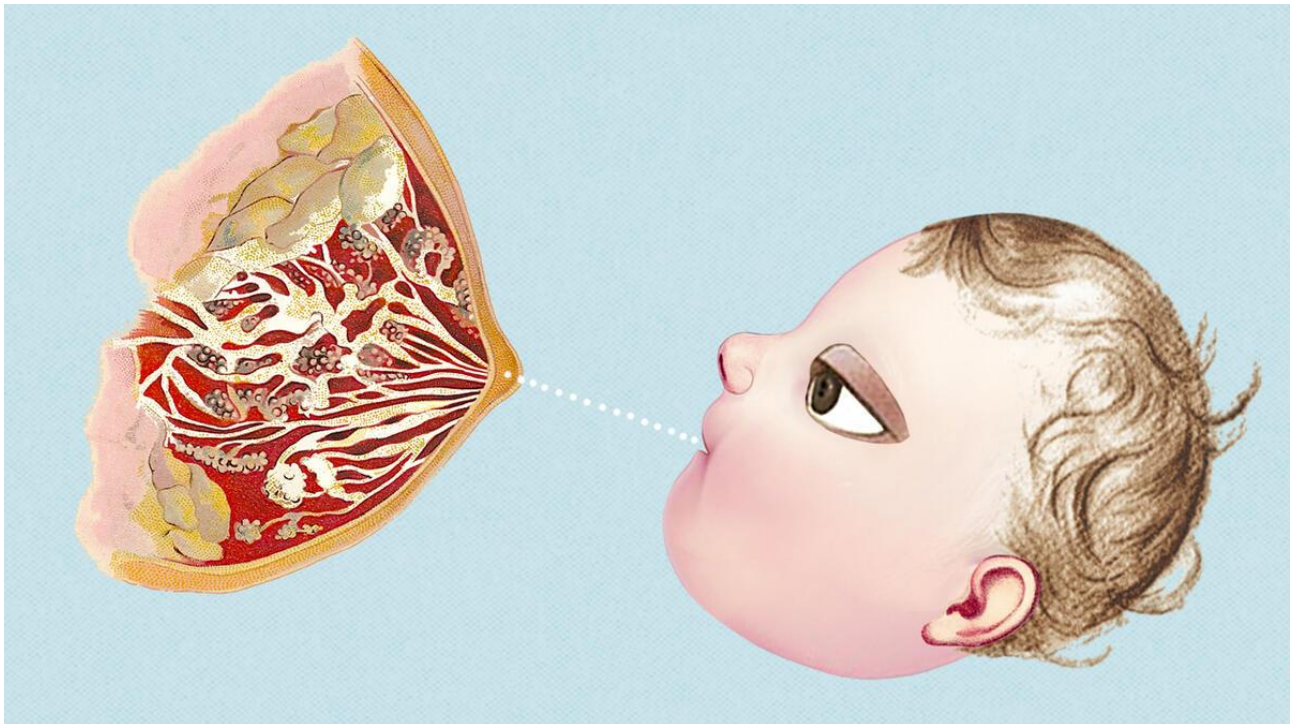


PROJEKT FORSKERSPIRE 2025

Sammenhængen mellem PFAS-udskillelse og en fiberrig kostændring



Projekt Forskerspirer 2025	
Titel	Sammenhængen mellem PFAS-udskillelse og en fiberrig kostændring
Identifikationskode	EE107
Navn	Rebecca Trinh
Gymnasium	Sønderborg Statsskole
Fagområde	SUND

INDHOLDSFORTEGNELSE

Indledning	3
Problemformulering	4
<i>Afgrænsning på fokus</i>	<i>4</i>
Teori	5
<i>HVAD ER PFAS?.....</i>	<i>5</i>
<i>SUNDHEDSMÆSSIGE KONSEKVENSER.....</i>	<i>5</i>
<i>FIBERRIG KOST SOM EN MULIG PFAS-DÆMPENDE INTERVENTION.....</i>	<i>6</i>
Metodevalg RANDOMIZED CONTROLLED TRIAL (RCT)	6
<i>FIBER-SPECIFIC ADHERENCE SCORE</i>	<i>7</i>
<i>VÆSKEKROMATOGRAFI OG MASSESPEKTROMETRI (LC-MS/MS)</i>	<i>7</i>
Projektets udførelse	7
<i>ETISKE OVERVEJELSER</i>	<i>7</i>
Fase 1: Rekruttering og godkendelse	8
Fase 2: Randomisering/Opstart af forsøg.....	8
Fase 4: Afslutning - indsamling af slutresultater	8
Fase 5: Evaluering.....	9
Konklusion/Perspektivering	9
Anerkendelse	9
Litteraturliste.....	10
<i>Bilag 1: Billede på forside</i>	<i>12</i>
<i>Bilag 2: Skabelon af fiber-specific adherence score</i>	<i>13</i>
<i>Bilag 3: Budget.....</i>	<i>14</i>

Indledning

I de seneste år har der været en optrappende international bekymring omkring forureningen med PFAS - en fælles betegnelse for per- og polyflourerede alkylstoffer, som anvendes i utallige ting som imprægnerede tekstiler, brandslukningsskum, fødevareemballager mm. Dette er problematisk, da stofferne er såkaldte evighedskemikalier navngivet for deres lange halveringstid og persistens. PFAS ophobes derfor i miljø, dyr og endda mennesker, og kan forårsage adskillige sundhedsrisici, trods reguleringen af PFAS brug i produkter (Hull, 2023). Dette er især en bekymring hos kvinder og deres eventuelle fostre, siden kvinder risikerer en overførsel af PFAS gennem amning og moderkagen.

Da forureningen af PFAS er så udbredt, ønsker jeg at undersøge om der er en mindre klinisk tilgang i at fremskynde PFAS-udskillelsen, som kostens rolle. Tidligere dyrestudier har konstateret en sammenhæng mellem en fremskyndelse af fæces-udskillelse af PFAS og et højere fiberindtag. (Lykkebo, 2024). På baggrund af dette ville jeg undersøge om dette også er tilfældet ved humant-udskillelse. Denne idé og inspiration stammer fra min interesse indenfor miljøgiftige stoffers effekt på menneskesundheden, og stræben efter at finde harmløse "antidoter" til denne internationale bekymring.

Problemformulering

Formålet med studiet er at undersøge det følgende spørgsmål:

I hvilken grad kan en fiberrig kost mindske PFAS-niveauet for kvinder i den fødedygtige alder?

I sammenhængen har jeg opstillet en undersøgelse ved brug af RCT (randomized controlled trial) og et interventionsstudie, hvor forsøgsgruppen, bestående af kvinder i alderen 18-25 år, foretager en kostændring i form af en fiberrig kost med en stigning på 15g/dag fra baseline. Parallelt vil kontrolgruppen ikke påtage sig nogen kostændring. Under forsøget vil interventionsgruppen skulle dokumentere deres overholdelse af den krævende kost gennem en Fiber-specific adherence score, hvilket kan give et overblik over projektets gang, samt føre til forståelse af eventuelle fejlkilder i resultater. Forsøgets primære endpoint ville være forskel i PFAS-niveau i serum fra baseline til slut.

Afgrænsning på fokus

Jeg har valgt at fokusere på kostens rolle i forbindelse PFAS-eksponering hos fødedygtige kvinder. Dette valg er truffet for at indsnævre mit fokus og dermed udelukke andre baggrundsfaktorer som genetiske forskelligheder, der ligeledes kan påvirke PFAS-niveauet. Samtidigt er der taget hensyn til forsøgsgruppens velfærd og de etiske aspekter ved eksperimentet. Interventionen udsætter ingen direkte risiko eller skader for deltagerne i projektet, hvilket er en væsentlig faktor for at undgå frafald.

Dermed for at sikre en større sammenlignelighed i data og reducere de nævnte forstyrrende faktorer, vil projektet udelukkende fokusere på effekten af et øget indtag af fiberrig kost. Afgrænsningen skal bidrage til at isolere kostens potentielle betydning for PFAS-udskillelse, og dermed dens mulige beskyttende effekt for kvinder i den fødedygtige alder og eventuelt for kommende fostre, da dette også bidrager til problematikken samfundsmæssigt.

Teori

HVAD ER PFAS?

PFAS og kendt som Per- og polyfluoralkylstoffer er en overordnet gruppe for kunstige, kemiske stoffer. De mest kendte PFAS-stoffer er det menneskeskabte PFOS (perflouroktansulfonsyre) og PFOA (perflouroktansyre). Stofferne finder man i hverdagsprodukter som fødevarer, drikkevand, forbrugerprodukter mm. Grundet stoffets lange halveringstid (3,8-5,4 år), ophobes PFAS-stoffer i kroppen, hvilket ofte fører til sundhedsrisici. Dette kan ske gennem bioakkumulation¹ og biomagnifikation². (Bidstrup, 2017)

De forskellige PFAS-stoffer er kendt for deres høje vand- og fedtpersistens, samt deres svært nedbrydelighed. Stofferne PFOS og PFOA består af samme kemiske struktur med en undtagelse: PFOS indeholder en sulfonsyre-gruppe, mens PFOA har en carboxylsyre-gruppe. Begge stoffer er et molekyle opbygget af en lang kulstofkæde, hvor hvert carbonatom binder sig til flouratomer - hvilket danner en af de stærkeste bindinger der eksisterer. Dette giver stoffet sin kemiske funktion i at være svært nedbrydelig. (Sandgren, u.d.)

SUNDHEDSMÆSSIGE KONSEKVENSER

Forrige studier har undersøgt forskellige helbredseffekter forårsaget af PFAS-ophobning. Påvirkninger som reduceret immunrespons og nedsat fødselsvægt hos fostre, hvis mødre har været udsat for høj eksponering af PFAS-stoffer under graviditeten, er blevet påvist i flere forrige studier angående sundhedskonsekvenser fra PFAS-eksponering. Stofferne kan videregives til fosteret gennem modermælk efter fødsel, samt før fødsel gennem placenta. I tilfældet ville barnet eksempelvis kunne udvikle en svagere immunrespons grundet den nedsatte udvikling af antistoffer. (Beck, 2023), (Sundhedsstyrelsen, u.d.). Man ser samtidigt også kønsspecifikke forskelle når det kommer til PFAS-niveauer i menneskekroppen. Kvinder har flere udskillelsesveje når det kommer til PFAS, eksempelvis gennem amning. Derfor er PFAS problematikken mere kritisk for prænatale kvinder i forhold til den generelle menneskesundhed. (Timmermann, 2022)

¹ En organismes optagelse af miljøgiftige stoffer, som ophobes

² Miljøgift opkoncentreres gennem fødekæden

FIBERRIG KOST SOM EN MULIG PFAS-DÆMPENDE INTERVENTION

En fiberrig kost har i flere dyrestudier vist en positiv vedrørende en forøget udskillelse af PFAS-stoffer. Kosten er karakteriseret af råvarer som fuldkorn, nødder, bælgrugter, citrusfrugter, bønner mm. Dog ligger fokuset især på de opløselige fibre eksempelvis beta-glucaner. Udover de bidrager til en sund tarmflora, har disse fibre også egenskaber, der gør dette projekt muligt. PFAS binder sig blandt andet til galdesyren, som udskilles i tarmen, hvilket kan medføre til ophobning af stofferne i blodet. Men beta-glucaner kan indkapsle galdesyren og hermed fedtopløselige stoffer som PFAS, så de ikke reabsorberes i blodet, og i stedet udskilles i fæces. (Witt, 2023)

Metodevalg

RANDOMIZED CONTROLLED TRIAL (RCT)

Jeg har valgt at benytte RCT som metode, da den sikrer et pålideligt resultat, hvilket fremhæver fokuset på kostændringens effekt. Den eneste forskel mellem patienterne, som ellers ligner hinanden med hensyn til alder, vægt og ikke rygere, vil være interventionen som foretages. På den måde undersøges hypotesen om at en større indtag af opløselige fiberrige fødevarer vil kunne øge PFAS udskillelsen hos kvinder i en fødedygtig uden, at andre faktorerers effekt har en stor betydning.

RCT er en udbredt metode indenfor kliniske interventioner, eksempelvis når et alternativt lægemiddel skal undersøges, og er på den måde effektiv til at vurdere om en behandling er bedre end en anden. Jeg har i mit projekt søgt inspiration fra et foregående studie omhandlende en klinisk intervention med cholestyramin³ gennem en RCT med cross-over. Metoden viser en positiv tendens ift. at sænke PFAS-niveauerne i blodet. Jeg undlader dog at inddrage cross-over fasen i mit forsøg, da det kræver en vis kontrol og kompleksitet, som vil blive for avanceret for projektet. (Møller, 2024). Patienterne ville i fleste tilfælde være ”blindet” for hvilken behandling de får, hvilket undgår bias. Dog i denne undersøgelse kan det ikke undgås, da selve forsøgsgruppen aktivt udfører en kostintervention. En anden ulempe ved RCT er frafaldne deltagere, da metoden kan påvirke kontrolgruppens motivation ift. de ikke får gavn af undersøgelsen. (Christensen, 2024)

³ Kolesterol-sænkende lægemiddel

FIBER-SPECIFIC ADHERENCE SCORE

For at kontrollere deltagernes overholdelse af kostplanen indføres en selvkonstrueret kostscore, visualiseret vha. kunstig intelligens. Scoren vejleder deltagerne undervejs i deres fiberindtag, hvilket hver dag dokumenteres og skal gives adgang til ugentligt. Dagbogen er lavet med fokus på opløselig fiber som beta-glucaner, og rådgiver dermed med fødevarer, der indeholder dette. Scoringssystemet strækker sig fra 0-10 point ugentligt, hvor forskerne kan vurdere, hvor godt patienterne overholder interventionen. (Claude.ai, 2025). Dagbogen er vedlagt i bilag 2.

VÆSKEKROMATOGRAFI OG MASSESPEKTROMETRI (LC-MS/MS)

LC-MS/MS-metoden bruges til analyse af data i forsøget. Denne teknik kombinerer to metoder: Væskechromatografi og massespektrometri. Først adskilles de forskellige stoffer i væsken (serum i blod) vha. væskechromatografi. Stofferne identificeres dernæst, gennem ionisering, hvor hvert molekyle bliver elektrisk ladet og tiltrækkes af magnetiske felter, hvilket er effekten af massespektrometri. (Shliaha, 2020)

Projektets udførelse

ETISKE OVERVEJELSER

Forsøgets inddragen af mennesker kræver godkendelse fra Etisk råd samt samtykke fra deltagerne, der skal have fuld viden om formålet, metoder, tidskrav, eventuelle risici og fordele ved deltagelse. I den sammenhæng kan enhver trække sig fra studiet uden konsekvenser. Personerne vil forholde sig anonyme og der ville blive sat økonomisk støtte af til interventionsgruppen, hvilket forhindrer frafaldne grundet økonomiske bekymringer ved kostændringen.

TIDSRAMME

Det forventes at tage omkring 1-2 måneder at rekruttere 20 personer, som er nogenlunde ensartede med hensyn køn, alder, evt. ikke-ryger mm. Samt en godkendelse fra den relevante komité. Selve forsøget Randomized Controlled Trial vil strække sig over 12 uger. Behandlingsperioden er valgt på baggrund af forrige studier, som har vist en mulig observation af målbare ændringer i PFAS-serumniveau efter de tilsvarende uger. (Møller, 2024). Efter eksperimentets afslutning forventes analyse og evaluering af data at tage yderligere 2 måneder. Budget er vedlagt i bilag 3.

Fase 1: Rekruttering og godkendelse

De relevante patienter rekrutteres efter godkendelse fra komiteen og Etisk Råd. Jeg har bestemt at gruppen skal bestå af 20 fødedygtige kvinder i alderen fra 18-25 år, som alle lever op til den satte livsstil om at være ikke rygere og samme vægtklasse for minimering af livsfaktorerne indflydelse på resultaterne. Patienter skal kunne have et målbart PFAS-niveau i blodet, men henholdsvis ikke samme koncentration, da det sammenlignes med baseline prøven. Efterfølgende skal der findes en ernæringsekspert, som kan vejlede deltagerne undervejs i forløbet.

Forventet forløbstid: 2 måneder

Fase 2: Randomisering/Opstart af forsøg

Der sker en randomisering af deltagerne i to grupper af 10 gennem RCT, hvorefter PFAS-niveauer måles i interventionsgruppen (A), samt kontrolgruppen (B). Gruppe A vil videreføres til ernæringseksperter, som vejleder dem om kostplanen, de skal undergå.

Tidspunkt: uge 1 i interventionsperioden

Fase 3: Dokumentation af adherence score

Undervejs i forsøget dokumenterer deltagerne deres fiberindtag via fiber-specific adherence score. Ugentligt får diætisten/ernæringseksperter adgang til vedkommendes score, hvilket opfølges af et månedligt rådgivningsmøde.

Forventet forløbstid: Ugentligt undervejs i interventionsperioden (uge 2,4,6,8,10,12)

Fase 4: Afslutning - indsamling af slutresultater

Efter 12 ugers interventionsforløb afsluttes forsøget, og resultater bliver analyseret og sammenlignet med data fra baseline. Efterfølgende vil vejledning om fremtidige kostplaner fra ernæringseksperter være en mulighed.

Tidspunkt: uge 12

Fase 5: Evaluering

I denne fase vil hypotesen om en fiber-fokuseret kost har evnen til at fremskynde PFAS-udskillelsen enten bekræftes eller forkastes, efter resultater er analyseret og sammenlignet.

Forventet forløbstid: 2 måneder

Konklusion/Perspektivering

Formålet med dette projekt er at undersøge om en kostændring herunder højere fiberindtag, kan hjælpe med udskillelsen af de ophobende stof PFAS. Jeg ønsker gennem dette at mindske de mulige risici, som kan forekomme af eksponering af PFAS. Mit håb er at projektet kan assistere i fremtidige forskningsprojekter med det fælles mål om at mindske PFAS-niveauet for menneskesundheden.

Anerkendelse

Jeg udtrykker stor taknemmelighed overfor min forskerkontakt Iben Have Beck (Assistant Professor, Syddansk Universitet Odense, Det Sundhedsvidenskabelige Fakultet - Institut for Public Health), for hendes nyttige og motiverende vejledning under projektets forløb. Derudover vil jeg anerkende mine venner, medspirer, lærer og familie for deres tålmodighed og gejst. Til slut en speciel tak til min storesøster, der inspirerede mig med projektets idé og forsat troede på, at jeg kunne gennemføre projektet selv i de udfordrerne tider.

Litteraturliste

Beck, I. H., Grøntved, A., Palm, C., Batzella, E., Sigvaldsen, A., Dalgård, C., Jensen, R., C., Nielsen, C., Halldorsson, T., I., Jensen, T., K.,. 2023. En ny undersøgelse viser sammenhæng mellem udsættelse for per- og polyfluoroalkyl stoffer (PFAS) som foster og lavere af Intelligens Quotient (IQ) i 7-års alderen. *Environmental Research*. 275. Lokation: *SDU.dk*

Bidstrup, B., B., Raae, K., Vire., A., 2017. Økotoksikologi. Lokation: Systime - Danske naturtyper

Christensen, B., 2024. Randomiserede, kontrollerede studier. Lokation: *Sundhed.dk*.

Claude.ai, 2025. *Claude.ai*.

Lokation: <https://claude.ai/chat/2152a2dd-9261-43fd-8f97-371c1b5b329c>

Hull, S., D., Deen, L., Petersen, K., U., Jensen, T., K., Hammer, P., Wils, R., S., Frankel, H., N., Ostrowski, S., R., Tøttenborg, S., S., 2023. Koncentrationer af per- og polyfluoralkylstoffer (PFAS) i den danske befolkning over tid: en kortlægning baseret på publicerede og nyanalyserede data. Lokation: *Sundhedsstyrelsens Rådgivende Viden- skabelige Udvalg for Miljø og Sundhed*

Lykkebo, C., A., Nguyen, K., H., Niklas, A., A., Laursen, M., F., Bahl, M., L., Licht, T., R., Mortensen, M., S., 2024. Diet rich in soluble dietary fibres increases excretion of perfluorooctane sulfonic acid (PFOS) in male Sprague-Dawley rats. Lokation: *elsevier.com*.

Møller, J., J., Lyngberg, A., C., Hammer, P., E., C., Flachs, E., M., Mortensen, O., S., Jensen, T., K., Jürgens, G., Andersson, A., Soja, A., M., B., Lindhardt, M., 2024. Substantial decrease of PFAS with anion exchange resin treatment - A clinical cross-over trial. Lokation: *elsevier.com*.

Sandgren, A., FAQ - PFAS, PFCA, PFOA og andre perfluorerede stoffer (PFC).

Lokation: https://www.texet.dk/globalassets/texet-dk/images/csr/faq-pfas_pfca_pfoa_dk.pdf?srsId=AfmBOoqo8iyXUBaQ7Vg1vVyX6ziKM7G_13DD56NXjTqS-T5GImEodW57

Shliaha, P., V., Gorshkov, V., A., Kovalchuk, S., I., Schwämmle, V., Baird, M., A., Shvartsburg, A., A., Jensen, O., N., 2020. Middle-Down Proteomic Analyses with Ion Mobility

Separations of Endogenous Isomeric Proteoforms. Lokation: *findresearcher.sdu.dk*.
https://findresearcher.sdu.dk/ws/portalfiles/portal/161014847/Middle_Down_Proteomic_Analyses_with_Ion_Mobility.pdf

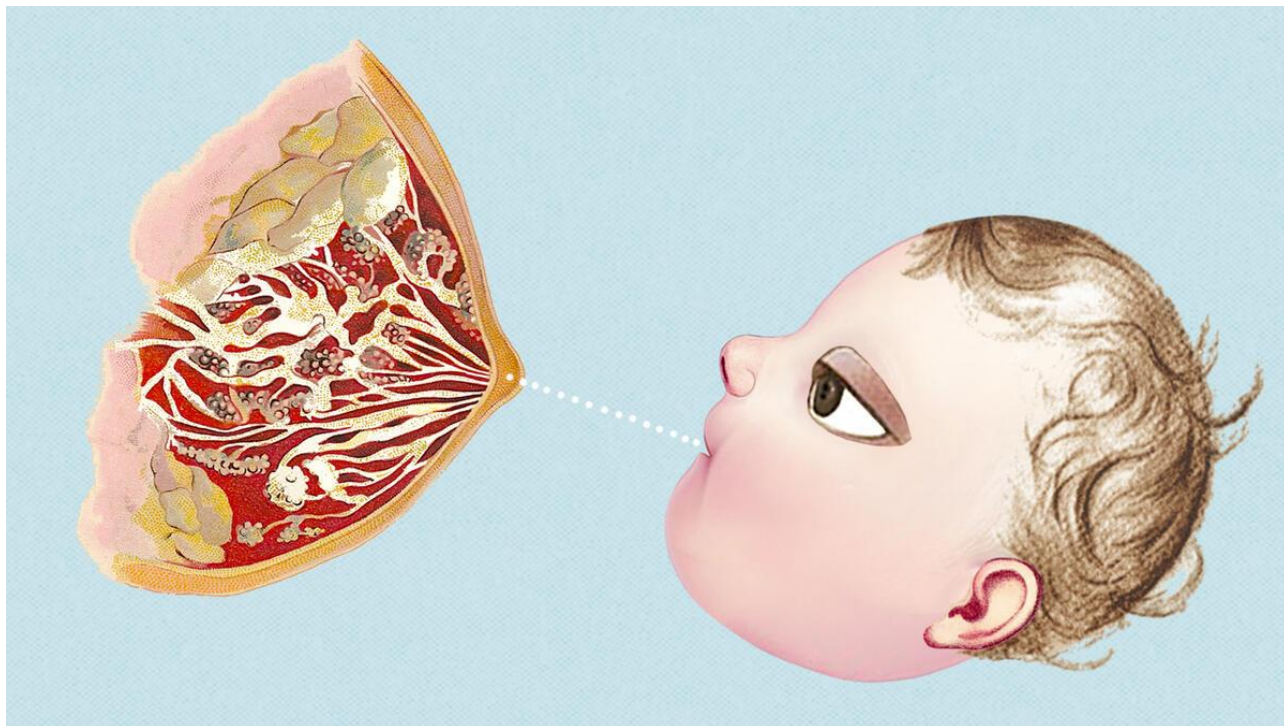
Sundhedsstyrelsen. *Faktaark til sundheds - professionelle om PFAS*. Lokation:
https://www.sst.dk/-/media/Udgivelser/2023/PFAS/Faktaark-PFAS-Sundhedsprof.ashx?sc_lang=da&hash=8C206FCE35A03F15AF314112359706ED

Timmermann, C., A., G., Andersen, M., S., Budtz-Jørgensen, E., Boye, H., Nielsen, F., Jensen, R., C., Bruun, S., Husby, S., Grandjean, P., Jensen, T., K., 2022. Lokation:
pubmed. ncbi.nlm.nih.gov
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34529060/>

Witt, L. H., 2023. Lokation: *netdoktor.dk*
<https://www.netdoktor.dk/mave-og-tarm/sygdomme/de-sunde-kostfibre/>

BILAG

Bilag 1: Billede på forside



<https://samvirke.dk/artikler/vi-udskiller-pfas-gennem-modermaelk-og-blod>

Bilag 2: Skabelon af fiber-specific adherence score

Calculate Weekly Adherence Score

 High Beta-Glucan Foods Reference

- **Oats/Oatmeal:** 3-4g beta-glucan per serving (~40g dry oats)
- **Barley:** 2-3g beta-glucan per serving (~45g)
- **Oat bran:** 2-3g beta-glucan per serving (~30g)
- **Mushrooms:** Shiitake, oyster, reishi (0.5-1g per serving)
- **Seaweed:** Various types (amounts vary)
- **Fortified breads:** Check labels for oat/barley content

Component 1: Total Fiber Increase (0-6 points)

Increase from Baseline	Points
≥15 g/day	6
10-14.9 g/day	4
5-9.9 g/day Claude content	2
<5 g/day	0

Component 2: Soluble Fiber Sources (0-3 points)

Beta-Glucan Frequency	Points
≥5 days/week	3
3-4 days/week	2
1-2 days/week	1
<1 day/week	0

Component 3: Consistency (0-1 point)

Days Meeting ≥10g Increase	Points
≥6 out of 7 days	1
<6 days	0

 Adherence Category Claude content

8-10
High Adherence

5-7
Moderate Adherence

0-4
Low Adherence

Bilag 3: Budget

Udgifter	Beskrivelse	Beløb
Deltagerstøtte	Økonomisk støtte til interventionsgruppen (350 kr. x 10 deltager månedligt)	10.500kr.
Ernæringsekspert	3 konsultationer (1 gang hver måned) x 2000 kr	6000 kr.
Eventuelle andre udgifter		3500 kr.
I alt		<u>20.000 kr.</u>