

Litteraturstudie om PFAS i byggeriet

11 juni 2025

Dette notat er udarbejdet som en del af projektet "PFAS i nye og eksisterende byggematerialer ved renovering", som er et projekt, der er finansieret af Grundejernes Investeringsfond og Realdania. Projektteamet bag projektet består af eksperter fra Teknologisk Institut, WSP Danmark A/S, Henning Larsen Architects, Søren Jensen Rådgivende Ingeniørfirma A/S og Rådet for Grøn Omstilling.

Notatet udgør hovedkonklusioner fra et bredt litteraturstudie, der er udført i projektet af projektteamet. Derudover er udarbejdet et PFAS cirkeldiagram, jf afsnit om kortlægning af PFAS og figur med cirkeldiagram i notatet. Cirkeldiagram og kortlægning af baggrundsdata for diagrammet er udført af Henning Larsen Architects og Søren Jensen Rådgivende Ingeniørfirma A/S.

Introduktion til PFAS

PFAS er en stor og kompleks gruppe af kemiske stoffer, der har været brugt i en lang række anvendelser, blandt andet i byggeriet. PFAS er en gruppe på og imod 12.000 kemiske forbindelser. Forbindelserne er alle syntetisk fremstillede. De dannes eller findes ikke naturligt i biologiske eller geologiske miljøer, og dertil er de generelt meget svært nedbrydelige. En del af PFAS-forbindelserne er konstateret skadelige med effekter på både menneskers sundhed og organismer i det eksterne miljø. Derudover er en del af PFAS-forbindelserne også meget mobile i miljøet.

PFAS-forbindelser er karakteriseret ved at være kemiske stoffer med bindinger mellem kulstof (C) og fluor (F). OECD, 2021, definerer et PFAS-stof som et kemikalie, der indeholder mindst en fuldt fluoreret methyl gruppe ($-CF_3$) eller en fuldt fluoreret methylen gruppe ($-CF_2-$) uden at der til disse grupper er bundet hydrogen (H), chlor (Cl), brom (Br) eller iod (I). OECD's definition er bred og inkluderer ultra-kortkædede forbindelser. (OECD, 2021)

PFAS inddeles i 4 overordnede klasser i dette arbejde med PFAS i byggeriet. Grænsefladen mellem klasser er ikke skarp og forskellige publikationer arbejder med forskellige måder at gruppere stofferne på. Denne inddeling tager udgangspunkt i blandt andet inddelingen i (ITRC, 2021) og (Baun et al, 2023), men er yderligere forenklet.

1. Perfluoralkylsyre (PFAA). Alle brintatomer på kulstofkæden er erstattet med fluoratomer. Består af undergrupper som fx. PFSA (perfluoralkyl sulfonsyrer) og PFCA (perfluorcarboxylsyre). PFOS og PFHxS tilhører PFSA og PFOA tilhører PFCA.
2. Polyfluoralkylsyre. Har både fluor og brint bundet til kulstofkæden. Kan ofte omdannes i miljøet til PFAA. Dette kaldes også precursorer. Består af undergrupper som fx telomere (fx 6:2 FTS og 8:2 FTOH).
3. Fluorede polymerer. Fluorpolymerer, hvor hele kulstofkæden er fluoreret. Vigtige forbindelser er PTFE, PVDF, PFPEs
4. F – gasser. Anvendes i kølemidler og varmepumper. De kan frigives til atmosfæren, fx ved ikke korrekt nedtagning af varmepumper. Herfra kan de omdannes til TFA, som er en ultra-kortkædet PFAS, som findes vidt udbredt i miljøet.

En central diskussion er fluorpolymerers skadelighed, og det har blandt andet været diskuteret om fluorpolymerer skal undtages et generelt PFAS-forbud (Dalmijn et al, 2024). Antagelserne er, at de er forskellige fra andre PFAS, at de er stabile, de bioakkumulerer ikke og har andre toksiske egenskaber end de øvrige PFAS forbindelser som per- og polyfluoralkylsyre.

Under produktion af fluorpolymerer udledes PFAS, ligesom der kan være emissioner af PFAS under forarbejdningen af fluorpolymerer, hvilket har ført til en række store forureninger af miljøet. Fluorpolymerer er ligesom andre polymerer persistent i miljøet og kan danne mikroplastik. Det er desuden ukendt hvad der sker i affaldshåndteringsfasen.

Forskellige perfluoralkylsyre og polyfluoralkylsyre har gennem tiden været anvendt i produktionen af fluorpolymerer som procestekniske hjælpestoffer. Der er bekymring for, at sådanne hjælpestoffer kan frigives under brug af fluorpolymerne, fx via udvaskning. (Lohman et al, 2020), (ChemSec, webpage), (Baun et al, 2023).

PFAS har en utrolig bred anvendelse, også i byggeriet. Anvendelser er fx membraner til flade tage, tekstiler, gulvbelægning, facademateriale, maling, tætnings- og klæbemidler osv.

I restriktionsforslaget for PFAS, som er udarbejdet af Danmark, Tyskland, Holland, Norge og Sverige og indsendt til ECHA, er byggeriet en specifik udpeget sektor, som er omfattet af forslaget til forbud. (ECHA, 2023)

I restriktionsforslaget om forbud mod PFAS er angivet, at der bliver anvendt mellem 5.241 og 12.725 tons PFAS om året i Europa (EEA). Heraf udgøres mellem 4.254 og 10.320 tons om året af fluorpolymerer, dvs. ca 81 % af brugen af PFAS i byggeriet udgøres af fluorpolymerer (ECHA, 2023).

Der er i litteraturen lavet opgørelser over anvendelser i byggeriet på baggrund af opgørelser i produktdata-baser, patent og hjemmesidesøgninger (Gluge et al, 2020), (ECHA, 2023), (Rojello et al; 2021), (OECD, 2022), (Gaines, 2021). Der er også lavet egentlige undersøgelser (test) af indhold af PFAS i byggematerialer, som har påvist forekomst af PFAS i byggematerialer, både i nye byggematerialer, i eksisterende bygninger og i byggeaffald. (Becanova et al, 2016), (Janusek et al, 2019), (Knepper et al, 2020), (Teknologisk Institut, 2024), (Meerman et al, 2024), (Arcadis, 2024), (Liu et al, 2024), (Teknologisk Institut, 2023), (Healthy Building Network, 2024), (Miljøstyrelsen, 2024), (Medico Kemiske Laboratorium, 2023).

Opgørelserne og undersøgelserne viser overordnet set, at PFAS er anvendt i byggeriet inden for alle de 4 stofgrupper, som er nævnt tidligere. Fluorpolymerer har den største anvendelse, men også per- og polyfluoralkylsyre er anvendt. F-gasser anvendes i kølemidler og i fremstillingen af skumprodukter, som også er en relevant del af byggeriet.

Kortlægning af PFAS

En sammenfatning af litteraturstudie er vist i projektets PFAS cirkeldiagram. Diagrammet indikerer registreringer af PFAS brug eller fund i fem internationale undersøgelser af byggematerialers PFAS indhold.

2 rapporter har fysisk testet produkter (Becanova et al, 2016), (Janusek et al, 2019), 1 rapport er et studie af såkaldte use-categories (Gluge et al, 2020), 1 rapport er en videreførsel af én af de fysiske testrapporter (Knepper and Janousek, 2020). Den sidste rapport er baseret på gennemlæsninger af patentsøgninger (Rojello et al; 2021).

Rapporterne er systematisk gennemgået, og tilstedeværelse af PFAS registreret ved PFAS klasse, underklasse, gruppe og undergruppe. Desuden om PFAS er identificeret i selve produktet, kun i påført overfladebehandling eller begge dele .

Figuren viser et bredt udvalg af byggevarer, hvori mindst 1 af de 5 rapporter har identificeret PFAS indhold, både polymerer og ikke polymerer, kategoriseret i de 3 store PFAS-klasser: 1. Perfluoralkylsyre, 2. Polyfluoralkylsyre, 3. Fluorede polymerer. Indhold af d. 4. underklasse, F-gasser, er ikke medtaget.

Figuren er en global, samlet visualisering af omfanget af de byggevarer og produkter hvor der ifølge litteraturen er sandsynlighed for at PFAS forekommer. Det er ikke ensbetydende med, at det er billedet af det danske markeds produkters indhold, men det har været et vigtigt udgangspunkt for at kunne udvælge produkter til test af PFAS indhold i det danske marked.

PFAS I BYGGEVARER

- litteraturstudieoverblik



PFAS KLASSER

NON-POLYMERER		PFAS indgår i selve produktet
		PFAS indgår i overfladebehandling
PER-FLUORO-ALKYL STOFFER		PFAS indgår både i produktet og i overfladebehandling
		PFAS indgår i selve produktet
		PFAS indgår i overfladebehandling
POLY-FLUORO-ALKYL STOFFER		PFAS indgår både i produktet og i overfladebehandling
POLYMERER		PFAS indgår i selve produktet
		PFAS indgår i overfladebehandling
FLUOROPOLYMER STOFFER		PFAS indgår både i produktet og i overfladebehandling

Copyright PFAS CIRCLE 2025. Images used in accordance with Rambøll Adobe Stock license. Graphics by Anna-Mette Monnelly and Martha Lewis.

Analysestrategi

Der er gennemgået forskellige undersøgelser, som har testet både byggematerialer, bygninger og byggeaffald for PFAS. Undersøgelserne har anvendt forskellige analysemetoder. Hovedparten af undersøgelserne har anvendt target analyser med et forskelligt antal af målte PFAS-forbindelser. 2 undersøgelser har anvendt TF (total fluor), den ene i kombination med target analyser, mens den anden har anvendt dem i kombination med EOF. 1 undersøgelse har anvendt EOF.

Der findes ikke kommercielt tilgængelige analysemetoder der kan måle al PFAS. Der vil enten være begrænsninger i form af hvilke forbindelser, der analyseret for eller i form af detektionsgrænser. Yderligere er der ikke specifikke metoder, der kan måle fluorpolymerer direkte. Fluorpolymerer er den mest udbredte anvendelse i byggeriet.

I PFAS-restriktionsforslaget er der oplistet følgende forslag til grænseværdier i nye produkter med tilhørende analysemetode (ECHA, 2023):

- 25 µg/kg for enhver PFAS-forbindelse, der er målt med **target** analyse (Fluorpolymerer er ikke inkluderet)
- 250 µg/kg for summen af PFAS målt med **target** analyse (Fluorpolymerer er ikke inkluderet)
- 50 mg/kg for PFAS (inklusiv fluorpolymerer) målt med **TF**. Hvis totalfluorid (TF) indholdet overskrider 50 mg/kg skal producenten dokumentere om indholdet skyldes PFAS.

For **TF** (total fluor) analysen er detektionsgrænsen fx på 10 mg/kg, hvilket må anses som højt, men til gengæld kan denne metode indikere tilstedeværelsen af fluorpolymerer. **Target** analysen analyserer udvalgte PFAS forbindelser med en relativ lav detektionsgrænse på 1 µg/kg, dvs. 10.000 gange lavere end detektionsgrænsen for TF. Target vil dog kun kunne analysere for udvalgte PFAS forbindelser.

Derudover findes en række forskellige grænseværdier for PFAS i miljøet, fx jord, grundvand og overfladevand (Miljøstyrelsen, 2024). Disse grænseværdier er sat for udvalgte PFAS-forbindelser, fx PFOS og PFOA, og er lave. Målinger i miljøet udføres normalt ved brug af target analyser for de PFAS-forbindelser, der er fastsat grænseværdier for. Fx findes der grænseværdier for drikkevand på henholdsvis 2 ng/l for 4 udvalgte PFAS-forbindelser (PFOS, PFOA, PFNA, PFHxS) og 0,1 µg/l for 22 udvalgte PFAS-forbindelser.

Projektets analysestrategi lægger sig op ad restriktionsforslaget forslag til grænseværdier og tilhørende analysemetoder, således at der både måles med TF og target analyse. TF kan give en indikation om tilstedeværelsen af PFAS, herunder fluorpolymerer, mens target kan påvise forekomsten af udvalgte PFAS-forbindelser (Perfluoralkylsyre og Polyfluoralkylsyre) som findes udbredt i miljøet.

Referencer:

Arcadis (2024). PFAS in products and waste streams in the Netherlands

Baun, A., Bjerg, P.L., Jensen, J., Jensen, T.K., Lyngberg, A., Strobel, B.W., Vinggaard, A.M., Vorkamp, K., Trier, X. (2023) Begrænsning af menneskers og miljøets eksponering for PFAS i Danmark – Del 1: Identifikation af videnshuller. Rapport fra Videnstaskforce for PFAS-forurening.

Bečanová, J., Melymuk, L., Vojta, Š., Komprdová, K., & Klánová, J. (2016). Screening for perfluoroalkyl acids in consumer products, building materials and wastes. *Chemosphere*, 164, 322–329.
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.08.112>

ChemSec, webpage: <https://chemsec.org>, blandt andet: Fluoropolymer webinar: Insights from the OECD, science updates and safer alternatives in focus

Dalmijn, J., Glüge, J., Scheringer, M., Cousins, I.T. (2024). Emission inventory of PFASs and other fluorinated organic substances for the fluoropolymer production industry in Europe. *Environ. Sci. Processes Impacts*, 2024, 26, 269.

ECHA, 2023, Restriction on the manufacture, placing on the market and use of PFASs:
<https://echa.europa.eu/da/restrictions-under-consideration/-/substance-rev/72301/term>

Gaines, L.G.T. (2021). Historical and current usage of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS). A literature review. Historical and current usage of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS): A literature review - Gaines - 2023 - American Journal of Industrial Medicine - Wiley Online Library

Glüge, J., Scheringer, M., Cousins, I. T., DeWitt, J. C., Goldenman, G., Herzke, D., Lohmann, R., Ng, C. A., Trier, X., & Wang, Z. (2020). An overview of the uses of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS). *Environmental Science Processes & Impacts*, 22(12), 2345–2373.
<https://doi.org/10.1039/d0em00291g>

Healthy Building Network (2024). PFAS in Paints. Per- and Polyfluoroalkyl Substances in Paints. Healthy Building Network, May 2023.

ITRC (2021). PFAS Technical and Regulatory Guidance Document and Fact Sheets PFAS-1.

Janousek, R. M., Lebertz, S., & Knepper, T. P. (2019). Previously unidentified sources of perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances from building materials and industrial fabrics. *Environmental Science Processes & Impacts*, 21(11), 1936–1945. <https://doi.org/10.1039/c9em00091g>

Knepper, Thomas P. and Raphael M. Janousek. (2020, June 1). *Potential SVHCs in environment and products: Measurements of the presence of potential sub-stances of very high concern in the environment and in products*. Umweltbundesamt.
<https://www.umweltbundesamt.de/en/publikationen/potential-svhcs-in-environment-products>

Liu, Yalan, Ashley Lin, Jake Thompson, John A. Bowden, Timothy G. Townsend (2024). *Per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) in construction and demolition debris (CDD): discerning sources and fate during waste management*. *Journal of Hazardous Materials* 472 (2024) 134567. Per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) in construction and demolition debris (CDD): discerning sources and fate during waste management - ScienceDirect

Lohmann, R., Cousins, I. T., DeWitt, J. C., Glüge, J., Goldenman, G., Herzke, D., Lindstrom, A. B., Miller, M. F., Ng, C. A., Patton, S., Scheringer, M., Trier, X., & Wang, Z. (2020). Are Fluoropolymers Really of Low Concern for Human and Environmental Health and Separate from Other PFAS? *Environmental Science & Technology*, 54(20), 12820–12828. <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c03244>

Medico Kemiske Laboratorium, 2023. PFAS i byggeaffald – en mulig kilde til miljøforurening. *Dansk kemi*, 104, nr. 4, 2023.

Meermann, Dr. Björn, Von der Au, M., Potrykus, A., Schramm, B., Obajdin, K., Bruijne, A., Zotz, Ferdinand, Broneder, C. (2024). Investigation of the occurrence of PFAS (per- and polyfluorinated alkyl compounds) in waste streams. German Environment Agency. UmweltBundesamt. Texte 86/2024.

Miljøstyrelsen, 2024: Grænseværdier for PFAS i miljøet.

https://mst.dk/media/x14n2bsd/graensevaerdier-ved-miljoestyrelsen_05-11-2024.pdf

OECD (2021), *Reconciling Terminology of the Universe of Per- and Polyfluoroalkyl Substances: Recommendations and Practical Guidance*, OECD Series on Risk Management, No. 61, OECD Publishing, Paris. [https://one.oecd.org/document/ENV/CBC/MONO\(2021\)25/en/pdf](https://one.oecd.org/document/ENV/CBC/MONO(2021)25/en/pdf)

OECD (2022), *Per- and Polyfluoroalkyl Substances and Alternatives in Coatings, Paints and Varnishes (CPVs): Report on the commercial availability and current uses*, OECD Publishing, Paris. [Per- and Polyfluoroalkyl Substances and Alternatives in Coatings, Paints and Varnishes \(CPVs\): Report on the Commercial Availability and Current Uses | OECD](#)

Rojello Fernández, Seth and Carol Kwiatkowski, Tom Bruton. (2021). *BUILDING A BETTER WORLD Eliminating Unnecessary PFAS in Building Materials*. Green Science Policy Institute. <https://greensciencepolicy.org/docs/pfas-building-materials-2021.pdf>

Teknologisk Institut, 2023. Akut brug for viden om PFAS i byggematerialer. [Akut brug for viden om PFAS i byggematerialer - Teknologisk Institut](#)

Teknologisk Institut, 2024. Problematic chemicals in paint. Study of unwanted chemistry in interior paint.

Thomsen, Claus Nygaard, Rasmus Gade Midtby, Solvejg Qvist. (2024, Feb.). *Undersøgelse af PFAS i byggeaffald Revideret udgav*. Miljøstyrelsen. <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2024/02/978-87-7038-593-0.pdf>