

Notat

Grøn forskning i Danmark

1. Indledning

Formålet med nærværende analyse er at skabe overblik over den grønne danske forskning for at identificere, hvor dansk forskning har styrkepositioner, samt hvor dansk forskning står mindre stærkt. Denne kortlægning af dansk forskning, udvikling og innovation skal bidrage til at kvalificere grundlaget for politiske beslutninger om, hvilke grønne forskningsområder Danmark fremadrettet bør prioritere.

Analysen viser, at den grønne danske forskning overordnet er af meget høj kvalitet sammenlignet med andre lande, og at Danmark har flere styrkepositioner inden for grøn forskning. Blandt andet står den danske forskning stærkt inden for *Bæredygtige energiteknologier og -produktion*, både på universiteter og i virksomheder i forhold til sammenlignelige lande. Samtidig er dansk forskning inden for *Grøn transport* af høj kvalitet, selvom omfanget ikke er på niveau med sammenlignelige lande.

Forskning i grøn omstilling er et komplekst og omfangsrigt felt, som ikke er entydigt afgrænset. Der kan således være væsentlige måle udfordringer behæftet ved opgørelser af grøn forskning, udvikling og innovation. For at imødekomme feltets kompleksitet består analysen af flere spor af data, som sammenholdes:

1. Bibliometrisk analyse af danske videnskabelige publikationer på det grønne område
2. Data fra Uddannelses- og Forskningspolitisk Redegørelse (2019), hvor offentlige og private investeringer i energi, miljø og klima gøres op
3. Den private sektors patentering af klimaabfødningsteknologier
4. Opgørelse over antal uddannede ph.d'er inden for grøn omstilling.

Udover at kortlægge omfanget af dansk forskning på det grønne område, anskueliggør analysen, hvordan danske forskningspublikationer fordeler sig på otte grønne forskningsområder¹.

- 1) *Bæredygtige energiteknologier og -produktion*
- 2) *Bæredygtige fødevarer, landbrug og skove*
- 3) *Grøn transport*
- 4) *Energieffektive og intelligente bygninger og energisystemer*
- 5) *Cirkulær økonomi og miljøteknologi*
- 6) *Bæredygtige vandressourcer og -teknologier*
- 7) *Klimaforandringer og -tilpasninger*
- 8) *Naturbeskyttelse og biodiversitet.*

En række af disse forskningsområder har i større eller mindre grad sammenhæng til de sektorer, der udleder drivhusgasser både i Danmark og globalt. F.eks. kan forskningen inden for *Bæredygtige fødevarer, landbrug og skove* have betydning for udledningerne fra landbruget. Det er dog ikke muligt at lave en direkte kobling fra forskningsområder

¹ For en uddybning forskningsområderne se boks 3.2 på side 12.

til de udledende sektorer. Det skyldes, at forskningen kan have betydning for flere sektorer, f.eks. kan transportforskningen have væsentlig betydning for landbrugets udledninger.

I forhold til de danske klimamålsætninger er det vigtigt at have sig for øje, at den danske forskning ikke nødvendigvis retter sig mod danske klima og miljøudfordringer, men i høj grad vil være internationalt orienteret. Det betyder at dansk forskningen har potentiale til at bidrage med at sænke de globale udledninger af drivhusgasser, men samtidig betyder det også en del af forskningen ikke vil være rette mod at opnå de danske 2030 og 2050 målsætninger.

Et andet væsentligt forhold er, at forskningen inden for forskellige forskningsområder kan være på forskellige udviklingsstadier. Noget forskning, udvikling og innovation er allerede på vej ind i et produkt og dermed i proces eller tæt på markedet. Anden forskning er på et tidligt grundforskningsstadium, hvor implementering ligger mange år ude i fremtiden. Forskningens modenhed har betydning for, hvilken forskning der har potentiale til at bidrage til 2030-målsætningen, samt hvilken forskning der har et længere udviklingsperspektiv.

Grøn forskning

Grøn forskning er i denne analyse forstået som forskning, der adresserer klima- og miljøudfordringer. Analysen medtager således både forskning, der kan afhjælpe klimaforandringer, f.eks. gennem reduktion af drivhusgasser, og forskning der har betydning for biodiversitet og naturbeskyttelse. Dertil inkluderes så vidt muligt al forskning uanset hovedområder. Det gælder f.eks. både forskning i vindenergi og adfærdsforskning med relevans for den grønne omstilling.

1.1 Hovedresultater

Helt overordnet peger analysen på, at grøn forskning i Danmark har en meget høj kvalitet, og at den grønne forskning i Danmark har stor videnskabelig gennemslagskraft i international sammenhæng.

Antallet af videnskabelige publikationer med forfattere tilknyttet danske institutioner inden for de grønne forskningsområder er steget med 130 pct. siden 2009. Det er væsentligt over stigningen for den samlede danske forskning, der er steget 74 pct. fra 2009 til 2018.

Særligt grøn forskning inden for *energieffektive og intelligente bygninger og energisystemer* har oplevet en stor stigning, mens grøn forskning inden for *bæredygtige fødevarer, landbrug og skove* har oplevet den laveste vækst.

Analysens resultater er præsenteret i tabel 1.1, som giver et overblik over, hvordan de otte grønne forskningsområder klarer sig på en række opstillede parametre. Forsknings-specialisering er et mål for, hvor stort forskningsområdet er i Danmark i forhold til andre lande. Videnskabelig gennemslagskraft er udtryk for, hvor meget andre forskere citerer den danske forskning, hvilket giver en indikation af, hvor indflydelsesrig forskningen er. Antallet af patenter er en proxy for særligt virksomheders teknologiske innovation,

mens offentligt-privat sampublicering er en indikator for mængden af samarbejder mellem offentlige og private forskningsmiljøer.

Tabel 1.1

Status for grøn forskning i Danmark

	Forsknings- specialisering	Videnskabelig gennemslagskraft	Patent- ansøgninger	Offentlig/privat sampublicering
Bæredygtige energiteknologier og –produktion	Høj	Meget høj	Meget høj	Høj
Bæredygtige fødevarer, landbrug og skove	Meget høj	Meget høj	Middel	Lav
Grøn transport	Lav	Meget høj	Lav	Middel
Energieffektive og intelligente bygninger og energisystemer	Meget høj	Meget høj	Høj	Middel
Cirkulær økonomi og miljøteknologi	Høj	Meget høj	Middel	Middel
Bæredygtige vandressourcer og –teknologier	Middel	Høj	Ukendt	Middel
Klimaforandringer og –tilpasninger	Høj	Meget høj	Høj	Lav
Naturbeskyttelse og biodiversitet	Høj	Meget høj	Ukendt	Lav
Samlet dansk grøn forskning	Høj	Meget høj	Høj	Middel
Samlet dansk forskning	Middel	Høj	Høj	Høj

Anm.: Tabellen opsummerer en række indikatorer for de grønne forskningsområder. For indikatorerne *forskningsspecialisering*, *videnskabelig gennemslagskraft* og *patentansøgninger* er vurderingen i forhold til forskningsområdet på verdensplan. For *offentlig/privat sampublicering* er vurderingen i forhold til det generelle niveau for dansk forskning. Patentansøgninger har ikke været muligt at opgøre for *Bæredygtige vandressourcer og –teknologier* og *Naturbeskyttelse og biodiversitet*.

Den offentlige danske forskning er særligt specialiseret inden for *energieffektive og intelligente bygninger og energisystemer* og *bæredygtige fødevarer, landbrug og skove*, hvor danske forskere udgiver ca. dobbelt så mange publikationer i forhold til den samlede andel af området i verden. Disse forskningsområder er dog også de mindste i opgørelsen.

Den grønne danske forskning har en høj videnskabelig gennemslagskraft på tværs af de grønne forskningsområder, f.eks. er 30 pct. af de danske publikationer inden for *grøn transport* blandt de 10 pct. mest citerede publikationer inden for feltet. Til sammenligning er tallet for den samlede danske forskning 19,6 pct., hvilket er blandt de højeste i OECD.² En supplerende tilgang til at undersøge den grønne forskning er at se på forskningsinvesteringerne foretaget af virksomheder og forskningsinstitutioner samt antallet af ph.d'er.³ Investeringerne viser den økonomiske prioritering af forskningsområder, mens antallet af nyuddannede ph.d'er giver en indikation af fremtidens forskerbestand. I tabel 1.2 ses derfor en opgørelse over grønne ph.d'er, samt offentlige- og private forskningsinvesteringer.

² Uddannelses og forskningspolitisk redegørelse 2019

³ Det er ikke muligt at opgøre antallet af ph.d'er, samt offentlige – og private forskningsinvesteringer på de otte forskningsområder. Derfor følger de en anden gruppering, jf. boks 1.1.

Tabel 1.2

Opgørelse over grønne ph.d'ér, samt offentlige – og private forskningsinvesteringer

	Andel af ph.d.-årgang, procent, 2018	Offentlige investering, mia. kr., 2018	Privat investering, mia. kr., 2015
Energi	14	1,8	4
Miljø	8	1,5	0,7
Klima	15	1,0	-
I alt	25	-	-

Anm.: Andelen af ph.d'ér er blandt dem som har deltaget i den årlige indberetning fra universiteterne til Danmarks Statistik. Offentlige og private investeringer kan ikke summeres, fordi forskning og udvikling f.eks. kan være både energi og miljø.

Kilde: Danmarks Statistik og Uddannelses- og Forskningsministeriet

De private investeringer i forskning og udviklingen samt patentansøgninger er særligt koncentreret omkring *energiforskning*. Samspillet mellem den offentlige og den private forskning står særligt stærkt inden for *Bæredygtige energiteknologier og –produktion*, mens *bæredygtige fødevarer, landbrug og skove* samt *Klimaforandringer og –tilpasninger* er de grønne forskningsområder med den laveste grad af offentlig-privat sampublicering. Den danske forskning inden for disse forskningsområder er dog høj i en international kontekst, hvor de sammenlignes med de samme forskningsområder i en række sammenlignelige lande.

Boks 1.1 Begrænsninger i opgørelserne

Analysen benytter indikatorer for forskning og udviklingsaktiviteter fra forskellige kilder, som ikke er integrerede. Derfor vil afgrænsningen af forskning og udvikling i grøn omstilling være specifik for de forskellige kilder. Endvidere gælder, at det kan være vanskeligt at lave en præcis definition af forskning, innovation og udvikling i grøn omstilling under den enkelte kilde.

De bibliometriske analyser bygger på søgeord, og giver mulighed for at inddеле i otte områder. Opgørelserne for offentlige og private-forskningsinvesteringer samt ph.d'erne er begrænset af de kategorier, der indgår i disse statistikker. Det medfører at der kan være forskning, innovation og udvikling, der ikke er grøn omstilling, som tæller med i opgørelsen. F.eks. vil energiforskning i private virksomheder indeholde forskning i sort energi. Omvendt er der forskning og udvikling i grøn omstilling, der ikke bliver talt med. F.eks. innovation, der måles ved patenter i særlige teknologier, inkluderer ikke innovationer, der ikke patenteres.

En tredje fejkilde er, at forskning og udvikling kan vise sig at have betydning for den grønne omstilling flere år efter, den er udført. F.eks. for grundforskning vil det ofte være tilfældet, at anvendelsen sker mange år efter, den er gennemført.

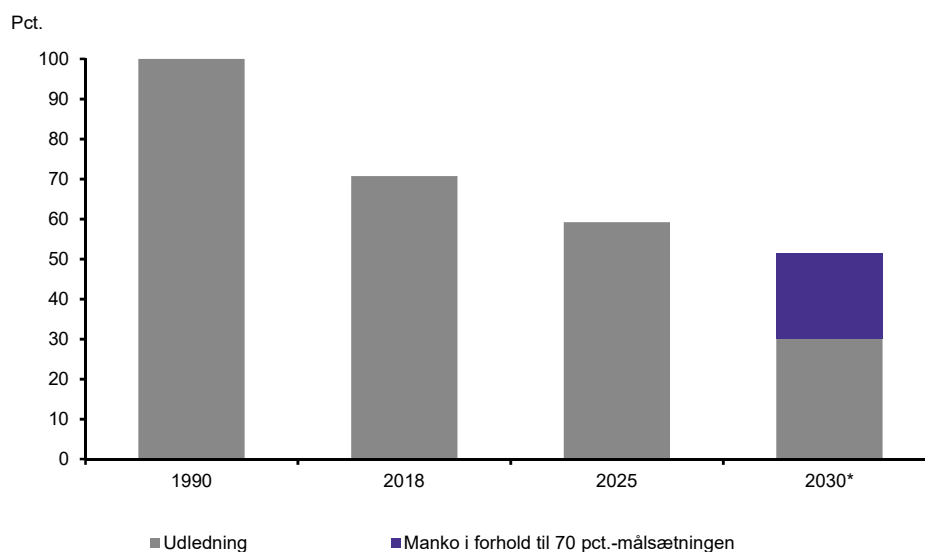
Det vurderes, at de tre typer af fejl afhænger meget af, hvor i forsknings- og udviklingsværdikæden indikatoren befinder sig. Fejkilden vurderes at have mindre betydning, når der sammenholdes udvikling over tid eller mellem lande.

2. Drivhusgas-udledninger fordelt på sektorer

Energistyrelsen laver årligt en 2030-fremskrivning af udledning af drivhusgasser under fravær af nye politiske tiltag. Med de nuværende tiltag forventes udledningen at være faldet til 51 pct. i 2030 (ift. FN's basisår 1990), jf. figur 2.1. Regeringens målsætning for 2030 er, at Danmark har reduceret udledning af drivhusgasser med 70 pct. Det betyder, at der er en manko på 21 procentpoint der udestår, medmindre der gennemføres nye politiske tiltag eller der udvikles nye innovative løsninger i de kommende 10 år.

Figur 2.1

Udledning i forhold til 1990-niveauet, pct.



Anm.: *I den forventede 2030-udledning er den seneste klimaaf tale fra juni 2020 indregnet.

Kilde: Basisfremskrivningen og Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet

Boks 2.1 Basisfremskrivningen

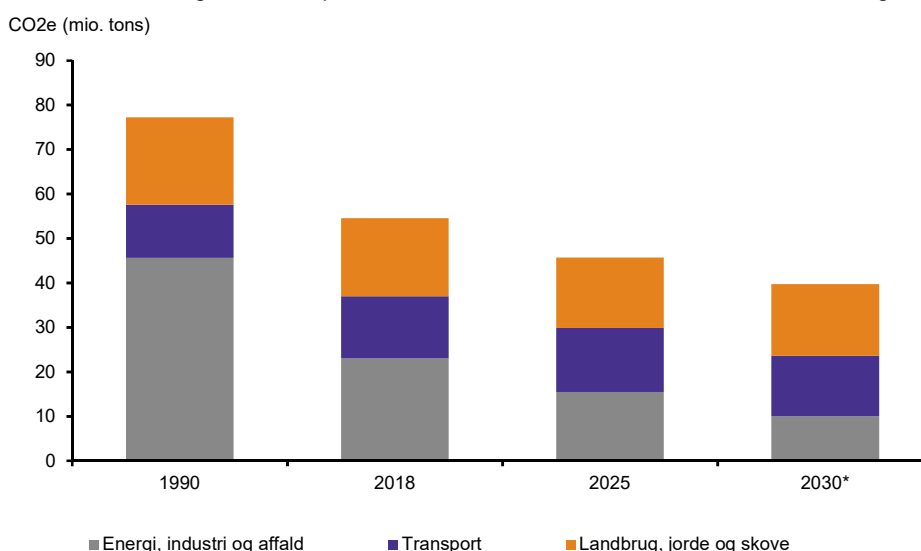
Der er udarbejdet veletablerede fremskrivningsmodeller, der gennem årene er blevet udviklet af forskere og embedsmænd i Energistyrelsen. De vigtigste drivere af udledning er befolkningsudviklingen og den økonomiske vækst. Forhold, der udvikler sig relativt langsomt og stabilt med tidshorisont til 2030. Det betyder, at vi i Danmark har en relativ god viden om fremtidige udledninger.

Modellen har et svagt punkt ved, at den teknologiske udvikling og ændringer i befolkningens adfærd kan ændre markant på fremskrivningen. F.eks. fremskrives den teknologiske udvikling kun, hvor der indgår et større projekt med en godkendt ansøgning eller tilsagn om tilskud.

I basisfremskrivningen forventes en nedgang af udledning for alle sektorer frem til 2030, dog har nogle sektorer en større forventet nedgang end andre, hvorfor sammensætningen af udledning sektorerne imellem er forskellig i 2030 i forhold til 2018. I 2030 vil det uden yderligere tiltag være transport og landbrug, der udgør de største udledningsområder under fravær af nye politiske tiltag eller udviklingen af nye innovative løsninger, jf. figur 2.2.

Figur 2.2

Danske udledninger fordelt på sektorer, CO₂ ækvivalenter (mio. tons), udvalgte år



Anm.: *I den forventede 2030-udledning er den seneste klimaaftale fra juni 2020 indregnet.

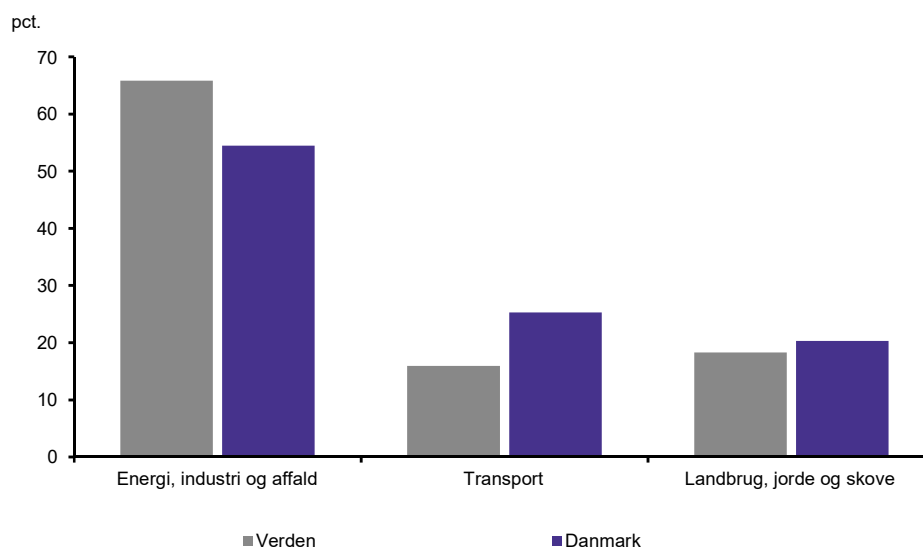
Kilde: Basisfremskrivningen og Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet

Klimaudfordringerne er en global problemstilling, og forskning er international og relevant for de globale udledninger. Overordnet ligner udledningerne for Danmark resten af verden, jf. figur 2.3. *Energi, industri og affald* står for de største globale udledninger, efterfulgt af *Landbrug, jorde og skove* og *Transport*. Danmark er dog langt fremme på *Energi, industri og affald* og forventer at sænke udledningerne markant frem mod 2030,

jf. figur 2.2. Det kan betyde, at de danske erfaringer på området har potentiale til at bidrage med løsninger på de globale udfordringer.

Figur 2.3

Udledninger for verden og Danmark fordelt på sektorer, procent, 2016



Anm.: Energi består udover elektricitet/varme af forbrænding i fremstilling, bygge og anlæg, bygninger, flygtige emissioner, anden forbrænding, affald og industrielle processer. Opgørelsen adskiller sig fra basisfremskrivningen i figur 2 og derfor ikke direkte sammenlignelig.

Kilde: World Resource Institute

3. Forsknings- publikationer

3.1 Opgørelse af danske publikationer inden for grøn forskning

UFM har udarbejdet en detaljeret opgørelse og analyse af dansk forskning på otte grønne forskningsområder. Analysen er nærmere dokumenteret i UFM (2020)⁴. Udover at opgøre dansk forskning på detaljerede forskningsområder, giver opgørelsen mulighed for at udføre internationale sammenligninger af forskningsområderne, jf. boks 3.1.

Boks 3.1 Bibliometrisk analyse

Afgrænsning af de bibliometriske analyser af grøn forskning tager udgangspunkt i Forsk2025's Grøn Vækst og er justeret i forhold til det aktuelle arbejde med 'På vej mod en grøn fremtid – Strategi for grøn forskning, teknologi og innovation'. Analysen er inddelt i otte underområder (se boks 3.2). Grøn forskning inden for tværgående områder som eksempelvis it-forskning, adfærdsforskning og materialeforskning mfl. optræder ikke som særskilte analyseområder, men indgår i de otte områder afhængig af relevans.

På grund af forskningens tværfaglige karakter er områderne ikke gensidigt udelukkende. Det betyder konkret, at der kan forekomme overlap af publikationer blandt analyseområderne.

Da der ikke findes en fast og afgrænset definition på begrebet grøn forskning, som forskningen kan samles under, er det nødvendigt at foretage en kvalitativ afgrænsning af området ved brug af udvalgte fagtermer. Søgeordene har efterfølgende været i høring hos de otte danske universiteter.

Den valgte søgemetode vil i højere grad identificere anvendt forskning og specifik grundforskning inden for de enkelte områder frem for generel grundlæggende og tværgående grundforskning. Samtidig vil en del af den anvendelsesorienterede forskning ikke nødvendigvis blive fanget af bibliometriske analyser, da forskningen ikke altid resulterer i videnskabelige publikationer, men i nye produkter og løsninger. Denne forskning skal derfor vurderes på andre parametre.

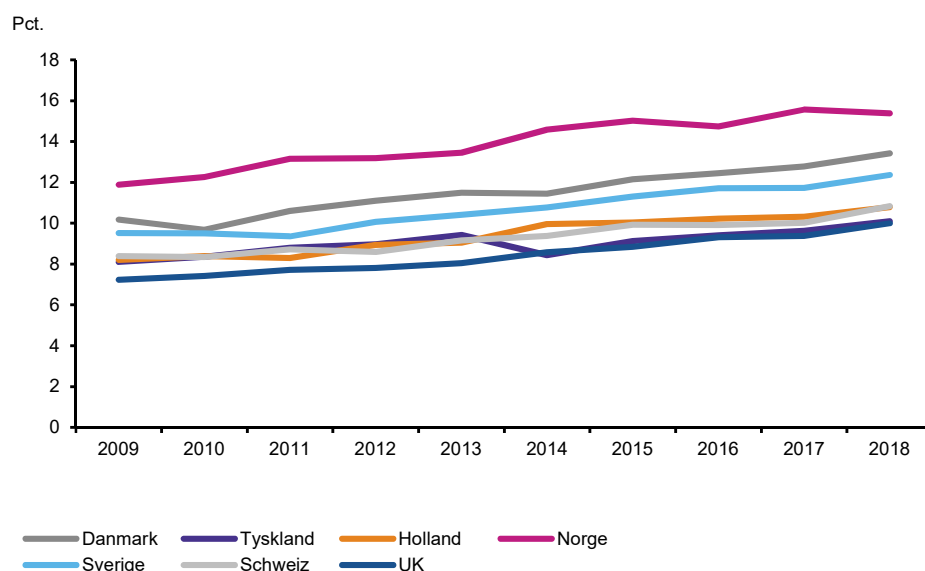
Dansk forskning har samlet set en væsentlig styrkeposition inden for det grønne område. I perioden 2014-2018 blev der i gennemsnit udgivet ca. 3.100 publikationer årligt inden for de grønne forskningsområder med forfattere fra de danske forskningsmiljøer.

⁴ "Bibliometrisk analyse af Danmarks grønne forskning", Uddannelses- og Forskningsministeriet 2020

Siden 2009 er grøn forskning gået fra at udgøre 10 pct. af den samlede forskningsproduktion til over 13 pct. i 2018, hvilket er højere end i en række sammenlignelige lande, men dog mindre end i Norge, jf. figur 3.1. Dansk forskning har således en stærk position til at bidrage med løsninger på klima- og miljøudfordringer, og danske forskere står godt i forhold til at indgå i internationale forskningssamarbejder om grøn forskning.

Figur 3.1

Grøn forsknings andel af samlede forskningspublikationer, pct. 2009-2018



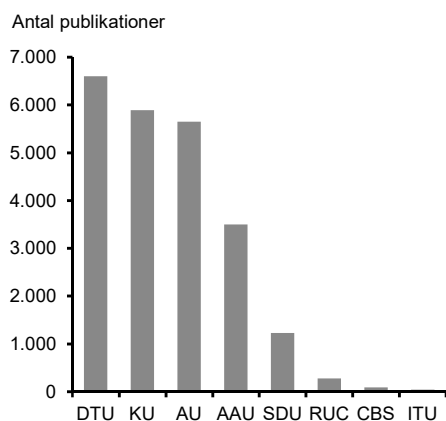
Anm.: Se boks 3.2 for en oversigt over definitionen af grøn forskning

Kilde: Uddannelses- og Forskningsministeriet pba. data fra Scopus

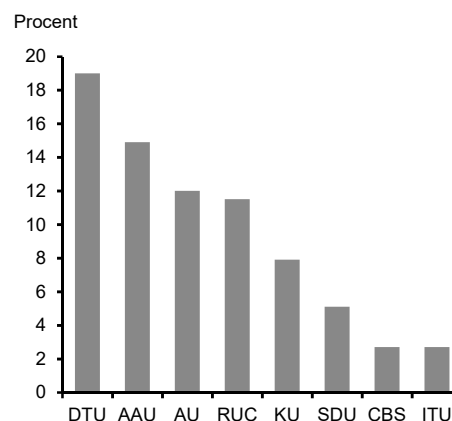
Blandt de danske universiteter er DTU, KU og AU dem, der har publiceret flest artikler inden for de grønne områder siden 2010, jf. figur 3.2. Dette skal ses i lyset af, at KU og AU er store universiteter, der dækker mange områder, mens en række af de mindre universiteter er mere specialiserede inden for særlige områder. De to tekniske universiteter DTU og AAU, er de universiteter, hvor den største del af deres forskning er inden for det grønne område med henholdsvis 19 og 15 pct., jf. figur 3.3. AU og RUC har også ca. 12 pct. grøn forskning, mens det er under 3 pct. af CBS og ITU's forskning der er inden for de grønne områder.

Figur 3.2

Grønne forskningspublikationer fordelt på universiteter, 2010-2018

**Figur 1.3**

Grønne forskningspublikationers andel af universitets samlede forskningspublikationer, procent, 2010-2018



Anm.: Tallene er ikke fraktioneret, og da sampublicering mellem de otte universiteter foregår, kan tallene ikke summeres. Analysen dækker publikationstyperne: Artikler, reviews og konferencebidrag. Andre relevante forskningsinstitutioner f.eks. virksomheder, private, non-profit og øvrige offentlige institutioner er medtaget i analysen, men ikke vist i tabellen.

Kilde: Uddannelses- og Forskningsministeriet på baggrund af data fra Scival, Elsevier B. V. (2020). Scival baserer sig på Scopus-data.

Boks 3.2: Definition af de otte forskningsområder

Herunder defineres de otte forskningsområder i den bibliometriske analyse. På grund af forskningens tværfaglige karakter er områderne i analysen imidlertid ikke gensidigt udelukkende. Der vil således være enkelte overlap af publikationer mellem områderne. For yderligere information om overlap mellem områderne henvises til "Bibliometrisk analyse af Danmarks grønne forskning", Uddannelses- og Forskningsministeriet 2020.

Bæredygtige energiteknologier og -produktion

Dette analyseområde kortlægger grøn energiforskning med fokus på udvikling af grønne teknologier samt produktion af bæredygtig energi fra sol, vind, vand, bio-energi, geo-termi, naturgas samt CO₂-fangst, -konvertering og -lagring. Endvidere fokuserer afsnittet på lagrings- og konverteringsteknologier som eksempelvis Power-to-X, Power-to-Gas og brændselsceller med mere. Endelig inkluderer afsnittet også energiplanlægning og -regulering.

Bæredygtige fødevarer, landbrug og skove

Den grønne forskning inden for bæredygtige fødevarer, landbrug og skove omfatter forskning i grønne og bæredygtige produktionsformer, metoder, teknologier og løsninger inden for landbrug, fødevarer, jorde, skove, fiskeri og akvakultur, herunder forskning i op-tag, lagring og cyklus af kulstof og andre drivhusgasser. Både klimavenlige og mere miljø- og naturvenlige produktionsformer og forvaltning er medtaget såvel som klima-tilpasning af produktion, produkter og arealanvendelsen.

Grøn transport

Den grønne forskning i transport på vand, skinner, vej (dvs. både biler, lastbiler og cykler), i luften og er af last såvel som persontransport. Forskningen i alternative energikilder til person- og godstransport, herunder elektrificering, hybrid og naturgas er medtaget i dette afsnit. Det samme er forskning i forurening fra transport.

Energieffektive og intelligente bygninger og energisystemer

Dette analyseområde kortlægger forskning inden for intelligente elnet og energisystemer, fjernvarme og -køling, køle- og varme anlæg samt varmepumper. Endvidere kortlægges forskning med fokus på bæredygtige byggematerialer, en bæredygtig byggeindustri, energiplanlægning samt regulering.

Cirkulær økonomi og miljøteknologi

Forskning i cirkulær økonomi og miljøteknologi omfatter forskning i cirkulær økonomi, hvor genindvinding af materialer og andre ressourcer fra produkter med endt funktion kan bidrage til et bedre miljø, bedre sundhed og en bæredygtig ressourceudnyttelse. Forskning i upcycling, kaskadeudnyttelse, livscyklusanalyser, bioraffinering, affaldshåndtering og -genanvendelse samt genanvendelse af spildevand er ligeledes medtaget her. Det samme gælder forskning i miljøteknologier til rensning af luft, jord og vand såvel som til at mindske forurening af miljø og natur.

Bæredygtige vandressourcer og -teknologier

Forskning i bæredygtige vandressourcer og -teknologier omfatter forskning i renere vandmiljø samt grund- og overfladevand, herunder forskning i god, almen vandkvalitet,

der mindsker forurening fra pesticider, medicinrester og mikroplastik. Forskning i ressourceeffektive vandforsyninger og teknologier til effektiv oprensning af spildevand, herunder til genanvendelse, er ligeledes medtaget.

Klimaforandringer og -tilpasninger

Dette analyseområde kortlægger forskning i klimaændringer og klimatilpasninger, herunder klimamodeller, forudsigelser af klimaændringer, udvikling i havniveauer, havis og gletsjerudbredelse samt modvirkning af klimaændringers påvirkninger, klimapolitik og governance. Analysens afgrænsning er udarbejdet af Elseviers SciVal, der har defineret søgestrengene, som dækker FN's 17 verdensmål, hvor det 13. verdensmål er "Take urgent action to combat climate change and its impacts".

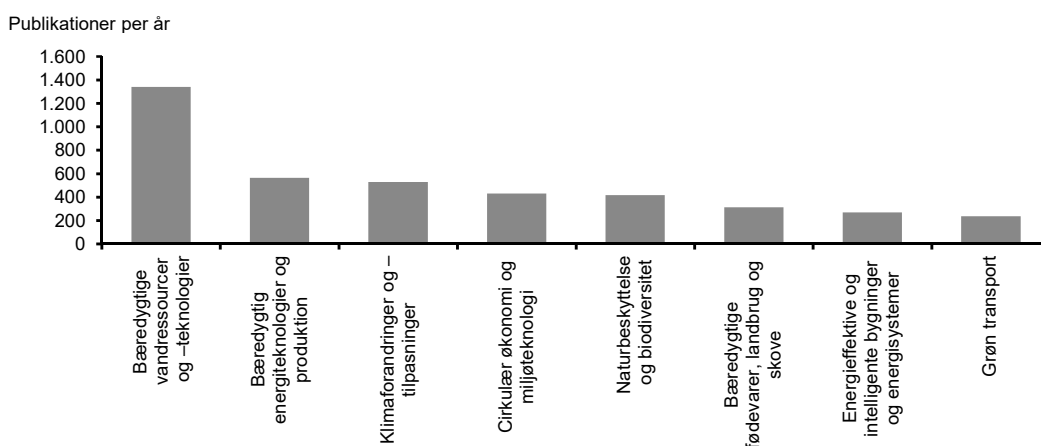
Naturbeskyttelse og biodiversitet

Forskning i naturbeskyttelse og biodiversitet omfatter forskning i biodiversitet, truede arter, bevaring af genetisk diversitet, natur-, landskabs-, økosystem- og habitatbevaring, økologiske processer, funktioner og strukturer, økologisk balance og resiliens, naturgenopretning, økosystemtjenester, naturforvaltning og økosystemforståelse med sigte på forskning i naturlige og oprindelige økosystemers forstyrrelsesfaktorer, dynamikker og succession.

Det største grønne forskningsområde målt på antal publikationer er *bæredygtige vandressourcer og -teknologier* med ca. 1300 publikationer om året. Derefter kommer områderne *bæredygtige energiteknologier og -produktion*, *klimaforandringer og -tilpasninger*, *cirkulær økonomi og miljøteknologi* samt *naturbeskyttelse og biodiversitet* med mellem 400 og 600 publikationer om året. De mindste grønne områder er *energieffektive og intelligente bygninger og energisystemer*, *grøn transport* og *bæredygtige fødevarer, landbrug og skove* med mellem 200 og 300 publikationer om året, jf. figur 3.4.

Figur 3.4

Antal videnskabelige publikationer i gennemsnit om året fordelt på grønne forskningsområder 2014-2018



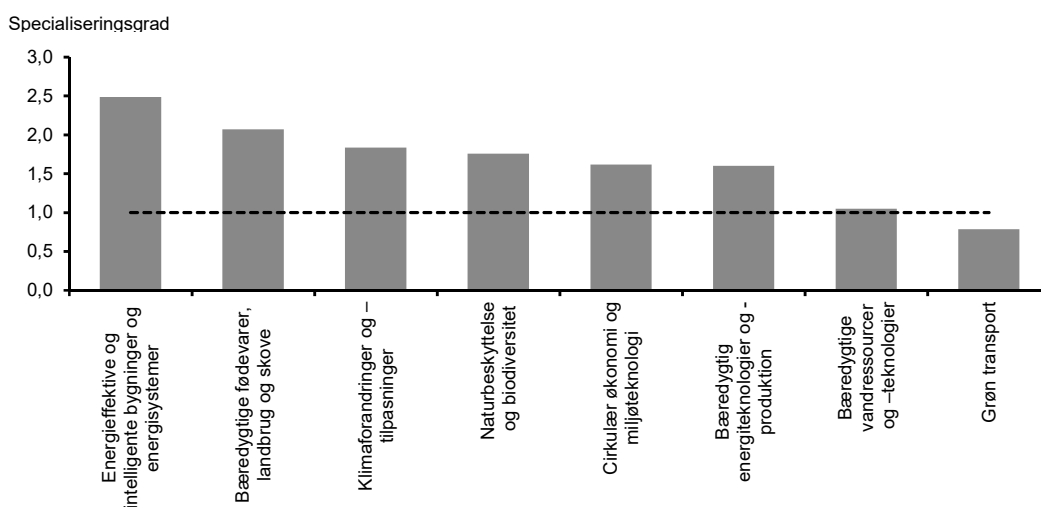
Kilde: Uddannelses- og Forskningsministeriet pba. data fra Scopus

Sammenligninger af antallet af publikationer på tværs af de otte analyseområder skal læses med det forbehold, at områdernes forskellighed ikke muliggør nøjagtigt samme

snit i forhold til afgrænsningen af bæredygtighed og grøn forskning. Der er imidlertid så vidt muligt tilstræbt en ensartethed på tværs af områderne. Det er derfor nyttigt at se på tallene i en international kontekst. Danmark har særligt en stor mængde forskning inden for *energieffektive og intelligente bygninger og energisystemer* og *bæredygtige fødevarer, landbrug og skove*, med ca. dobbelt så mange publikationer som forventet i forhold til den samlede andel i verden. Til gengæld er *grøn transports* andel af den danske forskning 25 pct. under den samlede andel i verden, jf. figur 3.5.

Figur 3.2

Dansk forskningsspecialisering, 2014-2018



Anm.: Specialiseringsgraden er et mål for forskningsområdets andel af samtlige danske forskningspubliceringer i forhold til forskningsområdets andel af den samlede forskningsproduktion globalt. En værdi på 1 betyder, at forskningsområdet er lige så stort i Danmark som globalt. En værdi på 2 betyder, at forskningsområdet relativt er dobbelt så stort i Danmark som på verdensplan.

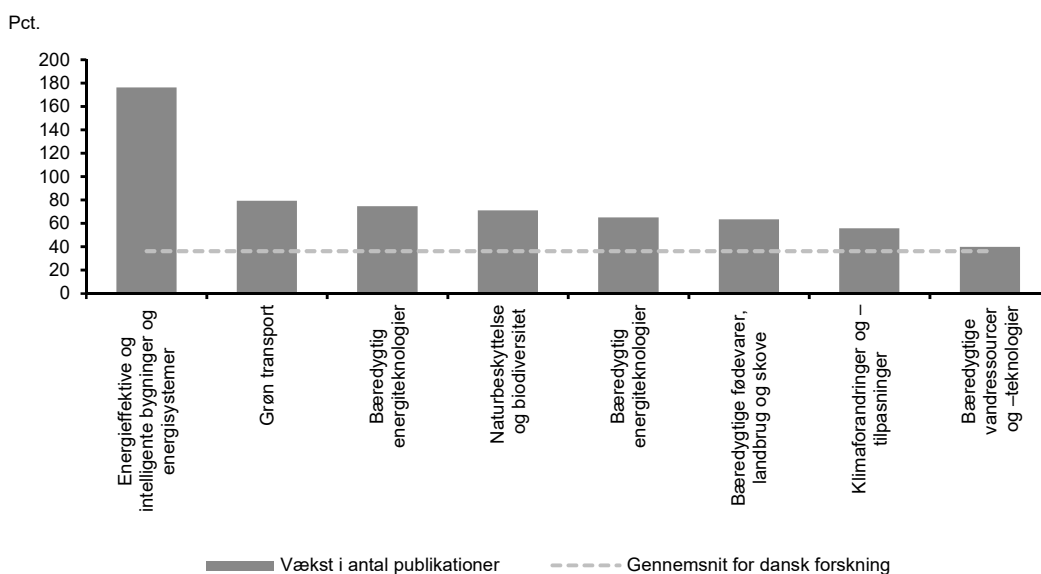
Kilde: Uddannelses- og Forskningsministeriet pba. data fra Scopus

Dansk forskning kan ikke være specialiseret inden for alle forskningsområder. Specialiseringen skal derfor ses i forhold til, om forskningsområdet har været eller skal være et prioriteret område i Danmark. F.eks. er biltrafikken en stor kilde til udledning af drivhusgasser, men da de fleste forbrændingsmotorer fremstilles af industrien i udlandet, er det mere lukrativt at specialisere den danske forskning på andre områder.

Overordnet set har der været en væsentlig stigning i antallet af videnskabelige publikationer inden for de grønne forskningsområder i Danmark. Stigningen i antallet af publikationer er størst for *energieffektive og intelligente bygninger og energisystemer*, der er steget 176 pct. fra perioden 2009-13 til perioden 2014-18. Den næststørste stigning er *grøn transport* med 79 pct. Den laveste fremgang er for *Bæredygtige vandressourcer og -teknologier*, der er steget med 40 pct. Udviklingen inden for de enkelte forskningsområder skal ses i forhold til den samlede stigning for dansk forskning i perioden på 36 pct., jf. figur 3.6.

Figur 3.3

Stigning i antallet af publikationer fra perioden 2009-13 til perioden 2014-18, pct.



Kilde: Uddannelses- og Forskningsministeriet pba. data fra Scopus

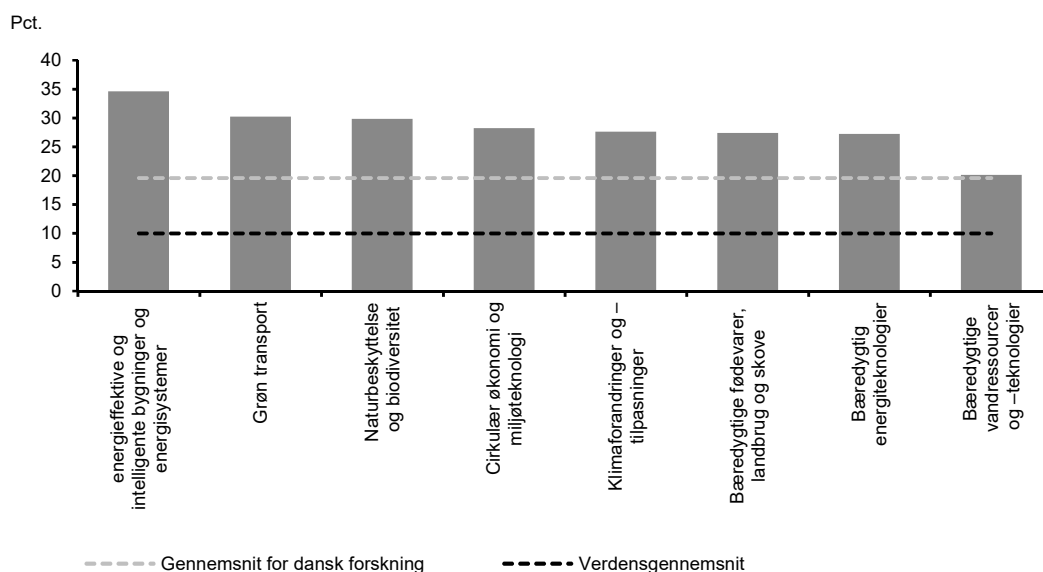
Hver fjerde danske forskningspublikation inden for de otte grønne forskningsområder er blandt de 10 pct. mest citerede i verden. Dermed ligger gennemslagskraften i dansk forskning på det grønne område relativt højt i forhold til verdensgennemsnittet.

Forskningens gennemslagskraft, målt ved hvor meget forskningspublikationerne bliver citeret af andre forskere, er en vigtig indikator for, om forskningen har indflydelse på ny forskning og dermed den videnskabelige udvikling.

Generelt har dansk forskning en høj videnskabelig gennemslagskraft, når der måles på andelen af publikationer, der er blandt de 10 pct. mest citerede i verden inden for det givne forskningsfelt. Omkring en femtedel af de danske forskningspublikationer er blandt de 10 pct. mest citerede i verden inden for deres felt. Forskningspublikationer inden for de otte grønne forskningsfelter klarer sig imidlertid endnu bedre, da omkring hver fjerde publikation er blandt de 10 pct. mest citerede i verden, jf. figur 3.7.

Figur 3.4

Gennemslagskraft af videnskabelige publikationer, andel videnskabelige publikationer blandt de 10 pct. mest citerede, pct. 2014-2018



Anm.: Opgørelsen er feltvægtet, ikke-fraktioneret og selvcitationer er inkluderet. Analysen dækker publikationstyperne: Artikler, reviews og conferencebidrag.

Kilde: Uddannelses- og Forskningsministeriet pba. data fra Scopus

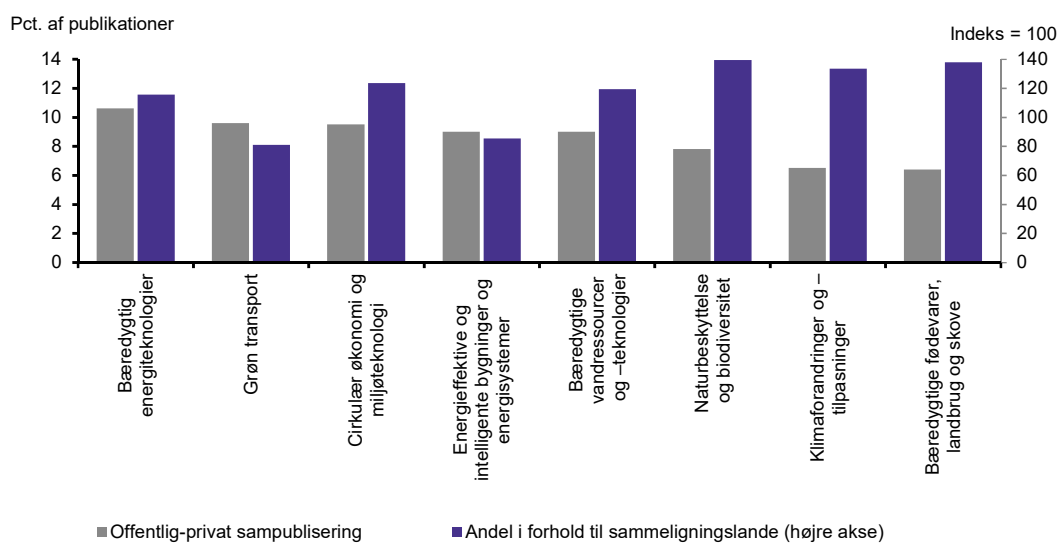
Andelen af videnskabelige publikationer der bliver publiceret i et samarbejde mellem offentlige forskningsinstitutioner og private virksomheder er en indikator på, hvor godt videns samarbejdet fungerer mellem det offentlige og det private inden for forskningsområdet.

Samarbejder mellem offentlige forskningsinstitutioner og erhvervslivet udmønter sig i mange andre former end sampublicering af videnskabelige publikationer. Derfor antages det faktiske niveau for samarbejde mellem offentlige forskningsinstitutioner og erhvervslivet at være højere end andelen af offentlige-private sampubliceringer.

Inden for de grønne forskningsområder er sampublicering med erhvervslivet på mellem 6 og 11 pct., jf. figur 3.8, *bæredygtige energiteknologier* er det område med den højeste grad af sampublicering med 10,5 pct. af publikationerne, der er blevet til i et samarbejde mellem offentlige og private aktører. *Bæredygtige fødevarer, landbrug og skove* samt *Klimaforandringer og -tilpasninger* er de grønne forskningsområder med den laveste grad af offentlig-privat sampublicering. Den danske forskning inden for disse forskningsområder er dog høj i en international kontekst.

Figur 3.5

Offentlige-private sampubliceringer fordelt på forskningsområder, andel af publikationer, 2014-2018



Anm.: Den lille søjle er et indeks over den danske offentlige-private sampublicering inden for området, sammenlignet med seks lande, SE, NO, DE, UK, NL og CH. En værdi på 100 svarer til gennemsnittet for landene.

Kilde: Uddannelses- og Forskningsministeriet pba. data fra Scopus

4. Offentlige investeringer i grøn forskning

Ovenstående opgørelse af forskningspublikationer, der hovedsageligt er skrevet af offentligt ansatte forskere, kan suppleres med investeringer, som den offentlige sektor foretager i grøn forskning.⁵⁶

4.1 Offentlig udført forskning inden for energi, miljø og klima

De offentlige forskningsinstitutioner investerede i energiforskning for ca. 1,8 mia. kr. i 2018 ud af samlede forskningsinvesteringer på 24 mia. kr. Det er en stigning på 48 pct. siden 2010. Miljø og klimaforskning er begge steget med 32 pct. siden 2010. I alt investerede universiteterne 1,5 og 1,0 mia. kr. i henholdsvis miljø- og klimaforskning i 2018. De samlede investeringer på de offentlige forskningsinstitutioner var 24 mia. kr. og investeringer i energi, miljø og klimaforskning udgør mellem 12 og 17 pct. af investeringerne.⁷

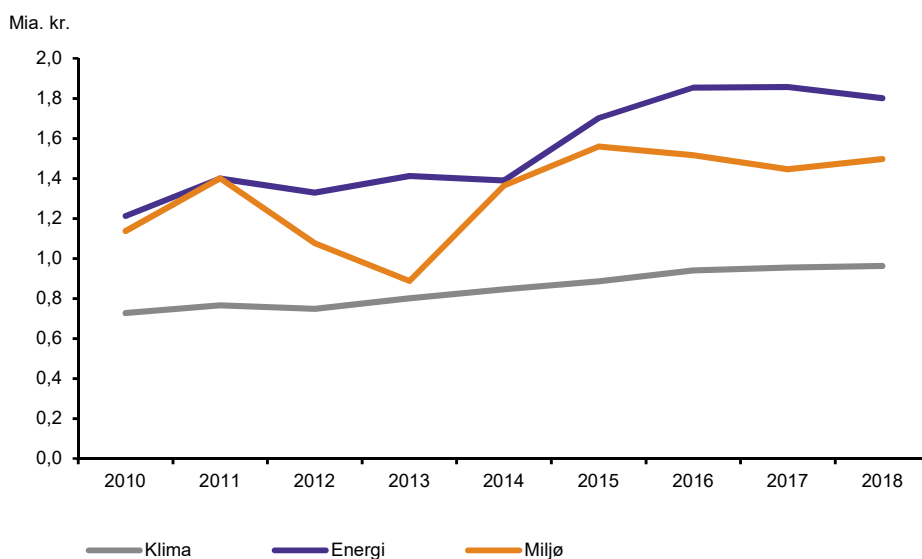
⁵ Den private sektor investerer også betydeligt i grøn omstilling (se nedenfor), men resultaterne herfra publiceres til gengæld i betydeligt mindre omfang. For det første fordi publikationer er ikke meritgivende for medarbejderne, som det er tilfældet på offentlige forskningsinstitutioner. For det andet fordi der er mere udvikling, der sjældent finder vej til peer-reviewed tidsskrifter.

⁶ Det er den udførte forskning, som er investeringen. Finansieringen sker dels gennem øremærkede midler fra den offentlige sektor gennem f.eks. forskningsreserven og udviklings- og demonstrationsprogrammer, dels gennem de basis-midler, som universiteterne modtager, og hvor forskerne selv kan formulere forskningstemaet, men også fra andre kilder f.eks. private forskningsfonde.

⁷ Der er dobbelttælling, så forskning, der berører f.eks. både energi og miljø, tælles med begge steder. Den øvre grænse forudsætter, at der ikke er overlap med mindre summen af forskningen på instituttet/forskningscentret er højere end 100 pct., og den nedre grænse forudsætter at al forskningen overlapper på institutter og forskningscentre inden for de tre forskningsområder.

Figur 4.1

Udviklingen i de offentlige forskningsinstitutioners investeringer inden for energi-, miljø- og klimaforskning, mia. kr. (2020 priser) 2010-2018



Anm.: Ændret praksis for indberetning for DTU i 2015 kan have betydning for stigning i energi, da en stor andel af energiforskning foregår på DTU. Reorganisering af DMU på AU og LIFE på KU i 2011 kan have betydning for faldet i miljøforskning i 2012.-13.

Kilde: Danmarks Statistik

4.2 Opgørelse af antallet af Ph.d'er inden for energi, miljø og klima

Analysen anvender antallet af ph.d'er inden for energi, miljø og klima som en indikator for den grønne offentlige forskningsindsats. Produktionen af ph.d'er giver nemlig en indikation af den fremtidige forskningskapacitet for forskningsmiljøerne, da de færdiguddannede ph.d'er forventes at finde beskæftigelse i forsknings- og udviklingsmiljøer både på universiteter og i erhvervslivet. Antallet af ph.d'er siger derfor noget om den fremtidige forsknings- og videns kapacitet på det grønne område.

Boks 4.1 Ph.d.-statistikken indenfor energi, miljø og klima

Ph.d.-statistikken beder alle, der afslutter deres ph.d.-uddannelse om at klassificere deres forskning efter strategiske formål, der afspejler centrale forskningspolitiske fokusområder.

Opgørelsen af Energi, miljø og klima kan betegnes som forskningsområder med et højt indhold af grøn omstilling.

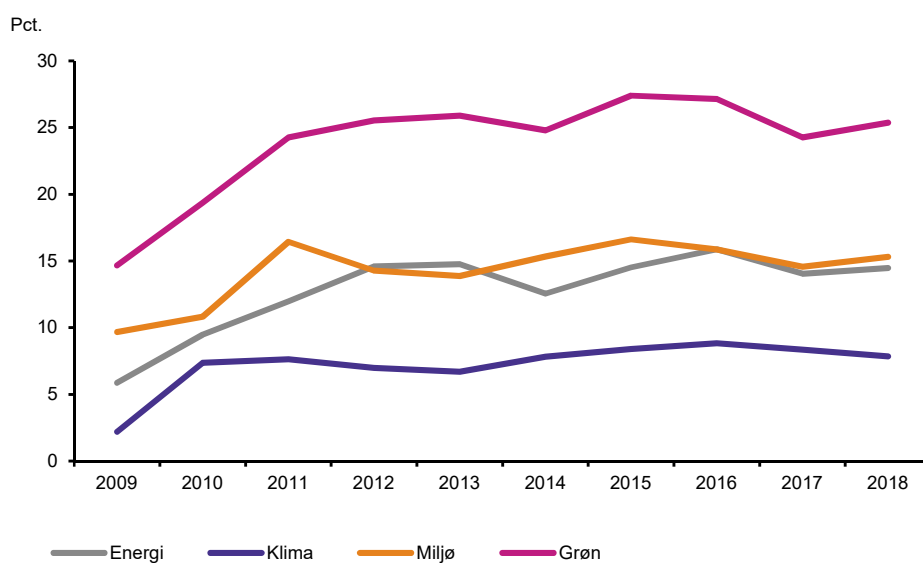
I statistikken er det ikke muligt at opgøre antallet af ph.d.-studerende der har arbejdet med grøn forskning inden for områder som transport eller landbrug.

Universiteterne uddannede 1165 ph.d.er i 2008 og 2083 ph.d.er i 2018. Andelen af fuldførte ph.d.er, der har beskæftiget sig med mindst én af de tre forskningsområder er steget fra 15 pct. i 2009 til 25 pct. i 2011 og har siden været relativt stabil.

For de enkelte forskningsområder har der været en nogenlunde ensartet udvikling. Andelen af fuldførte ph.d.er inden for energiforskning er gået fra 5 pct. i 2009 til knap 15 pct. i 2018. Miljøforskning er i samme periode gået fra 10 til 15 pct. og klimaforskning fra 2 til 8 pct., jf. figur 4.2.

Figur 4.2

Andel ph.d.-dimitterende med forskning inden for energi, miljø og klima, 2009-2018



Anm.: Den samlede forskningsaktivitet (i årsværk) kan have flere strategiske formål. For at tælle med skal andelen være større end nul.

Kilde: Uddannelses- og Forskningspolitisk Redegørelse 2019

5. Privat forskning, udvikling og innovation inden for grøn omstilling

5.1 Private investeringer i energi- og miljøforskning

Erhvervslivet investerer betydeligt i egen forskning og udvikling inden for grøn omstilling. De seneste tilgængelige data for den private forskning er fra 2017. Tallene viser at private virksomheder investerede 2,4 mia. kr. inden for energiteknologisk forskning, 1,6 mia. kr. inden for miljøteknologisk forskning samt 0,3 mia. kr. i bioteknologi inden for energi og miljø. Samlet udgør de omkring 10 pct. af den private forsknings- og udviklingsindsats. Grundet begrænsninger i data er det ikke muligt at opgøre de private forskningsinvesteringer på de øvrige områder jf. Boks 5.1.

Boks 5.1 Den private og offentlige forsknings-, udviklings- og innovationsstatistik

Danmarks Statistik beder respondenterne klassificere forskning og udvikling inden for forskellige strategisk formål, som fra politisk side har særlig bevågenhed.

For den offentlige forskning er det blandt andet sektorerne klima, energi og miljø, der alle indeholder et stort potentiale for grøn omstilling. Da forskning kan henføres til mere end et strategisk formål, er det ikke muligt at summere forskningen pga. dobbelttælling.

For den private forskning er det energi og miljø, der er relateret til grøn omstilling. Spørgsmålet stilles kun i ulige år og senest i 2015. Igen kan forskning have flere strategiske formål, og det er ikke muligt at summere de enkelte forskningsområder pga. dobbelttælling.

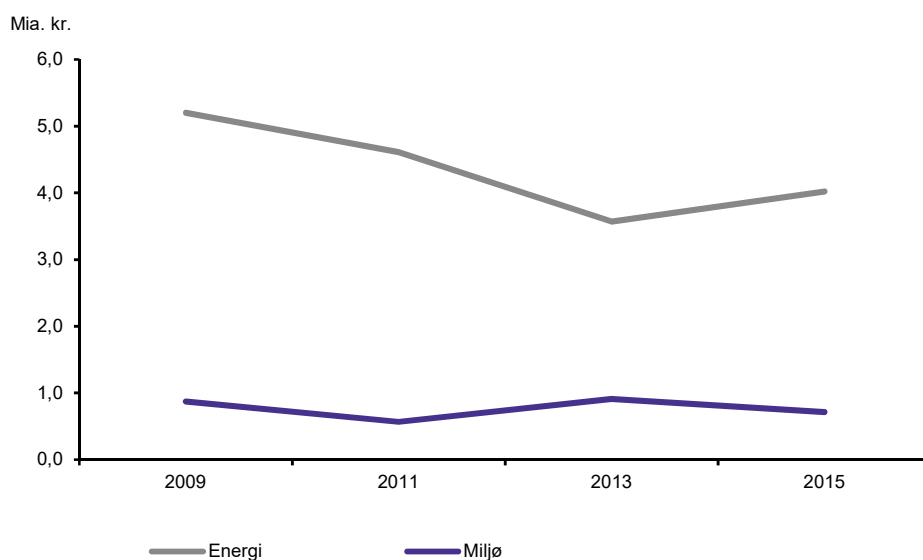
Statistikken giver ikke mulighed for at opgøre den grønne forskning på forskningsområder som transport og landbrug.

For 2017 er opgørelsen anderledes og kan ikke sammenlignes med tidligere år, da kategorierne i højere grad følger de højere læreranstalters inddeling på fagområder, og forskning og udvikling kan kun tilknyttes et fag (ingen dobbelttælling).

Grundet ændringer i indsamlingen af data er det ikke muligt at se udviklingen over tid, da der ikke er sammenlignelige tal fra før 2017, jf. Boks 5.1. Tidligere har Danmarks Statistik dog indsamlet tal for den private forskning fordelt på forskningsformål, og denne opgørelse viser et fald i investeringerne i forskning og udvikling inden for energi fra 5,2 mia. kr. til 4,0 mia. kr. i perioden fra 2009 til 2015 (i 2020 priser). Miljøforskning og -udvikling er ligeledes faldet fra 0,9 mia. kr. til 0,7 mia. kr. i samme periode (2020 priser), jf. figur 5.1.

Figur 5.1

Private investeringer i egen forskning og udvikling inden for energi og miljø, mia. kr. (2020 priser), 2009-2015



Kilde: Danmarks Statistik

5.2 Patentansøgninger inden for afbødning af klimaforandringer

En opgørelse af omfang og fordeling af patentansøgninger kan fungere som en indikator for, hvor virksomhederne udvikler nye teknologiske løsninger. Patentansøgninger siger dog ikke noget om ikke-teknologisk innovation. Det europæiske patentkontor (EPO) har udviklet kategoriseringen af patenter til afbødning af klimaforandringer, jf. Boks 5.2.⁸

⁸ Angelucci, Stefano; Hurtado-Albir, F. Javier og Volpe, Alessia (2018): "Supporting global initiatives on climate change: The EPO's "Y02-Y04S" tagging scheme, World patent information, Vol 54. Supplement, September 2018, p S85-S92.

Boks 5.2 Klassifikationen af patenter der kan afbøde klimaforandringer

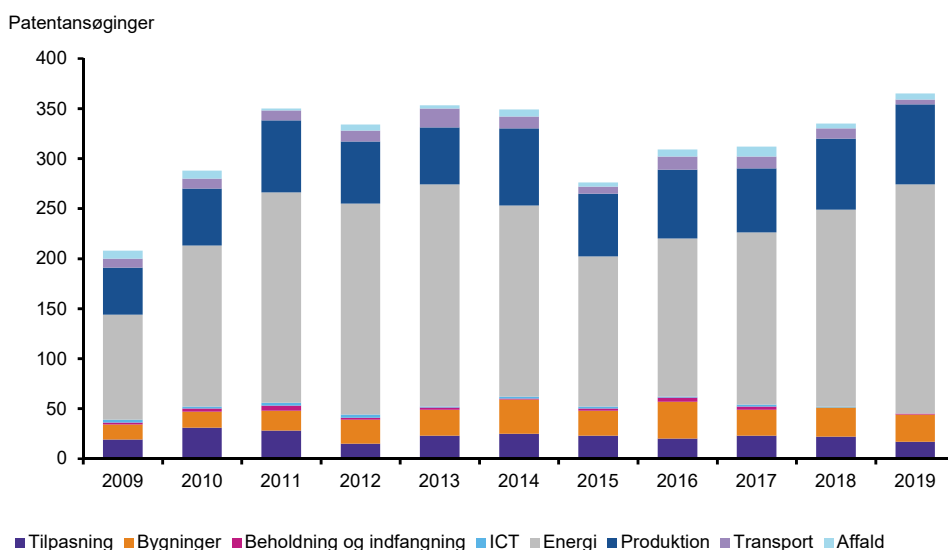
Klassifikationen af patenter, der kan afbøde klimaforandringer (kaldet "Y02"), stammer fra et samarbejde mellem det Europæiske Patentkontor (EPO), FN's miljøprogram (UNEP) og det internationale center for handel og bæredygtig udvikling (ICTSD).

Patenter er en anderkendt indikator for innovation, men virksomhederne kan forske og udvikle i grøn omstilling uden, at det nødvendigvis leder til et patent.

Danske virksomheder ansøger især om patenter inden for energi, jf. figur 5.2. De næst vigtigste områder er produktion og proces af varer.

Figur 5.2

Danske virksomheders patentansøgninger målrettet afbødning af klimaforandringer (2009 til 2018)



Anm.: Danske patenter er patenter, hvor den første forfatter/opfinder er en dansk person eller virksomhed (første forfatter princippet). Landbrug er en del af produktion.

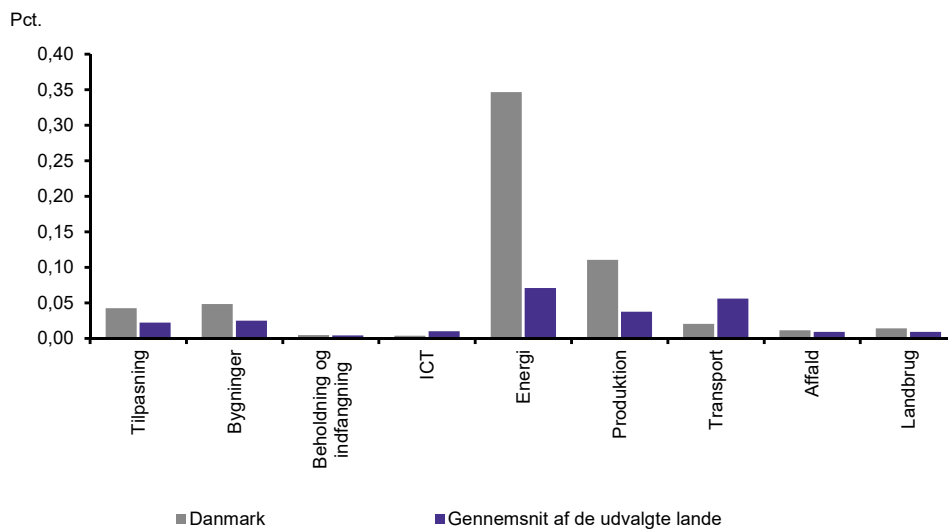
Kilde: Patent og Varemærkestyrelsen

En opdeling af patenter inden for energi viser, at vedvarende energi er dominerende (75-85 pct. af energi afhængigt af år), og inden for denne kategori er det især vind, der dominerer (90-100 pct. afhængigt af år).

I en international kontekst indgiver danske opfindere især patentansøgninger inden for grønne teknologier som energi og produktion, når der i Danmark sammenlignes med udvalgte lande på patentansøgninger per indbygger, jf. figur 5.3. Men også patentansøgninger inden for bygninger, tilpasning og landbrug har Danmark flere patenter per indbygger end for de øvrige lande. Omvendt er der færre patenter på transport og ICT områderne, mens der er nogenlunde samme niveau på affald og beholdning og fangst.

Figur 5.3

Patentansøgninger målrettet afbødning af klimaforandringer, 2009-2018
per 1.000 indbyggere



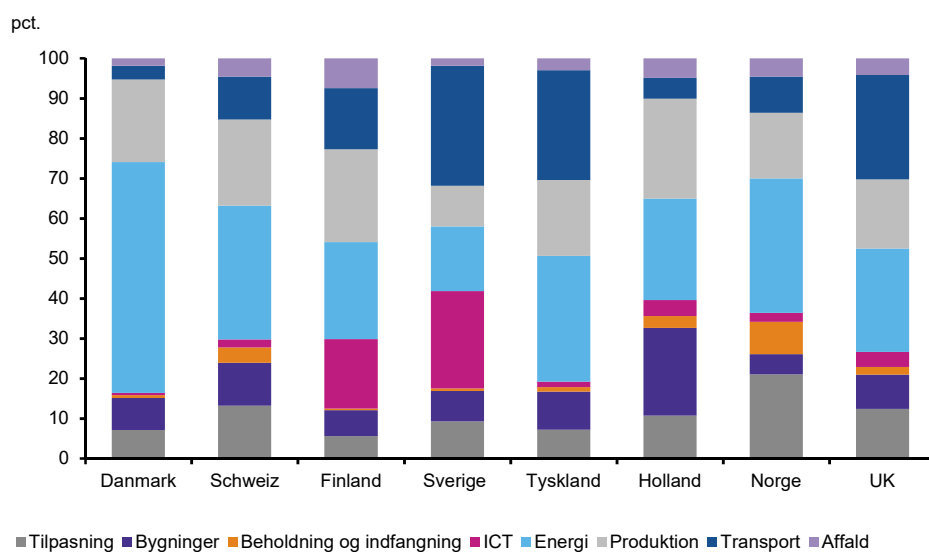
Anm.: Se Figur 5.2. Udvalgte lande er Finland, Norge, Sverige, Schweiz, Holland, Tyskland og England. Landbrug er skilt ud fra produktion ved gruppen Y02P 60, som er teknologier inden for landbrug, husdyrdrift og fødevarerindustri

Kilde: Uddannelses- og Forskningsministeriet

Danmark er stærkt specialiseret inden for energi i forhold til sammenlignelige lande, hvilket også kan ses af Figur 5.4. Energi er den største patentgruppe i flere af de udvalgte lande, men kun i Danmark udgør den 58 pct. I Schweiz, Finland, Norge, Tyskland og Holland er den også den største patentgruppe, men udgør ikke mere end 34 pct. af grønne patentansøgninger. I Sverige og UK er den vigtigste patentgruppe transport.

Figur 5.4

Fordelingen af patentansøgninger inden for patenter til afbødning af klimaforandringer for udvalgte lande, 2018, pct.



Anm.: Se Figur 5.2 Landbrug er en del af produktion.

Kilde: Uddannelses- og Forskningspolitisk Redegørelse 2019