

Notat

Grønne forskningsbehov og –potentialer inden for miljøbeskyttelse og miljøteknologi

Dette dokument er en af otte kortlægninger om grønne forskningsbehov og –potentialer, som er blevet til på baggrund af bidrag fra videninstitutioner, erhvervsliv, organisationer, ministerier og en bred kreds af øvrige interessenter. Kortlægningerne identificerer områder, hvor interessenterne vurderer, at der er behov for yderligere forskning for at understøtte den grønne omstilling i Danmark og globalt. De giver samlet set desuden et billede af det grønne forskningslandskab i Danmark og dets potentiale for at bidrage til den grønne omstilling. Læs mere her: www.ufm.dk/groenforskning.

Der er en tæt sammenhæng mellem områderne beskrevet i denne kortlægning og områderne i de øvrige dokumenter. Det gælder især kortlægningen af grønne forskningsbehov og –potentialer inden for:

- 1) Landbrug, jorde og skove,
- 2) Natur og øget biodiversitet,
- 3) Samfundsperspektiver ift. miljø- og naturbeskyttelse
- 4) Energieffektiviseringer.

Indhold

1. Resumé	3
1.1 Samfundsudfordringerne	3
1.2 Forskningsbehov og -potentialer	3
1.3 Danske forsknings- og innovationsmæssige forudsætninger, væsentlige interessenter og erhvervsmæssige styrkepositioner	3
1.4 Internationale perspektiver	4
2. Samfundsudfordringerne	5
3. Forskningsbehov og -potentialer	8
3.1 Luftforurening	8
3.1.1 Samspillet mellem klimaforandringer og luftforurening	8
3.1.2 Bedre rensningsteknologi	9
3.1.3 Bedre måleteknikker og måleudstyr samt analysekapacitet og -metoder	9
3.1.4 Luftforurening i Arktis	9
3.1.5 Indendørs luftforurening og luftkvalitet	10
3.2 Jordforurening samt jordkvalitet og biodiversitet	10
3.2.1 Forståelse af forurenede stoffer	11
3.2.2 Oprensning af forurenede jord	11
3.2.3 Mikroplast i jorden	11
3.2.4 Sammenhængen mellem klimaforandringer, jordens kvalitet og biodiversitet	12
3.3 Vand- og havforurening	12
3.3.1 Rent vandmiljø og grundvand	12
3.3.2 Vandforsyning, vandrensning og udnyttelse af spildevand	14
3.3.3 Effekten af klimaændringer	15
3.4 Cirkulær økonomi, bæredygtige produkter og affald	16
4. Danske forsknings- og innovationsmæssige forudsætninger	20
5. Væsentlige interessenter på området, herunder erhvervsstyrker	21
6. Internationale perspektiver	22

1. Resumé

1.1 Samfundsudfordringerne

Den globale forurening af bl.a. luft, jord og vand, den stigende udnyttelse af jordens resourcer og de globale klimaforandringer er en udfordring for natur, miljø og menneskers sundhed, ligesom biodiversiteten mange steder er under pres. Der er både i Danmark og internationalt behov for øget viden og miljøteknologiske løsninger, der kan sikre ren luft, ren jord, rent vand, afbøde konsekvenserne af klimaforandringerne samt sikre en mere effektiv og bæredygtig anvendelse af jordens ressourcer.

1.2 Forskningsbehov og -potentialer

De samfundsmæssige udfordringer betyder, at der er brug for øget viden om forurening af luft, jord og vand og konsekvenserne heraf for miljø, natur og sundhed. Der er behov for forskning til brug for udvikling af nye og bedre miljøteknologiske løsninger med henblik på at mindske udledningen af forurenende stoffer, forbedre rensningen af forurenede luft, jord og vand og udvikle mindre miljøbelastende produkter, materialer, transportformer, bygninger mv., – gerne i et samspil med løsninger til afbødning af konsekvenserne af de globale klimaforandringer.

I forhold til bedre brug og genbrug af jordens ressourcer er der behov for mere viden og forskning med henblik på øget brug af cirkulær økonomi. Det kræver forskning, der kan understøtte cirkulære og miljømæssige helhedsbetragtninger, og forskning inden for alle led af produktcirklen fra produktdesign og produktionsprocesser til forbrug, vedligeholdelse, genbrug og ny produktion med anvendelse af genvundne materialer, så produkter, materialer, råstoffer mv. udnyttes bedst og længst muligt.

1.3 Danske forsknings- og innovationsmæssige forudsætninger, væsentlige interessenter og erhvervsmæssige styrkepositioner

Danske videnmiljøer inden for miljøteknologi bedriver forskning i verdensklasse. Også i erhvervslivet har Danmark en markant styrkeposition med globalt potentiale, når det gælder miljøteknologiske løsninger, der sikrer ren luft, vand og jord, samt optimal resourceudnyttelse. Danmark har flere store virksomheder inden for området med stærke forsknings- og udviklingsafdelinger i Danmark og en lang række virksomheder i SMV-segmentet, som arbejder målrettet med miljøteknologi. Derudover er den danske offentlige sektor en væsentlig aktør i forhold til miljøteknologi og udvikling af cirkulær økonomi.

1.4 Internationale perspektiver

Den store EU-satsning, "Green Deal", sætter fokus på at komme i mål med grøn omstilling og modvirkning af klimaforandringer, og det nye store EU-rammeprogram for forskning og innovation, Horizon Europe, bliver det vigtigste værktøj til internationalt samarbejde om miljø og bioøkonomi for danske aktører. Et styrket bilateralt samarbejde med udvalgte lande uden for Europa kan desuden give danske forskere og virksomheder adgang til ny og særlig viden, der kan bidrage til et forbedret miljø. Det kan f.eks. ske via de danske innovationscentre i bl.a. Indien, Israel, Sydkorea og Brasilien.

2. Samfundsudfordringerne

Den globale forurening af luft, jord og vand lægger sammen med de globale klimaforandringer pres på natur, miljø og menneskers sundhed. Globalt medfører den omfattende forurening sygdom og tidlig død for mange mennesker, ligesom også biodiversiteten mange steder er under pres. Samtidig gør vi i stadig stigende grad brug af jordens ressourcer. Der er derfor både i Danmark og internationalt behov for øget viden og miljøteknologiske løsninger, der kan sikre ren luft, ren jord, rent vand, afbøde konsekvenserne af klimaforandringerne og sikre en optimal udnyttelse og genanvendelse af jordens ressourcer.

Det er en væsentlig samfundsudfordring, at undgå at miljø, natur og mennesker udsættes for miljøskadelige stoffer, og vi har brug for at luft, vand, jord og produkter ikke indeholder eller udleder uønskede stoffer eller bidrager til mikrobiologisk forurening. Her er forståelsen af, hvilke kemikalier og blandinger af kemikalier som udgør de største risici f.eks. en af de udfordringer, der endnu ikke er løst.

Tidligere tiders vand- jord-, og luftforurening, lokalt og globalt, skaber fortsat et stort behov for udvikling af nye miljøteknologiske løsninger til luft- jord-, og vandrensning, og der er behov for at sikre, at fremtidige produkter har en mindre miljøpåvirkning.

Klimaforandringer som følge af menneskelig udledning af drivhusgasser er en af de største udfordringer, vi står overfor i dag. Udledningen af drivhusgasser fortsætter med at stige, og den globale opvarmning det medfører vil give langvarige ændringer i vores klimasystemer. I Danmark er det vedtaget, at der skal ske en reduktion af udledningen af klimagasser med 70 procent inden 2030 ift. niveauet i 1990, og der er samtidig fastsat et langsigtet mål om klimaneutralitet i senest 2050.

Udendørs luftforurening er en alvorlig global miljøudfordring, der årligt resulterer i menneskelige helbredsproblemer og i mange millioner menneskers død. Derudover giver luftforureningen en række konsekvenser for økosystemer og planteproduktion ligesom den også – sammen med drivhusgasserne, bidrager til klimaeffekter. Indendørs udsættes vi også i stigende grad for et komplekst kemisk miljø med en blanding af en lang række flygtige stoffer med kendte og ukendte helbredseffekter.

FN har sat som et af sine 17 verdensmål, at alle skal have tilstrækkelig og billig adgang til rent vand uden kemikalierester og samtidig have adgang til effektiv sanitet, der forvaltes effektivt og bæredygtigt. Verden over vokser efterspørgslen efter vand, og presset øges dermed på de tilgængelige vandressourcer. OECD angiver, at efterspørgslen efter vand globalt er steget mere end dobbelt så meget som befolkningstilvæksten gennem det 20. århundrede, og efterspørgslen forventes at stige med 55 pct. mellem 2000 og 2050, hvis udviklingen fortsætter som i dag.

I Danmark er det målsætningen at beskytte vores grundvand mod forurening frem for at rense det. Grundvand bruges i Danmark til drikkevand, og det er en målsætning, at vores drikkevand skal produceres fra renest muligt grundvand og med minimal vandbehandling. Grundvandet leverer også vand til åer og søer, som skal have god vandkvalitet og være levested for dyr og planter. Men både grundvand og vandmiljø er nogle steder udfordret af forureningstrusler. Det er især nitrat og pesticider fra tidligere tiders brug af i dag forbudte stoffer, der udgør et problem for grundvand og vandmiljø, men også udledningen af andre miljøforurenende stoffer såvel som overskud af kvælstof og fosfor. Danmark står, som en række andre lande, over for udfordringer i forhold til at sikre en god balance mellem en effektiv fødevarerproduktion og et godt vandmiljø.

Danske renseanlæg har gennem en årrække været førende inden for rensning af kvælstof, fosfor og organisk stof samt i forhold til udnyttelsen af slam i biogasproduktion. Men det kan blive endnu bedre. Fremadrettet er der behov for, at renseanlæggene også kan håndtere rensning for yderligere miljøskadelige stoffer og også bliver energi- og ressourceproducerende enheder. Derudover kan der fremadrettet være et stort potentiale i bedre genanvendelse af f.eks. industri- og procesvand, der ikke skal anvendes som drikkevand.

Klimaforandringerne har konsekvenser for både hav og ferskvand og giver store udfordringer både regionalt og globalt. Klimaforandringerne vil f.eks. i stigende grad betyde ekstrem nedbør nogle steder med risiko for oversvømmelser og forurening fra f.eks. overløbne kloak- og spildevandledninger. Der er derfor et behov for fremadrettet at sikre bedre håndtering af regn- og spildevand gennem klimasikring mod skybrud i både byer, bynære områder og det åbne land. Udviklingen kalder blandt andet på etableringen af klimarobuste, bæredygtige byer og bynære områder som samtidig beskytter bygninger, infrastruktur og udearealer, og som desuden kan give merværdig i form af øget biodiversitet og rekreative byrum med plads til afslapning. Andre steder betyder klimaforandringerne mangel på nedbør til skade for økosystemer og produktion – ikke mindst af planteafgrøder.

Ophobning af plastaffald i verdenshavene udgør også en stigende samfundsudfordring. Selvom der er rapporteret om plastisk affald i det aquatiske miljø så tidligt som i 1970'erne, er mikroplastik og nanoplastiske partikler først kommet i fokus som et vigtigt miljøforurenende stof i det seneste årti. Kun en lille procentdel af det samlede globale plastaffald genanvendes, mens størstedelen ophobes i deponeringsanlæg eller ender i naturen, hvor meget af det til sidst ender i verdenshavene.

Danmark er både internationalt og i EU ét af de lande, der har den højeste produktion af affald pr. indbygger. Der knytter sig derfor også samfundsudfordringer i forhold til brug og genanvendelse af materialer, ressourcer og affald og dette fokus har en afgørende rolle i den grønne omstilling.

Nye måder til klima- og miljøvenlig produktion, forbrug og udnyttelse af materialer i samfundet er nødvendige, og fornybare, ikke-skadelige og bæredygtige materialestrømme bør fremmes. Cirkulær økonomi med fokus på udstrakt genindvinding og genbrug af materialer og andre ressourcer fra produkter efter endt funktion kan bidrage til at minimere mængden af genereret affald og samtidig bidrage til fornyet produktion. Øget cirkulær økonomi vil også være afgørende for, at Danmark kan opfylde EU-kravene til genanvendelse. Derudover kan genanvendelse af affaldsmaterialer genere energibesparelser og sænke energiefterspørgslen og dermed imødekomme en omstilling til en mere grøn energiforsyning.

Globalt ventes øget byggeri, produktion og forbrug at øge efterspørgslen efter rå- og hjælpestoffer, f.eks. mineraler og sjældne jordarter. Udviklingen indebærer en stadigt stigende efterspørgsel efter råstoffer –både fornybare og ikke-fornybare. Udvinning og bearbejdning af primære råstoffer er ofte miljøskadeligt og ikke bæredygtigt, og der er derfor behov for at finde løsninger, der kan nedbringe forbruget og sikre bedre muligheder for genanvendelse af rå- og hjælpestoffer.

3. Forskningsbehov og –potentialer

De samfundsmæssige udfordringer betyder, at der generelt er brug for øget grundlæggende viden om og bedre forståelse af både karakteren og udbredelse af miljøforurening samt konsekvenserne heraf for miljø, natur og sundhed.

Forskningsbehovene er nedenfor underopdelt i en række underemner med fokus på henholdsvis luft, jord, vand og cirkulær økonomi. Forurening af luft, vand og jord samt cirkulær økonomi har også en tæt sammenhæng med forskning i klimaforandringer og løsninger til at håndtere klimaændringer. Der er derfor en sammenhæng til de forskningsbehov, der er identificeret i forhold til vurdering af udbredelse og konsekvenser af klimaændringer, som er behandlet i de notater, der har særlig fokus på reduktion af CO₂ og andre klimagasser inden for forskellige sektorer – energi, transport, landbrug m.v.

3.1 Luftforurening

Luftforurening består af en kompleks sammensætning af uorganiske og organiske stoffer, som i sin primære form stammer fra industri, landbrug, transport, energianlæg mv. Men derudover bidrager kemiske processer i atmosfæren til sekundær luftforurening, der i en række tilfælde forværrer de miljø- og sundhedsmæssige konsekvenser af de direkte udledninger. Luftforureningen i Danmark stammer både fra aktiviteter i Danmark, men blæser også ind over grænserne fra landene omkring os.

Luftforureningen påvirker helbredet for mennesker og gør skade på naturen. Skove, søer og enge er nogle af de steder, der bliver påvirket af luftforurening. Men ikke alle steder påvirkes lige meget. Typer af planter, vejret og jordbunden er blandt andet med til at afgøre, hvor stor betydning forureningen får. Der er samlet set behov for forskning i forhold til at sikre reduktion af luftforureningen i både byer, naturområder og på landet for at sikre bedre biodiversitet, folkesundhed og forbedring af tilstanden i næringsfattige naturtyper, herunder skove. (Læs mere om forskningsbehov indenfor bl.a. folkesundhed i dokumentet om forskningsbehov og –potentialer inden for samfundsgevinster og adfærdssændringer ift. miljø og natur).

3.1.1 Samspillet mellem klimaforandringer og luftforurening

Mange stoffer i luften har betydning for både klimaforandringer og omfanget af luftforureningen. Det skyldes, at klimagasser og andre luftforurenende stoffer i mange tilfælde stammer fra de samme kilder (f.eks. transport og landbrug), men også fordi klimaforandringer og de dermed ændrede vejrforhold har betydning for ophobningen af luftforurening (fx fordi varme kan give mere stillestående luft osv.) Der er derfor forskningsbehov i forhold til øget viden om klimaforandringers indflydelse på luftforureningskoncentrationer og positive og negative sideeffekter på luftkvalitet af forskellige klimainitiativer.

3.1.2 Bedre rensningsteknologi

Der er behov for forskning i nye omkostningseffektive teknologier og løsninger, der kan bidrage til, at udledningen af klimagasser, ammoniak og anden luftforurening reduceres i form af rensning, partikelmålingsteknologi, monitoreringssystemer mv. Dette gælder bl.a. inden for landbrug samt skibstransport og tung vejtransport, hvor barriererne for skift til renere drivmidler som el og gas er størst. Derudover giver omstillingen af energisektoren til øget anvendelse af svingende energikilder som sol og vind nye udfordringer i forhold til at begrænse luftforureningen fra de fyringsanlæg, der med stærkt svingende last skal sikre, at produktionen af el og varme løbende modsvarer efterspørgslen. Der er derfor fortsat behov for at videreudvikle forbrændings- og rensningsteknologiløsninger til alle typer fyringsanlæg.

3.1.3 Bedre måleteknikker og måleudstyr samt analysekapacitet og -metoder

I forhold til udendørs luftforurening er de vigtigste udfordringer at udvikle omkostnings- og miljøeffektive metoder til emissionskontrol, sikre en mere detaljeret og specifik overvågning af luftforurening og skabe bedre modellering af lokal og regional luftforurening i høj tidsopløsning. Overordnet er der behov for en bedre forståelse af samspillet mellem primære forureningskilder, sekundær forurening og atmosfærisk transport.

Der er brug for større viden om enkeltkilders bidrag til luftforureningen og udledningen af drivhusgasser. Der er derfor brug for at udvide antallet af målepunkter og samtidig analysere og måle enkeltkilders reelle bidrag til de målte forureningsniveauer. For at sikre den nødvendige geografiske og temporale opløsning på emissionsmålinger skal det undersøges, om man kan satse på nye, prisbillige sensorsystemer til erstatning for dyre referencemålestationer. Low-cost sensorbaserede instrumenter til måling af luftkvalitet udbydes af en lang række virksomheder i disse år. Nogle af de udbudte instrumenter giver lovende resultater, men der er behov for en forskningsindsats for at afklare, hvor pålidelige målinger der kan opnås, samt hvordan og i hvilke sammenhænge disse instrumenter i fremtiden vil være nyttige.

Hvis analysesystemerne skal udnyttes bredere, og vi skal sikre en tilstrækkelig præcision på luftforureningsmålingerne og derigennem skabe et klart billede af, hvilke kilder der har den største reelle effekt på luftkvaliteten, er der desuden behov for en fokuseret forskningsindsats omkring dataanalyse og anvendelse af AI og machine learning på data fra sensorerne. Denne analyse skal kombineres med laboratorieanalyser på opsamlede prøver for at sikre en tilstrækkelig præcision på luftforureningsmålingerne og for at give et klart billede af, hvilke kilder der har den største reelle effekt på luftkvaliteten.

3.1.4 Luftforurening i Arktis

I de seneste år er der sket store fremskridt i forståelsen af forureningens dynamik i Arktis. Det gælder dog ikke i forhold til forståelse af den vertikale fordeling af luftforureningen, som er en forudsætning for en komplet forståelse. Der er i dag kun få observationer af den vertikale luftforurening, og der er derfor behov for at etablere målinger af den vertikale koncentrationsprofil (f.eks. ved hjælp af droner, landbaseret remote sensing og satellitter) samt forskning til forbedring af modelbeskrivelsen af forureningen i Arktis.

Herved vil man øge troværdigheden af forudsigelser af fremtidige forureningsniveauer og klimaforandringer.

3.1.5 Indendørs luftforurening og luftkvalitet

Det er brug for forskning inden for betydningen af indendørs luftkvalitet og kilder til forurening indendørs fra f.eks. stearinlys, mados, brændeovne mv. Ved forurening af indeklimaet vil både indholdet af CO₂ samt kemikalier i støv og luftbåren støv i luften være vigtige fokusområder.

Minimering af indendørs luftforurening kræver generelt mere viden om bl.a. udvikling af nye specifikke sensorer og datasystemer, forbedrede ventilationssystemer og luftrensningsteknologier, der recirkulerer rensset luft til lokalet, og dermed også reducerer ventilationsbehovet samt afgangning fra forskellige materialer i forbindelse med renovering og nybyggeri. Der er ligeledes brug for mere viden om naturlig ventilation og miljøvenlig isolering ligesom bedre luftkvalitet kræver forskning i de indeklimateknologiske fordele, der knytter sig til traditionel byggeskik og materialer som f.eks. kalk, linolie, limfarve, lerpuds mm. og hvordan disse kan integreres i det industrialiserede byggeri.

Der er et stort behov for forskning, som kan give en bedre kvantitativ beskrivelse af omfanget af partikelforurening fra f.eks. brændefyring og dermed en bedre forståelse af helbredseffekterne og de økonomiske konsekvenser heraf, ligesom det er essentielt at udføre en videnskabelig vurdering af effekterne af forskellige metoder (f.eks. nyudviklede partikelfiltre til skorstene) til reduktion af partikelforureningen fra brændefyring.

Der er også behov for forskning som belyser vekselvirkningen mellem menneskeskabte og naturlige gasser og partikler i luft. Der er endvidere behov for forskning, der ikke blot sætter fokus på partikler, men også de mange mikroorganismer, som findes i luften og deres egenskaber (f.eks. antibiotikaresistens). Der er f.eks. behov for mere viden om lufttransport af mikro- og nanoplast (fibre) og associerede kemikalier samt potentielle eksponeringer og for øget fokus på luft i indemiljøet som en vigtig eksponeringsvej for kemikalier, virus og bakterier, inkl. støv som specielt børn er udsat for.

3.2 Jordforurening samt jordkvalitet og biodiversitet

Jordforurening er en generel betegnelse for miljøfremmede partikler i jordbunden, hovedsageligt opstået som følge af menneskelig aktivitet. Forurening af jorden kan i sig selv gøre de berørte jordarealer ubrugelige i mange år, men kan også være en stor udfordring i forhold til udsivning af miljøfremmede stoffer som f.eks. pesticider til grund- og overfladevand, kyster og hav samt omkringliggende områder.

I forhold til jordforurening er der derfor generelt behov for forskning til at udvikle bedre metoder til at måle og analysere forureningen og bedre metoder til at afværge og oprense forureningen.

3.2.1 Forståelse af forurenede stoffer

At forstå kemien og de toksikologiske effekter af forurenende stoffer i jord, vand og økosystemer er afgørende for at undgå skadelige virkninger på ikke-målbare organismer. Konkret er der behov for mere viden inden for emission og skæbne for kemiske forbindelser i miljøet, miljøtoksikologi af naturlige og xenobiotiske forbindelser og blandinger, samt reaktioner af kemiske blandinger og enkeltforbindelser i organismer. Stofferne skæbne og effekt bør også i højere grad undersøges i komplekse matricer såsom væv, jord og sediment. Der er desuden behov for udvikling af nye principper for analyse og databehandling af komplekse blandinger til miljøprøver (jord, vand, luft, væv), samt bedre forståelse af grænserne for spredning af kemiske forbindelser i det globale miljø.

3.2.2 Oprensning af forurennet jord

Der er brug for forskningen i forhold til rensning af forurennet jord og reduktion af tungmetaller, pesticider, biocider og miljøfarlige forurenende stoffer (MFS) samt mindsning af næringsstofberigelse af næringsfattige habitater. Det kan ske gennem mere forskning inden for optimering af brug af gødning og organisk (kulstof) jordberigelse samt forbedring af jordbundsforhold ved dyrkning af nye afgrøder.

Jord og jordkomponenter spiller en stor rolle i forhold til at sikre afgrøder fra landbruget, men også som middel til at forhindre jordforurening og reduktion af farlige stoffer i jorden. Der er i den forbindelse behov for forskning inden for karakterisering og forståelse af jordkomponenter og egenskaber for jorden som et kemisk og biologisk filter, jordens organiske stofdynamik, mulighederne for kulstofbinding i jorden og påvirkninger på jordens funktionalitet, jordprocesser og cykling af carbon, kvælstof og fosfor og andre elementer. Der er brug for forskning inden for jordens fysiske egenskaber, porestruktur og modstandsdygtighed over for jordbearbejdning, samt muligheder for gennem jordændringer at øge planter og afgrøders rodzone og dermed den tilgængelige vandkapacitet.

Der er endvidere behov for mere forskningen i forhold til, hvordan stærkt forurennet jord renses for forurening på stedet (in-situ-jordoprensning), der som oftest vil være et sundhedsmæssigt- og miljømæssigt bedre alternativ til at opgravning og deponering af den forurenede jord. Der er også behov for mere viden om nye innovative bæredygtige teknologier baseret på naturmaterialer – f.eks. brug af planter, der kan bruges fremadrettet til at rense forurennet jord og som samtidig medvirker til øget biodiversitet.

3.2.3 Mikroplast i jorden

I forhold til forurening med miljøfremmede stoffer i jorden er der særlig behov for forskning med fokus på plastmaterialer. Mikroplast er en trussel for både miljø og mennesker, idet små plastikpartikler kan optages af jordens organismer, akkumuleres i fødekæden og ende i madvarer. Mikroskopiske plastpartikler kan desuden være en trussel mod grund- og drikkevand ligesom mikroplast også kan binde sundhedsskadelige kemikalier til sig, som så af den vej kan optages i fødekæden. Der mangler forskning omkring målemetoder til bestemmelse af mikroplast i jord, graden af mikroplastforurening i danske jorde, effekt af mikroplast i jord på jordlevende mikro- og makroorganismer, samt tabet af mikroplast bestanddele til overflade- og grundvand, samt omkring betydningen af mikroplast som vektor for (andre) miljøfremmede stoffer.

3.2.4 Sammenhængen mellem klimaforandringer, jordens kvalitet og biodiversitet

I forhold til håndteringen af klimaudfordringerne spiller jordens kvalitet og biodiversitet en rolle. Der er derfor behov for teknologi til overvågning og fremme af jordens biodiversitet og naturkvalitet samt forståelse af, hvad jordens mikroliv har af betydning for udbyttet og for stofomsætning i jorden – herunder mere viden omkring tab af kulstof fra jorden samt jordens evne til at sikre lagring af kulstof mv.

(Læs mere om jordens betydning i forhold til klimaudfordringerne i notatet om forskningsbehov og -potentialer i forhold til CO₂-reduktioner inden for landbrug, jorde og skove).

3.3 Vand- og havforurening

3.3.1 Rent vandmiljø og grundvand

Der er behov for forskning i forhold til at vurdere og begrænse effekterne af menneskelige aktiviteter med henblik på at opnå et renere vandmiljø – både i havet og i f.eks. søer, vandløb og vådområder. Det samme gælder i forhold til at beskytte og sikre grundvandet, herunder ikke mindst kvaliteten og mængden af drikkevand.

Der er samlet behov for forskning i forhold bedre forståelse af, hvordan vandforurening opstår og spredes i vandmiljøet og til grundvandet; bedre forståelse af hvilke konsekvenser vandforurening har for vandmiljøet og grundvandet; teknologier og metoder, der kan forhindre udvaskning af miljøfremmede stoffer og rense vandet; og udvikling af analysemetoder og –modeller, der kan hjælpe med at forudsige og måle omfanget af forureningen.

Der er således behov for forskning i forhold til at eliminere eller reducere udledningen og udvaskning af en lang række miljøfarlige og forurenende stoffer til både grundvand, havet og andre akvatiske miljøer. Det gælder ikke mindst tungmetaller, pesticider og biocider, men også farmaceutiske stoffer, flammehæmmende stoffer, oliestoffer, mikroplast og resistente bakterier såvel som overskud af kvælstof og fosfor. Der er derfor behov for forskning i forhold til udvikling af teknologiske løsninger til avanceret rensning af spildevand, regnvand og grundvand, så de miljøfremmede stoffer fjernes fra vandmiljøet. Der er herunder et behov for forskning i regenerering af især næringsstoffer, men også andre typer af stoffer fra spildevandet.

Intensiv arealanvendelse som landbrug påvirker i høj grad kvaliteten af overfladevandet samt vandudvaskning til grundvandet. Kvaliteten presses yderligere under tørke, storme og oversvømmelser. Derfor er forskning i vandkvaliteten og vandtransport i relation til forskellige arealanvendelser, skiftende klima og svingende naturforhold et stort forskningsbehov. Der er også et forskningsbehov i forhold til effekten af reduktion af kvælstof og fosfor i vandmiljøet som følge af udtagning af lavbundsjorde, vådgøring af arealer og etablering af vådområder.

For at kunne opnå en mere målrettet regulering af udledningen af kvælstof og fosfor til vandmiljøet er der endvidere behov for forskning inden for udvikling af værktøjer, der

kan opgøre et udvaskningspotentiale for et vilkårligt sædskifte. Hertil kræves yderligere viden om fosformobiliseringen i forbindelse med makroporetransport for at kunne udvikle modeller til kvantificering og kortlægning af fosfortabet via makroporer.

Effektiv dræning er en forudsætning for fødevarereproduktion, og mere end 50 % af det danske landbrugsareal er derfor drænet. Men dræn og grøfter fungerer samtidig som afstrømningsmotorveje, hvor næringsstoffer uhindret kan transporteres fra marken til vandmiljøet. Næringsstofftab via dræn udgør i dag 45-60 % af det totale tab af kvælstof og ca. 33 % af det totale tab af fosfor med store regionale variationer. Udvikling af drænfiltre til reduktion af næringsstofftab forventes at have store potentialer fremadrettet. Første generation af omkostningseffektive drænvirkemidler omfatter konstruerede minivådområder og biofiltre til reduktion af kvælstof. Disse virkemidler har dog en række begrænsninger i forhold til lav kvælstofreduktionseffektivitet i vinterhalvåret, betydelige arealkrav og dertil knyttede omkostninger og udfordringer med hensyn til implementering, samt manglende effektivitet i forhold til fosfor. Der er således et markant behov for at styrke dansk innovation og forskning i udvikling af mere omkostnings- og arealeffektive drænfiltertechnologier, der kan optimeres i forhold til såvel kvælstof og fosforretention.

(Læs mere om forskningsbehovene i forbindelse med koblingen mellem vandmiljø, grundvand, jorde og landbrug i notatet om grønne forskningsbehov og -potentialer inden for landbrug, jorde og skove).

Der er brug for forskning og udvikling af teknologiske og digitale metoder til realtids- overvågning og -prognoser af vand- og havmiljøet, f.eks. onlinemålinger, matematiske modeller, kunstig intelligens (AI) og remote sensing i form af bl.a. satellitter og droner (herunder en kombination af forskellige datakilder og modeller til systembaserede løsninger og etablering af digital twins).

Der er også forskningsbehov inden for videreudvikling af elektromagnetiske, neutron magnetisk resonans og magnetiske metoder som er afgørende for ny og mere detaljeret forståelse af bl.a. effekter på reduktion af kvælstof og fosfor i vandmiljøet, udvaskning af tungmetaller fra forurenede grunde, sikring af rent drikkevand samt klimasikring af by og det åbne land.

Der er et behov for udvidelse af de analytiske metoder med henblik på at identificere nye, potentielt problematiske stoffer. Metoderne bør omfatte kemiske analysemetoder inden for non-target screening og kemiske omdannelsesprodukter i tillæg til matematiske modeller til identificering af potentielle nye miljøfarlige stoffer. Der er endvidere brug for forskningen inden for ny analyseteknologi, baseret på sekventering af DNA og RNA, som har et stort potentiale til at kunne monitorere bionedbrydningen af pesticider og klorerede forbindelser og dermed giver et bedre grundlag for at lave bedre strategier for oprensning af kontamineret jord og grundvand.

I forhold til havet er der behov for forskning i forhold til, hvordan man kan mindske forureningen med både nano-, mikro- og makroplastik i verdenshavene, ligesom der er behov for forskning i plastens skæbne og effekt i verdenshavene. I dag er det ikke muligt at redegøre for store dele af det plast som tabes til havene, ligesom plastens effekt på populations- og økosystemniveau også er usikker.

Vandmiljøet påvirkes også af fiskeri, fiskeopdræt og anden akvakultur, og der er brug for forskning inden for miljø- og klimavenlig fiskeri, fiskeopdræt samt anden akvakultur.

Dette gælder især landbaseret, recirkulerede akvakulturanlæg samt akvakultur af nye, alternative typer af organismer: hvirvelløse dyr (invertebrater), makro- og mikroalger etc. Effekterne af udledningen af kvælstof og fosfor på kystnære økosystemer bør også undersøges nærmere. Fisk er flyttet længere fra land, hvilket der kan være flere årsager til, men antropogene effekter på kystnære økosystemer fra landbrugsdrift bør undersøges nærmere.

(Læs mere om forskningsbehovene i forbindelse med landbrug, fisk og fiskeri i notatet om grønne forskningsbehov og -potentialer inden for landbrug, jorde og skove).

3.3.2 Vandforsyning, vandrensning og udnyttelse af spildevand

Når det gælder "vand i rør" i form af vandforsyning, spildevandsbehandling og vand/kloaksystemer er der brug for forskning på en række områder.

I forhold til en effektiv vandforsyning er der blandt andet behov for forskning, der kan sikre rent vand rensat for miljø- og sundhedsfarlige stoffer som pesticider, klor, nitrat og bakterier. Der er endvidere behov for udviklingen af digitale værktøjer herunder vandkvalitetssensorer, modeller til styring og planlægning af drift, blødgøringsmetoder, vandbesparelsesmetoder, håndtering af differentieret vandkvalitet og standardiserede grundvandsbaserede vandværker.

Der er behov for forskning til bedre håndtering af vand- og spildevandsstrømme i byer. Det inkluderer udvikling af digitale løsninger og matematiske modeller (digital twins) til monitoring, prognoser, styring og varsling af vandstrømme i byer, der integrerer kloaksystem, rensningsanlæg og recipient. Desuden er der behov for udvikling af beslutningsstøtteværktøjer til vurdering af økonomiske, miljømæssige og sundhedsmæssige risici forbundet med kombinerede overløb, regnvandsbetingede udledninger og oversvømmelser.

Der er også behov for forskning i metoder til at opnå en energi- og klimaneutral vandsektor herunder udvikle løsninger, der kan udnytte indholdsstoffer i biomasse og spildevand til højværdiformål, sikre øget biogasudbytte på renseanlæg, sikre energieffektivitet, reducere klimapåvirkning fra lattergasemissioner og andre klimagasser fra spildevand, fjerne uvedkommende vand fra kloaksystemer samt sikre mod vandtab i vandsystemerne.

Der er også behov for forskning i energiproducerende renseanlæg for at sikre en fremtidig bæredygtig håndtering af spildevand, f.eks. gennem øget kulstofhøst til energiproduktion og optimering af biologisk fjernelse af fremmedstoffer. Dette kræver bl.a. en bedre styring af aktive slamprocesser, biofilmprocesser, øget digitalisering og udvikling af biologiske kontrolforanstaltninger.

Der er behov for forskning i teknologier til reduktion af diffuse kilder til miljøfarlige organiske stoffer i vandmiljøet bl.a. ved kortlægning af overflader og rensning af regnvandsafstrømning. Endvidere er der behov for udvikling af teknologier til tertiær rensning på rensningsanlæg for miljøfarlige organiske stoffer, herunder udvikling og modeller til forudsigtelse af stoffers skæbne og fjernelse ved behandling på rensningsanlæg

Der er endvidere behov for forskningen inden for bedre rensning og efterfølgende udnyttelse og genanvendelse af industri- og procesvand – f.eks. fra fødevarerindustrien.

3.3.3 Effekten af klimaændringer

I de seneste årtier er der forekommet flere hydrologiske ekstreme i form af tørke og oversvømmelser, som har haft store økologiske, samfundsmæssige og økonomiske følger. Under tørke er der øget pres på vandressourcerne f.eks. til kunstig vanding og under længerevarende nedbørssituationer stiger det terrænnære grundvand og vandføringen i vandløb øges, som giver anledning til oversvømmelser i ådale og lavtliggende byområder. Der kræver integrerede og helhedsorienterede klimatilpasningsløsninger, der tager hele vandkredsløbet og samspillet mellem by, land og hav i betragtning og desuden inkluderer samspillet mellem forskellige virkemidler, f.eks. infrastrukturløsninger kombineret med prognose- og varslingssystemer

Der er derfor behov for forskning i effekter af klimaændringer på samfund og natur samt udviklingen af nye bæredygtige teknologier til klimatilpasning. Der er desuden behov for nye løsninger til håndtering og overvågning af øgede regnvandsmængder som led i klimatilpasning.

Klimatilpasning af byer, kyster og landområder kræver forskning til udvikling af løsninger, der kan håndtere kraftige regnskyl, stigende grundvand, oversvømmede vandløb og stigende havvand. Det inkluderer udvikling og dokumentation af nye metoder, materialer og tekniske og naturbaserede løsninger til regnvandshåndtering, kystsikring, kystbeskyttelse, skybrudssikring af bygninger samt en bedre planlægning af helhedsorienterede, klimatilpassede løsninger i Danmark og Europa.

Der er endvidere behov for integrerede klima- og hydrologiske modeller og assimilation af nye datatyper. I de senere år har udviklingen inden for jordbaseret, luftbåren og satellitbåren sensortechnologi gjort det muligt at foretage mere nøjagtige tidslige og rumlige målinger af klimavariabler (nedbør, evapotranspiration), overfladekarakteristika (overfladetemperatur, arealudnyttelse), hydrologiske tilstandsvariable (jordfugtighed, vandstand i vandløb og søer) og den geologiske opbygning. Der er behov for at udnytte og integrere disse data i hydrologiske modeller, således at forudsigelsernes nøjagtighed kan forbedres.

Den grønne omstilling vil fortsat have stor indflydelse på de fysiske og rumlige forhold i byer og landskaber, og dermed på hvilken værdi vi tillægger vores omgivelser. Når landbrugsproduktion, energiproduktion, infrastruktur, vandhåndtering (både vandstigninger og vild nedbør) mm. påvirkes og ændres som følge af den grønne omstilling, ændrer konkrete byer og konkrete landskaber udseende. Der er derfor behov for forskning i, hvordan strategier for arealanvendelse i en større skala og med et perspektiv, der rækker ud over den enkelte sektor og den enkelte kommune, kan skabe langsigtet værdi for hele samfundet.

Regnvandshåndtering, kystsikring, re-wilding, re-forestation, energi-landskaber og en bæredygtig oplevelsesøkonomi er alle eksempler på udfordringer, der i høj grad krydser både kommune- og sektorgrense. Der er behov for, at bæredygtig arealanvendelse forstås som en samlet, helhedsorienteret strategisk udviklings- og planlægningsopgave, der tager udgangspunkt i de fysiske og konkrete rumlige problemer og potentialer. Der er derfor behov for forskning, der undersøger, hvilke forvaltningsmæssige niveauer der er mest relevante for at udvikle strategisk planlægning for bæredygtig arealanvendelse.

Der er desuden behov for yderligere forskning i, hvordan klimasikring kan løses, samtidig med at kultur- og naturværdier sikres. F.eks. i forhold fredede og bevaringsværdige bygninger og kulturmiljøer i by- og landdistrikter.

3.4 Cirkulær økonomi, bæredygtige produkter og affald

Cirkulær økonomi fremhæves ofte som en løsning i forhold til, hvordan vi kan nedbringe ressourceforbruget, og hvordan vi i højere grad kan genanvende ressourcerne, så værdien af produkter og materialekredsløb udnyttes bedst og længst muligt og brugen af deponi til gengæld reduceres til et minimum.

Der er imidlertid fortsat behov for bedre forståelse af den cirkulære økonomis potentiale, og behov for udvikling af modeller der kan klarlægge de miljømæssige fordele ved forskellige cirkulære løsninger. Cirkulær økonomi kan være relevant i mange forskellige sektorer og berører dermed også mange forskellige værdikæder. For at sikre en overgang til en cirkulær økonomi, der er optimal for hele samfundet og som samtidig maksimerer det miljømæssige udbytte af en overgang til et cirkulært økonomisk samfund, er der derfor brug for forskning i, hvorledes det danske samfund som helhed kan forholde sig til cirkulær økonomi og til at sikre en større forståelse af, hvordan cirkulær økonomi påvirker forskellige dele af samfundet, så det sikres, at de valgte tilgange til cirkulære økonomiske løsninger er lige relevante for alle samfundets parter.

I forhold til udviklingen af den cirkulære økonomi er der behov for at fokusere på alle led af produktcirklen fra produktdesign og produktionsprocesser til forbrug, vedligeholdelse, genbrug og ny produktion med anvendelse af genvundne materialer.

Der er ikke mindst brug for mere viden i forhold til at understøtte udviklingen og anvendelsen af grønne materialevalg. Der er endvidere behov for mere viden om bæredygtig genanvendelse af materialer, systemer for affaldshåndtering og nye metoder til genanvendelse samt stimulering af efterspørgslen fra genanvendelsesindustrien. Der er endvidere behov for forskning inden for udvikling af nye forretningsmodeller og andre tilgange til at øge genanvendelsen og nedbringe forbruget af materialer, minimere affaldsmængden, optimere design- og produktionsprocesserne, forbedre logistikken og skabe mere miljøvenlige produkter, materialer og produktionsprocesser.

Der er generelt behov for forskning i, hvordan vi behandler eksisterende materialer og affaldsstrømme, og får identificeret materialelækager så materialekredsløbet lukkes. Dette indebærer bl.a. forskning i mærknings- og identifikationsteknologier, sporbarhed, standarder mv. men også forskning i automatiske identifikations-, sorterings- og adskillelserprocesser. Der er således behov for forskning i moderne affaldssystemer, herunder i hvordan Internet-of-Things (IoT) kan understøtte sortering og indsamling af affald. Digitalisering stiller bl.a. nye platforme til rådighed og muliggør sporing af produkter og materialer gennem blockchain, sporingstoffer eller stregkoder.

Der er særligt behov for udvikling i forhold til sporing af produkter og materialer samt overblik over rest- og returstrømme. Det vil give et løft til markedet for genanvendte materialer. Bedre identifikationsmetoder kan også anvendes til at fremme sekundære ressourcestrømme af høj værdi. Det gælder f.eks. genindvinding af metaller og mineraliske råstoffer fra affaldsforbrænding, spildevandsslam, herunder adskillelse af tekniske og biologiske næringsstofstrømme som en del af bioraffinering til højværdiprodukter, bioenergi og fremstilling af kemiske forbindelser, polymerer og materialer i øvrigt.

Der er behov for øget viden om og udvikling af bæredygtige produkter, genanvendelse af materialer (f.eks. byggematerialer, tekstiler, plastik og emballage) bioøkonomi, herunder anvendelse af grøn biomasse og miljøvenlig affaldshåndtering.

Der er især behov for udvikling af bæredygtige produkter, der kan indgå i den cirkulære økonomi uden risiko for, at mennesker og miljø skades af det kemiske indhold. Der er derfor behov for forskning i højværdigenanvendelse gennem omdannelse og opgradering af ressourcer/materialeaffaldsstrømme med fokus på, at ophobning af forureningsstoffer i nye produkter undgås, og at problematiske stoffer substitueres af ikke-problematiske stoffer. Det gælder ikke mindst forskning i udvikling af bæredygtige alternativer til substitution af tungmetaller, pesticider, biocider, hormonforstyrrende stoffer og andre miljøfarlige forurenende stoffer. Derudover er der behov for forskning i forhold til øget viden om kemiske stoffers skadelige effekter og udvikling af metoder til kemikalievurdering, effekten af mikroplast i miljøet samt om hvilke emballagematerialer, der har den mindste miljø- og klimapåvirkning.

I forhold til at sikre bæredygtige produkter kan der tages udgangspunkt i genanvendte eller biobaserede råvarer og yderligere forskning inden for udnyttelse af biobaserede råvarer i den eksisterende kemikalieinfrastruktur har et stort potentiale. Det gælder ikke kun i forhold til at udvikle nye veje til kemikalier/'byggesten', som vi anvender i dag, men også i forhold til udvinding af beslægtede 'byggesten', der kan anvendes som erstatning for gængse råvarer. Biobaserede materialer kan erstatte fossile råvarer og dermed reducere CO₂-udledningen. Det er imidlertid afgørende, hvilket biomateriale der tages i brug. Rest- og affaldsstrømme vil være at foretrække, da andet biomateriale ofte ville kunne være brugt til andre formål, f.eks. som fødevarer. Det er ligeledes afgørende, hvilken affaldsinfrastruktur der er til stede og effektiviteten af denne. I nogle tilfælde – f.eks. plast i pantsystemet – vil fossilt baseret plast være lige så miljøvenligt som biobaseret plast, fordi det genanvendes flere gange. Der er derfor behov for en prioritering af biomassen i Danmark til forskellige formål, og det er afgørende, at fordele og ulemper ved valg af nye materialer afklares, så det er mere klart, hvilke typer af produkter, der har det bedste miljømæssige pay-off ved at anvende biobaserede materialer.

Også i forhold til genindvinding af fosfor og sjældne jordmetaller, som er essentielle som henholdsvis næringsstof og til elektroniske komponenter fra mobiltelefoner til vindmøller, er der behov for forskning. Begge er begrænsede ressourcer, og implikationerne for verdenssamfundet, når disse ikke længere er tilgængelige i en form, der kan udvindes, er uoverskuelige. Fokus skal være på en kortlægning af forbruget og affaldshåndteringen, samt udvikling af teknologier til genvinding og oprensning. Der er et behov for oprensning fra såvel sidestrømme i produktion som fra naturlige økosystemer, både akvatiske og terrestriske.

I forhold til plast og tekstil kan cirkulær økonomi også hjælpe med til at forbrænding af plast og tekstil reduceres. Men det kræver nye løsninger til design, levetidsforlængelse og til sortering af affald, herunder sporbarhed af materialer og produkter, samt bedre genanvendelsesteknologier. Der er f.eks. behov for nye løsninger, der kan øge sorteringen og genanvendelse i høj kvalitet af plast, plastholdige produkter samt tekstil. For de fleste plastiktyper er det i dag langt dyrere at genanvende end at forbrænde plasten, og der er en stor rest af f.eks. lavkvalitetsplast og blandingsprodukter, der ikke kan afsættes til genanvendelse. Der er også plast i tekstiler, hvor markedet for sortering og genanvendelse af både fossile og biologiske fibre fortsat ikke findes i storskala, og der er kun få teknologier tilgængelige i forhold til genanvendelse af tekstiler.

Det er endvidere en forudsætning for at realisere en cirkulær plastikøkonomi med langt mere genbrug og genanvendelse og samtidig indfri CO₂-målsætningerne i regeringens klimaplan at brugen af problematiske kemiske stoffer i plastik udfases. Den kemiske sammensætning af plast, herunder additiver, skaber fysiske og teknologiske barrierer for at realisere et cirkulært plastkredsløb og er en udfordring for kvaliteten af sekundære råvarer og miljøets og menneskers udsættelse for farlige kemikalier. Derfor skal der udvikles nye materialer, teknologier og fremstillingsmetoder, der kan sikre rene plastikprodukter til f.eks. emballering af fødevarer, samtidig med at de bibeholder deres tilsigtede egenskaber. For at opnå det kan der endvidere udvikles nye metoder til identificering af forureninger med farlige stoffer i plastaffaldsstrømme med henblik på at mindske tilstedeværelsen af farlige stoffer i sekundære plastråvarer.

Bygge og anlægsbranchen tegner sig i dag for en stor del af Danmarks affaldsproduktion og er samtidig en stor bidragsyder til den danske udledning af CO₂. I forhold til udviklingen af en cirkulær økonomi er der derfor store potentialer i udvikling af bæredygtige byggematerialer, der reducerer både CO₂-udledningen og ressourceforbruget. Det drejer sig f.eks. om cement med alternative råmaterialer og mindsket energiforbrug, koldblandet asfalt, asfalt med biobinder, biocidfri træbeskyttelse, modificeret træ og om elektrificering af teglproduktionen. Desuden er der behov for at forske i teknologi til optimering af affaldsstrømme, transformation af byggeaffald til råvarer, identifikation og fjernelse af miljøskadelige stoffer, ligesom der skal forskes i metoder til at dokumentere bæredygtighed og opgøre klimaregnskaber. Der er endvidere behov for at fokusere på potentialet ved at genbruge bygninger gennem transformation i stedet for at nedbryde dem samt på genanvendelse af byggematerialerne. Der er derfor behov for øget viden om, hvordan vi kvalificerer genbrug og transformation af den eksisterende bygningsmasse, i stedet for at nedbryde den, flytte rundt på byggematerialerne og genbruge dele af dem et andet sted. (Læs mere om boliger, byggematerialer og cirkulær økonomi inden for byggeri i dokumentet om forskningsbehov og -potentialer inden for energieffektiviseringer).

I forhold til de store mængder af marint affald, der hvert år landes i de danske havne er der behov for mere viden om, hvor affaldet kommer fra, og det bør undersøges om mængderne f.eks. kan flyttes fra deponi til genanvendelse. (Læs i øvrigt mere om cirkulær bioøkonomi i dokumentet om forskningsbehov og -potentialer inden for landbrug, jorde og skov).

Den største udfordring i forhold til øget brug af genanvendte materialer er at opnå en tilstrækkelig høj kvalitet i materialerne. Høj kvalitet af genanvendt materiale og en høj genanvendelsesgrad starter hos den oprindelige producent af en vare. Der er derfor behov for fremadrettet at forske i, udvikle og implementere metoder til design af produkter, som muliggør at produkter kan adskilles efter brug, f.eks. ved at anvende reversible lime i produkterne eller ved at sikre, at produkter ikke indeholder miljøfremmede stoffer. Der er fortsat behov for at videreudvikle metoder til at sortere og oparbejde forskellige affaldsfraktioner, f.eks. bedre udsortering af plast efter polymertype (specielt fra restaffald), fjernelse af flygtige organiske forbindelser (VOC'er) og miljøfremmede stoffer fra den genanvendte plast og levetidsforlænge plasten, dvs. sikre at polymeren ikke nedbrydes.

Cirkulær økonomi er også afhængig af et tæt samspil mellem miljø, økonomi og brugervenlighed af fremtidens affalds- og genbrugssystemer. Der er derfor brug for forskning i

forståelse af denne sammenhæng, herunder skabelse af viden om, hvordan borgerne interagerer med systemerne, og hvordan deres adfærd påvirkes. Endvidere er der brug for mere viden om de miljømæssige og økonomiske omkostninger ved den cirkulære økonomi, herunder genbrugs- og affaldssystemer.

Design spiller en afgørende rolle for omstillingen til cirkulær økonomi. Gennem design-tænkning vil virksomhederne kunne sikre længere produktlevetider, øge fokus på genbrug og genanvendelighed, ændre materialebrug med særlig vægt på bæredygtige materialer, mindske affald og opfordrer til forbrugsmønstre, der fremmer langvarig og fleksibel brug af produkterne.

Udvikling af mere hensigtsmæssig design, der understøtter grøn omstilling, kræver viden om produkters betydning i både kollektive og individuelle dynamikker som erindring, æstetik, mode og branding samt hele den design- og mediekultur, der påvirker anskaffelse, vedligehold og bortskaffelse. Forbrugernes værdisættelse af genbrugte eller alternative, nyudviklede materialer kræver formidling gennem design og understøttelse gennem medier og kulturinstitutioner. Det tyvende århundredes "brug-og-smid-væk kultur" er så indgroet i såvel dagligliv som institutioner, at omfattende forståelse af identitet, historie og æstetisk opfattelse er afgørende for at bryde med trangen til stadige nyheder eller imødekomme den på mere bæredygtige måder. (Læs mere om adfærdsændringer hos bl.a. borgere og forbrugere i dokumentet om forskningsbehov og -potentia-ler inden for samfundsgevinster og adfærdsændringer ift. miljø og natur).

Der er også behov for mere forskning inden for udviklingen af nye cirkulære forretningsmodeller baseret på deling, services eller genbrug der bl.a. betyder, at der er behov for færre produkter for at opnå samme services. Det kræver omstilling hos både virksomhederne og forbrugerne at skifte fra lineære til cirkulære forretningsmodeller.

Det er en afgørende forudsætning for positive resultater, at forskning i og viden om cirkulær tænkning og -økonomi fremmes i samspillet mellem offentlig forvaltning og privat produktion – både i forhold til miljøbeskyttelse og miljøteknologi, men også i forhold til en lang række andre grønne dagsordener, f.eks. samfundsgevinster og adfærdsændringer samt naturbeskyttelse og biodiversitet. Der er derfor også brug for forskning i, hvordan kommuner, regioner og offentlige institutioner aktivt kan omlægge til og understøtte cirkulær økonomi, f.eks. gennem strategisk byudvikling og strategisk indkøb.

Der er endvidere behov for forskning, der med fokus på regler, standarder, organisatoriske rammer og økonomiske incitament, kan øge bevidstheden hos industri, byggesektoren m.fl. om deres ansvar for hele produktets livscyklus. Forskningen kan bidrage til at afdække, hvordan et sådant reguleringsdesign kan blive en central del af den danske lovgivning og -praksis, ligesom forskningen kan bidrage med analyser af de effekter et ændret reguleringsdesign vil kunne medføre.

4. Danske forsknings- og innovationsmæssige forudsætninger

Danske videnmiljøer inden for miljøteknologi bedriver forskning i verdensklasse, og dansk ekspertise bliver efterspurgt globalt på flere områder.

I forhold til luftforurening har Danmark bl.a. stærke forskningsmiljøer omkring udvikling af sensorer til måling af luftkvalitet, måling af klimagasser og opgørelse af emissioner. Danmark er endvidere forskningsmæssigt stærkt placeret i forhold til at vurdere menneskers eksponering for luftforurening, kemikalier og en kobling til eventuelle effekter samt kilder i miljøet. Derudover er der genereret omfattende viden om måling af emissionskilder og real life-effektvurderinger ved GTS-institutterne.

I forhold til jordforurening findes der i Danmark stærke forskningsmiljøer med fokus på blandt skæbne og transport af forurenende stoffer i jord og grundvand og oprensningsteknologier for forurenede jord og grundvand. Derudover har Danmark især en førende viden inden for in-situ-oprensning af jord. Danmark råder også over stærke forskningsgrupper inden for økotoxikologi og risikovurdering af miljøfremmede stoffer, herunder plast, som også arbejder med en integreret tilgang på tværs af terrestriske og akvatiske økosystemer.

I forhold til vand har Danmark især forskningsmæssige styrkepositioner på universiteter og på GTS-institutter inden for grundvandsbeskyttelse, sikring af biodiversitet, vandbesparelser og forebyggelse af vandspild, spildevandsrensning og genanvendelse, forståelse af uønskede stoffers skæbne og negative effekter i vandmiljøet, påvirkning af natur og miljø af næringsstoffer fra landbrug og akvakultur, håndtering af oversvømmelser og kysterosion samt naturgenopretning af vandløb, søer og fjorde.

I forhold til cirkulær økonomi er der på universiteterne i Danmark i dag mange kompetencer inden for livscyklusvurderinger, miljøhensyn i produktudvikling, forbrugeradfærd, affald og genanvendelse af ressourcer samt materialeudvikling, herunder af plast, tekstil og byggematerialer m.m. Endvidere er der omfattende viden om produkt- og materialeudvikling, affaldssystemer og ressourceudnyttelse forankret hos de danske GTS-institutter.

5. Væsentlige interessenter på området, herunder erhvervsstyrker

Det er afgørende for effekten af forsknings- og udviklingsindsatserne, at der er fokus på sammenhængen mellem vidensopbygning i forskningsmiljøet og de virksomheder, myndigheder og offentlige selskaber, der skal omsætte viden og eksperimentel udvikling til praktiske løsninger, der har konkret effekt for klima og miljø.

Dansk erhvervsliv har en markant styrkeposition med globalt potentiale, når det gælder miljøteknologiske løsninger, der sikrer ren luft, vand og jord, samt optimal ressourceudnyttelse. Danmark har flere store virksomheder inden for området med stærke forsknings- og udviklingsafdelinger i Danmark og en lang række virksomheder i SMV-segmentet, som arbejder målrettet med miljøteknologi. Endvidere er især området omkring cirkulær økonomi relevant for en lang række danske produktionsvirksomheder, der udnytter en eller flere typer materialer til fremstilling af bl.a. plastkomponenter, vindmøller, pumper, trævarer og maskiner.

Derudover har den danske offentlige sektor stor viden inden for miljøteknologi, byplanlægning og udvikling af cirkulær økonomi. Den offentlige sektor spiller således en stor rolle i forhold til både vandforsyning, spildevandsrensning, energiforsyning, renovation og affaldshåndtering, overvågning og oprensning af jordforurening, samt fysisk og rumlig planlægning bl.a. i forhold til klimatilpasninger i byer, infrastruktur osv.

6. Internationale perspektiver

Dansk forskning inden for miljø og bioøkonomi er internationalt konkurrencedygtig, og danske forskere hjemtager i dag en forholdsmæssig stor del af de konkurrenceudsatte midler gennem EU's rammeprogram for forskning og innovation. Danske forskere samarbejder også med en række stærke internationale forskningsmiljøer gennem bl.a. netværk og partnerskaber.

Den store EU-satsning, "European Green Deal", handler om at komme i mål med grøn omstilling og modvirkning af klimaforandring, og det nye store EU-rammeprogram for forskning og innovation, Horizon Europe, bliver det vigtigste værktøj til internationalt samarbejde for danske aktører. Det vil bl.a. omfatte et program målrettet forskning og innovation i miljø og bioøkonomi, ligesom f.eks. teknologiudvikling vil fylde meget.

Der lanceres også en række større, strategiske partnerskaber på området, der vil give adgang til tæt, dagsordenstættende samarbejde med Europas bedste forskere, virksomheder og slutbrugere. En række af disse vurderes at ville være relevante at deltage i for f.eks. danske universiteter, virksomheder eller myndigheder i forhold til miljøområdet. Det drejer sig f.eks. om partnerskaberne for:

- Water Security
- Chemicals Risk Assessment
- Circular Biobased Europe (BBI-JU 2.0)
- AI, data and robotics
- Made in Europe; Towards a competitive manufacturing industry with a reduced environmental footprint
- Carbon neutral and Circular Industry
- Built environment and construction
- Rescuing Biodiversity to Safeguard Life on Earth
- A climate neutral, sustainable and productive Blue Economy
- Accelerating farming systems transition: agroecology living labs and research infrastructure
- Agriculture of Data

Som et nyt tiltag i Horizon Europe har man desuden besluttet at oprette fem såkaldte "missioner" til at finde løsninger på nogle af de europæiske borgeres største udfordringer. Fire af de fem missioner handler direkte om miljø- og klimaudfordringer, f.eks. om rene have, tilpasning til klimaforandringer, sund jord og fødevarer samt bæredygtige byer. De konkrete mål og fokusområder inden for missionerne forventes at blive defineret i løbet af 2020 i tæt dialog med EU's medlemslande og en bred kreds af interessenter ("citizen engagement"). Det er endnu uklart, hvordan missionerne mere konkret vil kunne bidrage til de danske målsætninger, men en forudsætning for at de kan bidrage til de danske målsætninger er aktiv deltagelse i formulering og implementering.

Der er også perspektiver i et styrket samarbejde om miljøbeskyttelse og –teknologi med lande uden for Europa. Dette samarbejde hviler ofte på bilaterale samarbejdsaftaler på regerings- og/eller institutionsniveau og involverer de offentlige forskningsfinansierende fonde.

Bilateralt samarbejde kan f.eks. omfatte et fælles opslag og finansiering af aktiviteter under forskning, teknologi og innovation inden for bestemte sektorer, teknologier, fagligt-tematiske områder eller globale udfordringer, verdensmål mv. Bilaterale samarbejder omfatter som regel et tværdisciplinært samarbejde og kan involvere myndigheder, virksomheder og forsknings- og uddannelsesinstitutioner.

De danske innovationscentre rundt om i verden fremhæver og vurderer, at der kan være potentiale for et bilateralt F&U-samarbejde med Danmark om bioteknologi, vandteknologi og luftkvalitet med bl.a. Brasilien, Indien, Israel og Sydkorea. Samarbejdsområder er f.eks. biogas, biobrændstoffer, vand og spildevand, vandeffektivitet samt overvågnings- og styringssystemer og teknologier for luftkvalitet.

Det bilaterale samarbejde kan styrkes gennem en tæt national koordinering og opbygning af stærkere bilaterale netværk og flere projektsamarbejder samt ved at koble indsatsen tættere til programmer og aktiviteter i regi af internationale organisationer. Det gælder f.eks. EU's kommende rammeprogram for forskning og innovation Horizon Europe og EUREKA.