vaikkakin hormonaalisia haitta-aineita otetaan huomioon kasvinsuojeluaineasetuksessa (2009/1107/EY) ja biosidiasetuksessa (2012/528/EY). Sääntelyä tulisi vahvistaa ja yksinkertaistaa, jotta nämä kemikaalit havaitaan ajoissa ja ihmisten ja ympäristön altistuminen niille saadaan minimoitua (KOM (2020) 667). EU:n kestävässä kemikaalistrategiassa (KOM (2020) 667) on viisi hormonitoimintaa häiritseviin yhdisteisiin liittyvää toimenpidettä. Niiden avulla pyritään mm. saamaan EU-säädöksiin sitova harmonisoitu määritelmä hormonitoimintaa häiritseville yhdisteille ja varmistamaan, että ne kielletään kulutustavaroissa ja sallitaan niiden käyttö vain silloin, kun sen on osoitettu olevan yhteiskunnan kannalta välttämätöntä.

Nanomateriaalit

EU:n kestävä kemikaalistrategia (KOM (2020) 667) sisältää yhden nanomateriaaleja koskevan aloitteen ja se koskee nanomateriaalien määritelmän tarkistamista. Ne kuuluvat REACH-asetuksen sääntelyn piiriin eli ne ovat aineita tai seoksia.

Kasvinsuojeluaineet

Kasvinsuojeluaineiden riskinarvioinnilla ja sääntelyllä on pitkät perinteet EU:ssa ja Suomessa. Tämä johtuu siitä, että näitä jo lähtökohtaisesti eliöille enemmän tai vähemmän myrkyllisiä kemikaaleja levitetään tarkoituksella laaja-alaisesti suoraan ympäristöön. Kasvinsuojeluaineiden riskinarviointi EU:ssa ja kansallisesti on suunnitelmallista, ennakoitavaa ja sen jatkuminen on vakaalla pohjalla. Kasvinsuojeluainelain (1563/2011) tavoitteena on varmistaa kasvinsuojeluaineiden asianmukainen ja kestävä käyttö. Kansallisen kasvinsuojeluaineiden kestävä käyttön toimintaohjelman (Tukes 2018) tavoitteena on mm. vähentää kasvinsuojeluaineiden käytöstä aiheutuvia terveys- ja ympäristöriskejä ja edistää integroitua kasvinsuojelua ja vaihtoehtoisia torjuntamenetelmiä. Saasteettomuustoimintasuunnitelmassa (KOM (2021) 400), Pellolta

pöytään -strategiassa (KOM (2020) 381) ja Biodiversiteettistrategiassa (KOM (2020) 380) on asetettu 50 % tavoite vähentää kemiallisten torjunta-aineiden, erityisesti vaarallisimpien kemikaalien käyttömääriä ja riskejä vuoteen 2030 mennessä EU-alueella. Kasvinsuojeluaineet ovat hyvin edustettuina VPD:n prioriteettiaineiden ja kansallisen haitallisten aineiden listalla (Kangas 2018, Mehtonen ym. 2021a). Neonikotinoidit ovat maataloudessa käytettyjä hyönteismyrkkyjä, jotka aiheuttavat riskiä pölyttäjille ja linnuille ja voivat vaikuttaa negatiivisesti niiden kantoihin (EEA 2019). Komissio rajoitti eräiden neonikotinoidien kasvinsuojeluainekäyttöä 2013 ja tiukensi kieltoa 2018. Neljä neonikotinoidia, neljä pyretroidia ja pitkään kohua herättänyt glyfosaatti ovat vahvoja kandidaatteja uudelle EU:n prioriteettialueelle parhaillaan käynnissä olevassa aineiden uudistamistyössä.

Biosidit

Biosidiasetuksella säädellään biosidivalmisteiden (kemialliset valmisteet, jotka tuhoavat, poistavat tai tekevät toimintakyvyttömäksi ei-toivottuja organismeja) asettamista markkinoille ja niiden käyttöä. Biosidivalmisteet hyväksytään jokaisessa jäsenmaassa erikseen ja valmisteiden sisältämät tehoaineet EU-tasolla. Suomessa voimassa olevien kansallisten säädösten mukaan mm. hyönteismyrkyille, limantorjuntakemikaaleille, puunkyllästeille sekä alusten käsittelyyn käytettäville kiinnittymisenestovalmisteille on haettava kansallista hyväksymistä ennen niiden saattamista Suomen markkinoille. Biosidien riskinarviointi ja sääntely EU:ssa ja Suomessa on ennakoivaa ja sen jatkuminen on vakaalla pohjalla. Kemikaalistrategia sisältää yhden biosidejä koskevan aloitteen, joka koskee hormonitoimintaa häiritsevien yhdisteiden määritelmää ja tunnistamista.

Liite 7. Lisätietoa kemikaalien yhteisvaikutuksen arvioimisesta ja niihin liittyvistä kemikaalistrategian toimenpiteistä

Tunnistusmenetelmä. Menetelmä pohjautuu näytteen analytiikkaan, jossa etsitään tiettyjä kemikaaleja. Tavoitteena on tunnistaa riittävä määrä kemikaaleja, jotta saadaan luotettava kuva kokonaisuormasta ja sitä voidaan käyttää riskimalleissa. Yleispätevimpänä mallina kemikaalien yhteisvaikutuksen kuvaamisessa ja arvioimisessa on osoittautunut kemikaalit yhteenlaskeva lähestymistapa, jossa kunkin kemikaalin vaikutus on suhteessa sen määrään ja kykyyn aiheuttaa haittaa. Tunnetuin lienee dioksiinien ja dioksiinien kaltaisten PCB-yhdisteiden Toxic Equivalent (TEQ) summaparametri. Yksinkertaisimmillaan voidaan laskea yhteen kunkin kemikaalin riskisuhteet ja katsoa ylittääkö se luvun yksi. Riskisuhde (Hazard Quotient/Index) muodostuu kemikaalin havaitun pitoisuuden suhteesta sen haitattomaan pitoisuuteen. Yhden yli menevät viittaisivat mahdolliseen haittaan ja samaa periaatetta voitaisiin soveltaa myös yhteisvaikutusten arvioimiseen.

Koko seoksen arviointimenetelmä. Vaikutusperusteiset testit nojautuvat biologisiin vasteisiin, jolloin saadaan esille kaikkien, sekä tunnistettujen että tunnistamattomien näytteissä olevien kemikaalien yhteisvaikutus. Testit voidaan kohdentaa joko solu-, yksilö- tai populaatiotasolle ja ne voivat kertoa toksisesta mekanismista tai summaavat kaikki reaktiot populaatiotason vasteisiin. Nämä menetelmät ovat oleellinen osa kemikaalien REACH-rekisteröintiä kun arvioidaan turvallisia pitoisuuksia (PNEC) tai turvallista ihmisen altistustasoa (DNEL) yksittäisten aineiden hallinnassa. Ympäristönäytteiden ja puhdistettujen jätevesien yhteisvaikutuksen arviointi biologisin menetelmin on ollut vilkas aihe tutkimuksen puolella ja ratkaisuja ympäristönsuojelumielessä on esitetty (esim. Brack ym. 2018). EU on myös julkaissut teknisen ehdotuksen tukemaan vaikutusperusteisten menetelmien käyttöä Vesipuitedirektiivin soveltamisessa (EU 2021).

Kemikaalien yhteisvaikutuksiin liittyvät kemikaalistrategian toimenpiteet

Aihealue / komission toimenpide (TP)	EU lainsäädäntö / ohjeellinen aikataulu
TP1: Arvioida, miten REACH-asetukseen voitaisiin parhaiten sisällyttää seoksen arviointikerroin tai -kertoimia aineiden kemikaaliturvallisuusarviointia varten	REACH (komiteamenettely) / 2022
TP2: Ottaa käyttöön tai lujittaa säännöksiä, joilla otetaan huomioon yhteisvaikutukset muussa asiaankuuluvassa lainsäädännössä, kuten vettä, elintarvikelisiä aineita, leluja, elintarvikkeiden kanssa kosketuksiin joutuvia materiaaleja, pesuaineita ja kosmetiikkaa koskevassa lainsäädännössä	<ul style="list-style-type: none"> * ympäristölaatumormi- & pohjavesidirektiivi (liitteet) /2022 * Elintarvikkeiden kanssa kosketuksiin joutuvista materiaaleista annettu asetus * Komission elintarvikelisiä aineasetus (komiteamenettely) / 2022 * Pesuaineasetus / 2022 * Leluturvallisuusdirektiivi / 2022 * Kosmeettisista valmisteista annettu asetus / 2022

Liite 8. Lääkeaineiden riskinarviointi EU:ssa

Kun nykyisin lääkkeelle haetaan myyntilupaa EU-maissa, arvioidaan myös sen sisältämän vaikuttavan aineen aiheuttamia ympäristöriskejä. Tällä hetkellä lääketeollisuuden ei ole pakollista julkaista myyntilupaprosessien aikana tuottamaansa ympäristöriskien arviointitietoa (Vieno ym. 2020a, Ahkola ym. 2020a).

Uusien vaikuttavien ihmislääkkeiden ympäristöriskejä on vuodesta 2005 lähtien velvoitettu arviotavan myyntilupahakemuksen yhteydessä. Ympäristötietoa on tuotettu uusille lääkeaineille vuonna 2006 julkaistun Euroopan lääkeviraston ympäristöriskien arviointiohjeistuksen (EMA 2006) julkaisun jälkeen. Monet lääkeaineista on kuitenkin tuotu markkinoille ennen vuotta 2006 ja haasteena on riittävän ekotoksisuustiedon tuottaminen näille aineille. Tätä tiedontarvetta paikataan tällä hetkellä julkisten tutkimusvarojen avulla, sillä viranomaiset eivät edellytä teollisuudelta takautuvaa riskinarviointia (Vieno ym. 2020a). Ihmislääkkeiden myyntilupa-arviointi perustuu lääkkeen hyöty-haittasuhteen arviointiin. Arviointi perustuu potilaalle koituvien hyötyjen ja haittojen tasapainoon. Mahdollinen riski ympäristölle ei voi olla myyntiluvan myöntämisen este (Palomäki 2016). Euroopan lääkeviraston ihmislääkkeiden ympäristöriskien arviointiohjeistuksen soveltamiseen on liittynyt huomattavia tulkintaeroja ja sen käyttöönotossa on ollut ongelmia. EMA:n ohjeistuksen uudistus on alkanut vuonna 2016 (Palomäki 2016). Luonnos ohjeistuksesta (EMA 2018) on ollut lausuntokierroksella, joka päättyi kesäkuussa 2019. Schwarz ym. (2021) mukaan mm. maaperäeliövaikutusten sekä antibioottien ja hormonitoimintaa häiritsevien lääkeaineiden riskinarviointiohjeistusta tulee parantaa ja pitkäaikaisvaikutusten arviointia tehostaa. Tietoa lääkeaineiden pysyvyydestä ja vaikutuksista erityisesti maaperän ekosysteemeihin on niukasti. Tähän on yhtenä syynä se, että lääkeaineiden ympäristötoksisuutta on pääasiassa tutkittu vesieliöillä, sillä vesien saastuminen on koettu maaperän saastumista suuremmaksi ongelmaksi (Ahkola ym. 2020b). Osana ohjeluonnosta on lääkeyhtiöiden vapaaehtoisuuteen perustuva datan jakaminen, joka nopeuttaisi lääkeaineiden riskinarviointia ja säästäisi julkisia verovaroja.

Eläinlääkkeiden ympäristöriskinarviointi sisällytettiin ensimmäisen kerran myyntilupahakemuksiin Euroopan komission direktiivillä 92/18/EEC. Arviointi aloitettiin vasta 1990-luvun lopussa, kun julkaistiin EMAn eläinlääkekomitean (CVMP) valmisteleva ohje. Ympäristöriskien arviointi on keskeistä, kun arvioidaan eläinlääkkeen hyöty-riskisuhdetta. Myyntilupa voidaan jättää myöntämättä, mikäli lääkkeen käytön arvioidaan johtavan haitallisiin ympäristövaikutuksiin, jotka ylittävät riskirajan. Usein eläinlääkkeiden mahdollisia ympäristöriskejä pyritään kuitenkin hallitsemaan erilaisilla käytön rajoituksilla ja muilla ohjeilla (Virtanen 2016, Teräsalmi ym. 2020).

Liite 9. Lisätietoa PFAS-yhdisteiden sekä pysyvien ja kulkeutuvien yhdisteiden sääntelystä

PFAS-yhdisteisiin ja kulkeutuviin pysyviin aineisiin liittyvät kemikaalistrategian toimenpiteet.

Aihealue / komission toimenpide	EU lainsäädäntö / ohjeellinen aikataulu
TP1: Huolta aiheuttavien aineiden, ml. PFAS-yhdisteet , esiintymistä tuotteissa koskevien oikeudellisten vaatimusten käyttöönotto kestäviä tuotteita koskevan aloitteen avulla	(Tuleva) kestäviä tuotteita koskeva aloite / 2021 - 22
TP2: Ehdotus CLP-asetuksen muuttamiseksi siten, että siihen sisällytetään uusia vaaraluokkia [...] hitaasti hajoaville ja kulkeutuville aineille ja sovelletaan niitä kaikessa lainsäädännössä	CLP-asetus / 2021
TP3: Ehdotus REACH-asetuksen 57 artiklan muuttamisesta [...] hitaasti hajoavien, kulkeutuvien ja myrkyllisten aineiden (PMT-aineet) sekä erittäin hitaasti hajoavien ja erittäin kulkeutuvien aineiden (vPvM-aineet) lisäämiseksi erityistä huolta aiheuttavien aineiden luetteloon	REACH-asetus / 2022
TP4: Ehdotus PFAS-yhdisteiden käytön rajoittamisesta REACH-asetuksen nojalla kaikissa muissa kuin välttämättömissä käyttötarkoituksissa, myös kulutustavaroissa <ul style="list-style-type: none"> Komissio aikoo kieltää ryhmänä kaikki PFAS-yhdisteet palonsammutusvaahdoissa ja muissa käyttötarkoituksissa ja sallia niiden käytön vain silloin, kun ne ovat yhteiskunnan kannalta välttämättömiä 	REACH (komiteamenettely) / 2022–2024
TP5: Ympäristölaatonormi- ja pohjavesidirektiivin liitteiden tarkistaminen PFAS-yhdisteiden lisäämiseksi niihin mahdollisuuksien mukaan ryhmänä	Ympäristölaatonormi- & pohjavesidirektiivi (liitteet) / 2022
TP6: Puuttuminen PFAS-yhdisteiden esiintymiseen elintarvikkeissa ottamalla käyttöön raja-arvot elintarvikkeissa olevia vierasaineita koskevassa lainsäädännössä	Elintarvikkeiden vierasaineista annettu komission asetus (komiteamenettely) / 2022

Aihealue / komission toimenpide	EU lainsäädäntö / ohjeellinen aikataulu
TP7: Ehdotus teollisuuden päästöjä sekä epäpuhtauksien päästöjä ja siirtoja koskevaa eurooppalaista rekisteriä koskevan lainsäädännön tarkistamisesta teollisuuslaitosten PFAS -päästöihin puuttumiseksi ja niistä raportoimiseksi	Teollisuuspäästädirektiivi (IED) / 2021
TP8: Ehdotus jäteväiheen PFAS -päästöihin puuttumiseksi muun muassa tarkistamalla puhdistamolietettä koskevaa lainsäädäntöä	Puhdistamolietedirektiivi / 2023
TP9: Tukholman ja Baselin yleissopimuksen mukaiset ehdotukset PFAS-yhdisteitä koskevien huolenaiheiden käsittelemiseksi maailmanlaajuisesti	2023 - 24
TP10: EU:n laajuinen lähestymistapa innovatiivisille ratkaisuille PFAS-yhdisteiden aiheuttaman saastumisen korjaamiseksi ja taloudellinen tuki niille	Vuodesta 2020 alkaen
<ul style="list-style-type: none"> • Komissio aikoo ottaa käyttöön EU:n laajuisen lähestymistavan ja antaa tutkimus- ja innovointiohjelmien puitteissa taloudellista tukea sellaisten innovatiivisten menetelmien määrittämiseksi ja kehittämiseksi, joilla voidaan korjata PFAS-yhdisteiden aiheuttamaa ympäristön ja tuotteiden kontaminaatiota • Komissio aikoo tarjota PFAS-yhdisteiden korvaamiseen tähtääviin turvallisiin innovaatioihin tutkimus- ja innovointirahoitusta Horisontti Eurooppa -puiteohjelmasta. 	
TP11: Ehdotus REACH-asetuksen mukaisen rekisteröintivelvollisuuden laajentamisesta tiettyihin huolta aiheuttaviin polymeereihin (osa PFAS-yhdisteistä on polymeerejä)	REACH-asetus / 2022

PFAS-yhdisteet - REACH, CLP & Tukholman POP-sopimus

Pysyvien orgaanisten yhdisteiden käyttöä ja päästöjä rajoittava Tukholman yleissopimus on rajoittanut PFOS:n ja sen johdannaisen käyttöä vuodesta 2009. PFOS:a sisältävien sammutusvaahtojen käyttö kiellettiin vuonna 2011. Rajoitukset ovat vähentäneet merkittävästi PFOS-päästöjä. EU ratifioi Tukholman sopimuksen muutoksen lisäämällä PFOA, sen suolat ja PFOA-kaltaiset aineet POP-asetukseen (2020/784/EY), joka astui voimaan 4.7.2020. POP-asetuksen rajoitus on kireämpi kuin

PFOA:n ja sen johdannaisten rajoitus REACH-asetuksella vuonna 2017 ((EU) 2017/1000). Rajoitukset tulee saattaa voimaan 3.12.2020 mennessä, minkä jälkeen PFOA:n käyttö on kielletty lukuun ottamatta lateksipainomusteita, plasmananopinnoitteita sekä lääkinnällisiä laitteita. Lisäksi PFOA:n käytöt ovat edelleen sallittuja tietyissä käyttötarkoituksissa tietyin ehdoin erikseen säädettyihin päivämääriin asti kuten sammutusvaahdoissa 4.7.2025 asti.

Komissio päätti, Ruotsin ja Saksan tekemän rajoitusehdotuksen (ECHA 2018) pohjalta, elokuussa 2021 noin 200 C9 – C14 PFCA-yhdisteen käytön rajoittamisesta 25.2.2023 lähtien EU:n alueella. Rajoitus koskee pitkäketjuisia PFNA-, PFDA-, PFUDA-, PFDOA-, PFTDA- ja PFTEDA-yhdisteitä sekä niiden prekursoreita. Yhdisteitä ei nykyisin juurikaan käytetä tarkoituksella, vaan ne esiintyvät pääasiassa epäpuhtauksina lyhytketjuisten PFAS:ien valmistuksessa (ECHA 2018). Rajoituksella ei tule olemaan suurta vaikuttavuutta, koska niiden epäpuhtauspäästöt tulevat jatkuamaan lyhytketjuisten PFAS-yhdisteiden valmistuksesta. Tämä rajoitus nähdään kemikaaliviranomaisten näkökulmasta väliasteleena matkalla laajempaan PFAS-yhdisteiden rajoittamiseen (Ernhede 2021). Nämä yhdisteet ovat tunnistettu erityistä huolta aiheuttaviksi aineiksi eli SVHC-aineiksi (Substances of Very High Concern).

REACH-asetuksen ja Tukholman POP-sopimuksen puitteissa valmistellaan PFAS-yhdisteiden lisäsääntelyä ainakin seuraavien rajoitusehdotusten muodossa:

0. Koko PFAS-aineryhmän rajoittaminen

Saksa, Alankomaat, Norja, Ruotsi ja Tanska valmistelevat tällä hetkellä laajaa ehdotusta, jolla rajoitettaisiin koko PFAS-aineryhmän valmistusta, markkinoille saattamista ja käyttöä. Sen taustalla on mm. joidenkin EU-maiden (mukaan lukien Suomi) laatima Elements for an EU-strategy for PFASs –dokumentti (Regjeringen 2019) sekä tieto, että ECHA:n kemikaalitietokannasta löytyy tietoa yli 2 000 EU-markkinoilla olevasta eri PFAS-yhdisteestä. Rajoitusehdotuksen arvioidaan sisältävän kaikki ei-välttämättömät käyttökohteet (non-essential uses) ja sen odotetaan valmistuvan tammikuuhun 2023 mennessä. Välttämättömien käyttöjen (essential uses) määrittelemisessä otetaan huomioon vastaava Montrealin pöytäkirjan määritelmä. Erilaisia PFASien rajoitusvaihtoehtoja pohditaan riskinhallintavaihtoehtojen analyysissä (RMOA). Sen yhteenveto julkaistiin 15.7.2021 (Assessment of regulatory needs list - ECHA (europa.eu)). ECHAN riskinarviointikomitean (RAC) ja sosio-ekonomisten vaikutusten komitean (SEAC) arvioidaan valmistelevan vuoteen 2023 mennessä lausuntonsa rajoitusehdotuksesta ja jäsenmaiden päättävän asiasta mahdollisesti jo vuonna 2025 (EC 2020b, Pickstone 2021a, Assessment of regulatory needs list - ECHA (europa.eu)).

1. PFAS-yhdisteiden sammutusvahtokäytön rajoittaminen

PFAS-yhdisteiden sammutusvahtokäyttö on syynä moniin ympäristön pilaantumistapauksiin Euroopassa. Vaihtoehtoisia fluorittomia sammutusvaahvoja on saatavilla useimpiin käyttökohteisiin (EC 2020b). ECHA on helmikuussa 2022 laatinut, Euroopan komission pyynnöstä, ehdotuksen PFAS-yhdisteiden rajoittamiseksi sammutusvaahdoissa. Taustalla on huoli PFOA:n korvaamisesta muilla PFAS-aineilla sammutusvaahdoissa. (echa.europa.eu/fi/hot-topics/perfluoroalkyl-chemicals-pfas). Rajoitustyössä laadittu aineisto ja saadut kokemukset toimivat tapaustutkimuksena (case study) edellä esitetyille laajalle PFAS-yhdisteiden rajoittamisprosessille (EC 2020b).

2. Perfluoriheksaanisulfonihappo (PFHxS)

- Ainetta ei käytetä niin laajasti kuin PFOS:ia ja PFOA:ta, mutta sitä löydetään yleisesti ympäristöstä ja ihmisistä (EC 2020b)
- REACH-asetus: ECHA:n riskinarviointikomitea (RAC) ja sosio-ekonomisten vaikutusten komitea (SEAC) ovat antaneet kesäkuussa 2020 lausuntonsa (ECHA 2020b) Norjan tekemästä PFHxS:n, sen suolojen ja sen kanssa samankaltaisten aineiden rajoitusehdotuksesta (ECHA 2019a). Rajoituksen hyväksyntä komiteamenettelyssä on kesken ja rajoituksen voimaan tuloa on vaikea arvioida. On mahdollista, että komissio odottaa ensin, millainen PFHxS-rajoitus Tukholman sopimuksen alle muotoutuu. Aine on lisäksi tunnistettu SVHC-aineeksi.
- Tukholman POP-sopimus: Aineen lisääminen rajoitusten piiriin on käynnissä (chm.pops.int/theconvention/thechemicalsproposedforlisting/tabid/2510/default.aspx). Jos päätös asiasta tehdään vuonna 2022, voisi rajoitus tulla voimaan vuonna 2023 tai 2024.

3. Perfluoriheksaanihappo (PFHxA).

- Käytetään pitkäketjuisten PFAS:ien sijaan mm. sammutusvaahdoissa, fluoropolymeerien valmistuksessa, puolijohdeteollisuudessa ja tekstiilien käsittelyssä. Lisäksi sitä on löydetty matoista, sammutusvaahdoista, musteista, tekstiileistä ja suksivoiteista (Mehtonen 2016, EC 2020b).
- ECHA:n riskinarviointikomitea (RAC) ja sosio-ekonomisten vaikutusten komitea (SEAC) ovat asettuneet puoltamaan Saksan tekemää PFHxA:n, sen suolojen ja samankaltaisten aineiden rajoitusehdotusta (ECHA 2019b, [All news - ECHA \(europa.eu\)](https://echa.europa.eu/all-news)).

Edellä mainittujen yhdisteiden lisäksi seuraavat PFAS-yhdisteet on tunnistettu SVHC-aineiksi (EC 2020b, Perfluoroalkyylikemikaalit (PFAS-aineet) - ECHA ([europa.eu](https://echa.europa.eu))):

1. **2,3,3,3-tetrafluori-2-(heptafluoripropoksi)propionihappo, sen suolat ja sen asyylihalidit (HFPO-DA). GenX** on sen ammoniumsuola
 - Lyhytketjuinen PFOA:n korvaaja fluoripolymeerien tuotannossa
 - ensimmäinen yhdiste, joka päätyi SVHC-ainelistalle PMT-ominaisuuksien vuoksi vuonna 2019.
2. **Perfluoributaanisulfonihappo (PFBS) ja sen suolat**
 - Lyhytketjuinen PFOS:n korvaaja, jota on käytetty fluoropolymeerien valmistuksessa
 - Tunnistettiin vuonna 2020 SVHC-aineeksi johtuen mm. siitä, että se on erittäin pysyvä ja kulkeutuva.

SVHC-listalle päätyminen tarkoittaa sitä, että jollain aikajänteellä ko. aine joko säädetään luvanvaraiseksi (lisätään REACH-asetuksen Liitteeseen 14) tai sen käyttöä rajoitetaan (lisätään Liitteeseen 17). Muutamia PFAS-yhdisteitä on CoRAP-toimintasuunnitelmassa. CoRAP-aineet ovat priorisoituja aineita, joiden arviointi on tarkoitus aloittaa kolmen vuoden kuluessa. Arvioinnin tavoitteena on selvittää, että voiko aineiden valmistus ja/tai käyttö aiheuttaa riskiä ihmisten terveydelle tai ympäristölle (Yhteisön jatkuva toimintasuunnitelma - ECHA (europa.eu)).

Vain harvalla PFAS-yhdisteellä on CLP:n mukainen harmonisoitu vaaraluokitus:

3. PFOA;
4. ammonium pentadekafluorioktanoaatti (APFO);
5. PFNA ja sen natrium ja ammoniumsuolat;
6. PFDA ja sen natrium ja ammoniumsuolat.

Tästä johtuen useimpien PFAS-yhdisteiden luokitus voi vaihdella riippuen luokituksen tekemästä tahosta eli aineen valmistajasta, markkinoille asettajasta tai jatkokäyttäjistä. Lisätietoa PFAS-yhdisteiden rajoittamisesta löytyy ECHA:n PFAS-sivuilta; <https://echa.europa.eu/fi/hot-topics/perfluoroalkyl-chemicals-pfas>.

Pysyvät ja kulkeutuvat PMT- ja PM-yhdisteet

Kriteerejä ottaa kemikaalin kulkeutuvuus vedessä huomioon EU:n kemikaalilainsäädännössä on kehitetty noin 10 vuotta. Tieteelliset kriteerit PMT- ja vPvM-yhdisteiden tunnistamiseksi julkaistiin vuonna 2019 (Neumann and Schliebner 2019). Viime vuosina keskustelu PMT- ja vPvM-kriteereistä on siirtynyt tieteelliseltä tasolta politiikkatasolle. PMT-konsepti on alusta alkaen ollut vaaraperustainen (Neumann & Schliebner 2019, Hale ym. 2020b, Neumann 2021). Kaikki PMT-yhdisteet ovat vesiliukoisia, mutta kaikki vesiliukoiset yhdisteet eivät ole kulkeutuvia. On arvioitu, että kaikista REACH-rekisteröidyistä aineista (14 076 kpl vuonna 2014) yli 2 500 voi olla (v)P(v)M -aineita, mutta niistä vain 57 pystytään mittaamaan vedestä. (EEA 2019). Esimerkkejä

pysyvistä ja kulkeutuvista aineista ovat metyyli-tert-butyylieetteri (MTBE), etyleeni-diamiinitetraetikkahappo (EDTA), pitkäketjuiset perfluorialkyylihapot (PFAA), tris(2-kloorietyyli)fosfaatti (TCEP; Reemtsma ym. 2016) ja 1-4-dioksaani (Hale ym. 2020b).

Kirjallisuustutkimuksen mukaan REACH-rekisteröityjä aineita oli 46 % (113 kpl) juomavedestä löytyneistä kemikaaleista (246 kpl) ja vastaavasti 40 % (75 kpl) pohjavedestä havaituista kemikaaleista (187 kpl). REACH-rekisteröidyistä aineista 58 % ylitti EU:n juomavesidirektiivin 0,1 µg/l raja-arvon. Huomattava osuus juoma- ja pohjavedestä havaituista kemikaaleista on REACH-rekisteröityjä kemikaaleja (Neumann & Schliebner 2019).

Huolenaiheena on se, että useat PM-aineet päätyvät hajoamatta maaperässä pohjavesiin eivätkä ne hajoa riittävästi nykyisessä juomaveden puhdistusprosessissa. Kehittyneellä vedenkäsittelyllä kuten kehittyneillä hapetustekniikoilla ja erityisesti membraanisuodatuksella (käänteisosmoosi ja ultrasuodatus) päästään parempaan puhdistustehokkuuteen, mutta korkeaan hintaan ja ongelmana on kulkeutuvien ja pysyvien muuntumistuotteiden muodostuminen (Reemtsma ym. 2016, EEA 2019, Neumann and Schliebner 2019).

PMT/vPvM-aineita voidaan REACH-asetuksen alla tunnistaa SVHC-aineiksi Art 57 (f) perusteella, jos aineella katsotaan olevan vastaavantasoinen huoli kuin CMR- ja/tai PBT/vPvB-aineilla, jotka tunnistetaan SVHC:ksi REACH-asetuksen Art. 57 a-e mukaisesti. Syynä nykyisten ympäristölle haitallisten SVHC-aineiden nimitykseen on useimmiten PBT/vPvB -ominaisuudet, mutta todella pooliset (molekyylin varausjakauman epätasaisuus) kulkeutuvat yhdisteet eivät ole päätyneet SVHC-aineiksi. PMT-/vPvM -yhdisteiden on kuitenkin arvioitu aiheuttavan REACH-määritelmän mukaisesti vastaavaa huolta kuin PBT- /vPvB -yhdisteet. Erona on, että PMT-/vPvM -yhdisteet päätyvät kauas päästölähteeltä juomavesilähteisiin ja vesiympäristöihin asti yhä kasvavina pitoisuuksina. Sen sijaan PBT- /vPvB -yhdisteet ja kertyvät ihmisiin ja ympäristön ravintoketjuun. Molempien aineryhmien osalta on vaikea arvioida kaukokulkeutumista ja pitkäaikaisesta altistumisesta aiheutuvia riskejä (Hale ym. 2020a & b). REACH-rekisteröidyistä aineista harvemmat aineet täyttävät PMT-/vPvM -kriteerit kuin PBT- /vPvB - kriteerit (Neumann & Schliebner 2019).

Arp & Hale (2019) ovat vuonna 2019 laatineet em. PMT-/vPvM -kriteeristöihin (Neumann & Schliebner 2019) perustuvan ohjeen siitä miten REACH-rekisteröintiprosessia voi hyödyntää PMT-/vPvM -aineiden tunnistamisessa. Ohjetta sovellettiin kaikkiin REACH-rekisteröityihin aineisiin (15 469 kpl toukokuussa 2017). Yhteensä 260 yhdistettä täytti PMT/vPvM -kriteerit ja 224 yhdistettä PM-kriteerit kun taas 3 665 yhdistettä ei täyttänyt PMT/vPvM -kriteerejä (eli ei tunnistettu PMT-/vPvM-aineiksi). Lopuista noin 5 600 yhdisteestä ei ollut tarpeeksi tietoa tai tieto ei ollut tarpeeksi laadukasta.

Jatkopriorisoinnin (mm. päästöpotentiaali) tuloksena muodostui 122 yhdisteen lista, joille tulee harkita riskinhallintatoimia.

Kulkeutuvien yhdisteiden analyttiseen määrittämiseen vedestä liittyy haasteita ja perinteiset analyysimenetelmät eivät havaitse useimpia niistä. Niiden ympäristömallintaminen on vaikeaa, koska puuttuu perustietoa kiinnittymisestä mm. maaperään, kiintoaineeseen, sedimenttiin ja puhdistamolietteen erillisissä ympäristöolosuhteissa. Tästä johtuen ympäristö- ja päästötiedot niistä ovat puutteelliset. Kulkeutuvia yhdisteitä koskevan analytiikan ja seurantatiedon odottamista ei kuitenkaan suositella vaan tulisi aloittaa sääntely rajoittamalla käyttöä ja tuotantoa. Kulkeutuvia ja pysyviä yhdisteiden käyttöä tulee rajoittaa EU:n kemikaalilainsäädännössä yhdisteiden vaaraominaisuuksien (ei todennetun riskin) perusteella (Reemtsma ym. 2016, Neumann & Schliebner 2019, Hale ym. 2020a & b). Käytännössä PM/PMT-aineiden sääntely toteutuisi REACH-asetuksen SVHC-aineiden tunnistamisen ja CLP-asetuksen vaaraluokkien kautta sekä soveltaessa näitä muussa EU-lainsäädännössä. Tätä sääntelyä voidaan täydentää kehittämällä tehokkaampia ja kustannuksiltaan edullisempia jätevedenpuhdistustekniikoita, joita kuitenkin tällä hetkellä ei ole (Reemtsma ym. 2016).

Liite 10. Mini-Report: Utilisation of digital solutions in the development of policy instruments and measures for pollution control

Andreas Hoy & Kristel Nöges, Stockholm Environment Institute Tallinn

Objectives and methodology of this document

There is significant innovative potential in using digital solutions to reduce pollution, thereby benefiting other European Green Deal objectives. Timely decisions to make the best use of opportunities while mitigating risks shall accelerate the zero-pollution transition. The following mini-report presents a brief overview of existing examples (projects) on how digital solutions can be used in the development of policy instruments and measures for pollution control.

The EU Zero pollution action plan provides a compass for including pollution prevention in all relevant EU policies, maximising synergies in an effective and proportionate way, stepping up implementation and identifying possible gaps or trade-offs³. It contributes to the UN 2030 Agenda for Sustainable Development and complements the EU 2050 climate-neutrality goal. It synergises with clean and circular economy and restored biodiversity goals. The Zero Pollution Action Plan includes an overview about the main technologies or digital solutions that support zero pollution transition:

- Artificial Intelligence
- Blockchain (or Distributed Ledger Technologies, DLTs)
- Digital twins
- Cloud computing
- Earth observation, satellite imagery, sensors, cameras, drones or robots
- Internet of Things (IOTs)
- 3D printing or additive manufacturing
- Application (Apps) and APIs (Application Programming Interfaces)

Examples of how innovative digital solutions are deployed in specific regions or countries, with potentials for scaling-up, are presented in the following paragraphs.⁴

³ Annexes of the action plan outlining actions and targets may be found [here](#).

⁴ Annex 1: [SWD- Digital solutions](#) of the Zero Pollution action plan.

Relevant projects

EU Project DigiTranScope

The project concentrates on challenges and opportunities that the digital transformation is posing to the governance of society, with a focus on the governance of data. Studied were different emerging data governance models to share data between the public sector, commercial sector, and civil society, as well as the different ways in which the value generated through the integration and analytics on this data is distributed among the stakeholders. One line of work is using AI tools to extract knowledge from existing policy documents, e.g. by machine processing the entire body of knowledge of the Commission, i.e. all the legal texts, policy reports, and scientific articles to support impact assessments of policy initiatives. The project is also researching ways of leveraging some of the characteristics of Digital Transformation for new forms of policy design, implementation, and evaluation. For example, the project is looking at how the availability of digital data and the possibility to create the virtual replica (Digital Twins) of neighbourhoods, cities, and entire countries allows new forms of policy targeting using similar methods, such as the profiling in commercial platforms for personalised marketing, but rather aimed at the public good i.e. addressing first the demand of those who need it most. Case studies have been conducted in Amsterdam and Warsaw, using gaming to involve children in the renewable energy transition. In those cities, hundreds of school children came together with the local administration, industry and academics to use a virtual model in Minecraft to help design their vision of the future for their neighbourhood.

EU Project SynchroniCity

This project implements air quality and noise sensor networks as part of smart city applications (by the company Leapcraft) that are used to collect emissions data for further analysis and to test new strategies, based on commercialised AI and IOT based technology. Leapcraft will implement a tailor made pilot programme in select school districts in Antwerp, Helsinki and Carouge to gather emissions data. Citizen engagement informs and engages students, their families and schools. With adequate knowledge of outdoor and indoor air quality in their own classrooms and with the support of our AI platform, students and teachers will help regulate the need for lowering ambient emissions outside and influence ventilation and maintaining optimum indoor air quality.

EU H2020 Project DUET

“Digital Twin” is a new concept consisting of a continuously learning digital copy of real-world assets, systems and processes that can be queried for specific outcomes.

The project DUET provides virtual city replicas which make it easy to understand the complex interrelation between traffic, air quality, noise and other urban factors. DUETs Digital Twins consume open data and data models from different sources within the city and integrate them with new technology capabilities including High Powered Computing (HPC), Artificial Intelligence (AI) and Advanced Analytics to provide a replica city environment where policy experimentation can safely take place. Powerful analytics model the expected impacts of potential change to help policy makers and operations managers make better evidence-based operational decisions and longer term policy choices. Digital Twins are created and tested for Flanders (BE), Pilsen (CZ) and Athens (GR).

EU H2020 Project Ruggedised

The project introducing innovative, efficient, replicable, scalable and integrated solutions for smart cities and communities. RUGGEDISED will demonstrate in total 32 innovative and integrated smart solutions in the cross-section of energy, transport and ICT. The project is working on smart solutions within 3 domains: 1) Smart thermal grid, 2) Smart electricity grid and e-mobility and 3) Energy management and ICT. More details can be found on the RUGGEDISED webpage. The work on those 3 domains is connected through a smart open data platform. Examples with high replication potential are solutions for operating e-bus fleets and charging and charging of private cars through a dedicated DC grid using electricity from these panels. Six sample cities (Rotterdam, Umea, Glasgow, Brno, Gdansk and Parma) shall test, implement and accelerate the smart city model across Europe. Use cases are such like minimising and optimising the usage of electricity and avoid peak load demands in the electrical network by using photovoltaic (PV) panels (tested in Rotterdam).

EU H2020 Project FaST Platform

The FaST digital service platform will make available capabilities for agriculture, environment and sustainability to EU farmers, Member State Paying Agencies, farm advisors and developers of digital solutions. It aims to become world-leading in generation and re-use of solutions for sustainable and competitive agriculture based on space data (Copernicus and Galileo) and other data public and private datasets. The modular platform will support EU agriculture and the Common Agricultural policy by also enabling the use of solutions based on machine learning applied to image recognition, as well as the use and reuse of IoT data, various public sector data, and user generated data.

A mobile application includes the following features in a user-friendly interface:

- Maps overlaying farm data on GIS layers
- Copernicus/Sentinel imagery: RGB+NDVI
- Campaign management with import of IACS/GSAA farmer data
- Fertilization recommendation
- Geo-tagged photos
- Two-way communications
- Basic weather/climate
- EU Project SoilTakeCare

The project deals with soil contamination from industrial activities and has developed innovative, low-cost diagnostic and monitoring tools, and assessed alternative soil remediation techniques. A key element of addressing soil contamination is the need for accurate mapping and monitoring tools. It has hence developed three different approaches to drastically reduce the cost of this kind of monitoring. The first approach focused on reducing the cost of the active sensors in particle traps that monitor particles with a diameter between 2.5 microns and 10 microns. Secondly, the project used plants such as *Tillandsia usneoides*, also called Spanish moss, (has a high ability to accumulate and retain pollutants, including trace elements), as biosensors for local monitoring. At last, the project developed a methodology to quantify the volumes of matter affected by the contamination. The project was carried out in three sites: Occitanie in France, Murcia in Spain and Centro in Portugal.

Banking platform “Plastic bank”

Plastic bank is a blockchain-based banking platform. It awards those who collect plastic waste from the ocean and deliver it to a Plastic Bank branch with digital vouchers that are stored on their mobile phones. These vouchers function like money. Goal is to create a regenerative, inclusive, and circular plastic economy by building an ethical recycling ecosystems in coastal communities, and reprocess the materials for reintroduction into the global manufacturing supply chain. The system is fully deployed in Haiti, Indonesia and Philippines.

WISE - Marine and European Atlas of seas

WISE-Marine provides access to information and data on the state of Europe’s seas, on the pressures affecting them, and on the actions being taken to protect and conserve the marine environment.

It has set new standards of visualisation by presenting the data collected in forms of maps and dashboards. The tools is directed to schools, professionals, or anyone wishing to know more about the European seas and its coastal areas.

EU project AI4CITIES

AI4CITIES is the first European Pre-Commercial Procurement (PCP) action seeking to turn leading European cities carbon neutral with the use of Artificial Intelligence (AI). It is a three-year (2020-2022) Horizon 2020 project where 6 European cities and regions - Helsinki (Finland), Amsterdam (Netherlands), Copenhagen (Denmark), Greater Paris (France), Stavanger (Norway) and Tallinn (Estonia) – look for energy and mobility solutions to reduce GHG emissions and support their climate commitments. Stakeholders use AI and related enabling technologies, such as big data applications, 5G, edge computing and IoT. The PCP enables the public sector to steer the development of new solutions (not- market-ready) directly towards its needs.

EU project SCOREwater

SCOREwater performs sewage monitoring and health of population in a district. The project develops and tests three large-scale demonstration cases:

- In Barcelona an online platform connected with a sewer sensor network is being piloted
- In Amersfoort water monitoring techniques and data-adaptive storm water treatment is developed
- In Göteborg water resource protection and legal compliance are applied in construction projects.

The SCOREwater digital services provide new business opportunities for water and ICT SMEs and enhance resilience against flooding by sensing and hydrological modelling coupled to urban water engineering.

Pioneer project HolyGrail

The project aims to speed up the transition to a circular economy for plastics. Holy-Grail improves automated detection and sorting of post-consumer packaging with the help of machine-readable chemical tracers and/or digital watermarks. The project investigates if such approach or technology could provide reliable and efficient tagging system that could be deployed on the large scale and contribute to the circular economy for plastics.

tietokayttoon.fi

ISBN PDF 978-952-383-044-8

ISSN PDF 2342-6799