



Miljøministeriet
Miljøstyrelsen

PFAS I JORD

International screening af andre landes praksis for håndtering af jord med PFAS

Miljøprojekt nr. 2268

Maj 2024

Udgiver: Miljøstyrelsen

Redaktion:

Katrine Hauge Smith, WSP Danmark

Katerina Tsitonaki, WSP Danmark

ISBN: 978-87-7038-617-3

Miljøstyrelsen offentliggør rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, som er finansieret af Miljøstyrelsen. Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter. Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Må citeres med kildeangivelse

Indhold

1.	Forord	4
2.	Sammenfatning og konklusioner	5
3.	Indledning	8
3.1	Baggrund	8
3.2	Formål	8
4.	Metode	9
4.1	Søgning efter informationer	9
5.	Kilder til PFAS i jord	11
5.1	Punktkilder og diffus forurening	11
5.2	Spredning af PFAS fra jord til det øvrige miljø	11
6.	Håndtering af PFAS i jord i forskellige lande	14
6.1	Flandern	14
6.2	Nederlandene	16
6.3	Tyskland	19
6.4	Schweiz	23
6.5	Sverige	23
6.6	Norge	25
6.7	Australien	26
6.8	Canada	30
6.9	USA	32
6.10	Andre lande	33
7.	Eksempler på påbud i andre lande	35
7.1	Norge	35
7.2	Sverige	38
8.	Diskussion	41
8.1	Strategier for håndtering af PFAS i jord	41
8.2	Kvalitetskriterier for PFAS i jord	42
8.3	Håndtering og genanvendelse af jord med PFAS	45
8.4	Påbudsmuligheder i andre lande	48
9.	Vejen frem	49
9.1	Ideer til håndtering af PFAS forurennet jord	49
10.	Referencer	53

1. Forord

Denne rapport indeholder en gennemgang af udvalgte landes håndtering af PFAS i jord.

Projektet er gennemført under Miljøstyrelsens Teknologiprogram for jord- og grundvandsforurening 2024.

Projektet blev gennemført i en periode fra 1. januar 2024 til 30. april 2024.

Projektet har haft en følgegruppe til projektet, som bestod af:

Miljøstyrelsen, Maiken Lundstad Nielsen

Roskilde kommune, Julie Nyrop Albers

Roskilde kommune, Pia Winther Bjergaarde

Videncenter for Miljø og Ressourcer, Danske Regioner, Julie Kofoed

WSP Danmark, Katerina Tsitonaki

WSP Danmark, Katrine Hauge Smith

Projektet er udarbejdet af Katrine Hauge Smith, WSP Danmark og kvalitetssikret af Katerina Tsitonaki, WSP Danmark.

2. Sammenfatning og konklusioner

PFAS-forbindelser er en stor gruppe af kemiske stoffer, der i kraft af deres unikke egenskaber har haft en lang række af anvendelser. PFAS-forbindelser er fundet i miljøet som følge af deres udbredte anvendelse og persistens, og de har en række sundhedsskadelige effekter.

Forekomster af PFAS i jord er primært knyttet til lokaliteter, hvor der har været en aktivitet, der har involveret brug af PFAS eller hvor der har været deponering af PFAS holdigt affald, men PFAS kan også findes som en mere diffus forurening af jorden. Hvis der påvises PFAS i jord i forbindelse med bygge- og anlægsarbejder, er den efterfølgende jordhåndtering svær, da der pt ikke findes etablerede behandlingsmuligheder for jorden. Der er behov for at finde løsninger på håndtering af PFAS i jord, således at PFAS forurening ikke overses og spredes utilsigtet. Samtidig er der behov for, at der findes praktiske håndteringsmuligheder, således at jorden kan håndteres indtil der er etableret varige, stabile løsninger for jordrensning.

Formålet med projektet har været at lave en international screening af andre landes håndtering af PFAS i jord. Projektet har undersøgt andre landes koncepter for kvalitetskriterier for PFAS og deres strategier for håndtering af PFAS i jord. Projektet har desuden undersøgt håndtering af påbud i forbindelse med PFAS-forurening i Sverige og Norge. Projektet har på denne baggrund udledt forskellige ideer til håndtering af PFAS i jord i en dansk kontekst.

Projektet er løst ved hjælp af en systematisk litteratursøgning. Der er blevet lagt vægt på, at det fremsøgte materiale består af officielle rapporter eller hjemmesider fra styrelser, direktorater, ministerier mm. Der er fundet oplysninger om initiativer knyttet til PFAS i jord i 12 lande. 10 lande har etableret kvalitetskriterier for håndtering af jord, mens 4 lande har lavet egentlige strategier. De lande, der har strategier for håndtering af PFAS i jord er Flandern, Nederlandene, Tyskland og Australien. Strategierne viser, at landene skal balancere mellem at undgå og eliminere et uønsket og farligt stof på den ene side og skabe muligheder for praktisk håndtering på den anden side, idet PFAS er vidt udbredt i miljøet.

Der er på baggrund af gennemgangen af andre landes praksis fremkommet 13 ideer til håndtering af PFAS i jord. Det bemærkes, at der ikke er lavet en vurdering af implementerbarheden af ideerne, ligesom ideerne ikke er prioriterede.

Ideerne er følgende:

- Handleplan for PFAS i jord
- Inddragelse af flere beskyttelseshensyn i jordkvalitetskriteriet
- Inddragelse af jordens eget beskyttelsesniveau i jordkvalitetskriterierne
- Fastsættelse af en normværdi for indhold af PFAS i jorden, hvor der ikke er risiko
- Fastsættelse af et niveau for den diffuse forurening af PFAS i jord administrativt
- Differentierede jordkvalitetskriteriet efter arealanvendelse
- Inddragelse af vægtet toksikologi i jordkvalitetskriterie
- Udarbejdelse af et jordkvalitetskriterie for summen af PFAS (uspecifikke)
- Udvaskningstests i forbindelse med prøvetagning af jord
- Områdekort for PFAS
- Retningslinjer for midlertidig opbevaring
- Retningslinjer for genanvendelse
- Indretning af specielle enheder på deponier til PFAS holdig jord

De 13 ideer er beskrevet i rapporten og i det nedenstående er udvalgte ideer trukket frem, da de er fundet meget interessante.

Baggrunden for projektet var, at der i dag opstår udfordringer ved bygge- og anlægsarbejder og ved forureningsundersøgelser, hvor PFAS konstateres, da der ikke er etablerede muligheder i stor skala for at komme af med jorden. En specialindrettet enhed for PFAS holdig jord på et deponi med den rette beskyttelse af omgivelser og med særskilt opsamling og håndtering af perkolat er en løsning, der kan afhjælpe disse udfordringer, samtidig med at jorden håndteres på sikker vis og spredning af PFAS undgås.

Rensning af jord, enten in situ eller på anlæg bør dog være første prioritet ved håndtering af PFAS holdig jord, men indtil de rette løsninger er etableret, kan det være formålstjenligt at oprette specielle enheder på deponier eller eventuelle midlertidige løsninger for opbevaring, som har den samme beskyttelse af omgivelser som et deponi. Der kan i den forbindelse laves retningslinjer for midlertidig opbevaring ud fra, hvor længe opbevaringen skal foregå. Der vil være et dilemma for midlertidig opbevaring omkring, hvornår opbevaringen bliver permanent og skal sidestilles med deponering.

Da der forventes en diffus forurening af jorden, kan der laves retningslinjer for genanvendelse af jord med et mindre indhold af PFAS. Her kan der eksempelvis inddrages viden om niveauet for den diffuse forurening og udarbejdes en normværdi for jorden, hvor PFAS indholdet ikke udgør en risiko for mennesker eller natur. Derudover kan der overvejes brug af udvaskningstest og udarbejdelse af områdekort, hvor der kan differentieres mellem forskellige arealanvendelser. Ved hjælp af disse værktøjer kan der etableres et system hvor genanvendelse af jord med lavt indhold af PFAS er muligt uden at genanvendelsen skaber en øget risiko for mennesker og miljøet.

Et vigtigt emne, der skal adresseres i denne sammenhæng, er om der skal laves et helt nyt system for PFAS eller om PFAS problematikken kan integreres i det nuværende system for håndtering af jordforurening. Genanvendelse af PFAS holdig jord er i dag muligt via en § 19 tilladelse, men omvendt er hverken restproduktbekendtgørelsen eller områdeklassificering i dag udformet til at håndtere mobile organiske forureninger.

Jordkvalitetskriterier i de forskellige lande fastsættes ud fra forskellige hensyn, som fx jordkontakt, spredning fra jord til grundvand og overfladevand, optag fra jord til planter og spredning i økosystemer gennem optag i mikroorganismer og planter. Jordkvalitetskriterierne for PFAS i Danmark retter sig alene mod at beskytte menneskers sundhed med fokus på børns jordkontakt, og beskyttelse af grundvand og overfladevand er ikke indarbejdet i det danske jordkvalitetskriterium. Det kan i den forbindelse undersøges om de skærpede jordkvalitetskriterier for sum af 4 PFAS også yder beskyttelse over for planteoptag, grundvand, overfladevand og økosystemer, ligesom niveauet for den diffuse forurening af PFAS i jord også skal inddrages i vurderingen.

Jordkvalitetskriterierne for PFAS i Danmark består af henholdsvis 22 og 4 specifikke PFAS forbindelser, og Danmark er det land, der har inddraget flest forbindelser i jordkriteriet. Der findes dog langt flere PFAS forbindelser, der kan være relevante af undersøge for. Det kan derfor overvejes at have et supplerende jordkvalitetskriterie, som er udtrykt som summen af PFAS, men uden en specificering af hvilke forbindelser, der skal være indeholdt, ligesom det kan overvejes at fastsætte et jordkvalitetskriterium for enkelt-PFAS forbindelser.

Projektet har desuden undersøgt muligheder for at give påbud til PFAS forurening. Dette er undersøgt i Sverige og Norge ved at gennemgå specifikke eksempler for påbud, samt undersøge den bagvedliggende lovgivning. Det har generelt været svært at finde oplysninger om påbud i andre lande via en litteratursøgning.

Umiddelbart virker det som om, der i Sverige og Norge er større muligheder for at give påbud alene på baggrund af en mistanke. I Danmark er påbudsbestemmelserne i jordforureningsloven omkring undersøgelse og oprydning afgrænset ved specifikke årstal, idet det ikke er muligt at give undersøgelsespåbud, hvis den mulige udledning er sket før 1. januar 1992 og det ikke er muligt at give påbud om at fjerne forureningen, hvis den er sket før d. 1. januar 2001. I Sverige ligger afgrænsningen for at give påbud til forurenere i 1969, dvs. noget tidligere end i Danmark, mens der i Norge umiddelbart ikke er begrænsninger i lovgivningen.

3. Indledning

3.1 Baggrund

PFAS-forbindelser er en stor gruppe af kemiske stoffer, der i kraft af deres unikke egenskaber har haft en lang række af anvendelser. PFAS-forbindelser er fundet i miljøet som følge af deres udbredte anvendelse og persistens, og de har en række sundhedsskadelige effekter. Enkelte af stofferne er forbudte, mens andre fortsat er i anvendelse.

Forekomster af PFAS i jord er primært knyttet til lokaliteter, hvor der har været en aktivitet, der har involveret brug af PFAS eller hvor der har været deponering af PFAS holdigt affald, men PFAS kan også findes som en mere diffus forurening af jorden. I Danmark er der fastsat kvalitetskriterier for jord for henholdsvis summen af 22 PFAS¹ på 400 µg/kg og et skærpet kriterie for summen af 4 PFAS (PFOA, PFOS, PFNA, PFHxS) på 10 µg/kg. Disse anvendes til at vurdere forurenede lokaliteter. Jordkvalitetskriterierne er værdier, der sikrer at den fri og meget følsomme anvendelse af jorden er sundhedsmæssig forsvarlig og beskytter børn, der leger og dermed indtager jord. For PFAS er der endvidere fastlagt et grundvandskvalitetskriterie, som sikrer at grundvandet kan udnyttes til drikkevandsforsyning (Miljøstyrelsen, 2021). Derudover er der også fastsat kvalitetskrav for PFOS for overfladevand, som kan bruges til at vurdere påvirkningen fra en jordforurening på overfladevand.

PFAS er ikke en parameter, der automatisk er påkrævet ved jordflytning, og der er stor usikkerhed blandt branchens aktører om, hvornår der skal udtages prøver for PFAS i jord. Kommunerne skal jf. Jordflytningsbekendtgørelsens regler fastlægge relevante analyseparametre ved jordflytninger, og stille krav til PFAS-analyser ved mistanke om forurening. Hvis der påvises PFAS i jord, er den efterfølgende jordhåndtering svær, da der pt ikke findes etablerede behandlingsmuligheder for jorden. Derudover er flere af PFAS-forbindelserne mobile og kan findes i grundvand, og jordkvalitetskriterierne beskytter ikke mod udvaskning til grundvand. Dette komplicerer jordhåndteringen yderligere.

Der er behov for at finde løsninger på håndtering af PFAS i jord, således at PFAS forurening ikke overses og spredes utilsigtet. Samtidig er der behov for, at der findes praktiske håndteringsmuligheder, således at jorden kan håndteres indtil der er etableret varige, stabile løsninger for jordrensning.

3.2 Formål

Formålet med projektet har været at lave en international screening af andre landes håndtering af PFAS i jord. Projektet har undersøgt andre landes koncepter for kvalitetskriterier for PFAS og deres strategier for håndtering af PFAS i jord. Projektet har desuden undersøgt håndtering af påbud i forbindelse med PFAS-forurening i Sverige og Norge. Projektet har på denne baggrund udledt forskellige ideer til håndtering af PFAS i jord i en dansk kontekst.

¹ PFBS, PFPeS, PFHxS, PFHpS, PFOS, PFNS, PFDS, PFUnS, PFDoS, PFTTrS, PFOSA, 6:2 FTS, PFBA, PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFOA, PFNA, PFDA, PFUnDA, PFDODA, PFTTrDA.

4. Metode

4.1 Søgning efter informationer

Projektet er løst ved hjælp af en systematisk litteratursøgning.

Der er i litteratursøgningen taget udgangspunkt i en artikel fra Videncenter for Miljø og Ressourcer (Kofoed, 2023), der giver en oversigt over forskellige landes tilgang til grænseværdier for PFAS. Derudover findes der i (Regionernes Videncenter for Miljø og Ressourcer, 2022), (ITRC, 2022) en gennemgang af andre landes kvalitetskriterier for PFAS, som der også gennemgås.

Samtidig er konferencemateriale fra tre nylige afholdt konferencer (AquaConSoil, 2023), (ATV Vintermøde 2023) og (Nordrocs, 2022) gennemgået. Her har blandt andet været præsentationer af forskellige landes arbejde med kvalitetskriterier for PFAS, og oplysningerne er blevet anvendt som udgangspunkt for søgningen.

Derudover er der indhentet information fra organisationen NICOLE, hvor en arbejdsgruppe, der arbejder med regulering af PFAS, har samlet information om blandt andet jordkvalitetskriterier i en række europæiske lande (NICOLE, 2024 – foreløbig udgave).

Der er ud fra ovenstående materiale søgt efter litteratur i lande, hvor der var en forventning om at der enten er fastsat kvalitetskriterier for PFAS i jord eller hvor håndtering af jord med PFAS har været et emne, der har været behandlet.

Bing er anvendt som søgemaskine. Søgeord, der er anvendt, er: PFAS/PFOS OG soil quality criteria, intervention value, limit values, trigger value, risk assesment i kombination med landets navn.

For Norge og Sverige er der desuden søgt på originalsprog. Søgeord, der er anvendt, er: Sverige: riktvarden, forenrad mark, pfas og Norge: tilstandsklasser, normverdi, forurenset grunn, pfas

Der er blevet lagt vægt på, at det fremsøgte materiale består af officielle rapporter eller hjemmesider fra styrelser, direktorater, ministerier mm.

Derudover er der blevet lavet en søgning efter videnskabelige tidsskrifter via Google Scholar. Søgeord, der er anvendt, er: perfluoroalkyl/polyfluoroalkyl substances OG soil quality criteria, regulation/regulatory, guideline, recycling i kombination med landets navn.

Endvidere er der taget kontakt til repræsentanter fra andre lande. Dette har været myndighedspersoner, eksperter i regi af NICOLE og eksperter fra WSP. Der er opnået kontakt til repræsentanter fra Finland, Italien, England, Frankrig, Sverige, Tyskland, Flandern, Nederlandene, Canada og USA. Disse har suppleret med relevant materiale og/eller svar på spørgsmål til det fundne materiale. Derudover er der afholdt et dialogmøde mellem Naturvårdsverket i Sverige og følgegruppen til projektet.

For følgende lande er der fundet relevant materiale, og disse lande er udvalgt til det videre arbejde:

- Belgien (Flandern)
- Nederlandene

- Tyskland
- Sverige
- Norge
- Australien
- Canada
- USA
- Schweiz
- England
- Finland
- Italien

I NICOLEs materiale fremgår det desuden at følgende lande ikke har indført regulering på jordområdet: Østrig, Belgien (Bruxelles og Vallonien), Frankrig, Spanien, Ungarn og Polen (NICOLE, 2024 – foreløbig udgave).

Materiale om påbud:

Derudover er der søgt efter information om påbud vedrørende PFAS forureninger. Her er søgt efter cases i andre lande med det mål at undersøge lovgivningen bag casene. Søgeord, der er anvendt, er: Polluter pay principle OG PFAS/PFOS.

Det har vist sig svært at finde information omkring påbud i andre lande, som er nogenlunde sammenlignelige med danske forhold, og som har tilgængeligt materiale.

I Nederlandene og Belgien har staten eksempelvis holdt industrivirksomhederne 3M og Chemours ansvarlig for deres forurening (The Brussel Times, 2022), (Reuter, 2023a), (Reuter, 2023b). I Belgien har 3M indvilliget i at betale for oprensning af deres forurening (Chemanager, 2023), ligesom der er et eksempel på at 3M skal betale erstatning til en familie i området Zwijndrecht, hvor 3M har haft deres produktion (VRT, 2023). 3M har haft produktion af PFAS, hvilket har ført til massiv forurening af omgivelserne, hvilket ikke kan sammenlignes med situationen i Danmark, og derfor er disse sager ikke undersøgt nærmere.

I søgningen efter materiale i Norge fremkom oplysninger på flyselskabets AVINOR's hjemmeside, idet flyselskabet har offentliggjort de påbud, de har fået fra Miljødirektoratet på deres hjemmeside. Dette materiale er anvendt i rapporten til at undersøge påbudsmuligheder i Norge.

I Sverige er der afgivet en dom fra Högsta domstolen, hvor beboere i Ronneby skal have erstatning fra vandværket, idet de har drukket vand fra Brantafors vandværk med højt indhold af PFAS (Högsta domstolen, 2023). Det er dog ikke lykkedes at finde oplysninger om, hvorvidt den ansvarlige for forureningen på Brantafors vandværk er holdt ansvarlig. Derudover er derogså fundet omtale af, at jord- og miljødomstolen tidligere i 2021 har afgjort, at det svenske forsvar ikke skal betale erstatning til Uppsala vandforsyning, som havde PFAS-forurenede vand. Domstolen fandt, at det ikke kunne godtgøres, at forureningen stammede fra Forsvaret (SVT, 2021). Denne sag er dog blevet omgjort d. 9. april 2024, således at domstolen nu har fundet at det svenske Forsvar er ansvarlig og skal betale for oprydning (Uppsalavatten, 2024). Disse sager omhandler sager afgjort ved domstolene og omhandler ikke myndighedernes mulighed for at give påbud, og derfor er disse sager ikke undersøgt nærmere.

Naturvårdsverket har hjulpet med at finde materiale om påbud på en case i Sverige via Kristiansands kommune. Dette materiale er anvendt i rapporten til at undersøge påbudsmuligheder i Sverige.

5. Kilder til PFAS i jord

5.1 Punktkilder og diffus forurening

Der er forskellige kilder til PFAS i jord. Primære punktkilder stammer fra brugen af brandsluknings-skum på brandøvelsespladser, udslip fra industrier, der har anvendt PFAS i produktionen og udslip fra deponier. Sekundære punktkilder stammer fra udbringning af slam med PFAS indhold, vanding med PFAS forurenede vand eller bidrag fra store forureninger i nærheden. Derudover kan der også findes PFAS indhold i jord, hvor der umiddelbart ikke er en kilde til forurening i nærheden. Dette kan fx skyldes atmosfærisk deposition af luftbåren forurening med PFAS (Abou-Khalil et al, 2022). Derudover kan PFAS også spredes via vandløb, havvand og bølgeskum (Tsitonaki et al, 2023).

Koncentrationer til PFAS i jord kan altså opdeles i forskellige typer punktkilder, hvor der er en specifik aktivitet, der har ført til forureningen og i et lavere diffust niveau, hvor der ikke er en specifik kilde til forureningen.

Abou-Khalil et al. (2022) har lavet et metastudie af en række fund af PFAS i jord som er fordelt over hele verden. Gennemgangen er baseret på 55 forskellige studier, og har fundet at koncentrationerne fra primære punktkilder ligger fra 371 til 118.403 ng/g PFAS, mens koncentrationerne fra sekundære punktkilder ligger fra 194 til 1286 ng/g PFAS. Derudover er der observeret koncentrationer mellem 0,7 og 10 ng/g i jord, hvor der ikke er nogen umiddelbar kilde til forurening.

I Canadian Council of Ministers of the Environment (2021b) fremgår det, at PFOS kan findes i jord i stor afstand fra kendte kilder, men direkte spild, anvendelse af spildevandsslam og udslip fra deponier anses som de mest betydende kilder til PFOS-forurenede jord. Der henvises til studier, der indikerer at en stor del af den atmosfæriske deposition af PFAS ender i jorden, hvor det kan være en kilde til grundvandsforurening, ligesom der henvises til et studie, der har estimeret at omkring 6 % af den totale PFOS produktion mellem 1970 og 2002 er blevet distribueret i jordoverfladen globalt set.

Moghadasi et al. (2023) har via machine learning lavet et kort over Europa med formodede koncentrationer af PFAS i jord. Kortet er blevet lavet ud fra data sættet fra "Map of Forever Pollution in Europe", som indeholder 6698 spredte koncentrationer af PFAS i jorden. Kortet viser placeringen af adskillige punktkilder og viser at koncentrationerne af PFAS aftager med afstanden til punktkilderne. Kortet viser også, at en stor del af jorden i Europa forventes forurenede med koncentrationer over 5 µg/kg. Det skal dog bemærkes, at data fra de forskellige lande er indsamlet på et uens datagrundlag, og undersøgelsens resultater skal tages med forbehold.

5.2 Spredning af PFAS fra jord til det øvrige miljø

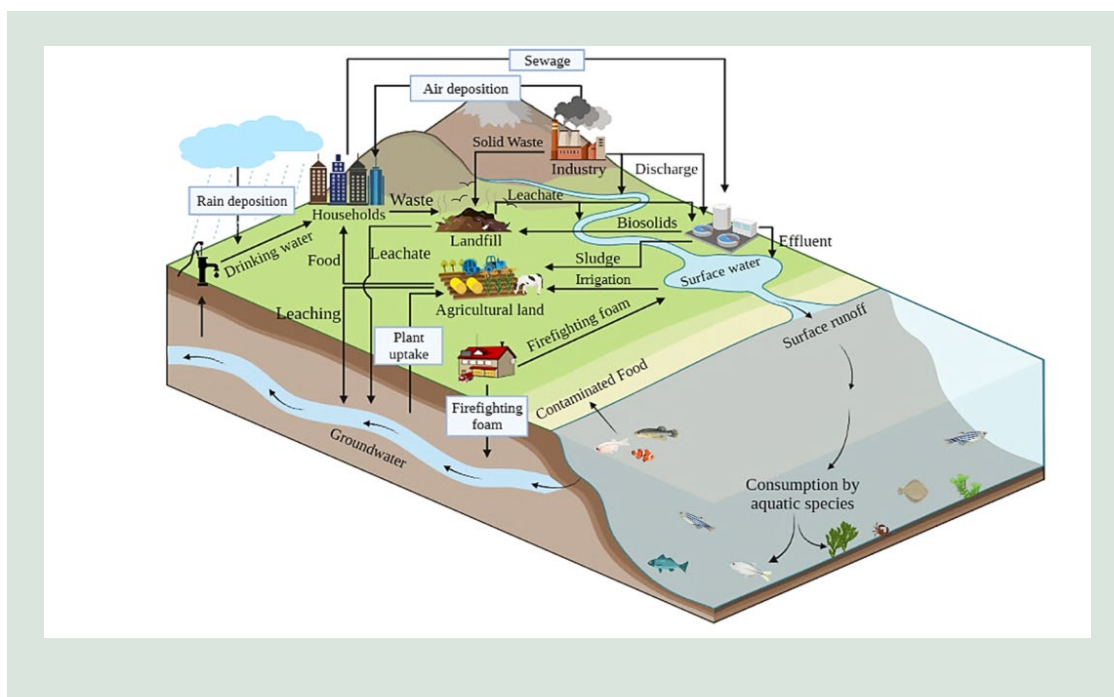
PFAS kan spredes fra jorden til det øvrige miljø via en række transportveje. Spredningen af PFAS kan derved udgøre en risiko over for menneskers sundhed eller miljøet på forskellig vis og der er en række eksponeringsveje, der kan have betydning, når det skal vurderes, hvilken risiko PFAS udgør.

I forhold til menneskers sundhed udgør den direkte kontakt med jorden en risiko. Dette kan være enten via direkte indtag af jord eller inhalering af støv. Flygtige forbindelser kan endvidere udgøre en risiko særligt ift. indeklimaet i boliger. Transportvejen fra jord til grundvand kan udgøre en risiko i forhold drikkevand og vanding af afgrøder. Derudover kan der ske eksponering af mennesker via indtag af afgrøder og kød fra husdyr, som er dyrket eller har

græsset på PFAS-forurenede arealer. Endelig kan PFAS i jord transporteres til overfladevand, hvorefter indtag af fisk og skaldyr kan give en eksponering af mennesker for PFAS (NEMP, 2020).

I forhold til natur og miljø kan PFAS udgøre en risiko for økosystemer enten direkte for mikroorganismer i jorden eller via optag gennem fødekæden. Dette kan ske gennem planteoptag eller optag i dyr, enten fra jord eller overfladevand (NEMP, 2020).

I figuren nedenfor er givet et billede af det komplekse sammenspil mellem kilder og eksponeringsveje.



FIGUR 1. Eksempler på kilder og eksponeringsveje for PFAS (Saawarn, 2022)

Sorption spiller en vigtig rolle for akkumuleringen af PFAS i jord og den efterfølgende spredning til grundvand og overfladevand, ligesom sorption også har stor betydning for optag af PFAS i planter. Sorption af PFAS til jord er en kompleks proces og er styret af forskellige parametre som eksempelvis organisk indhold i jorden, pH og lerindhold (Canadian Council of Ministers of the Environment, 2021b). Sorption afhænger også af de enkelte PFAS forbindelsers fysisk-kemiske egenskaber, og Ngyuen et al. (2020) fandt en lineær korrelation mellem K_d og molekylærvægt, hvis molekylærvægten var over 350 g/mol. K_d værdien steg med en stigende kædelængde for PFAS forbindelserne. De kortkædede PFAS forbindelser binder sig mindre til jorden end de langkædede PFAS og anses som mere mobile.

Abou-Khalil et al. (2022) beskriver desuden observationer, hvor det er målt at koncentrationen af PFAS i jord falder med dybden af jorden, hvor de kortkædede PFAS er mest repræsenteret i dybden, mens de langkædede PFAS findes i størst omfang i den terrænnære overflade.

I "Håndbog om undersøgelse og afværge af forurening med PFAS forbindelser" udgivet af Regionernes Videncenter for Miljø og Ressourcer er gennemgået fysisk-kemiske egenskaber for en lang række af PFAS forbindelser og deres fordeling i jord, grundvand, overfladevand og luft. Her fremgår det blandt andet, at de 22 PFAS-forbindelser, der er omfattet af jordkvalitetskriteriet, er overfladeaktive, ikke daner fri fase, er vandopløselige og vil spredes i vandfasen. Derudover binder de sig til jordens organiske fase samt har lav flygtighed. PFAS forbindelser i

form af PFCA'er og PFSA'er er ikke nedbrydelige, men en række andre PFAS forbindelser, som kaldes precursorer, kan omdannes til PFCA'er og PFSA'er (Regionernes Videncenter for Miljø og Ressourcer, 2022). Derudover findes der i Tsitonaki et. al (2023) en opsamling omkring PFAS-kilder og deres mulige spredningsveje, hvor danske og udenlandske data er præsenteret inden for forskellige medier som spildevand og spildevandsslam, emissioner fra forbrændingsanlæg, regnvand, vandløb, søer, kyst og fjorde, grundvand og jord.

6. Håndtering af PFAS i jord i forskellige lande

6.1 Flandern

I Flandern i Belgien har der været stort fokus på forurening med PFAS, ikke mindst fordi industrivirksomheden 3M har haft produktion af PFAS i Zwijndrecht med stor forurening af grunden og omgivelser til følge. Forureningen blev opdaget i 2021 i forbindelse med en udgravning, og det viste sig, at området var forurenede i en radius af 5 km fra PFAS fabrikken (Kofoed, 2024).

Flanderns parlament har på denne baggrund udpeget en PFAS kommisær, Karl Vrancken, som arbejdede fra juni 2021 til december 2022, og som skulle koordinere og kommunikere om udfordringerne med PFAS. I den forbindelse blev der udarbejdet en række rapporter. I dette arbejde indgår også overvejelser omkring PFAS forekomster i jord.

I en af disse rapporter, (Vrancken, 2022a), blev der foreslået en midlertidig politisk handleplan for at reducere eksponering for PFAS, som inkluderede nye tiltag for jordhåndtering. Forslagene omkring jordhåndtering er blevet fulgt op og revideret i et forslag til håndtering af PFAS i jord efter dialog med diverse interessenter (fx virksomheder og borgere), der tilkendegav at de havde brug for retningslinjer (Vrancken, 2022b). I forslaget er angivet, at vidensniveauet for PFAS hele tiden bliver udbygget og derfor forventes det, at der vil komme senere ændringer, eksempelvis ved nye data om sundhedsrisiko for PFAS forbindelser (andre end PFOS og PFOA), ny viden om hvordan afgrøder optager PFAS fra jorden, ny viden omkring hvordan man adresserer de forskellige PFAS forbindelsers toksisitet og ny viden om baggrundsniveau og udvaskning af PFAS fra jorden (Vrancken, 2022b). Forslaget er blevet omsat til lovgivningstekst, som er blevet godkendt af den flamske regering. Lovgivningen er dog endnu ikke trådt i kraft (Van Gestel, 2024).

I Flandern er der fastsat jordkvalitetskriterier for PFOS og PFOA, der anvendes til at vurdere oprydningens behov for en forurening. Disse kaldes "assessment values", og oversættes her til vurderingskriterier. Der fastsættes forskellige kriterier ift. anvendelsen af jorden, og der differentieres mellem landbrug/natur, bolig, rekreative arealer og industri. Kriterierne er fastsat både ud fra et hensyn til menneskers sundhed og et hensyn til naturen. De forskellige arealanvendelser tager hensyn til, at der er forskellig menneskelig aktivitet på de forskellige typer af arealanvendelse (Vrancken, 2022b).

VITO, et forskningsinstitut i Belgien og en komite for afværgelse og jordfytning har stået for at udregne det faglige grundlag for jordkvalitetskriterierne. For at beregne risikoen for menneskers sundhed er der taget udgangspunkt i EFSA's TWI (Tolerable Weekly Intake) værdi for 4 PFAS (PFOS, PFOA, PFHxS og PFNA) fra 2020. Det er dog vurderet at denne værdi ikke kan benyttes som en sum for de 4 PFAS, da specielt data for PFHxS og PFNA er fundet utilstrækkelige. Der er derfor ikke fastsat værdier for disse 2 stoffer, men alene for PFOS og PFOA, og i den forbindelse er den fulde TWI allokert til både PFOS og PFOA. (Vrancken, 2022b).

Vrancken (2022b) beskriver at ved brug af denne TWI vil beregningerne af vurderingskriterierne blive lavere end baggrundsniveauerne. Det er derfor nødvendigt at acceptere en vis risiko ved fastsættelse af jordkvalitetskriterierne.

Derfor er kriterierne fastsat ved, at der tages højde for baggrundskoncentrationen for jord, og der opereres med forskellige termer/kriterier til at beskrive dette:

- "Limit of quantification", LOQ – Detektionsgrænse
- "Target value", TV – Gennemsnitlig uforurennet jord
- "Value free of use", VFU – Fri anvendelse. Koncentration, hvor jorden kan genanvendes uden at udgøre en risiko for miljøet og hvor der derved er fri anvendelse. Værdien tager højde for udvaskning til grundvand og overfladevand.
- "Assessment value", AV – vurderingskriterie. Kriterierne anvendes til at vurdere oprydningniveau.

Det er politisk bestemt, at der skal være en sammenhæng og betydelig forskel på de ovennævnte, forskellige kriterier. Vurderingskriterierne for natur og landbrug, der bruges til at vurdere oprydningniveau bliver fastsat således, at de ligger over kriterier for detektionsgrænse, uforurennet jord og fri anvendelse. Værdien for fri anvendelse skal være mindst dobbelt så stor som uforurennet jord (Vrancken, 2022b).

Nedenfor ses tabellerne med foreslåede kriterier:

TABEL 1. Forskellige typer af kriterier for PFOS og PFOA (Vrancken, 2022b)

Parameter	LOQ Detektionsgrænse	TV Uforurennet jord	VFU Fri anvendelse	AV Vurderingskriterie
PFOS (µg/kg)	0,2	1,5	3,0	3,8
PFOA (µg/kg)	0,2	1,0	2,0	2,5

TABEL 2. Vurderingskriterier for forskellige typer af areal anvendelse (Vrancken, 2022b)

Arealanvendelse	Landbrug / natur	Bolig	Rekreative arealer	Industri
PFOS (µg/kg)	3,8	4,9	110	268
PFOA (µg/kg)	2,5	7,9	632	303

Vurderingskriterierne i ovenstående tabel anvendes til at kortlægge større PFAS forureninger. Herefter laves der en sted-specifik risikovurdering ift. menneskers sundhed, økotoxikologi og risiko for spredning i miljøet (Vrancken, 2022b).

For VFU, fri anvendelse, er der desuden foreslået en værdi for summen af PFAS (uspecificeret), hvilket ses i nedenstående tabel. Det er anslået at 86 % af alle jordanalyser i Flandern vil opfylde disse kriterier (Vrancken, 2022b). Jord, der genanvendes, skal analyseres for PFAS med mindst en prøve, og hvis kriteriet for fri anvendelse ikke kan overholdes skal der suppleres med en udvaskningstest (Dedecker, 2024).

TABEL 3. Kriterier for VFU, value free of use. Fri anvendelse. (Vrancken, 2022b).

Parameter	PFOS	PFOA	Sum PFAS
VFU, value free of use (µg/kg)	3	2	8

Hvis jorden kan overholde alle 3 kriterier for fri anvendelse, kan genanvendelse ske ubegrænset både som jord og i anlægsprojekter. Hvis materialerne skal udlægges under vand eller i drikkevandsområder, skal de testes yderligere for at belyse risikoen for vandmiljøet (Vrancken, 2022b).

Da der stadig er en vis risiko for udvaskning fra jord til grundvand, er det desuden foreslået, at der skal være udvaskningstest, som overholder et kriterie for grundvand på 0,1 µg/l for summen af 20 PFAS og 0,5 µg/l for summen af PFAS total (uspecificeret). Hvis jorden ikke overholder disse krav skal der laves yderligere undersøgelser der belyser risikoen ved brug af jorden (Vrancken, 2022b).

Jord der ikke overholder kriterierne for fri anvendelse kan anvendes i anlægsprojekter, hvor jorden ikke er direkte i kontakt med omgivelserne. Jorden skal samtidig være under vurderingskriteriet for industri. Fx kan et rent uigennemtrængeligt jordlag (dvs. ler) lægges oven på den lettere forurenede del for at begrænse udvaskning (Vrancken, 2022b).

I (Vrancken, 2022a) er det desuden foreslået, at indtil der kommer endelige regler for hvordan PFAS i jord håndteres, så bør man arbejde med, at jorden anvendes i løsninger, hvorfra der ikke sker udvaskning som en midlertidig løsning. Til dette skal der laves en liste over, hvad der forstås med løsninger, der ikke forårsager udvaskning. Det understreges også, at der er brug for kontrol og sporbarhed af denne jord.

Derudover er det foreslået at udpege zoner, hvor PFAS forurening er forventet, og hvor der derved altid skal laves undersøgelser inden jorden flyttes (Vrancken, 2022a). Der er desuden indført "no regret" zoner rundt omkring PFAS-grunden i Zwijndrecht og rundt om ca. 800 brandøvelsespladser eller områder med brandhændelser, som er blevet udpeget. I disse zoner modtager borgerne vejledning om hvordan de skal forholde sig til jorden, fx ved at begrænse indtag af fødevarer dyrket i jorden (Kofoed, 2024).

I den sidste af rapporterne (Vrancken, 2022c) gives der en vision for hvilken tilgang, der skal være i forhold til PFAS problemet. PFAS ses i relation til cirkulær økonomi, hvor målet er at bruge materialer igen. PFAS er imidlertid en forurening som så vidt muligt skal elimineres fra dette kredsløb, enten ved en kontrolleret forbrænding eller deponering af inerte materialer. Samtidig er spredningen af PFAS omfangsrig, og kan karakteriseres som en diffus forurening. Håndtering af PFAS kræver derfor i høj grad en systematisk tankegang, hvor hele værdikæden betragtes – ellers risikerer man at flytte rundt på problemer.

6.2 Nederlandene

I Nederlandene har RIVM, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, fastsat baggrundsværdier i jord for PFOS og PFOA i 2020 (RIVM, 2020).

TABEL 4. Baggrundsværdier i Nederlandene (RVIM, 2020).

	Baggrundsværdier
PFOS	1,4 µg/kg
PFOA	1,9 µg/kg

Disse værdier angiver hvor meget PFOS og PFOA, der allerede forventes at være til stede i jorden. Hvis jorden indeholder lavere koncentrationer end dette, så kan den anvendes uden risiko for mennesker og miljø. Fastsættelse af baggrundsniveauet er baseret på en undersøgelse af jorden ift. PFAS i Nederlandene og er en opdatering af foreløbige baggrundsværdier, som blev fastsat i 2019 (RIVM, 2019).

Derudover er der udarbejdet midlertidige indgrebsværdier (Intervention values) for PFOS, PFOA og GenX. Disse bruges til at vurdere risikoen ved jordforurening, og hvis værdierne

overskrides skal der foretages en stedspecifik risikovurdering for at undersøge om der er behov for yderligere håndtering eller afværgeforanstaltninger. Disse værdier er baseret på den nyeste sundhedsvurdering fra EFSA i 2020 (denne inkluderede dog ikke GenX), og jordværdierne er lavet ud fra et beskyttelseshensyn af menneskers sundhed. En vurdering af påvirkning af økosystemer er også lavet og sammenlignet med den sundhedsbaserede vurdering, og her fremgår det, at de sundhedsbaserede værdier er de laveste (RVIM, 2021).

De sundhedsbaserede værdier ses i tabellen nedenfor.

TABEL 5. Indgrebsværdier for PFOS, PFOA og GenX (RVIM, 2021)

	Indgrebsværdi
PFOS	59 µg/kg
PFOA	60 µg/kg
GenX	57 µg/kg

RVIM har også udarbejdet en vægtning af forskellige PFAS i forhold til hinanden ved hjælp af relative potensfaktorer, RPF. Således kan der i en sumværdi tages højde for den enkelte PFAS forbindelses toksicitet (RVIM, 2021). Dette er dog ikke implementeret i lovgivningen for jord endnu.

TABEL 6. Relative potensfaktorer, RPF for 23 PFAS forbindelser (RVIM, 2021)

PFAS – forbindelser	RPF
PFBS	0,001
PFPeS	0,6
PFHxS	0,6
PFHpS	2
PFOS	2
PFDS	2
PFBA	0,05
PFPeA	0,05
PFHxA	0,01
PFHpA	1
PFOA	1
PFNA	10
PFDA	10
PFUnDA	4
PFDoDA	3
PFTTrDA	3
PFTeDA	0,3
PFHxDA	0,02
PFODA	0,02
GenX	0,06
ADONA	0,03
6:2 FTOH	0,02
8:2 FTOH	0,04

I 2021 kom en opdateret handlingsplan for genanvendelse af PFAS-forurenede jord og sediment. Baggrunden for handlingsplanen var, at fund af PFAS i jord og sedimenter fik bygge- og anlægsprojekter til at gå i stå, fordi den opgravede jord ikke kunne afsættes, og den første version blev lavet i 2019 (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2021).

I Nederlandene arbejdes der efter principper om, at jorden ikke må forringes og spredning af forurening skal forhindres. Kvaliteten af jord, grundvand og overfladevand må således ikke forringes som følge af anvendelse af PFAS-holdig jord (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2021). PFAS-indhold skal bestemmes ved en jordflytning og registreres i en miljødeklaration, der ledsager jorden i lighed med praksis for andre miljøskadelige stoffer, der kan være i jorden. (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2021). Når der tilføres jord, skal indhold af PFAS i jorden holdes op mod den eksisterende kvalitet af jorden i det område, hvor der tilføres jord. Jordkvaliteten bestemmes på baggrund af indholdet i jorden og inddeles i 3 klasser, som er landbrug/natur, bolig eller industri. En anden parameter er jordfunktion, som området tildeles efter dens arealanvendelse. Jordfunktioner er i handlingsplanen opdelt i landbrug/natur (baggrundsniveau), bolig eller industri, og dette tildeles via et jordfunktionskort (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2021), (SenterNovem, 2007).

I handlingsplanen fra 2021 er angivet forskellige anvendelsesværdier for PFAS-holdig jord, som kan udmøntes på et lokalt eller regionalt niveau. Disse er stillet op efter anvendelse af jorden, men nærhed til grundvand og overfladevand tages også i betragtning. Nedenfor ses de værdier, der skal overholdes, hvis jord udlægges i bolig-, industri- eller landbrugsområder.

TABEL 7. Uddrag af anvendelsesværdier for jord og opgravet materiale. Andre PFAS er uspecificeret og gælder for enkeltstoffer (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2021).

Jordkvalitet	Jordfunktion	Anvendelsesværdier
Bolig eller industri	Bolig eller industri	PFOS = 3 µg/kg PFOA = 7 µg/kg Andre PFAS = 3 µg/kg
Landbrug/natur	Bolig eller industri	PFOS = 1,4 µg/kg PFOA = 1,9 µg/kg Andre PFAS = 1,4 µg/kg
Landbrug/natur, bolig eller industri	Landbrug/natur	PFOS = 1,4 µg/kg PFOA = 1,9 µg/kg Andre PFAS = 1,4 µg/kg

I handlingsplanen anbefales det at relevante myndigheder, såsom kommuner, tager initiativ til at kortlægge forekomst af PFAS mere præcist på et lokalt plan, således at der kan laves områdespecifikke politikker. Dette kan ske på baggrund af et jordkvalitetskort, som giver et billede af forekomsten af PFAS i et udpeget forvaltningsområde. Kortet kan også tjene som grundlag til at udstede miljødeklarationer i forbindelse med jordflytning. Således kan undersøgelsesudgifter til det enkelte projekt reduceres, ligesom der inden for det specifikke område kan ske en matching af udbud og efterspørgsel efter jord (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2021).

Princippet i handlingsplanen er, at så lidt jord skal deponeres som muligt, og at muligheder for rensning, midlertidig opbevaring mm. skal udnyttes før deponering. Midlertidige depoter, hvor

jorden afvandes, inden den anvendes, er en mulighed, men ikke altid praktisk muligt. Der findes statslige deponier, der kan modtage PFAS-holdig jord (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2021).

6.3 Tyskland

I Tyskland har ministeriet *Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz* lavet guidelines for håndtering af PFAS i jord. Formålet med vejledningen er at støtte de udøvende myndigheder i deres vurdering af PFAS-forureninger. (Bundesministerium, 2022).

I vejledningen vurderes det generelt set, at for PFAS udgør transporten af PFAS fra jord til grundvand den største risikofaktor, også set i forhold til risikoen for menneskers sundhed ved direkte kontakt fra jorden (Bundesministerium, 2022).

Lovgivningen, "Federal Soil Protection and Contaminated Sites Ordinance" er i 2023 blevet opdateret med grænseværdier for udvaskningen af 7 PFAS stoffer fra jorden, som skal beskytte grundvandet (Bundesministerium, webpage1).

Disse værdier ses i tabellen nedenfor sammen med HAL, der er Health Advisory Levels og kan bruges i stedet for grænseværdierne for de specifikke forbindelser. HAL anvendes på grund af manglende data:

TABEL 8. Grænseværdier og HAL (Health Advisory Levels) for eluat ved brug af udvaskningstest. (Bundesministerium, webpage2) og (Bundesministerium, 2022)

PFAS forbindelser	Grænseværdi µg/l	HAL µg/l
PFBA	10,0	-
PFPeA	-	3
PFHxA	6,0	-
PFHpA	-	0,3
PFOA	0,1	-
PFNA	0,06	-
PFDA	-	0,1
PFBS	6,0	-
PFHxS	0,1	-
PFHpS	-	0,3
PFOS	0,1	-
6:2 FTSA	-	0,1
PFOSA	-	0,1
Andre PFAS (R1-(CF2)n-R2 og n>3	-	0,1

Grænseværdierne anvendes til at vurdere perkolatet ved en foruren lokalitet, som vurderes ud fra udførte udvaskningstest. Jordprøver skal analyseres med en udvaskningstest, dvs. en batch test efter standarden DIN 19529 eller ved et kolumneforsøg efter DIN 19528 med en væske-jord fordeling på 2:1. For de PFAS forbindelser hvor der ikke er en værdi anvendes 0,1 µg/l. Hvis værdien overskrides, skal der laves yderligere undersøgelser og vurdering (Bundesministerium, 2022).

I vejledningen er der et stort fokus på genanvendelse af jorden. Hvis eluatet fra jorden er under grænseværdien (eller HAL) for PFAS kan jorden anvendes frit.

Hvis jorden kommer fra områder, hvor der ikke er indikationer eller beviser for, at der er en PFAS forurening, så kan jorden genanvendes, så længe der ikke er andre typer af forurening, der hindrer dette. Hvis der derimod er indikationer eller beviser for at der kan være PFAS forurening i jorden, skal jorden analyseres ved hjælp af udvaskningstest. (Bundesministerium, 2022).

Jorden klassificeres i 3 klasser på baggrund af indholdet i eluatet.

- VK1 – jorden kan genanvendes uden restriktioner
- VK2 – jorden kan genanvendes i begrænset omfang og under særlige forhold. Jorden kan desuden genanvendes i tekniske strukturer
- VK3 – jorden kan kun genanvendes i tekniske strukturer og med sikkerhedsforanstaltninger

For anvendelse af VK2 og VK3 skal afstanden til nærmeste grundvandsspejl være mindst 1 m med en sikkerhedszone på 0,5 m (Bundesministerium, 2022).

TABEL 9. Klassificering af jorden i 3 klasser. VK1 er baseret på grænseværdier og HAL værdier for eluat ved brug af udvaskningstest, som er gengivet i tabel 8 (Bundesministerium, 2022).

PFAS forbindelser	VK1	VK2	VK3
PFBA	<= 10,0 µg/l	<= 20,0 µg/l	<= 50 µg/l
PFHxA	<= 6,0 µg/l	<= 12,0 µg/l	<= 30 µg/l
PFOA	<= 0,1 µg/l	<= 0,2 µg/l	<= 1 µg/l
PFNA	<= 0,06 µg/l	<= 0,12 µg/l	<= 0,6 µg/l
PFBS	<= 6,0 µg/l	<= 12,0 µg/l	<= 30 µg/l
PFHxS	<= 0,1 µg/l	<= 0,2 µg/l	<= 1 µg/l
PFOS	<= 0,1 µg/l	<= 0,2 µg/l	<= 1 µg/l
PFPeA	<= 3,0 µg/l	<= 6,0 µg/l	<= 15 µg/l
PFHpA	<= 0,3 µg/l	<= 0,6 µg/l	<= 3 µg/l
PFDA	<= 0,1 µg/l	<= 0,2 µg/l	<= 1 µg/l
PFHpS	<= 0,3 µg/l	<= 0,6 µg/l	<= 3 µg/l
6:2 FTSA	<= 0,1 µg/l	<= 0,2 µg/l	<= 1 µg/l
PFOSA	<= 0,1 µg/l	<= 0,2 µg/l	<= 1 µg/l
Andre PFAS forbindelser	<= 0,1 µg/l	<= 0,2 µg/l	<= 1 µg/l

I vejledningen står også at det for nuværende ikke er muligt at fastsætte baggrunds niveauer for jorden, men så snart dette er muligt vil eluatværdierne skulle suppleres af et jordkvalitetskriterie. (Bundesministerium, 2022).

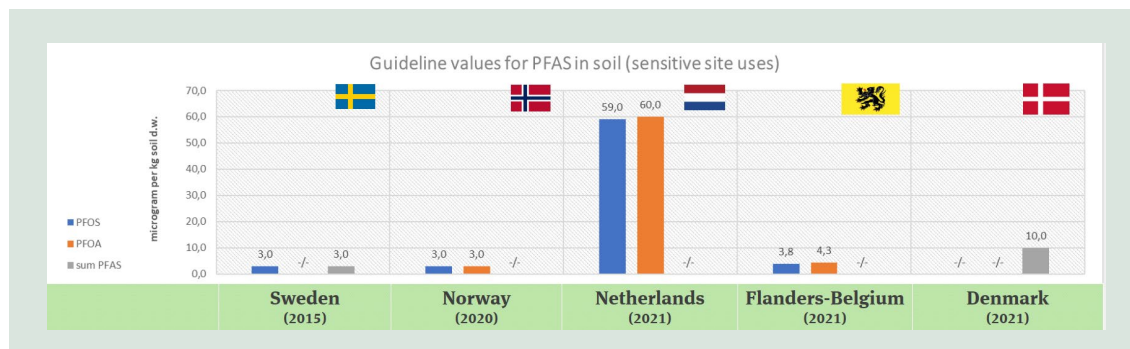
PFAS holdig jord kan deponeres som inert affald, hvilket betyder at jorden skal opfylde kravene i VK1. Jord med eluat værdier for PFAS total under 100 µg/l ved en væske-jord fordeling på 10:1 kan deponeres på specielle enheder. Her skal det sikres, at eluatet renses og PFAS

fjernes og destrueres. Det anbefales, at der indrettes et specielt område til PFAS forurenede jord med separat opsamling af eluat og med overdækning (Bundesministerium, 2022).

UBA (Umweltbundesamt – German Environment Agency) arbejder med at undersøge risikoen ved kontakt mellem jord med PFAS og mennesker, samt optaget fra jord til planter ud fra et hensyn til fødevarer sikkerhed. Derudover undersøges baggrunds niveauet også (Frauenstein, 2024).

I Gehrenkemper et al., (uden årstal) er lavet en undersøgelse af hvordan PFAS transporteres fra jord til planter og relevansen for PFAS regulering i Tyskland, men der mangler viden på området. Her peges der på, at der eksisterer en række studier, men at disse bygger på meget forskellige forsøgs-setup, der gør en sammenligning svær. Fokus har været på PFOS og PFOA, mens der mangler viden om kortkædede PFAS forbindelser og precursere. I (Frische, 2023) er fundet en sammenhæng mellem PFAS i jord i et hotspot og indhold af PFAS i leveren for vildsvin.

Frische et al. (2022) fra UBA har sammenlignet jordkvalitetskriterier for Sverige, Norge, Nederlandene, Flandern og Danmark med fokus på følsom arealanvendelse. Det konkluderes, at en sammenligning mellem lande er svær, da regulering, beregningsmetoder og anvendelse af kriterierne varierer, men de har fundet, at værdierne for kriterierne er i samme størrelsesorden, og relativt lave, når der sammenlignes med andre forureningstyper. I nedenstående tabel ses sammenligningen, og det bemærkes, at værdierne for Nederlandene er en del større end de øvrige lande.

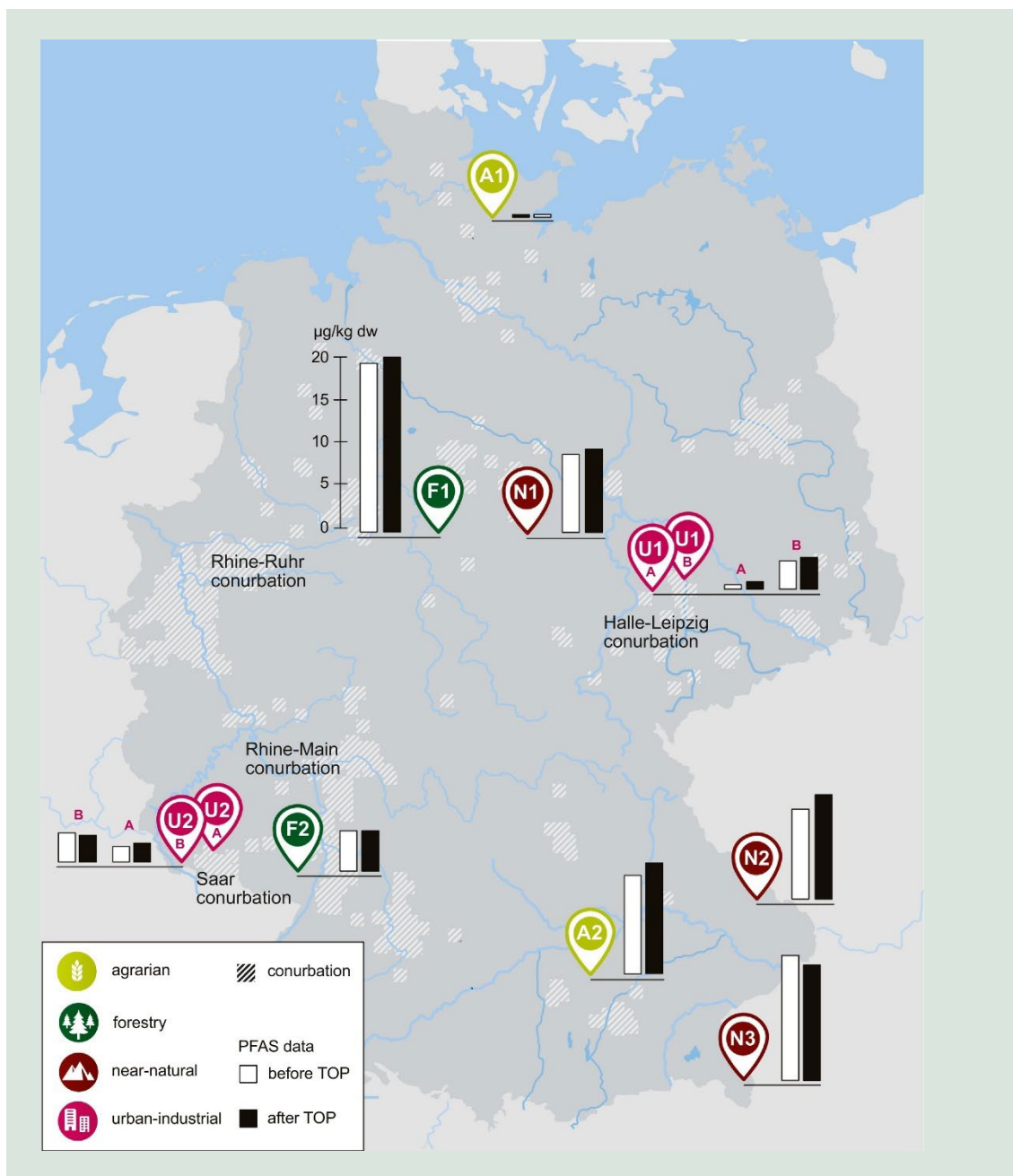


FIGUR 2. Sammenligning af jordkvalitetskriterier for følsom anvendelse (Frische et al., 2022).

Göckener et al. (2022) har lavet en undersøgelse af brugen af TOP-assay (total oxidisable precursor) undersøgelser og set på det ift. regulering i Tyskland. TOP-assay anvendes for at estimere mængden af precursorer i jorden, som ikke findes ved en almindelig target-analyse på specifikke PFAS-forbindelser, og derved kan der opnås en større forståelse af det totale PFAS-indhold i jorden. Dette kan anvendes til at få bedre bestemmelser af den totale mængde PFAS i jorden og dens fremtidige belastning af grundvandet, ligesom TOP-assay kan bruges til kildeopsporing. I artiklen fremgår det, at der mangler en fælles standard for metoden, og at der er observeret betydelige forskelle i resultater fra forskellige laboratorier. Derfor konkluderes det også, at der skal være en vis forsigtighed ved at bruge metoden i reguleringssammenhæng, men at metoden har et stort potentiale for at opnå en bedre forståelse af PFAS-forureninger i jord.

(Wellmitz et al, 2023) har undersøgt PFAS koncentrationer i de øverste jordlag i Tyskland, der blev analyseret for 24 PFAS samt en TOP-assay. Prøverne blev indsamlet fra "German Environmental Specimen Bank (ESB), som er et langsigtet monitoringsprogram af miljøet. Prøverne blev indsamlet mellem 2002 og 2018/19 med et 4-års interval fra 11 lokationer, som repræsenterede 4 forskellige typer af økosystemer. De 4 økosystemer repræsenterede natur,

skov, by/industri og landbrug. Niveauerne lå på 0,31 til 19,7 µg/kg for PFAS 24 og på 0,32 til 20,4 µg/kg efter TOP-assay. De 2 mest målte PFAS forbindelser var PFOS og PFOA. Fordelingen af indholdet af PFAS mellem de 4 forskellige økosystemer ses nedenfor.



FIGUR 3. Indhold af PFAS i jordprøver fra 4 forskellige typer af økosystemer.

Resultaterne indikerede desuden, at precursors ikke spiller en stor rolle i disse prøver, der repræsenterer diffus forurening i forskellige økosystemer. Samtidig viste indhold af organisk indhold i jorden en stærk positiv korrelation med PFAS koncentrationer. Undersøgelsen viste også, at der ikke var sket ændringer i PFAS koncentrationerne i jorden over tid, hvilket indikerer at regulering af PFOS og PFOA endnu ikke er slået igennem i forhold til koncentrationer i jorden. Artiklen skriver, at koncentrationerne, der blev fundet i jorden, udgør en bekymring i forhold til grundvandsbeskyttelsen set i et langt tidsperspektiv, og at dette baggrundsniveau formentlig skyldes atmosfærisk transport af PFAS over lange afstande.

6.4 Schweiz

I Schweiz eksisterer der ikke nationale grænseværdier til vurdering af forurenede jord, som er fastsat i lovgivningen.

På BAFU's (Bundesamt für Umwelt BAFU) hjemmeside er oplysninger om hvordan forurenede grunde med PFAS håndteres (BAFU, webpage).

I 2021 blev lavet en ekspertrapport (Arcadis, 2021) om håndtering af PFAS-forurenede lokaliteter i Schweiz, som har givet det tekniske grundlag for at arbejde videre. Derudover arbejdes der videre i en række arbejdsgrupper med andre myndigheder omkring hvordan problemstillingen håndteres. Den endelige projektrapport for dette forventes klar i 2024 (BAFU, webpage).

BAFU oplyser på deres hjemmeside, at der kan anvendes en toksicitetsvægtet grænseværdi på 50 ng TEQ/l for summen af PFBA, PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFOA, PFNA, PFBS, PFHxS og PFOS til at vurdere behovet for afværge ved forurenede grunde. Grænseværdien måles i vandfasen, men der er ikke yderligere oplysninger i materialet omkring, hvordan målingen foregår. Grænseværdien er baseret på EFSA's sundhedsvurdering. Der skal fra sag til sag indhentes BAFUs godkendelse af brug af denne værdi, da den ikke er fastsat i lovgivningen (BAFU, webpage).

BAFU angiver, at de har anvendt det faglige grundlag fra RIVM i Nederlandene i forbindelse med vægtning af toksicitet (BAFU, webpage).

Arcadis (2021) nævner, at jordforureninger skal vurderes fra sag til sag. Det er beskrevet at der er usikkerhed i forbindelse med byggeprojekter og manglende regulering for deponier, og at der fortsat mangler viden om de toksikologiske effekter af PFAS. Der henvises til en vejledning fra BAFU omkring, hvordan grænseværdier skal udregnes, som skal anvendes ved vurderinger fra sag til sag.

6.5 Sverige

I Sverige er der udarbejdet foreløbige kvalitetskriterier (På svensk: riktvärden) for PFOS i jord og grundvand (SGI, 2015). Statens Geotekniske Institut (SGI) blev i 2015 bedt om at beregne kvalitetskriterier for PFOS i jord og grundvand af regeringen. Kriterierne skal støtte myndigheder og andre i at bedømme miljø- og sundhedsrisici i områder, der er forurenede med PFAS, ligesom de kan bruges til prioritering og til at bedømme oprydningens behov. For jord er der beregnet 2 kvalitetskriterier: et for følsom arealanvendelse og et for mindre følsom arealanvendelse. Ved følsom arealanvendelse kan jorden anvendes til bolig, skoler og lignende, mens jorden ved mindre følsom arealanvendelse kan anvendes til kontor, handel, industri, trafik og lignende (SGI, 2015).

Kvalitetskriterierne er alene beregnet for PFOS, da datagrundlaget for de øvrige stoffer blev vurderet som usikkert. For PFOA blev det vurderet at datagrundlaget ville blive tilstrækkeligt på sigt, men PFOA indgik ikke i beregningerne (SGI, 2015). De foreløbige kriterier ses i nedenstående tabel.

TABEL 10. Kvalitetskriterier for PFOS i jord (SGI, 2015). Kriterierne er i gang med at blive opdateret.

	PFOS (µg/kg)
Følsom arealanvendelse	3

Kvalitetskriterierne er beregnet ud fra en konceptuel model i lighed med den, der er blevet anvendt ved fastsættelse af kvalitetskriterier for andre stoffer. Her regnes på forskellige spredningsveje for PFAS, fx transport ned til grundvandet og transport med grundvandet. Der medtages også mulig afdampning via poreluften og optag i planter fra jorden. Eksponeringen gennem fx direkte indtag af jord og gennem optag af planter inkluderes også. Dertil medregnes spredning til overfladevand og indtag af PFAS via fisk (SGI, 2015).

Jordkvalitetskriterierne indlægger således et beskyttelsesniveau, så de beskytter dels menneskers sundhed, jordmiljøet (organismer, planter og dyr), overfladevand og grundvand. Kvalitetskriterierne for PFOS for følsom arealanvendelse er styret af hensyn til jordmiljøet, som er den begrænsende faktor, mens kvalitetskriterierne for mindre følsom arealanvendelse er styret af hensyn til grundvand og overfladevand (SGI, 2015).

SGI anbefaler desuden at tilstedeværelsen af PFAS vurderes ved at måle 7 PFAS (PFBS, PFHxS, PFOS, PFPeA, PFHxA, PFHpA og PFOA) som kan sammenholdes med den foreløbige vejledende værdi for jord for PFOS (Naturvårdsverket, 2019), (SGI, 2020).

I 2022 har SGI på baggrund af nye oplysninger om risiko, blandt andet EFSA's ændrede anbefaling om tolerabelt indtag af PFAS, lavet nye forslag til kvalitetskriterier for PFAS. Disse har været i høring, men er ikke vedtaget (SGI, marts 2023). De nye forslag lyder på 0,25 µg/kg for PFAS4 (PFOA, PFNA, PFHxS, PFOS) for følsom arealanvendelse og 1,2 µg/kg for PFAS4 for mindre følsom arealanvendelse. For følsom arealanvendelse er det sundhedsrisikoen, der er den styrende eksponeringsvej, herunder indtagelse via drikkevand og indtag via planter fra området. For mindre følsom arealanvendelse er det styrende hensyn beskyttelse af grundvand (SGI, 2022).

Naturvårdsverket er pt i gang med en konsekvensanalyse af disse kriterier, ligesom der i den forbindelse også arbejdes på at fastlægge baggrundskoncentrationer af PFAS i jorden. Naturvårdsverket planlægger at sende konsekvensanalysen til ekstern høring i efteråret 2024, hvorefter der træffes beslutning om hvilke generelle vejledende værdier, der skal være (Naturvårdsverket, 2023).

Naturvårdsverket har sammen med SGI udarbejdet en vejledning om at risikovurdere og afværge PFAS forureninger på forurenede områder. Målgruppen er tilsynsmyndigheder, der fører tilsyn på forurenede områder med PFAS (Naturvårdsverket, 2019). Af vejledningen fremgår, at afgravning er den metode, der primært anvendes til at afværge PFAS-forurenede jord, men da PFAS forbindelserne er relativt mobile kan de bevæge sig langt ned i jorden, hvilket gør løsningen svær og dyr. I vejledningen nævnes andre løsninger som fx. jordvask, stabilisering af forureningerne og etablering af barrierer (Naturvårdsverket, 2019). Vejledningen nævner, at deponering er den mest almindelige måde til at bortskaffe afgravede jord. Her er der krav til behandling af perkolatet, og det nævnes at størstedelen af eksisterende deponier sandsynligvis ikke er tilpasset tilstrækkeligt til at håndtere PFAS, da det er nødvendigt at behandle og rense perkolat fra deponier med PFAS. Der findes ikke græsneværdier for PFAS i de modtagne kriterier, som Naturvårdsverket har stillet op. Derfor skal der laves konkrete vurderinger af det affald, der deponeres ift. den risiko det kan udgøre. Der skal ligeledes laves særlige foranstaltninger i tilfælde af deponering af PFAS-holdigt affald, fx stabilisering, afdækning eller bortskaffelse i separate celler. (Naturvårdsverket, 2019).

Forsvaret i Sverige har i 2020 lavet en handlingsplan for håndtering af deres egne områder forurenede med PFAS, som blandt andet går på at de skal kortlægge og risikovurdere størstedelen af deres PFAS-forurenede områder inden 2025. I handlingsplanen står, at opgravning af

jord generelt set er uhensigtsmæssigt, da håndtering af den forurenede jord kan udgøre en risiko for yderligere spredning. Det er desuden vanskeligt at finde godkendte deponier, der gerne vil modtage jorden, ligesom det er vanskeligt at finde forbrædningsanlæg der vil behandle jorden ved 1100 grader (Försvarsmaketen, 2020).

6.6 Norge

I Norge anvendes tilstandsklasser til at vurdere jordforurening. Disse er beskrevet i en vejledning fra Statens forurensningstilsyn (SFT) fra 2009. Brugen af tilstandsklasserne skal gøre det nemmere at vurdere jordforureninger og skal gøre behovet for at bruge en stedspecifik risikovurdering mindre. Tilstandsklasserne beskriver jorden i 5 klasser ud fra kvalitetsniveau: Meget god, God, Moderat, Dårlig og Svært dårlig. (STF, 2009)

Tilstandsklasserne er beregnet ud fra sundhedshensyn, som er vurderet ud fra jordens arealanvendelse. Tilstandsklasserne definerer derved hvilken arealanvendelse der er egnet. Risiko for selve jordmiljøet og spredning til recipienter er ikke inkluderet i tilstandsklasserne 2-5. Denne risiko skal vurderes særskilt.

Tilstandsklasse 1 betegnes som normværdi, og inkluderer hensyn til økotoxikologi og spredning til recipienter. Dette er den lavest mulige acceptværdi.

For PFOS eksisterer en normværdi på 100 µg/kg (NGI, 2019) for tilstandsklasse 1.

I 2019 har Norges Geotekniske Institut, NGI lavet et forslag til nye normværdier for PFOS og PFOA, som for hvert stof ligger på 3 µg/kg (NGI, 2019). I 2021 har Norges Geotekniske Institut, NGI lavet et forslag til nye normværdier og tilstandsklasser. Her er hensynet til økologi og spredning til recipienter medtaget. Her fremgår det, at der ikke er taget stilling til nye normværdier, og at der har været en værdi på 2 µg/kg i høring i 2020 (NGI, 2021).

Høringsforslaget findes på Miljødirektoratets hjemmeside og her fremgår det, at baggrunden for ændringen er ny viden om sundheds- og miljøeffekter for PFOS, herunder EFSA's sundhedsvurdering, samt at det er erfaret at en normværdi for PFOS på 100 µg/kg ikke tager højde for spredning i miljøet og ikke yder beskyttelse på det niveau, som en normværdi skal (Miljødirektoratet, 2020a).

Miljødirektoratet er myndighed i Norge for jordforurening. Miljødirektoratet har påtaget sig en overordnet rolle som myndighed for mange PFAS-forureninger på brandøvelsespladser, hvilket ellers var kommunernes ansvar, se også afsnit 7 om påbud. Miljødirektoratet har endvidere udsendt en skrivelse ud til det norske Forsvar, Avinor og kommuner om, at de overvejer, at de skal involveres i bygge- og gravearbejde på PFAS-forurenede jord (Statsforvalteren, webpage).

Miljødirektoratet beder i skrivelserne om at få tilsendt tiltagsplaner i sager, hvor der enten er

- Fundet koncentrationer af sum-PFAS over 100 µg/kg for en eller flere prøver.
- Fundet en totalmængde af sum-PFAS i jorden der er mere end 100 g for hele bygge eller gravesagen.
- Fundet koncentrationer af sum-PFAS over 500 µg/l i vandprøver i tilknytning til anlægsområdet i en eller flere prøver

(Miljødirektoratet, 2023)

Håndtering af PFAS forureninger på brandøvelsespladser i Norge er hovedsageligt foregået ved afgravning, hvor jorden efterfølgende er lagt på deponi. Miljødirektoratet har bedt Statsforvaltningen om at følge op på, at deponier ikke tager imod PFAS-holdigt jord uden at de har specifikke krav og vilkår knyttet til håndteringen (Statsforvalteren i Troms og Finnmark, 2021).

Af Statsforvalteren i Troms og Finnmark (2021) fremgår det, at der er givet en tidsbegrænset, 5-årig tilladelse til et eksisterende deponi om at modtage op til 400.000 tons PFAS-holdigt materiale, som ikke er farligt affald, i en deponicelle. I deponicellen er der separat opsamling af perkolat og efterfølgende rensning i eget renseanlæg inden det sammen med øvrigt perkolat ledes til et luftnings-/sedimenteringsbassin og infiltrationsanlæg. Der er desuden dobbelt bundforsegling. Det fremgår, at der er en høj rensningsgrad på anlægget og at perkolatet har en gennemsnitlig koncentration på 8 ng/l for summen af PFAS. Derudover fremgår det også, at PFAS indholdet i perkolatet fra det ordinære deponi er langt højere. Der er desuden krav om at overvåge tilstedende grundvand og overfladevand samt et nærliggende naturområde (3 km væk) for indhold af PFAS, ligesom der er krav om at forhindre dyreliv i et komme til deponiet og krav om at forhindre støvdannelse på deponiet, som kan forurene omgivelserne. I tilladelsen er der sat grænseværdier for koncentrationen af PFAS i perkolatet, som er på 100 ng/l. Derudover er der fastsat grænser for maksimalt årligt udslip for PFOS (0,1 g), PFOA (5 g) og PFHxS (0,1 g) i perkolatet.

(Miljødirektoratet, 2016) indeholder en opsamling fra en workshop i 2015 mellem myndigheder og indehavere af PFAS-forureninger. Her er diskuteret en lang række ting omkring PFAS forurening i forbindelse med brandøvelsespladser. I forhold til jord er der en række overvejelser omkring, at der mangler gode metoder til at fjerne PFAS i jord fra den umættede zone. Det er vigtigt at problemet ikke flyttes fra et sted til et andet, og der mangler deponier med acceptable løsninger og der er problemer med udsivning via perkolat. Det nævnes, at der er laboratorieforsøg omkring fx jordvaskning og stabilisering. Derudover er der også en diskussion om, hvorvidt man kan omregne acceptable koncentrationer i grundvandet til acceptable koncentrationer i jorden med en sted-specifik Kd-værdi.

6.7 Australien

I Australien findes en national handleplan for PFAS. Den første version af PFAS NEMP, National Environmental Management Plan on PFAS, blev publiceret i 2018, mens en opdateret version 2 blev udgivet i 2020. I 2022 blev en version 3 sendt i høring.

I NEMP findes vejledende værdier for indhold af PFAS i jord. Formålet med at sætte vejledende værdier for PFAS er at minimere risici for menneskers sundhed og økologiske systemer. Det understreges i handleplanen, at værdierne ikke er et niveau for oprensning eller en værdi, hvor det er tilladt at forurene, indtil værdien er opnået. Derimod er værdierne en udløsende værdi (trigger value), og hvis værdien overskrides, skal der foretages yderligere undersøgelser og en sted-specifik risikovurdering (NEMP, 2020).

Der er etableret vejledende kriterier for jord, der henvender sig mod henholdsvis beskyttelse af menneskers sundhed og beskyttelse af økosystemer.

De vejledende kriterier for jord, der beskytter menneskers sundhed, er inddelt i 4 forskellige arealanvendelser, og gælder for henholdsvis summen af PFOS og PFHxS samt PFOA. Kriterierne tager hensyn til boliganvendelse med tilhørende have, hvor det antages at 10 % af indtaget af frugt og grønt stammer fra dyrkning i haven. Derudover er der bolig med minimal adgang til jord, fx hvor jorden er dækket af en blivende belægning. Den tredje kategori er offentlige arealer, som fx parker og legepladser. Den fjerde kategori er industri/kontor-områder, hvor det antages at 8 timer bliver brugt indendørs, mens 1 time bliver brugt udendørs (NEMP, 2020).

TABEL 11. Kriterier for jord, der beskytter menneskers sundhed (NEMP, 2020).

Arealanvendelse	Sum af PFOS og PFHxS	PFOA
Bolig med tilhørende have	100 µg/kg	100 µg/kg

Bolig uden tilhørende jord	2.000 µg/kg	20.000 µg/kg
Offentlige arealer	1.000 µg/kg	10.000 µg/kg
Industri/kontor	20.000 µg/kg	50.000 µg/kg

De vejledende kriterier for jord, der beskytter økosystemer, er inddelt i 2 kategorier. Direkte eksponering, som dækker over eksponering af organismer, der lever i eller i tæt kontakt med jorden, fx regnorme og indirekte eksponering, der dækker over de organismer der bliver påvirket uden direkte kontakt med jorden, fx via fødekæden. For den indirekte kontakt skal der tages højde for hvor stort arealet er, og om der er risiko for ophobning via fødekæden. Kriterierne tager ikke højde for off-site transport, udvaskning til grund- og overfladevand samt bioakkumulering (NEMP, 2020).

De vejledende kriterier for jord, der beskytter økosystemer, ses i nedenstående tabel. Det har ikke været muligt at fastlægge den direkte eksponering for økosystemer, og derfor anvendes kriterierne for de offentlige arealer (NEMP, 2020). I den nyeste høringsversion af handlingsplanen er der desuden tilføjet en værdi for den indirekte eksponering for PFOA på 5 µg/kg (NEMP, 2022).

TABEL 12. Kriterier for jord, der beskytter økosystemer (NEMP, 2020)

Eksponeringsscenario	PFOS	PFOA
Direkte eksponering	1.000 µg/kg	10.000 µg/kg
Indirekte eksponering	10 µg/kg	

I handleplanen er angivet et hierarki for behandling af PFAS forurenede materiale, der angiver en prioritering. Hierarkiet ser således ud (NEMP, 2020):

1. Separering, oprensning eller destruktion enten on-site eller off-site, således at PFAS enten bliver destrueret eller fjernet, eller alternativt at risikoen reduceres til et acceptabelt niveau.
2. On-site indkapsling i konstruktioner til oplagring enten med eller uden kemisk immobilisering, således at risiko for spredning til jord, grundvand, overfladevand og biota undgås.
3. Off-site fjernelse til deponeringsanlæg. Dette kan inkludere immobilisering og perkolat skal opsamles og behandles, så PFAS bliver destrueret.

Handleplanen angiver både retningslinjer for opbevaring af PFAS forurenede materialer, som ikke er permanente, herunder også jord og for genanvendelse af PFAS forurenende materialer, herunder jord i form af permanente eller langvarige løsninger, der opfylder et nyttigt formål (NEMP, 2020).

For ikke permanent opbevaring anviser handleplanen forskellige løsninger afhængigt af tidsperioden for opbevaring, som inddeles i a) mindre end 48 timer uden regn, b) fra 48 timer til 6 måneder, c) fra 6 måneder til 2 år, d) fra 2-5 år og e) mere end 5 år. Kravene til faciliteterne til opbevaring stiger, når tidsperioden stiger. Et gennemgående princip er, at der skal skabes barrierer mellem forureningen og omgivelserne. Indhold af PFOS, PFOA og PFHxS skal være under 50 mg/kg (NEMP, 2020).

Handleplanen beskriver også de overvejelser, der skal gøres i forhold til design af opbevaringsfaciliteterne. Et hovedformål er at forhindre yderligere spredning med grundvand og overfladevand, ligesom kontakt med mennesker skal undgås. Ligeledes nævnes det, at nogle PFAS forbindelser, som fluorotelomer alkoholer og ketoner er flygtige, hvilket også skal være et hensyn (NEMP, 2020).

Designkrav til faciliteterne er eksempelvis (NEMP, 2020):

- Undgå infiltration via nedbør, grundvand eller overfladevand.
- Find, detekter og opsaml alt perkolat, der genereres under opbevaringen.
- Sikre at der ikke sker lækage af perkolatet fra opsamlingsystemerne.
- Forebyg at der sker nedsivning til grundvand eller overfladevand.
- Undgå at der kan ske erosion.
- Undgå at PFAS kan undslippe til atmosfæren.
- Undgå generering af støv.
- Gør det muligt, at jorden kan nyttiggøres senere.
- Tag højde for lokale og regionale klimatiske forhold, oversvømmelser, brandfare, geotekniske og grundvandstekniske forhold.

Ligeledes gives en række retningslinjer for det sted, hvor opbevaringen skal ske. Her skal bl.a. tages højde for (NEMP, 2020):

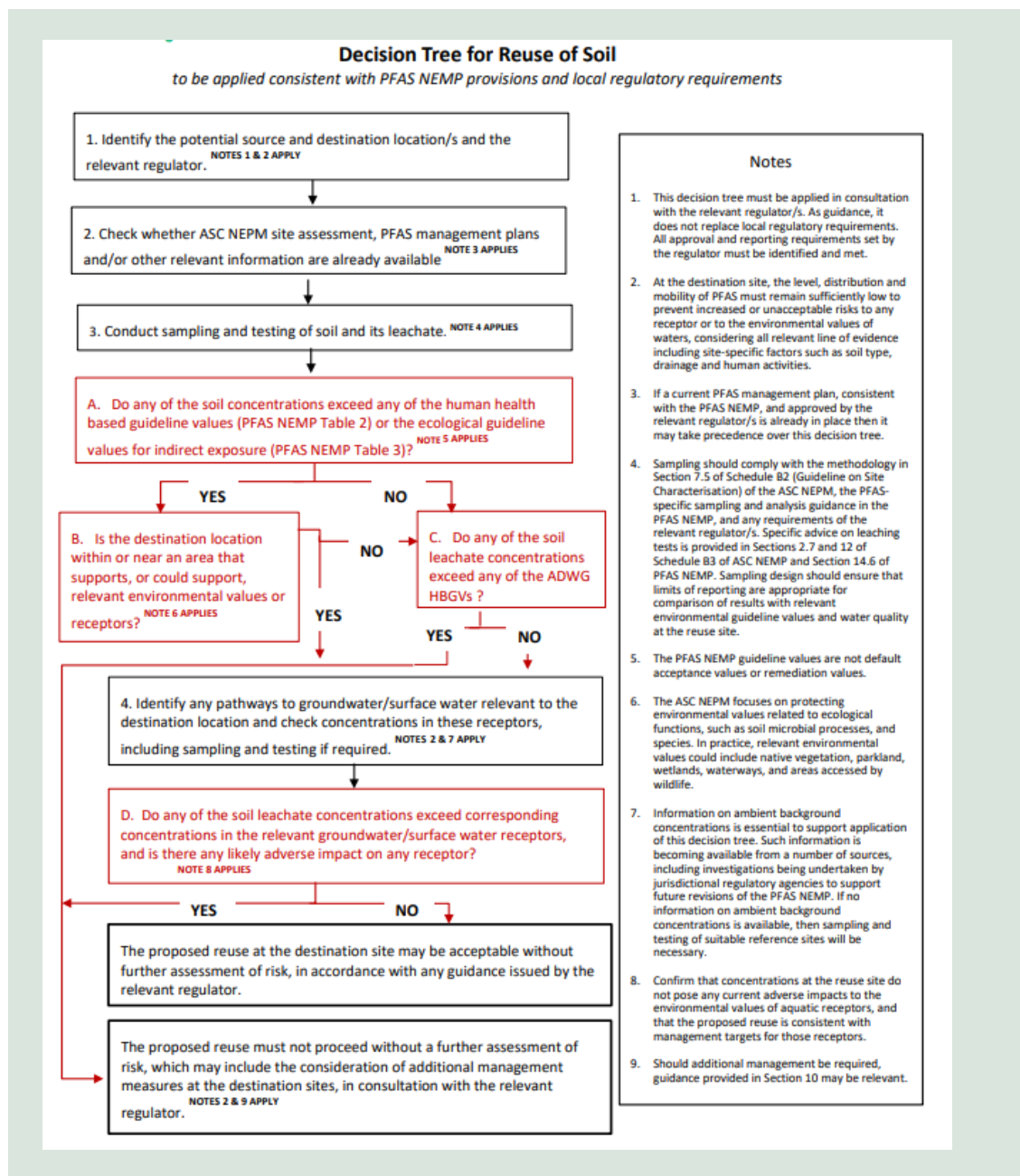
- Topografi, geologi og hydrogeologi
- Nærhed til potentielle transportveje, som fx afløb, vandområder, floder og åer, grundvand
- Nærhed til følsomme områder ift. flora, fauna og økologi
- Nationale beskyttelsesområder
- Risiko fra ekstreme vejrhændelser, fx oversvømmelser
- Risiko for jordskælv, brande og lignende
- Modellering af klima, nedbør og oversvømmelser
- Eksisterende forurening
- Infrastruktur
- Ejerskab over området
- Interessenter i området og deres interesser og bekymringer
- Lokale, territoriale eller delstats reguleringer

Derudover skal der laves en handleplan for drift og vedligeholdelse af anlægget til opbevaring, hvor der blandt andet skal følges op med monitoring af PFAS forureningsniveauerne, blandt andet i perkolat (NEMP, 2020).

Handleplanen, NEMP, giver også retningslinjer for genanvendelse af jord. Dette er baseret på principper om at genanvendelsen ikke må føre til en risiko eller en stigning i risikoen for mennesker og miljø det sted, jorden anvendes. Det understreges også, at fortynding af forureningen ikke er acceptabelt. Genanvendelse af jord skal godkendes af myndighederne, som kan kræve en sted-specifik risikovurdering. Off-site anvendelse må først ske, når on-site anvendelse har været overvejet, ligesom behandlingsmuligheder skal overvejes. Genanvendelse af jord skal både kunne overholde jordkvalitetskriterier for mennesker og økosystemer og overholde udvaskningskriterier, således at der ikke gøres skade på grundvand eller overfladevand. Her skal der også tages højde for efterfølgende transport af PFAS i vandmiljøet. Bioakkumulering i planter og dyr er også en vigtig parameter, der skal tages højde for (NEMP, 2020).

Genanvendelse af jord skal overvejes grundigt i dialog med relevante myndigheder, hvis jorden indeholder selv lave niveauer med PFAS, men som er højere end baggrundsniveauet i det område, hvor jorden skal genanvendes. Hvis området indeholder højere niveauer af PFAS end

den genanvendte jord er det muligt at anvende et beslutningstræ, som er afbildet i vejledningen. Beslutningstræet fra vejledningen ses i figuren på næste side i sin oprindelige form på engelsk (NEMP, 2020).



FIGUR 4. Beslutningstræ for genanvendelse af jord (NEMP, 2020)

Der nævnes en række anvendelser, hvor genanvendelse af jord af PFAS kan være rimeligt (NEMP, 2020):

- Brug som fyldmateriale i udvikling af industrielle områder og med minimal kontakt til øvrig jord.
- Brug som fyldmateriale under overdækkede overflader, som fx parkeringspladser, veje.
- Brug som fyldmateriale ved volde anlagt ved veje. Der skal dog tages højde for at overfladevandsafstrømning fra vejen kan mobilisere PFAS.

- Brug som fyldmateriale i områder, hvor eksisterende PFAS niveauer har den samme eller højere risikoprofil. Der skal dog tages højde for at den samlede tilførte mængde forurening af PFAS skal være lavere end den masse, der allerede er i området.
- Brug som byggemateriale, hvor der skal tages højde for udvaskning.

Derudover nævnes en række anvendelser, hvor der skal være kontakt med myndighederne, før disse anvendelser overvejes (NEMP, 2020):

- Fyld eller udlægning mindre end 2 m over det maksimalt forekomne grundvandsspejl.
- Genanvendelse inden for 200 m fra overfladevand eller vådområder.
- Genanvendelse inden for eller i nærheden af særlige naturbeskyttelsesområder.
- Fyld, udlægning eller genanvendelse i områder som potentielt kan blive påvirket af fremtidige stigninger i grundvand eller havniveau eller i nærheden af afløb for oversvømmelser.
- Genanvendelse på landbrugsjord.
- Genanvendelse i boligområder.
- Genanvendelse i offentlige, rekreative områder og parker.
- Brug i kompost, gødning eller jordforbedringsmidler.

Genanvendelse af jord med over 50 mg/kg PFAS (PFOS, PFOA, PFHxS) kan ikke lade sig gøre, jf. grænseværdier i Stockholm konventionen (NEMP, 2020).

Handlingsplanen indeholder også et afsnit med retningslinjer for deponering. Deponeringsanlæg skal være udstyret med barrierer, der hindrer kontakt med omgivelserne, et system til opsamling af perkolat og et system til at håndtere regnvand. Når deponeringsanlæg modtager PFAS-forurenede materialer skal det overvejes, hvordan de placeres således at der fås den bedste opsamling af perkolat. Derudover skal der dagligt påfyldes et beskyttelseslag oven på de forurenede materialer, ligesom støv skal håndteres. Ved lukning af deponier skal det overvejes at fortsætte monitoring af både udvaskning og afgangning. I handlingsplanen findes en række kriterier for faststofværdier og udvaskning for PFAS (PFOS, PFOA, PFHxS), der skal overholdes for et deponi (NEMP, 2020).

Deponier må ikke modtage jord med PFAS (PFOS, PFOA, PFHxS) indhold over 50 mg/kg, jf. grænseværdier i Stockholm konventionen (NEMP, 2020).

6.8 Canada

I Canada eksisterer der vejledende jordkvalitetskriterier til at vurdere jord med PFOS-indhold. Værdierne er baseret på toksikologiske data og viden om skæbne og opførsel i miljøet, men tager ikke hensyn til samfundsøkonomiske eller teknologiske faktorer. Når kriterierne anvendes skal der tages hensyn til sted-specifikke forhold, blandt andet også hvad der er økonomisk og teknologisk muligt (Canadian Council of Ministers of the Environment, 2021a).

Kriterierne er inddelt efter 4 anvendelser: Landbrug, bolig/park, handel og industri og er fastsat med henblik på beskyttelse af menneskers sundhed og beskyttelse af miljø. Derudover er der også fastlagt grundvandskvalitetskriterier, der skal beskytte grundvandet, og som er inddelt efter jordtype (fin eller grov). Der er udregnet 2 typer af jordkvalitetskriterier som retter sig mod henholdsvis beskyttelse af økosystemer og beskyttelse af sundhed. Jordkvalitetskriterierne, SoQGE er udregnet med hensyn til beskyttelse af organismer i jord og overfladevand, beskyttelse mod ophobning i fødekæden, beskyttelse af husdyr og afgrøder, ligesom transport fra ikke-følsomme områder til følsomme områder var inkluderet. For beskyttelse af menneskers sundhed, SoQGH er jordkvalitetskriteriet beregnet ud fra en beskyttelse gennem jordindtag, drikkevand og fødevarer (Canadian Council of Ministers of the Environment, 2021a).

Jordkvalitetskriteriet gælder for PFOS, men i tilfælde af at der findes forekomster af PFOA samtidig skal summen af PFOS og PFOA overholde kriteriet for PFOS. (Canadian Council of

Ministers of the Environment, 2021a). Jordkvalitetskriterierne ses i nedenstående tabel, hvor der dels er angivet den endelige retningslinje for jordkvalitetskriteriet, som er baseret på beskyttelseshensyn af henholdsvis menneskers sundhed og økosystemer. Derudover er også angivet, hvilket specifikt beskyttelseshensyn kriterierne retter sig mod.

TABEL 13. Jordkvalitetskriterier fordelt på 4 anvendelser i Canada (Canadian Council of Ministers of the Environment, 2021a).

PFOS	Landbrug	Bolig/park	Handel	Industri
Endeligt jordkriterie	10 µg/kg	10 µg/kg	10 µg/kg	10 µg/kg
SoQG				
SoQG _{HH}	10 µg/kg	10 µg/kg	10 µg/kg	10 µg/kg
Beskyttelseshensyn	Drikkevand	Drikkevand	Drikkevand	Drikkevand
SoQG _E	10 µg/kg	10 µg/kg	20 µg/kg (grovkornet)	20 µg/kg (grovkornet)
			10 µg/kg (finkornet)	10 µg/kg (finkornet)
Beskyttelseshensyn	Dyrs indtag af jord og fødevarer	Dyrs indtag af jord og fødevarer	Grundvand (økosystem)	Grundvand (økosystem)

Derudover har Health Canada, som er en organisation under den canadiske regering, lavet forslag til udvikling af soil screening values (SSVs) for 10 udvalgte PFAS forbindelser. Disse er udviklet på samme måde som jordkvalitetskriteriet for PFOS, men har ikke undergået peer review eller offentlig høring. Målet har været at få nogle kriterier, der kan anvendes på kort sigt indtil endelige jordkvalitetskriterier er udviklet. SSV'erne indeholder desuden et hazard index, når PFOS og PFOA forekommer samtidig (Health Canada, 2022). SSV'erne i tabel 14 er markant højere end jordkvalitetskriterierne i tabel 15, og det bemærkes at det er screeningsværdier, at de ikke dækker alle eksponeringsveje og at de er udviklet hurtigere end det er tilfældet med jordkvalitetskriterierne.

TABEL 14. Soli Screening Values (SSV) for forskellige PFAS (Health Canada, 2022).

PFAS	Landbrug/Bolig/Park	Handel	Industri
PFOA	700 µg/kg	1.050 µg/kg	9.940 µg/kg
PFBA	114.000 µg/kg	173.000 µg/kg	1.630.000 µg/kg
PFBS	61.000 µg/kg	92.000 µg/kg	872.000 µg/kg
PFPeA	800 µg/kg	1.210 µg/kg	11.410 µg/kg
PFHxS	2.300 µg/kg	3.500 µg/kg	33.000 µg/kg
PFHxA	800 µg/kg	1.210 µg/kg	11.410 µg/kg
PFHpA	800 µg/kg	1.210 µg/kg	11.410 µg/kg
PFNA	80 µg/kg	130 µg/kg	1.200 µg/kg
6:2 FTS	800 µg/kg	1.210 µg/kg	11.410 µg/kg
8:2 FTS	800 µg/kg	1.210 µg/kg	11.410 µg/kg
PFOS+PFOA	Hazard Index = [PFOS]/SoQG _{PFOS} + [PFOA]/SSV _{PFOA}		

6.9 USA

I USA har US EPA retningslinjer for jordkriterier, men det er de enkelte stater, der laver deres egen lovgivning. ITRC – The Interstate Technology and Regulatory Council – har samlet op på staternes regulering og har udgivet en sammenstilling af kriterier for de forskellige stater, herunder også for jordkriterier (ITRC, webpage). Denne opdateres løbende og kan ses på følgende link: [Fact Sheets – PFAS — Per- and Polyfluoroalkyl Substances \(itrcweb.org\)](https://www.itrcweb.org/) under "PFAS Water and Soil Values Table Excel file#"

US EPA udpeger "Regional Screening Levels, RSLs" og "Removal Management Levels, RMLs" for kemiske forureninger på Superfund Sites, som er forurenede områder, der administreres af US EPA (USEPA, webpage1), (USEPA, webpage2). RSLs anvendes til risikovurdering, og hvis koncentrationerne i jorden overstiger RSL skal der udføres yderligere undersøgelse, men ikke nødvendigvis oprydning. RSLs skelner mellem boliger og industri. RSLs vurderer risikoen for menneskers sundhed, fx gennem indtag af jord, indtag af forurenede grundvand, indtag via planter, optag via indeklima. Derudover skal der laves en konceptuel model for området som skal holdes op mod RSLs og der skal tages højde for andre hensyn, fx økotoxikologiske eller påvirkning af vandløb, som ikke er dækket af RSL (USEPA, 1996). RMLs skal støtte beslutninger om oprydning, men kriterierne angiver ikke i sig selv et endegyldigt oprydningniveau (USEPA, webpage2). RSLs og RMLs opdateres jævnlige og kan findes på henholdsvis [Regional Screening Levels \(RSLs\) – Generic Tables | US EPA](#) og [Regional Removal Management Levels \(RMLs\) for Chemical Contaminants | US EPA](#). Det understreges dog også, at der altid skal ske en stedspecifik risikovurdering.

USEPA har desuden udgivet "PFAS Strategic roadmap: EPA's Commitments to Action 2021-2024, som er en opfølgning på en tidligere handlingsplan. Handlingsplanen bygger på 3 centrale handlinger (USEPA, 2021):

- Research. Der skal skabes forskning, udvikling og innovation til at øge forståelsen af eksponering og toksicitet for PFAS, menneskers sundhed og påvirkning af økosystemer.
- Restrict. Det skal aktivt forhindres, at PFAS udledes til luft, jord og vand, som kan påvirke menneskers sundhed og miljøet.
- Remediate. Oprydning af PFAS forurening skal accelereres for at beskytte menneskers sundhed og økosystemer.

Tilgangen til PFAS problemet i roadmappet er baseret på en livscyklustankegange da det er vigtigt både at forhindre ny forurening og behandle eksisterende forureninger, ligesom de forskellige spredningsveje i miljøet skal forstås. I strategien er endvidere en intention om at holde forurenere ansvarlig og hjælpe berørte områder. Det nævnes at PFAS kan frigøres i affaldsstrømmen idet de sjældent nedbrydes helt, fx fra deponier eller forbrænding. (USEPA, 2021)

Et initiativ i roadmappen handler om at forbedre metoder til at måle PFAS i miljøet, eksempelvis metoder til at måle total PFAS og metoder til måle på udvaskning af PFAS (USEPA, 2021).

Et andet initiativ i roadmappen handler om at lave vejledning om destruktion og bortskaffelse af PFAS holdigt materiale. Den første udgave blev udgivet i 2020 og skal opdateres hvert tredje år (USEPA, 2021).

Vejledningen om destruktion og bortskaffelse af PFAS-holdigt materiale omhandler også jord. Her er der udpeget 2 teknologier, termisk teknologi (forbrænding) og deponering, som kan anvendes for jord, men vejledningen fremhæver også at der er store usikkerheder omkring hvorvidt teknologierne kan forhindre spredning af stofferne. Midlertidig opbevaring (2-5 år) er derfor også fremhævet som en løsning, indtil der er frembragt mere sikker viden. Vejledningen fremhæver løsninger inden for forbrænding af farligt affald og deponering af farligt affald, som de mest sikre løsninger (US EPA, 2020).

Til sidst skal det nævnes, at US EPA arbejder med et Hazard Index. Dette skal tage højde for at flere forskellige PFAS forekommer samtidig og tager højde for forskellige toksikologier for enkeltstofferne. Hazard Index er fastsat for PFNA, PFHxS, PFBS og GenX i drikkevand ud fra følgende ligning. Hvis Hazard Index er over 1 er grænseværdien overskredet (USEPA, factsheet).

Equation

$$\text{Hazard Index} = \left(\frac{[\text{GenX}_{\text{water}}]}{[10 \text{ ppt}]} \right) + \left(\frac{[\text{PFBS}_{\text{water}}]}{[2000 \text{ ppt}]} \right) + \left(\frac{[\text{PFNA}_{\text{water}}]}{[10 \text{ ppt}]} \right) + \left(\frac{[\text{PFHxS}_{\text{water}}]}{[9.0 \text{ ppt}]} \right)$$

FIGUR 5. Hazard Index for drikkevand (USEPA, factsheet).

6.10 Andre lande

I Italien, England og Finland er der fundet sparsomt materiale om PFAS i jord. Dette gennemgås i dette afsnit.

Italien:

I Italien er der ingen nationale krav for PFAS i jord, men i 2018 fastsatte Italian Health Institute nogle vejledende grænser, som ses i nedenstående tabel.

TABEL 15. Vejledende grænser (NICOLE, 2024 – foreløbig udgave), (Istituto Superiore di Sanità, 2018).

	Boliger/rekreative områder	Industri
PFOS	960 µg/kg	15.000 µg/kg
PFOA	960 µg/kg	15.000 µg/kg
GenX	0,07 µg/kg	0,07 µg/kg

England:

I England har Environment Agency udregnet soil screening values for PFOS og PFOA i forhold til at beskytte økosystemer. Soil screening values bruges til at vurdere jord, der er forurenet via historiske aktiviteter, men formålet med at udregne dem for PFOS og PFOA har primært været for at vurdere brugen af affaldsprodukter på landbrugsjord. Soil Screening Values angiver det niveau, hvor der ikke er effekt på økosystemer. For PFOS er værdien 0,013 mg/kg, mens den for PFOA er 0,019 mg/kg (Environment Agency, 2022).

Finland:

I Finland har Finlands Miljøinstitut (SYKE) og Finlands Geologiske Undersøgelser (GTK) udgivet en rapport med en undersøgelse af baggrundskoncentrationer i finsk jord, som er udført i 2022-2023. Baggrundskoncentrationerne blev bestemt ud fra 160 overfladejordprøver. Oplysningerne om baggrundskoncentrationer kan anvendes til at vurdere forurenet jord og til planlægning af arealanvendelse, anlægsprojekter og overvågning af miljøet. Prøverne blev analyseret for 37 PFAS-forbindelser. Derudover blev der også foretaget TOP assay analyser (GTK, 2024).

Der blev fundet PFAS i både naturområder og byområder. Den gennemsnitlige koncentration af PFAS37 var 0,09 µg/kg med maksimal koncentration på 0,76 µg/kg i jorden i naturområder. I byområder var PFAS koncentrationerne højere med en gennemsnitlig koncentration af PFAS37 på 9,95 µg/kg med maksimal koncentration på 150 µg/kg. TOP assay analysen viste,

at der ikke var nogen signifikante mængder af precursorer. På baggrund af et lille antal prøver, anbefales der yderligere undersøgelser, hvor der skelnes mellem lokale kilder i byerne og diffus forurening. Brugen af spildevandsslam bør også undersøges nærmere (GTK, 2024).

7. Eksempler på påbud i andre lande

7.1 Norge

Det er undersøgt, hvordan PFAS forureninger i Norge håndteres ved hjælp af påbud. I Norge har Miljødirektoratet taget en overordnet myndighedsrolle i forbindelse med oprydning af PFAS forurening på flyvepladser, hvor det ellers havde været Statsforvalteren, der havde denne rolle (Statsforvalteren, webpage).

Miljødirektoratet har givet en række påbud til Avinor, som ejer det største antal lufthavne i Norge. Påbuddene omhandler undersøgelser og oprensning på PFAS forurenede grunde, som følge af brug af brandslukningsskum. Disse findes på Avinors hjemmeside.

Påbudsmulighederne i Norge er undersøgt med udgangspunkt i en case om påbud givet til Avinor af Miljødirektoratet, som vedrører PFAS forurening i Bergen lufthavn.

I **august 2018** er der givet påbud til Avinor om at lave en samlet vurdering af PFAS-forurening ved deres lufthavne. Her pålægges Avinor at sammenstille resultater fra deres undersøgelser af PFAS-forurening, som er udført ved lufthavnene samt at lave en prioriteret rækkefølge over mulige tiltag og udgifterne hertil. Der henvises til et varsel om påbud, samt påbud der er givet til 2 andre lufthavne (Miljødirektoratet, 2018).

Der henvises i påbudssagen til Norges nationale miljømål og forpligtelser i henhold til Stockholm konventionen. Forureningssituationen skal på den baggrund håndteres, så der fjernes mest muligt PFOS og øvrige PFAS forbindelser, ud fra en afvejning af miljømæssige, tekniske og økonomiske forhold. Derudover skal forureningerne vurderes ud fra principper som er fastlagt i miljømålene om, at forurening ikke må skade mennesker og miljø samt udslip af skadelige stoffer skal standses (Miljødirektoratet, 2018).

Avinor har på tidspunktet for påbuddet til Bergen lufthavn allerede undersøgt 4 forurenede lufthavne og Miljødirektoratet har allerede udstedt nogle påbud til disse. Miljødirektoratet mener, at der skal laves en samlet vurdering af alle de forurenede grunde for at få prioriteret de arealer, som er mest forurenede. Sammenstillingen skal danne grundlag for en prioriteret rækkefølge af oprydningstiltag, således at mest muligt af PFAS forureningen fjernes. Vurderingen skal lægge mest vægt på PFOS, men også indeholde andre PFAS forbindelser, herunder også precursorer, der kan nedbrydes til PFOA og PFOS. Prioriteringen skal tage udgangspunkt i fjernelse af størst mulige mængder. Påbuddet omfatter også en plan om at udpege om der findes yderligere lufthavne med PFAS forurening end de allerede kendte, som kan udgøre en risiko for lokalmiljøet (Miljødirektoratet, 2018).

Påbuddet er udstedt med hjemmel i forurensningsloven § 51 (Miljødirektoratet, 2018).

I **maj 2020** er der givet påbud om undersøgelser ved 10 lufthavne, herunder også Bergen lufthavn. Derudover har Avinor også fået påbud om at kortlægge PFAS forurening på 16 lokaliteter, som tidligere har været dårligt undersøgt. Derudover skal der også laves opfølgende undersøgelser af drikkevand, hvis der er grundvandsboringer eller drikkevand i nærheden af pladserne, som ikke tidligere er undersøgt. Derudover skal der laves et forslag til en prøvetagningsplan for biota. Påbuddet er en opfølgning på Avinors svar på det forudgående påbud i 2018 (Miljødirektoratet, 2020b).

Hovedformålet med undersøgelserne på blandt andet Bergen lufthavn er, at de skal danne grundlag for en tiltagsplan. Miljødirektoratet varsler, at der vil komme yderligere påbud om udarbejdelse af en række tiltagsplaner for en række lufthavne, herunder Bergen lufthavn, som er blandt de 10 lufthavn, hvor PFAS kan fjernes mest kost-effektivt (Miljødirektoratet, 2020b).

Undersøgelserne skal omfatte tilstrækkelig og repræsentativ prøvetagning af grunden og relevante spredningsveje, som rør, ledningstraceer mm. Prøvetagningen skal afgrænse forurening i dybde og der skal prøvetages ved alle relevante spredningsveje. Biota i overfladevand skal også prøvetages, og der skal være vurderinger i forhold til overfladevand, miljøstatus og påvirkning af biodiversitet (Miljødirektoratet, 2020b).

Påbuddet er udstedt med hjemmel i forurensningsloven § 51 (Miljødirektoratet, 2020b).

I oktober 2021 blev der givet påbud om at udarbejde en tiltagsplan for oprydning omkring PFAS forurenede arealer ved Bergen lufthavn (Miljødirektoratet, 2021).

Avinor skal udarbejde en tiltagsplan for oprydning af forurening med PFAS-forbindelser. Tiltagene skal have til hensigt at standse, fjerne eller begrænse virkningen af forureningen, så den ikke er til fare for menneskers sundhed og miljø på kort eller lang sigt. Grundlaget for tiltagsplanen er de undersøgelser som Avinor blev pålagt at udføre i 2020 samt tidligere undersøgelser (Miljødirektoratet, 2021).

Tiltagsplanen skal som minimum tage sig af forureningen fra de 2 mest forurenede områder ved lufthavnen, samt foreslå en plan for videre kortlægning af lufthavnen og overvågning af planlagte tiltag. Tiltagsplanen skal gennemføres af et uvildigt firma med den rette kompetence (Miljødirektoratet, 2021).

Der blev sat følgende krav til indhold i tiltagsplanen:

1. Redegørelser for kortlægning, undersøgelser og beregning af mængder af PFAS.
2. Foreslå miljømål med konkrete ambitioner for reduktion af spredning af PFAS til omgivelserne og reduktion af lokale effekter på sundhed og miljø.
3. Stedspecifik risikovurdering af PFAS-forurening, som skal indeholde vurdering af risiko for menneskers sundhed, risiko for spredning til overfladevand samt risiko for terrestriske økosystemer. Dette skal inkludere en risikovurdering af minimum 30 forskellige PFAS-forbindelser, og det skal foreslås, hvilke der skal være omfattet af acceptkriterier og overvågning.
4. Forslag til acceptkriterier, tiltagsmetode og forventet resultat af foreslået oprydning.
5. Beskrivelse af hvordan tiltagene skal gennemføres.
6. Plan for videre opfølgning, kortlægning, risikovurdering og overvågning.
7. Øvrig information og dokumentation, som bl.a. inkluderer en redegørelse for større planlagte bygge- og gravearbejder på Bergen lufthavn.

Påbuddet er udstedt med hjemmel i forurensningsloven § 51. Miljødirektoratet lægger til grund, at Avinor er ansvarlig for at gennemføre og betale for tiltagene. De uddyber dette ved at skrive, at det følger af første del af § 51, at forureningsmyndigheden kan pålægge undersøgelser og lignende tiltag mod den, som forurener ejendommen. Avinor er i en ansvarsposition, da den forurenede grund er deres, dog undtaget et nyere brandøvelsesfelt, som ejes af Forsvaret (Miljødirektoratet, 2021).

I maj 2022 blev der givet påbud om at gennemføre tiltag i forhold til oprydning på Bergen lufthavn (Miljødirektoratet, 2022).

Avinor skal rydde op på den PFAS forurenede grund ved Bergen lufthavn på 2 brandøvelses-felter. Tiltagene skal gennemføres, som de er beskrevet i den tiltagsplan, der blev udarbejdet i forbindelse med det påbud, der blev udstedt i 2021, men Miljødirektoratet har vedlagt en række ændringer, som skal følges. Derudover har Miljødirektoratet også haft ændringer til Avinors indsendte plan for videre kildeopsporing og kortlægning, som Avinor skal opdatere og herefter gennemføre undersøgelser i henhold til den reviderede plan (Miljødirektoratet, 2022).

Undersøgelser har vist, at der er PFAS med værdier langt over miljøkvalitetsstandarden i overfladevandet med tilknytning til lufthavnen. Der er påvist PFAS i fisk også i en sø uden for lufthavnen. Derudover er der påvist PFAS i nærliggende drikkevandsboringer. På den baggrund har både Avinor og Miljødirektoratet vurderet, at der er behov for at prioritere tiltag ved Bergen lufthavn højt, og lufthavnen er en af de 5 højeste prioriteter (Miljødirektoratet, 2022).

Avinor har i deres tiltagsplan kun foreslået tiltag ved det ene felt, og for dette felt er det foreslået at reducere 90 % af mængden af PFAS i jord og 90 % af spredningen af forureningen. Avinor foreslår at afgrave den forurenede jord ved feltet, alternativt jordvaske. Miljødirektoratet er ikke enig i, at det kun er det ene felt, der skal ryddes op og pålægges oprydning på begge felter. Derudover pålægges Avinor også at kortlægge, kildeopspore og overvåge resten af lufthavnen (Miljødirektoratet, 2022).

Avinor har i deres tiltagsplan foreslået et acceptkriterium for det ene felt på 150 µg/kg, dog 500 µg/kg for et skovområde nord for feltet. Miljødirektoratet har fastsat et acceptkriterium på 150 µg/kg for det andet felt. Dette gælder for 30 PFAS forbindelser, der er krav om, at der skal undersøges for. De stiller endvidere krav om, at Avinor i slutrapporten kan dokumentere, at acceptkriterierne er overholdt både vertikalt og horisontalt (Miljødirektoratet, 2022).

Ved afgravning skal Avinor reducere mængden af vand, der løber ind i graveområdet. Vand fra anlægget skal samles op og sedimenteres. PFAS-indholdet skal måles inden vandet slippes ud, og der stilles krav til, hvor meget PFAS der må slippe ud. Vandet må ikke slippes ud, hvor det kan gøre skade på biota, og fortyndingen skal være stor. Der stilles ikke krav om vandrensning, da dette vurderes at være uforholdsmæssigt dyrt (Miljødirektoratet, 2022).

Avinor har angivet, at der kan blive behov for mellemlagring af jorden. Miljødirektoratet sætter krav til at mellemlageret skal være på fast underlag og at al vand samles op og sedimenteres inden vandet slippes ud i miljøet (Miljødirektoratet, 2022).

Påbuddet er udstedt med hjemmel i forurensningsloven § 7, punkt 4 og § 51. Avinor har drevet forurenende virksomhed på ejendomme og derudover ejer og bruger de grunden (Miljødirektoratet, 2022).

De forskellige bestemmelser for afgørelserne i denne case findes i forurensningsloven § 7 og § 51.

Forurensningsloven er undersøgt nærmere i forhold til de bestemmelser, der er nævnt i afgørelserne, og bestemmelserne, der er refereret til i afgørelserne, er listet op herunder i forkortet form:

§ 7 omhandler pligt til at undgå forurening. Udgangspunktet er, at ingen må sætte noget i gang, der kan medføre forurening. Hvis der er fare for forurening, skal den ansvarlige for forurening sørge for tiltag, der forhindrer, at forureningen indtræffer. Hvis forureningen er indtrådt, skal den ansvarlige sørge for tiltag, der standser, fjerner eller begrænser virkningerne af forureningen. Den ansvarlige skal desuden lave tiltag, der afbøder skader eller ulemper som følge af forureningen. Dette skal stå i rimeligt forhold til de skader og ulemper, som skal undgås. Forureningsmyndigheden kan påbyde den ansvarlige at udføre tiltag.

§ 51 hører under kapitel 7 om tilsyn med forureninger og affald og omhandler påbud om undersøgelser. Forureningsmyndigheden kan give påbud om undersøgelser eller lignende til den som har, er i gang med eller sætter noget i gang, som fører eller som der er grund til at tro kan føre til forurening. Undersøgelserne har til formål at fastlå i hvilken grad virksomheden har udledt forurening, klarlægge årsagen og virkninger af forureningen, samt klarlægge hvordan forureningen kan modvirkes.

(Forureningsloven, 1981)

7.2 Sverige

Det er undersøgt, hvordan PFAS forureninger i Sverige kan håndteres ved hjælp af påbud. I Sverige findes der lovgivning om forureners ansvar i Miljøloven (Miljöbalken).

På kemikalieinspektionens hjemmeside findes en guide for ansvar, kontrol og håndtering af PFAS forurening. Af denne fremgår, at hvis PFAS findes i jord, grundvand eller overfladevand kan tilsynsmyndigheden pålægge forurenere, at denne skal undersøge forureningens omfang. Efter behov kan tilsynsmyndigheden også kræve yderligere afværgeforanstaltninger. Disse påbud har ophæng i Miljølovens kapitel 10 om forureningsansvar for virksomheder, der forårsager miljøskade. Derudover fremgår det også, at det er tilstrækkeligt blot at have mistanke til en aktør om, at denne kan have forårsaget forureningsspredningen. Her kan tilsynsmyndigheden bruge kapitel 26 i Miljøloven (Kemikalieinspektionen, webpage).

Kapitel 10 i Miljøloven omhandler altså forureners ansvar. Der er en begrænsning på forureners ansvar, og hvis den forurenende aktivitet ophørte inden 1969, så kan forurenere ikke holdes ansvarlig (Naturvårdsverket, 2024).

Påbudsmuligheder er undersøgt i Sverige med udgangspunkt i en case fra Kristianstad kommune, hvor der er givet forskellige typer påbud. Casen er indhentet fra Kristianstad kommune med hjælp fra Naturvårdsverket. I casen var der 5 afgørelser. Disse er gennemgået nedenfor:

I november 2014 gav Miljö- och hälsoskyddsämnden Brand og redningstjenesten i Kristianstad et påbud om at udføre undersøgelser af potentielt forurenede områder på 2 af deres egne ejendomme, Hamnen 1 og Kristianstad 4:37 (Kristianstads kommun, 2014a), (Kristianstads kommun, 2014b).

Påbuddene siger, at redningstjenesten skal lave en undersøgelse efter den gældende vejledning: "Metodik för Inventering av Förorenade Områden" (MIFO) i form af fase 1, orienterende studie og der skal gives forslag til, hvilken risikoklasse forureningen skal have. Svaret skal indberettes via et spørgeskema til kommunen (Kristianstads kommun, 2014a), (Kristianstads kommun, 2014b).

Afgørelsen er givet på baggrund af kap 2, §§ 2 og 7 samt kap 26, §§ 9, 19 og 21 (Kristianstads kommun, 2014a), (Kristianstads kommun, 2014b).

Baggrunden for påbuddet er at tilsynsmyndighederne skal skabe overblik over forurenede områder for at kunne sætte ind over for dem, der er mest forurenede og få et overblik over hvilke typer forureninger der kan forekomme (Kristianstads kommun, 2014a), (Kristianstads kommun, 2014b).

I afgørelserne er der ikke nævnt noget specifikt om PFAS, og påbuddet har primært til formål at lave en historisk redegørelse.

I november 2018 gav Miljø- og helsoskyddsudvalget i Kristianstads kommune, som driver virksomhed på ejendommen, et påbud om at indsende en prøvetagningsplan for en miljøteknisk jordundersøgelse på brandøvelsespladsen på ejendommen Hamnen 1 (Kristianstads kommun, 2018a).

På baggrund af det forrige påbud har kommunen placeret grunden i risikoklasse 3 med moderat risiko for forurening. Siden denne afgørelse har kommunen fået oplysninger om, at der er fundet PFAS i to nærliggende kommunale drikkevandsboringer. Da det ikke kan udelukkes at brandslukningsskum har været anvendt, skal det derfor udredes om ejendommen Hamnen 1 er forurenet, og om forureningen kan spredes uden for grunden (Kristianstads kommun, 2018a).

Der blev ligeledes givet et påbud for ejendommen Kristianstad 4:37 og Brandstationen 1 om at indsende en prøvetagningsplan for en miljøteknisk jordundersøgelse på brandøvelsespladsen. Begrundelsen er her, at ejendommen er placeret i risikoklasse 2, da der har været anvendt brandslukningsskum med PFAS. Brandstationen 1 er den ejendom, hvor virksomheden lå indtil slutningen af 1970'erne, og her er der et særskilt krav om at prøvetage grundvandet (Kristianstads kommun, 2018b).

I begge afgørelser er der krav om at prøvetagningsplanen skal indeholde:

- Prøvetagningens formål og omfang. Undersøgelsen skal være tilstrækkelig omfattende til at kunne bedømme om, der er forekomst af forurening i forskellige medier og til at kunne fastlægge om og hvilken risiko der er for spredning af forureningen.
- Virksomhedens historik og forventede forureninger.
- Områdebeskrivelse.
- Identificering af beskyttelsesområder.
- Prøvetagningsstrategi.
- Analyser.
- Dokumentation.
- Foreløbig tidsplan.

Endvidere er der krav om at prøvetagningsplanen foretages af en uafhængig ekspert. (Kristianstads kommun, 2018a), (Kristianstads kommun, 2018b).

Afgørelsen er blevet givet med baggrund i kapitel 2, §§ 2, 3 og 7 samt kapitel 26, §§ 9, 21 og 22.

I 2023 er der foretaget miljøkontrol i forbindelse med en ombygning på brandstationen på ejendommen Hamnen 1. I den forbindelse har Miljø- og helsoskyddsudvalget besluttet, at der ikke skal foretages yderligere tiltag. Afgørelsen er taget med udgangspunkt i 2. kapitel, §§ 3 og 7 i Miljøloven. I den forbindelse skal Kristianstads kommune, som ejer af ejendommen, betale en tilsynsafgift (Kristianstads kommun, 2023).

Udgangspunktet har været, at byggearbejdet ikke må forhindre eller forværre en fremtidig indsats og risiko for eksponering og spredning af PFAS må ikke øges. Derfor har der ikke kunne anlægges infiltrationsanlæg for regnvand. For andre forhold på grunden er det vurderet, at disse kan håndteres i en fremtidig indsats (Kristianstads kommun, 2023).

I afgørelsen er det oplyst, at 343 tons materiale klassificeret som ikke farligt affald er kørt til forskellige anlæg (Kristianstads kommun, 2023).

De forskellige bestemmelser for afgørelserne i denne case findes primært i kapitel 2 og kapitel 26 i Miljøloven, men ikke i bestemmelserne i kapitel 10 om forureningsansvar for virksom-

heder. Der er ikke foretaget afværgeforanstaltninger, men udelukkende undersøgelser. Miljøloven er undersøgt nærmere i forhold til de bestemmelser der er nævnt i afgørelserne, og bestemmelserne, der er refereret til i afgørelserne, er listet op herunder i forkortet form:

Miljølovens kapitel 2:

§ 2 fastlægger at den, der udfører en aktivitet skal tilegne sig viden om aktivitetens art og omfang for at beskytte mennesker og miljø.

§ 3 fastlægger at den, der udfører en aktivitet skal forebygge at aktiviteten medfører en forurening for menneskers sundhed og miljø.

§ 7 fastlægger at kravene i blandt andet § 2 og § 3 gælder i det omfang, det ikke er urimeligt at opfylde dem.

§ 8 fastlægger at den der udfører eller har udført en aktivitet eller foretaget en handling, der har forvoldt skade eller ulempe for miljøet er ansvarlig for at denne skade afhjælpes i et omfang, der kan anses for rimeligt efter kapitel 10.

(Miljøkodeks, 1998:808)

Miljølovens kapitel 26 om tilsyn:

§ 9 fastlægger at tilsynsmyndigheden kan træffe afgørelse om de påbud og forbud, der er nødvendige for at efterleve reglerne.

§ 19 fastlægger at den der udfører aktiviteter, der kan medføre gener for mennesker eller miljø skal løbende planlægge og kontrollere aktiviteterne for at forebygge påvirkninger, ligesom de fx gennem egne undersøgelser skal undersøge aktivitetens påvirkning af miljøet, ligesom de skal forelægge forslag til kontrolprogrammer eller forbedringstiltag til tilsynsmyndigheden.

§ 21 fastlægger at tilsynsmyndigheden kan pålægge den der udfører aktiviteten at få indsendt oplysninger og dokumenter der er nødvendige for tilsynet.

§ 22 fastlægger at den der udfører en aktivitet der kan medføre gener for mennesker eller miljø kan er forpligtet til at foretager undersøgelser, der er nødvendige for tilsynet.

(Miljøkodeks, 1998:808)

8. Diskussion

8.1 Strategier for håndtering af PFAS i jord

Fire af de gennemgåede lande har etableret en egentlig strategi eller handleplan for håndtering af PFAS i jord, mens 10 lande har etableret kriterier til at håndtere forurenede jord.

TABEL 16. Oversigt over hvilke lande, der har etableret kvalitetskriterier og strategier med henblik på at håndtere forurenede jord.

	Flandern	Nederlandene	Tyskland	Schweiz	Norge	Sverige	Italien	Canada	USA	Australien
Kvalitetskriterier	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Strategi	X	X	X							X

De lande, der har strategier for håndtering af PFAS i jord drejer sig om Flandern (Belgien), Nederlandene, Tyskland og Australien. Strategierne giver udtryk for, at landene skal balancere mellem at undgå og eliminere et uønsket og farligt stof på den ene side og skabe muligheder for praktisk håndtering på den anden side, idet PFAS er vidt udbredt i miljøet. I nedenstående tabel ses en oversigt over strategierne og deres indhold.

TABEL 17. Oversigt over strategier/handlingsplaner

	Strategi/handleplan	Indhold
Flandern	Udpeget PFAS kommisær En række rapporter er udarbejdet	Kvalitetskriterier for jord Anvendelse af jord
Nederlandene	Handlingsplan for håndtering af jord med PFAS	Kvalitetskriterier for jord Anvendelse af jord Deponering
Tyskland	Guidelines for håndtering af jord	Kvalitetskriterier for udvaskning fra jord Anvendelse af jord Deponering
Australien	Handlingsplan for håndtering af PFAS	Kvalitetskriterier for jord Anvendelse af jord Deponering

I Flandern, Belgien er der udpeget en PFAS-kommisær, der har udarbejdet en række rapporter om, hvordan PFAS skal håndteres, herunder også jord. Håndtering af PFAS forurening

bygger på en systemisk og cirkulær tankegang, idet PFAS skal elimineres fra kredsløbet for at jord og andre materialer kan recirkuleres. Derudover skal det undgås, at et problem flyttes fra et sted til et andet. Det vurderes også, at jordkriterier ikke kan fastsættes til et lavere niveau end niveauet for den diffuse jordforurening, ligesom detektionsgrænsen for PFAS indgår som en parameter, når jordkriterier skal fastsættes.

Baggrunden for Nederlandenes handlingsplan for håndtering af jord med PFAS var, at fund af PFAS i jord og sedimentet fik bygge- og anlægsprojekter til at gå i stå, fordi den opgravede jord ikke kunne afsættes. Handleplanen bygger på principper om, at kvalitet af jord, grundvand og overfladevand ikke må forringes som følge af anvendelse af PFAS-holdig jord. Samtidig skal så lidt jord som muligt deponeres.

I Tyskland er der lavet guidelines for håndtering af PFAS i jord. Det vurderes generelt set, at spredning til grundvandet er den største risikofaktor, også set i forhold til risikoen for menneskers sundhed ved direkte kontakt med jorden. Derfor baserer strategien og kriterierne for genanvendelse af jord sig også på udvaskning af PFAS fra jorden og ikke på faststof-indhold.

I Australiens handleplan for PFAS arbejdes der med et hierarki for behandling af jorden, som beskriver den fortrukne tilgang for behandling af jorden. Øverst i hierarkiet ligger separering, oprensning og destruktion af PFAS med sigte på at eliminere PFAS eller den risiko, der er forbundet med PFAS. Dernæst følger on-site indkapsling i konstruktioner og nederst i hierarkiet er deponering. Derudover fastslår handleplanen, at genanvendelse af jord ikke må medføre en stigning i risiko for mennesker og miljø.

I USA er der ikke en specifik strategi for håndtering af PFAS i jord, men det fremgår af deres strategic roadmap, at tilgangen til PFAS problemet er baseret på en livscyklustankegang, for at hindre ny forurening og behandle eksisterende forureninger, ligesom de forskellige spredningsveje i miljøet skal forstås. I strategien er endvidere en intention om, at holde forurenere ansvarlig og hjælpe berørte områder. Det nævnes også, at der er en risiko for, at PFAS kan frigøres i affaldsstrømmen, idet de sjældent nedbrydes helt, fx fra deponier eller forbrænding.

I Danmark er der i 2023 nedsat en Videnstaskforce om PFAS, som har foretaget en opsamling på den viden, som findes om PFAS både nationat og internationalt. På den baggrund er der lavet 12 forslag til fremadrettede tiltag mod PFAS (Videnstaskforcen, 2023). I marts 2024 er aftalekredsen bag Videnstaskforcen for PFAS blevet enige om at prioritere otte af de 12 forskningsprojekter. Derudover arbejder regeringen på en national PFAS-handlingsplan for at afværge, inddæmme og oprense PFAS-forureninger (Miljøministeriet, 2024).

8.2 Kvalitetskriterier for PFAS i jord

De enkelte lande har forskellig lovgivning for håndtering af jordforurening, og dette gør en sammenligning af jordkvalitetskriterier på tværs af lande svær. Særligt er det svært at sammenstille værdier, da der er forskellig anvendelse af værdierne, samt forskellige beskyttelseshensyn og modeller der ligger til grund for værdierne. Håndtering af PFAS i jord i de enkelte lande afspejler i høj grad deres eksisterende lovgivning og retningslinjer inden for håndtering af forurenede jord. Derudover indgår der for alle lande principper om, at kriterierne ikke kan stå alene, og hvis de overskrides, skal de suppleres med en stedspecifik risikovurdering, inden der udføres en indsats.

Fastsættelse af kriterier efter forskellige beskyttelseshensyn

Jordkvalitetskriterier i de forskellige lande fastsættes ud fra forskellige hensyn, som fx jordkontakt, spredning fra jord til grundvand og overfladevand, optag fra jord til planter og spredning i økosystemer gennem optag i mikroorganismer og planter.

TABEL 18. Oversigt over de forskellige landes beskyttelseshensyn. Tabellen er lavet ud fra de oplysninger, der har været tilgængelige, og der tages forbehold for, at der er nuancer i beskyttelseshensynene, som ikke er inkluderet her. Detaljeringsgraden i materialerne fra de enkelte lande har været meget forskellig. Derudover bemærkes det, at selv om et beskyttelseshensyn ikke er inkluderet i et jordkriterie, kan der være andre måder, hvorpå landet håndterer problemstillingen.

	Jordkontakt	Optag i fødevarer	Grundvand	Overfladevand	Økosystemer
Flandern	X		X	X	X
Nederlandene	X				X
Tyskland			X		
Sverige	X	X	X	X	X
Norge	X		X	X	X
Australien	X	X			X
Canada	X	X	X	X	X
USA	X	X	X		

I Nederlandene er der fastsat indgrebsværdier for jorden baseret på menneskers sundhed og denne er fastsat ud fra EFSA's seneste vurdering af TWI (tolerabelt ugentligt indtag). Værdierne beskytter også økosystemer. Der er derudover fastsat en indgrebsværdi for grundvand, som skal beskytte drikkevand.

I Flandern tager de fastsatte kriterier både hensyn til menneskers sundhed, spredning i miljøet og beskyttelse af økosystemer. Her er det også beskrevet, at ved anvendelse af EFSA's seneste vurdering af TWI bliver kriterierne lavere end niveauet for den diffuse jordforurening. Der er derfor taget højde for dette ved fastsættelser af kriterierne.

I Tyskland er det vurderet, at spredningen til grundvand er den vigtigste risikofaktor og kvalitetskriterierne tager derfor udgangspunkt i dette. Det betyder, at jorden undersøges ved brug af udvaskningstest. Der er dog planer om at undersøge, hvad jordkontakt og optag i planter/afgrøder betyder i forhold til menneskers sundhed.

I Sverige anvendes en konceptuel model til at modellere spredningsveje for PFOS, fx grundvand, jordkontakt, optag i fisk mm. Resultaterne bruges til at fastsætte jordkvalitetskriterier for PFAS, hvor den laveste beregnede værdi for de forskellige eksponeringer bestemmer udfaldet. Sverige har lavet nye beregninger med EFSA's nye sundhedsvurdering og er pt. i gang med at lave en konsekvensanalyse af disse kriterier.

I Norge er der taget hensyn til spredning til økosystemer samt grund- og overfladevand ved fastsættelse af en normværdi for PFOS. Denne betegnes som den værdi, hvor der ingen risiko er. Normværdien er blevet genberegnet blandt andet på baggrund af den ændrede sundhedsvurdering fra EFSA, men værdien er ikke blevet vedtaget endnu.

I Australien og Canada er der 2 sæt af forskellige jordkvalitetskriterier, der retter sig mod dels beskyttelse af menneskers sundhed og dels beskyttelse af økosystemer.

I USA beskytter soil screening values mod den eksponering, der kan udgøre en risiko for menneskers sundhed, inklusiv grundvand og planteoptag. Hensynet til økosystemer er ikke indarbejdet i kriterierne.

Til sammenligning fastsættes jordkvalitetskriterierne i Danmark primært ud fra sundhedshensyn i form af børns indtag af jord ved leg på jorden, og kriterierne beregnes ud fra TDI/TWI værdier (Tolerabelt Dagligt/Ugentligt Indtag), hvor der allokeres 10 %. Hensynet til økosystemerne, eksponering via drikkevand eller optag af PFAS til fødevarer, fx gennem planteoptag er ikke indarbejdet i jordkvalitetskriterierne. Påvirkningen af grundvandet vurderes med et særskilt kriterium.

Beregning af kvalitetskriterier på baggrund af modelberegninger forskellige eksponeringsveje er dog også en kendt metode i Danmark og eksempelvis anvendt i den faglige baggrundsrapport, der beregner afskæringskriterier for PFAS i spildevandsslam (Jensen et al, 2023).

Fastsættelse af kriterier efter forskellig arealanvendelse

Alle de gennemgåede lande arbejder med jordkvalitetskriterier ud fra forskellige beskyttelsesniveauer som menneskers sundhed, grundvand og økosystemer. De fleste lande arbejder også med en inddeling af jorden i arealanvendelser, og dermed også med forskellige beskyttelseshensyn for forskellige arealanvendelser.

I Flandern er vurderingskriterierne opdelt efter 4 forskellige arealanvendelser, som er landbrug/natur, bolig, rekreative arealer og industri. I Nederlandene opdeles jordkvalitet også i forskellige arealer som landbrug/natur, bolig og industri, hvilket har betydning for flytning af jorden. I Sverige inddeles arealerne i følsom og mindre følsom arealanvendelse, mens Norge har et system med forskellige tilstandsklasser af jord, der definerer arealanvendelsen. I Norge er tilstandsklasserne dog ikke udviklet for PFAS.

I Australien opdeles arealerne i boliger med og uden have, offentlige arealer samt industri/kontor. Dertil kommer, at der også er økotoxikologiske kriterier. I Canada inddeles jorden i landbrug, bolig/parker samt handel og industri. I USA opdeles arealerne i boliger og industri.

Der ses altså en tendens til at dele arealer op i landbrug/natur, hvor jorden anses som jomfruelig og derfor skal beskyttes, boliger/rekreative arealer, hvor der er risiko for jordkontakt ift. menneskers brug af jorden og industri/kontor, hvor eksponeringen er mindre.

Til sammenligning er der ikke i Danmark fastlagt jordkvalitetskriterier ud fra arealanvendelsen, men i forhold til prioritering af indsatsen med at kortlægge, risikovurdere og oprense jordforurening skelnes der mellem følsom og ikke-følsom anvendelse, ligesom der skelnes mellem områder med særlige drikkevandsinteresser, indvindingsoplande og områder uden drikkevandsinteresser.

Fastsættelse af jordkvalitetskriterier ud fra jordtyper

Specielt for Canada er, at de i udregningen af deres kriterier skelner mellem jordtype, dvs. om jorden er grovkornet eller finkornet. I Norge har det ligeledes været diskuteret på en workshop om man kan omregne acceptable koncentrationer i grundvandet til acceptable koncentrationer i jorden ved hjælp af sted-specifikke Kd værdier. Det er en kompleks, faglig diskussion, hvorvidt man kan inddrage jordens egenskaber og naturlige beskyttelsesniveau i fastsættelse af jordkvalitetskriterier. Der kan være stor variation i Kd værdierne på samme lokalitet og inden for korte afstande – og derfor vil der være usikkerhed forbundet med fastsættelse af kriterier på baggrund af jordtype.

Fastsættelse af kriterier ud fra risiko eller aktioner

Nogle lande fastsætter en værdi for PFAS i jorden, hvor der ingen risiko er for påvirkning af økosystemer eller menneskers sundhed. I Norge hedder dette en normværdi, og denne er fastlagt for PFOS på et vejledende niveau. I Flandern er der fastlagt en værdi for fri anvendelse, men denne værdi er fastlagt ud fra niveauet for den diffuse forurening og ikke en sundhedsvurdering. I Nederlandene er der ligeledes fastlagt niveauer for den diffuse forurening,

som angiver fri anvendelse af jorden. I England er der udregnet Soil Screening Values med udgangspunkt i beskyttelse af økosystemer, og disse værdier angiver også et niveau i jorden uden risiko.

Andre lande fastsætter kriterier for at angive en aktion. I Nederlandene er der indgrebsværdier og i USA er der oprensingsniveauer. Fælles er der dog, at der fortsat skal laves en stedspecifik risikovurdering og at kriterierne alene angiver muligheden for en aktion.

Til sammenligning anvendes jordkvalitetskriterierne i Danmark til at vurdere om jorden er uforurennet, lettere forurennet eller kraftig forurennet som skal kortlægges, hvorefter indsatsen prioriteres ud fra hensyn til jordkontakt, indeklima, grundvand og overfladevand.

Forskellige PFAS forbindelser i kriterierne.

I Flandern og Nederlandene er det primært PFOS og PFOA, der indgår i kriterierne. I Flandern arbejdes der også med en sum værdi for PFAS i forhold til fri anvendelse og i Nederlandene er der også defineret en indgrebsværdi for GenX.

I Tyskland arbejdes der med en sumværdi for 7 PFAS forbindelser. I Sverige er der fastsat en værdi for PFOS, men det angives vejledende at 7 PFAS forbindelser skal sammenholdes med værdien for PFOS. I Norge er normværdien sat for PFOS, men i praksis undersøges der for mange flere PFAS forbindelser, hvilket fremgår af de påbud og den tilladelse til deponering, der er gennemgået i projektet.

I Australien tages der udgangspunkt i PFOS, PFOA og PFHxS. I Canada er fastsat kriterier for PFOS fastsat midlertidige kriterier for 10 andre PFAS forbindelser. I USA er der fastsat soil screening values for en række PFAS forbindelser, der løbende opdateres.

Til sammenligning har Danmark fastlagt et jordkvalitetskriterie for 22 PFAS forbindelser og et skærpet jordkvalitetskriterie for sum af 4 PFAS forbindelser.

Derudover arbejder en række lande også med at vægte de forskellige PFAS i forhold til toksicitet, selv om dette ikke er slået igennem i lovgivningen for jordforurening i høj grad endnu. Dette foregår i form af en toksikologisk vægtning, som Nederlandene har udviklet, eller i form af et hazard index, hvilket ses i Canada og USA. I Danmark er miljækvalitetskriterier for vandmiljøet fastsat på baggrund af PFOA-ækvivalenter (Miljøstyrelsen, 2023).

En række studier i Tyskland har arbejdet med at undersøge jorden ved hjælp af TOP assay analyser (total oxidisable precursor), som anvendes til estimere precursorer i jorden, som ikke findes ved en almindelig target analyse. På grund af manglende standarder konkluderes det, at metoden skal anvendes med forsigtighed i reguleringsmæssige sammenhænge, men at metoden har et stort potentiale til at opnå en bedre forståelse af PFAS forurening i jord.

8.3 Håndtering og genanvendelse af jord med PFAS

Fastsættelse af værdier for den diffuse forurening

I Flandern og Nederlandene er der blevet sat et administrativt niveau for den diffuse forurening med PFOS og PFOA, der er med til at angive, hvornår jorden kan anvendes frit. I Nederlandene er niveauet for den diffuse forurening i jorden fastsat til 1,4 µg/kg for PFOS og 1,9 µg/kg for PFOA, og jorden kan flyttes frit, hvis indholdet er under dette niveau. I Flandern er niveauet for den diffuse forurening fastsat til 1,5 µg/kg for PFOS og 1,0 µg/kg for PFOA, og her er dette niveau anvendt til at fastsætte en værdi for fri anvendelse af jord, som er 3 µg/kg for PFOS, 2 µg/kg for PFOA og 8 µg/kg for summen af PFAS.

I andre lande som Tyskland, Sverige og Finland er der igangsat arbejde med at fastlægge niveauet for den diffuse forurening i jorden. Et sådant arbejde er i gang i Danmark i form af vidensprojekter under Teknologiprogrammet for jord og grundvandsforurening og det er en problemstilling der er fremhævet af Videnstaskforcen for PFAS i projekt 10 (Videnstaskforcen, 2023). Projekt 10 er igangsat i 2024.

Brug af udvaskningstest

Mange PFAS forbindelser er kendetegnet ved at være mobile og ved at de udvasker til grund- og overfladevand. Dette kan vanskeliggøre en risikovurdering af PFAS indhold i jord, da selv lave indhold i PFAS kan give anledning til uacceptabel udvaskning af PFAS til overfladevand og grundvand. Derfor er der også i nogle lande krav om udvaskningstest.

I Tyskland skal jordprøver analyseres med en udvaskningstest og på baggrund af resultatet kan jorden anvendes i 3 forskellige klasser. Hvis eluatet er under grænseværdien for klasse 1 kan jorden anvendes frit.

I Flandern kræves udvaskningstest ved genanvendelse af jord over værdierne for fri anvendelse. I Australien er der ligeledes krav om udvaskningstest ved genanvendelse af jord.

Til sammenligning er der i Danmark krav i Restproduktbekendtgørelsen til analyse af fastindhold og eluat for udvalgte stoffer i jorden, men ikke PFAS. På baggrund af indholdet i jorden, inddeles jorden i 3 kategorier, og jorden kan anvendes uden tilladelse til bestemte anvendelser, der er defineret ud for hver kategori. Restproduktbekendtgørelsen har fastsat kriterier for immobile stoffer og salte, men ikke organiske forureninger, som PFAS tilhører. PFAS er desuden et moblt stof, hvilket vil påvirke hvilke anvendelser, der kan tillades.

Ved jordflytning anvendes der ikke udvaskningstest i Danmark. Udvasningstest er kompliceret ift udførsel og tolkning. Det er derfor vigtigt, at krav om udvaskningstest ledsages af henvisninger til standarder, ligesom prøveantal og repræsentativitet også er vigtige delelementer.

Områdekort

I Flandern er der udpeget zoner rundt om grunde med forventet PFAS forurening, hvor der er krav om undersøgelse af jorden.

I Nederlandene skal PFAS indhold bestemmes ved jordflytning og registreres i en miljødeklaration. I Nederlandene arbejdes der med jordkvalitetskort, hvor områder klassificeres i forhold til målte PFAS-niveau i jorden. Det betyder at man kan flytte jorden inden for disse områder uden at prøvetage jorden. Dog skal der laves en historisk gennemgang, så det sikres, at der ikke er en industriel punktkilde, der hvor man flytter jorden fra og til.

Til sammenligning er der i Danmark områdeklassificering, hvor jorden anses som lettere forurenede jord. Områdeklassificeringen skelner som udgangspunkt mellem byområder og landområder, og bekendtgørelsen om definition af lettere forurenede jord omfatter immobile stoffer, som tungmetaller, PAH'er og kulbrinter. Det bemærkes her, at den diffuse forurening af PFAS i jord ikke nødvendigvis er opdelt mellem by og landområder og at PFAS, til forskel for de andre stoffer i bekendtgørelse om lettere forurenede jord, er mobile.

I områdeklassificeringen er det også muligt at lave analysefrie områder. Det er dog erfaringen, at det er svært at udpege analysefrie områder og det kan være svært at bestemme, hvornår datagrundlaget for dette er godt nok.

Midlertidig opbevaring

I Flandern er det foreslået, at der indtil der kommer endelige regler for, hvordan PFAS-holdig jord skal håndteres så kan der arbejdes med løsninger for midlertidig anvendelse af jorden

hvorfra der ikke er en risiko for udvaskning. Til dette er der brug for en liste over sådanne løsninger, ligesom kontrol og sporbarhed bør indgå i løsningerne.

I Nederlandene er det beskrevet at midlertidige depoter til PFAS forurenede jord, hvor jorden afvandes, er en mulighed, men dette er ikke altid praktisk muligt.

I Australien findes der anvisninger for ikke permanent opbevaring af jord med PFAS, som afhænger af tidsperioden for opbevaringen. Kravene til faciliteterne til opbevaring handler om, at der skabes barrierer mellem jorden og omgivelser, og kravene stiger, når tidsperioden for opbevaring stiger. Der findes ligeledes anvisninger til designkrav til faciliteterne og retningslinjer for det sted, hvor opbevaringen skal ske. Desuden skal der laves en handleplan for drift og vedligehold af anlægget, ligesom der skal udføres monitoring af PFAS.

Til sammenligning er der ikke anvisninger i Danmark omkring hvordan PFAS-holdig jord skal opbevares, men der stilles krav i Miljøbeskyttelsesloven, blandt andet gennem § 19 tilladelser, idet jord der giver anledning til forurening ikke uden tilladelse må oplægges på jorden eller gennem § 33, der bestemmer, at listevirksomheder skal godkendes.

Der vil derudover være en balance mellem hvornår midlertidig opbevaring må anses at være permanent, og dermed vil blive omfattet af regler om deponering.

Genanvendelse

I Flandern er det foreslået at jord med et PFAS indhold over kriterierne for fri anvendelse, men under vurderingskriterierne for industriarealer kan anvendes i anlægsprojekter, hvis jorden ikke er i direkte kontakt med omgivelserne.

I Tyskland klassificeres jorden i 3 klasser, der bestemmer genanvendelsesmuligheder. Jorden i klasse 1 kan genanvendes uden restriktioner, jorden i klasse 2 kan genanvendes i begrænset omfang og under særlige forhold, mens jorden i klasse 3 kun kan genanvendes i tekniske strukturer og med sikkerhedsforanstaltninger.

I Australien er der retningslinjer for genanvendelse af PFAS forurenede jord. Genanvendelse af jord skal overvejes grundigt, hvis jorden indeholder selv lave niveauer af PFAS, der er højere end det generelle niveau, der hvor jorden skal anvendes. Der er opstillet et beslutningstræ for genanvendelse af jord, ligesom der er angivet en liste over anvendelser, hvor genanvendelse af PFAS holdig jord kan være rimelig, samt en liste over anvendelser, hvor genanvendelse af PFAS holdig jord skal overvejes grundigt i dialog med myndighederne.

Til sammenligning er der ikke retningslinjer i Danmark for, hvordan og om PFAS holdig jord kan genanvendes, og det vil kræve en tilladelse efter Miljøbeskyttelsesloven med en stedspecifik risikovurdering.

Deponi

I Norge er der et eksempel på, at der er oprettet særlige celler på deponier til PFAS forurenede jord med særskilt opsamling og rensning af perkolat i eget renseanlæg og med dobbelt bundforsegling. Der er fastsat krav til udledning af PFAS og overvågning af omgivelserne i form af overfladevand, grundvand og naturområder.

I Tyskland kan jord med eluat værdier for PFAS-total under 100 µg/l ved en væske-jord fordeling på 10:1 deponeres på specielle enheder. Her skal eluatet renses og PFAS fjernes. Det anbefales, at der indrettes et specielt område til PFAS forurenede jord med separat opsamling af eluat og med overdækning.

I Australien er der retningslinjer for deponering. Deponeringsanlæg skal være udstyret med barrierer, der hindrer kontakt med omgivelserne, et system til opsamling af perkolat og et system til håndtering af regnvand.

Til sammenligning findes der ikke deponier i Danmark, der kan modtage PFAS forurenet jord. Deponering af affald reguleres i Danmark efter deponeringsbekendtgørelsen, som er en implementering af EU's direktiv om deponering af affald og Rådets beslutning om opstilling af kriterier og procedurer for modtagelse af affald på deponeringsanlæg.

Behandlingsmuligheder for PFAS

Der er ikke i rapporten undersøgt egentlig behandlingsmuligheder til oprensning af PFAS forurenet jord. Der findes pt. ikke fuld skala behandlingsmuligheder i Danmark.

8.4 Påbudsmuligheder i andre lande

Muligheder for at give påbud til PFAS forurening er undersøgt i Sverige og Norge ved at gennemgå nogle specifikke eksempler for påbud, samt undersøge den bagvedliggende lovgivning. Det har generelt været svært at finde oplysninger om påbud i andre lande via en litteratursøgning.

Særligt for Norge gælder, at Miljødirektoratet har taget en overordnet myndighedsrolle i forbindelse med oprydning af PFAS forurening på flyvepladser i Norge, hvilket har resulteret i en række påbud til Avinor, som ejer det største antal lufthavne i Norge. Dette inkluderer både undersøgelsespåbud på baggrund af mistanke, som har ført til en prioriteringsliste mellem alle Avinors flyvepladser. Derudover er der givet påbud om at udarbejde en tiltagsplan for oprydning af forureningerne, ligesom der er givet påbud om oprydning.

I Sverige er der gennemgået en sag om påbud, som er startet med en historisk undersøgelse af en brandøvelsesplads, og som er endt ud i påbud om undersøgelser af PFAS forurening. Der er ikke givet oprydningspåbud endnu, men sagen pågår stadig.

Der er ikke lavet en juridisk sammenligning mellem lovgivningerne i Sverige, Norge og Danmark omkring påbud. Umiddelbart virker det som om, der i Sverige og Norge er større muligheder for at give påbud alene på baggrund af en mistanke. I Danmark er påbudsbestemmelserne i jordforureningsloven omkring undersøgelse og oprydning afgrænset ved specifikke årstal. Det er ikke muligt at give undersøgelsespåbud, hvis den mulige udledning er sket før 1. januar 1992 og det er ikke muligt at give påbud om at fjerne forureningen, hvis den er sket før d. 1. januar 2001. I Sverige ligger afgrænsningen for at give påbud til forurenere i 1969, dvs. noget tidligere end i Danmark, mens der i Norge umiddelbart ikke er begrænsninger i lovgivningen.

9. Vejen frem

9.1 Ideer til håndtering af PFAS forurennet jord

I det nedenstående gennemgås de ideer, der er kommet frem på baggrund af resultaterne i denne undersøgelse, som har undersøgt andre landes praksis ift. PFAS forurennet jord. Ideerne er fremhævet med fed skrift og er uddybet i den nedenstående tekst. Det bemærkes, at der ikke er lavet en vurdering af implementerbarheden af ideerne ift. nuværende dansk lovgivning eller ift. økonomi.

Handleplan for PFAS i jord

En handleplan for PFAS i jord skal udpege overordnede principper for håndtering af jord og give anvisninger og vejledning til, hvordan jorden håndteres. Overordnede principper kan eksempelvis omhandle at genanvendelse af PFAS forurennet jord ikke må føre til yderligere spredning af PFAS. Der kunne også opstilles et hierarki for behandling af jorden, der angiver en prioritering af behandlingsmuligheder, og hvor rensning og fjernelse af PFAS ligger øverst, herefter kommer sikker genanvendelse og til sidst kommer deponering. Der vil dog altid i brugen af hierarkiet være en afvejning af tekniske og økonomiske forhold, ligesom CO₂ udslip ved oprensning også er en parameter, der bør være med i afvejningen.

De lande, der har haft en strategi eller handleplan for håndtering af PFAS i jord, er også de lande, hvor der har været mest information og flest retningslinjer. Det er i den forbindelse ikke afgørende om handleplanen er en del af en samlet strategi for håndtering af PFAS eller om den findes som en selvstændig handleplan.

Inddragelse af flere beskyttelseshensyn i jordkvalitetskriteriet

Jordkvalitetskriterierne for PFAS i Danmark retter sig mod at beskytte menneskers sundhed med fokus på børns jordkontakt. Derudover findes et grundvandskriterium til at vurdere grundvand, men beskyttelse af grundvand og overfladevand er ikke indarbejdet i det danske jordkvalitetskriterium. I Danmark er EFSA's seneste skærpede sundhedsvurdering inddraget og afspejlet i jordkvalitetskriterierne i form af en sum for 4 PFAS forbindelser.

Andre beskyttelseshensyn, der ikke er inddraget i de danske jordkvalitetskriterier, er blandt andet optag af PFAS gennem afgrøder og beskyttelse af økosystemer. Det kan i den forbindelse undersøges om de skærpede jordkvalitetskriterier for sum af 4 PFAS også yder beskyttelse over for planteoptag, grundvand, overfladevand og økosystemer, ligesom niveauet for den diffuse forurening af PFAS i jord også skal inddrages i vurderingen.

De lande der er gennemgået, opererer alle med stedspecifikke risikovurderinger ved siden af jordkvalitetskriterierne, hvilket også er almindelig praksis i Danmark. Det er vigtigt også at beholde dette fokus i Danmark, at der ved en PFAS forurening altid skal tages hensyn til de konkrete forhold på lokaliteten ved at gøre brug af en sted specifik risikovurdering.

Inddragelse af jordens eget beskyttelsesniveau i jordkvalitetskriterierne

Det kan undersøges, om det er muligt at indregne jordens eget beskyttelsesniveau i jordkvalitetskriterierne og derved have jordkvalitetskriterier, der skelner mellem lerjord og sandjord. I den sammenhæng skal biotilgængeligheden af PFAS i jorden og sammenhængen mellem jordtyper og Kd værdier undersøges for forskellige PFAS forbindelser, og der skal være en rimelig sikker sammenhæng mellem jordtype og beskyttelsesniveau.

Fastsættelse af en normværdi for indhold af PFAS i jorden, hvor der ikke er risiko

Der kan fastsættes en normværdi for indhold af PFAS i jorden, hvor der ikke er nogen risiko for hverken menneskers sundhed og økosystemer. En sådan værdi skal sammenholdes med niveauet for den diffuse forurening. På baggrund af normværdien kan der fastsættes forskellige typer af aktioner, fx fri anvendelse af jorden, yderligere undersøgelser eller oprydning.

Fastsættelse af et niveau for den diffuse forurening af PFAS i jord administrativt

Niveauet for den diffuse forurening af PFAS i jord kan fastsættes administrativt, som det er gjort i Nederlandene og Flandern. Dette skal gøres på baggrund af undersøgelse af repræsentative arealer for hele Danmark. Undersøgelser for indhold af PFAS i jord i Danmark er allerede i gang med at blive udført for at fastlægge den diffuse forurening.

Indhold af PFAS i jord bestemmes normalt vha. faststofanalyser af jord, og disse bliver som regel udført ved brug af target analyser af specifikke PFAS forbindelser. Det er en god ide at supplere disse analyser ved hjælp af TOP-assay analyser, som giver et bedre billede af den samlede PFAS belastning.

Endelig kan en analyse af den diffuse forurening af PFAS i jorden i Danmark med fordel blive suppleret med udvaskningstest, så der kan opnås et bedre billede af hvilken påvirkning af grundvandet det diffuse indhold i jorden kan have.

Differentierede jordkvalitetskriteriet efter arealanvendelse

Jordkvalitetskriteriet for PFAS kan inddeles efter arealanvendelsen, således at denne deles op i natur, landbrug, bolig/rekreative arealer samt industri/kontor. Mange lande har en kategori for natur og landbrug, der er slået sammen, men det skal overvejes at have en kategori for natur og for landbrug for sig, da der på landbrugsjord kan være kilder til PFAS, som der ikke er på naturområder.

Ved landbrug/natur anses jorden som jomfruelig og skal derfor beskyttes mod yderligere påvirkning, ved boliger/rekreative arealer, er der risiko for jordkontakt ift. menneskers brug af jorden og jordkvalitetskriterierne skal her beskytte mod kontakt med jorden ift. indtag af jorden og optag gennem aفرøder. Ved industri/kontor er eksponeringen mindre, og derfor vil der kunne tillades et højere jordkvalitetskriterie. Der skal dog også tages højde for grundvandsinteresser og derfor bør der i inddeling efter arealanvendelse også indlægges hensyn til om arealet findes i et område med grundvandsinteresser. Derudover skal der tages højde for at arealer kan skifte anvendelse.

Inddragelse af vægtet toksikologi i jordkvalitetskriterie

Jordkvalitetskriteriet for PFAS består af henholdsvis 22 og 4 specifikke PFAS forbindelser, som alle vægtes ens. I realiteten er der dog forskel på de enkelte forbindelsers toksicitet, hvilket fx kan udtrykkes gennem relative potensfaktorer, RPF, som tager udgangspunkt i toksicitetsvurderingen for PFOA. Disse principper kan overvejes at overføres til jordkvalitetskriteriet.

Udarbejdelse af et jordkvalitetskriterie for summen af PFAS (uspecifikke)

Jordkvalitetskriterierne for PFAS i Danmark består af henholdsvis 22 og 4 specifikke PFAS forbindelser. Der findes dog langt flere PFAS forbindelser, der kan være relevante af undersøge for ift. jordforurening. Det kan derfor overvejes at have et supplerende jordkvalitetskriterie, som er udtrykt som summen af PFAS, men uden en specificering af hvilke forbindelser, der skal være indeholdt, ligesom det kan overvejes at fastsætte et jordkvalitetskriterium for enkelt-PFAS forbindelser.

Med anvendelse af sum PFAS vil undersøgelser med fx TOP-assay analyser eller andre total fluor analyser også kunne sammenlignes med et jordkvalitetskriterium. Dette er også et behov,

der er adresseret af Videnstaskforcen for PFAS, projekt nr. 8 (Videnstaskforcen, 2023). Projekt 8 er igangsat i 2024.

Der er i det hele taget et behov for sammentænkning af analysepakker og kvalitetskriterier på tværs af forskellige medier (jord, grundvand, overfladevand, spildevand).

Udvaskningstests i forbindelse med prøvetagning af jord

Ved flytning af jord med PFAS indhold kan faststofanalyser suppleres med udvaskningstest af jorden. Dette skyldes, at der er en stor og væsentlig risiko for udvaskning til grundvandet ved selv lave indhold af PFAS i jorden. Jordkvalitetskriteriet beskytter ikke i sig selv mod udvaskning til grundvandet, og det vil derfor være nødvendigt at fastsætte en grænseværdi for eluatet i udvaskningstesten.

Brug af udvaskningstest skal dog ledsages med anvisninger til standarder for analysemetoder, prøveudtagning og prøveantal, da tolkningen kan være vanskelig.

Områdekort for PFAS

Der kan laves områdekort, fx med udgangspunkt i en eller flere kommuners samlede areal, hvor der laves en bestemmelse af det diffuse niveau i området. Dette gøres på baggrund af kendte arealanvendelser i området, kendte kilder til PFAS forurening og målinger af den diffuse forurening af PFAS i jorden. På baggrund af fx statistiske analyser eller machine learning kan der laves et jordkort over området med forskellige værdier for det diffuse niveau for PFAS. Herefter kan jorden flyttes frit mellem de områder, hvor det diffuse niveau er ens. Derudover kan det overvejes at lave en beskyttelseszone rundt om punktkilder eller kystnært, hvis jorden er påvirket af PFAS fra havskum.

Erfaringer med at fastlægge analysefrie områder i områdeklassificeringen viser dog, at det kan være vanskeligt at fastlægge et fælles forureningsniveau for et område. Fastlæggelse af områdekort bør derfor suppleres med vejledning om nødvendigt datagrundlag.

Retningslinjer for midlertidig opbevaring

PFAS holdig jord der skal flyttes har ofte brug for en midlertidig form for opbevaring, særligt fordi der ikke er nogle modtageanlæg i Danmark, der vil modtage jorden, hvis indholdet ligger over jordkvalitetskriteriet og under kriteriet for farligt affald som er 50 mg/kg for PFOS.

Der kan laves retningslinjer for midlertidig opbevaring ud fra, hvor længe opbevaringen skal foregå. Retningslinjer skal an vise, hvordan der skabes barrierer mellem jorden og omgivelser ved at angive designkrav til faciliteter og krav til beliggenhed af faciliteterne. Derudover skal der angives krav til drift og vedligehold af faciliteterne og krav til monitoring af PFAS på faciliteterne og af omgivelserne.

Der vil være et dilemma for midlertidig opbevaring omkring, hvornår opbevaringen bliver permanent og skal sidestilles med deponering. Endelig skal der også ses på sammenhængen mellem miljøgodkendelser (§ 33) og § 19 tilladelser i Miljøbeskyttelsesloven.

Retningslinjer for genanvendelse

Der kan laves retningslinjer for genanvendelse af jord, og her skal inddrages krav om værdier for den diffuse forurening, normværdi, udvaskningstest og områdekort. Ved hjælp af disse værktøjer kan der etableres et system hvor genanvendelse af jord med lavt indhold af PFAS er muligt uden at genanvendelsen skaber en øget risiko.

Der kan ligeledes etableres forskellige klasser af PFAS forurenede jord, hvor specielle former for genanvendelse er tilladt ud fra faststofindholdet i jorden og eluatet fra en udvaskningstest. Til dette kan der laves lister med eksempler på hvilke anvendelser, der kan være tilladte. I denne

sammenhæng anbefales det dog, at der fortsat udføres stedspecifikke risikovurderinger og inddragelse af de lokale myndigheder. Et eksempel på en tilladt anvendelse kunne være et anlægsprojekt, som ikke ligger i et område med grundvands- eller naturinteresser, og hvor jorden ikke er i direkte kontakt med omgivelserne.

Et vigtigt emne, der skal adresseres i denne sammenhæng, er om der skal laves et helt nyt system for PFAS eller om PFAS kan integreres i det nuværende system for håndtering af jordforurening. Genanvendelse af PFAS holdigt jord er i dag muligt via en § 19 tilladelse. Omvendt er hverken restproduktbekendtgørelsen eller områdeklassificering i dag udformet til at håndtere mobile organiske forureninger.

Indretning af specielle enheder på deponier til PFAS holdig jord

I Danmark er det pt. ikke muligt at aflevere PFAS holdig jord på deponi. Rensning af jord, enten in situ eller på anlæg bør være første prioritet ved håndtering af PFAS holdig jord, men indtil de rette løsninger er etableret, kan det være formålstjenligt at oprette specielle enheder på deponier, hvor den PFAS holdige jord kan håndteres ved fx et system til opsamling og rensning af perkolat og et system til håndtering af regnvand. Der skal også fastsættes krav til udledning af PFAS, ligesom omgivelserne i form af overfladevand, grundvand og naturområder skal overvåges.

Der opstår i dag udfordringer ved bygge- og anlægsarbejder og ved forureningsundersøgelser, hvor PFAS konstateres, da der ikke er etablerede muligheder i stor skala for at komme af med jorden. En specialindrettet enhed for PFAS holdig jord på et deponi med den rette beskyttelse af omgivelser og med særskilt opsamling og håndtering af perkolat er en løsning, der kan afhjælpe disse udfordringer, samtidig med at jorden håndteres på sikker vis og spredning af PFAS undgås.

10. Referencer

(Abou-Khalil et al, 2022): Mobilization of Per- and Polyfluorinated Substances (PFAS) in soils: A review. Springer Nature

(Arcadis, 2021): Entscheidungsgrundlagen für den vollzug bei PFAS-belasteten standorten in der Schweiz

(AquaConSoil, 2023): Topic 3: Sustainable remediation, emerging contaminants and prevention towards zero pollution. Abstracts

(ATV, 2023): PFAS Temadag, 6. marts 2023

(BAFU, webpage): [PFAS: Per- und polyfluorierte Alkylverbindungen \(admin.ch\)](#)

(Bundesministerium, 2022): Guidelines for PFAS assesment. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz

(Bundesministerium, webpage1): [BMUV: Den nye føderale forordning om jordbundsbeskyttelse og forurenede steder](#)

(Bundesministerium, webpage2): Synopse – Anhänge der BbodSchV im Vergleich (Werte, Verfahren & Methoden). [Anhänge der BBodSchV im Vergleich \(Werte, Verfahren & Methoden\) \(bmu.de\)](#)

(Canadian Council of Ministers of the Environment, 2021a): Canadian Soil and Groundwater Quality Guidelines for the Protection of Environmental and Human Health. [Canadian Soil and Groundwater Quality Guidelines for the Protection of Environmental and Human Health: Perfluorooctane Sulfonate \(PFOS\) \(ccme.ca\)](#)

(Canadian Council of Ministers of the Environment, 2021b): Scientific criteria document for the development of the Canadian soil and groundwater quality guidelines for the protection of environmental and human health. PFOS. [Scientific Criteria Document for the Development of the Canadian Soil and Groundwater Quality Guidelines for the Protection of Environmental and Human Health - Perfluorooctane Sulfonate \(PFOS\) \(ccme.ca\)](#)

(Chemanager, 2022): 3M Agrees PFAS Clean-up with Flemish Government. [3M Agrees PFAS Clean-up with Flemish Government | CHEManager \(chemanager-online.com\)](#)

(Dedecker, 2024): E-mail fra Dirk Dedecker fra OVAM d. 21.02.2024

(Environment Agency, 2022): Derivation and use of soil screening values for assessing ecological risks. Report – ShARE id26 (revised).

(Forureningsloven, 1981): Lov om vern mot fourensninger og om avfall. LOV-1981-03-13-6 [Lov om vern mot fourensninger og om avfall \(fourensningsloven\) - Kap. 2. Almannelige bestemmelser om fourensninger. - Lovdata](#)

(Försvarsmaketen, 2020): Försvarsmaktens handlingsplan för PFAS-förorenade områden. [Försvarsmaktens handlingsplan för PFAS-förorenade områden \(forsvarsmakten.se\)](#)

(Frauenstein, 2024): E-mail fra Jörg Frauenstein, UBA d. 20. februar 2024

(Frische et al, 2022): Guideline Values for Per- and Polyfluoralkyl Substances (PFAS) in soils – a survey at EU Member State Level. Umwelt Bundesamt – German Environment Agency

(Frische et al, 2023): Per- and polyfluoralkyl substances (PFAS) in soil and wild boar samples from a PFAS hot spot area – a comparative chemical fingerprinting exercise. Umwelt Bundesamt – German Environment Agency

(Gehrenkemper, intet årstal): Transfer of PFASs from soil into plants and its relevance for PFAS regulation in Germany. Umwelt Bundesamt – German Environment Agency

(Göckener et al, 2022): Digging deep – implementation, standardisation and interpretation of a total oxidizable precursor (TOP) assay within the regulatory context of per- and polyfluoralkyl substances (PFASs) in soil. Environmental Sciences Europe 34:52

(GTK, 2024): Suomen maaperän PFAS-pitoisuudet.

(Kemikalieinspektionen, webpage): Guide för ansvar, kontroll och hantering av PFAS. [Guide för ansvar, kontroll och hantering av PFAS - Kemikalieinspektionen](#)

(Health Canada, 2022): Updates to Health Canada Soil Screening Values for Per- and Polyfluorinated Substances (PFAS).

(Högsta domstolen, 2023): Högsta domstolen meddelar dom i PFAS-målet. [Högsta domstolen meddelar dom i PFAS-målet - Sveriges Domstolar](#)

(Jensen et al, 2023): Derivation of cut-off values for PFAS in sewage sludge. Revised edition. Environmental project no. 2232, march 2023. [Derivation of cut-off values for PFAS in sewage sludge \(mst.dk\)](#)

(Istituto Superiore di Sanità, 2018): OGGETTO: Accertamenti eseguiti su delega della Procura di Vicenza (proc pen. 1943/16 RGNR) in relazione all'inquinamento de PFAS avvenuto nelle province di Vicenza, Verona, Padova.

(ITRC, 2022): Per- and polyfluoralkyl Substances. Technical and Regulatory Guidance

(ITRC, webpage): PFAS Fact Sheets. [Fact Sheets – PFAS — Per- and Polyfluoroalkyl Substances \(itrcweb.org\)](#)

(Kofoed, 2023): Forskellige tilgange til grænseværdier for PFAS. VMR, 2023 [Forskellige tilgange til grænseværdier for PFAS \(miljoeogressourcer.dk\)](#)

(Kofoed, 2024): Belgien har en PFAS-kommissær og omfattende tiltag mod PFAS-forureningen. ING/WATERTECH, 5. april 2024. [Belgien har en PFAS-kommissær og omfattende tiltag mod PFAS-forureningen | WaterTech \(PRO\)](#)

(Kristianstads kommun, 2014a): Inventering med avseende på förorenade områden – Kristianstad 4:37.

(Kristianstads kommun, 2014b): Inventering med avseende på förorenade områden – Hamnen 1.

(Kristianstads kommun, 2018a): Föreläggande om att inkomma med provtagningsplan avseende miljöteknisk markundersökning på brandövningsplats inom fastigheten Kristianstad 4:37 och Brandstationen 1.

(Kristianstads kommun, 2018b): Föreläggande om att inkomma med provtagningsplan avseende miljöteknisk markundersökning på brandövningsplats inom fastigheten Hammel 1.

(Kristianstads kommun, 2023): Beslut avseende miljökontroll i samband med om- och tillbyggnation av brandstationen i Åhus.

(Miljødirektoratet, 2016): PFAS-förorening i grunnen. Rapport M-622, 2016. [m622.pdf \(miljødirektoratet.no\)](#)

(Miljødirektoratet, 2018): Pålegg om samlet vurdering av PFAS-förorening ved Avinors luft-havner. 02.08.2018

(Miljødirektoratet, 2020a): Forslag om endring av normverdi for PFOS i vedlegg 1 i forureningsforskriften kapittel 2 [Forslag om endring av normverdi for PFOS i vedlegg 1 i forureningsforskriften kapittel 2 - Miljødirektoratet \(miljødirektoratet.no\)](#)

(Miljødirektoratet, 2020b): Pålegg om undersøkelser av PFAS-förorenset grunnundersøelse av PFAS-förorenset grunn-Avinor. 14.05.2020.

(Miljødirektoratet, 2021): Pålegg om å utarbeide en tiltaksplan for opprydning i PFAS-förorenset grunn ved Bergen Lufthavn. 20.10.2021.

(Miljødirektoratet, 2022): Pålegg om å gjennomføre tiltak for å rydde opp i PFAS-förorenset grunn på Bergen lufthavn, Flesland, Bergen kommune. 30.05.2022

(Miljødirektoratet, 2023): Avklaring om når Miljødirektoratet ønsker å bli involvert i bygge- og gravesaker i PFAS-förorenset grunn [avklaring-om-nar-miljødirektoratet-onsker-a-bli-involvert-i-bygge-og-gravesaker-i-pfas-förorenset-grunn.pdf \(statsforvalteren.no\)](#)

(Miljøkodeks, 1998:808): [Miljøkodeks \(1998:808\) | Sveriges Riksdag \(riksdagen.se\)](#)

(Miljøministeriet, 2024): PFAS-förorening. [PFAS - Miljøministeriet \(mim.dk\)](#)

(Miljøstyrelsen, 2021): Liste over kvalitetskriterier i relation til förorenset jord. Juli 2021.

(Miljøstyrelsen, 2023): Fastsættelse af kvalitetskriterier for vandmiljøet Per- og Polyfluoralkylstoffer (PFAS). [pfas_miljøkvalitetskriterier.pdf \(mim.dk\)](#)

(Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2021): Handelingskader voor hergebruik van PFAS-houdende grond en baggerspecie (versie december 2021) [pdf \(overheid.nl\)](#)

(Moghadasi et al, 2023): Spatial Prediction of Concentrations of Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS) in European Soils. Environmental Science & Technology Letters 2023, 10, 1125-1129.

(Naturvårdsverket, 2019): Vägledning om att riskbedöma och åtgärda PFAS-föroreningar inom förorenade områden. Rapport 6871. Januar 2019: [Vägledning om att riskbedöma och åtgärda PFAS-föroreningar inom förorenade områden \(naturvårdsverket.se\)](#)

(Naturvårdsverket, 2023): [Att riskbedöma och åtgärda PFAS-föreningar inom förorenade områden \(naturvardsverket.se\)](#)

(Naturvårdsverket, 2024): Contaminated areas in Sweden. [Contaminated areas in Sweden \(naturvardsverket.se\)](#)

(NEMP, 2020): PFAS National Environmental Management Plan. Version 2.0. January 2020. National Chemicals Working Group of the Heads of EPAs Australia and New Zealand

(NEMP, 2022): Draft PFAS National Environmental Management Plan. Version 3.0 – draft prepared for public consultation. 2022. National Chemicals Working Group of the Heads of EPAs Australia and New Zealand.

(NGI, 2019): Proposal for new Normative Values for PFOS and PFOA in contaminated soil.

(NGI, 2021): Grunnlagsrapport – Nye foreslåtte normverdier og tilstandsklasser for forurenset grunn. [Microsoft Word - M-2169 Grunnlag for nye normverdier og tilstandsklasser rev 1.docx \(unit.no\)](#)

(Ngyuen et al, 2020): Influences of Chemical Properties, Soil Properties, and Solution pH on Soil-Water Partitioning Coefficients of Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFASs). Environmental Science & Technology, 2020, 54

(NICOLE, 2024 – foreløbig udgave): Regneark med information om europæiske landes regulering. Foreløbig udgave fra januar 2024.

(Nordrocks, 2022): PFAS deal with it. Putting things in perspective. Præsentation af Hans Slenders.

(Regionernes Videncenter for Miljø og Ressourcer, 2022): Håndbog om undersøgelse og afværgelse af forurening med PFAS-forbindelser. Teknik og Administration, nr. 1, 2022.

(Reuter, 2023a): Dutch government to hold 3M liable for forever chemicals damage. [Dutch government to hold 3M liable for 'forever chemicals' damage | Reuters](#)

[\(Reuter, 2023b\): Dutch court rules Chemours liable for environmental damage caused by PFAS. Dutch court rules Chemours liable for environmental damage caused by PFAS | Reuters](#)

(RIVM, 2019): Temporary background values for PFAS I Dutch soil [Temporary background values for PFAS in Dutch soil | RIVM](#)

(RIVM, 2020): Achtergrondwaarden perfluoroalkylstoffen (PFAS) in de Nederlandse landbodem [Achtergrondwaarden perfluoroalkylstoffen \(PFAS\) in de Nederlandse landbodem \(rivm.nl\)](#)

(RIVM, 2021): Memo. Risicogrenzen ten behoeve van de vaststelling van Interventiewaarden voor PFOS, PFOA en GenX. 19. april 2021 [Risikogrænser for fastsættelse af interventionsværdier for PFOS, PFOA og GenX | RIVM](#)

(Saawarn, 2022): Sources, occurrence, and treatment techniques of per- and polyfluoroalkyl substances in aqueous matrices: A comprehensive review. Environmental Research 214 (2022).

(SenterNovem, 2007): Know the quality of your soil or aquatic sediment: clarifying the risks. [Know the quality of your soil or aquatic sediment - Rijkswaterstaat Environment \(rwsenvironment.eu\)](https://www.rwsenvironment.eu/)

(SGI, 2020): Webpage: [Vejledende værdier PFAS-11 - SGI](#)

(SGI, 2022): Riktvärden för PFAS i mark och grundvatten. SGI Vägledning 6. Remissversion 2022-05-31

(SGI, 2023): Webpage: [Konsekvensanalys av riktvärden för PFAS i mark planeras \(sgi.se\)](#)

(Statsforvalteren, webpage): [Bygge- og gravesager i PFAS-forurennet jord | Amtmand i Trøndelag \(statsforvalteren.no\)](#)

(Statsforvalteren i Troms og Finnmark, 2021): Endring av tillatelse til drift for deponicelle 2 ved Stormoen, Balsfjord kommune. 02.09.2021.

(STF, 2009): Helsebaserte tilstandsklasser for forurenset grunn [Helsebaserte tilstandsklasser for forurenset grunn - Veileder \(TA-2553\) \(miljodirektoratet.no\)](#)

(SVT, 2021): PFAS-tvisten avgjort- Forsvarsmakten behøver inte betala [PFAS-tvisten avgjort – Forsvarsmakten behøver inte betala | SVT Nyheter](#)

(The Brussel Times, 2022): Committee points finger at 3M for historic pollution, hints at political responsibility. [Committee points finger at 3M for historic pollution, hints at political responsibility \(brusselstimes.com\)](#)

(Tsitonaki et al, 2023): Overblik over viden om PFAS til vurdering af grundvandets mulige påvirkning af overfladevand.

(Uppsalavatten, 2024): Domstolsförhandling PFAS. [Domstolsförhandling PFAS | Uppsala vatten](#)

(US EPA, 1996): Soil Screening Guidance. User's Guide. [SOIL SCREENING GUIDANCE: USER'S GUIDE \(epa.gov\)](#)

(US EPA, 2020): Interim Guidance on the Destruction and Disposal of Perfluoroalkyl and Polyfluoroalkyl Substances and Materials Containing Perfluoroalkyl and Polyfluoroalkyl Substances. Interim Guidance for public comment, December 18, 2020. [Interim Guidance on the Destruction and Disposal of Perfluoroalkyl and Polyfluoroalkyl Substances and Materials Containing Perfluoroalkyl and Polyfluoroalkyl Substances \(epa.gov\)](#)

(US EPA, 2021): PFAS strategic roadmap: EPA's commitment to action 2021-2024. [PFAS Strategic Roadmap: EPA's Commitments to Action 2021—2024](#)

(US EPA, fact sheet): Understanding the PFAS National Primary Drinking Water Proposal Hazard Index. [FACT SHEET \(epa.gov\)](#)

(US EPA, webpage1): [Regional Screening Levels \(RSLs\) | US EPA](#)

(US EPA, webpage 2): [Regional Removal Management Levels \(RMLs\) for Chemical Contaminants | US EPA](#)

(Van Gestel, 2024): Email fra Griet Van Gestel fra OVAM d. 30.1.2024

(Videnstaskforcen, 2023): Begrænsning af menneskers og miljøets eksponering for PFAS i Danmark. Del 1: Identifikation af videnhuller.

(Vrancken, 2022a): Executive summary of the second interim report “From knowledge to action” on the PFAS contamination: [Summary of second interim report on the PFAS contamination | Flanders.be \(vlaanderen.be\)](#)

(Vrancken, 2022b): Proposal Standards Framework PFAS. [Tweede tussentijds rapport aanpak PFAS-problematiek: onderzoeksverslag \(vlaanderen.be\)](#)

(Vrancken, 2022c): Executive summary Final report – Closing the circle: [PFAS - Final report - Executive summary EN - 16.12.2022_q67elq.pdf \(vlaanderen.be\)](#)

(VRT, 2023): Das Chemieunternehmen 3M muss einer Familie wegen PFAS-Verseuchung Schadensersatz zahlen. [Das Chemieunternehmen 3M muss einer Familie wegen PFAS-Verseuchung Schadensersatz zahlen | VRT NWS: nachrichten](#)

(Wellmitz et al, 2023): Long-term trend data for PFAS in soils from German ecosystems, including TOP assay. Science of the Total Environment 893 (2023).

PFAS i jord

Projektet har lavet en international screening af andre landes håndtering af PFAS i jord. Projektet har undersøgt andre landes koncepter for kvalitetskriterier for PFAS og deres strategier for håndtering af PFAS i jord. Projektet har desuden undersøgt håndtering af påbud i forbindelse med PFAS-forurening i Sverige og Norge. Projektet har på denne baggrund udledt 13 forskellige ideer til håndtering af PFAS i jord i en dansk kontekst.

Ideerne er følgende:

- Handleplan for PFAS i jord
- Inddragelse af flere beskyttelseshensyn i jordkvalitetskriteriet
- Inddragelse af jordens eget beskyttelsesniveau i jordkvalitetskriterierne
- Fastsættelse af en normværdi for indhold af PFAS i jorden, hvor der ikke er risiko
- Fastsættelse af et niveau for den diffuse forurening af PFAS i jord administrativt
- Differentierede jordkvalitetskriteriet efter arealanvendelse
- Inddragelse af vægtet toksikologi i jordkvalitetskriterie
- Udarbejdelse af et jordkvalitetskriterie for summen af PFAS (uspecifikke)
- Udvaskningstests i forbindelse med prøvetagning af jord
- Områdekort for PFAS
- Retningslinjer for midlertidig opbevaring
- Retningslinjer for genanvendelse
- Indretning af specielle enheder på deponier til PFAS holdig jord



Miljøstyrelsen
Tolderlundsvej 5
5000 Odense C

www.mst.dk