

2017

RAPPORT

EKSPONERINGSNIVÅER FOR IKKE-PROFESJONELLE
SKISMØRERE - EN PILOTSTUDIE

Innånding av støvpartikler ved bruk av fluorholdige skismøringsprodukter

Innånding av støvpartikler ved bruk av fluorholdige skismøringsprodukter

Eksponeeringsnivåer for ikke-profesjonelle skismørere – en pilotstudie

Ragna Bogen Hetland

Line Småstuen Haug

Kristine Bjerve Gützkow

Birgitte Lindeman

Rune Becher

Utgitt av Folkehelseinstituttet
Smittevern, miljø og helse
Oktober 2017

Tittel:

Innånding av støvpartikler ved bruk av fluorholdige skismøringsprodukter
Eksponeeringsnivåer for ikke-profesjonelle skismørere – en pilotstudie

Forfattere:

Ragna Bogen Hetland
Line Småstuen Haug
Kristine Bjerve Gützkow
Birgitte Lindeman
Rune Becher

Oppdragsgiver:

Miljødirektoratet

Bestilling:

Rapporten kan lastes ned som pdf
på Folkehelseinstituttets nettsider: www.fhi.no

Grafisk designmal:

Fete typer

ISBN elektronisk utgave 978-82-8082-875-0

Innhold

English summary	4
Bakgrunn	6
Skismøring og rensmidler	6
Hva puster man inn	7
Mulige helseskadelige effekter	7
Svevestøv	7
PFAS	8
VOC	8
Prøvetaking og analyser	8
Prøvetakingsutstyr	8
Prøvetakingssteder	9
Analysemetode	12
Estimering av inntak	13
Resultater og diskusjon	14
Mengde inhalerbart støv i luft samlet inn fra ulike smøreområder	14
Innhold av PFAS i inhalerbart støv fra luftprøver samlet fra ulike smøreområder	15
Estimert inntak av PFOA	18
Oppsummering og konklusjon	18
Kilder	20
Vedlegg	22
Oversikt over PFASer som ble analysert	22
Figurer som beskriver PFAS-konsentrasjoner i inhalerbart støv samlet inn i smøreboder/smøretelt i µg/g støv	23
Figurer som beskriver PFAS-konsentrasjoner i inhalerbart støv samlet inn i smøreboder/smøretelt i ng/m ³ luft	27

English summary

Skiing is a very popular winter sport for all age groups in Norway. Many eager amateurs use the same fluorinated ski waxing products as professionals to obtain similar properties of the skies during training and in competitions. The National Institute of Occupational Health (STAMI) has previously investigated the exposure of particles and volatile organic compounds from indoor air in the professional ski waxers' waxing booths, and found that the amount varied with work intensity and the use of fluorinated waxing products. Further, the professional ski waxers had small reductions in lung function tests, and there were indications that particles generated during ski preparation could induce inflammatory reactions in their lungs. The same individuals had also indications of more general inflammatory conditions expressed as elevated blood levels of C-reactive protein (CRP). However, it is not known to which extent amateurs can be exposed to particles and fluorinated substances from air, when waxing skis. Recently, both in the media and in the general population, there has been an increasing focus on whether or not ski waxing activities taking place among amateurs can represent a health hazard also for this group.

Based on this, The Norwegian Institute of Public Health was asked by the Norwegian Environment Agency to perform a pilot study in order to determine the concentrations of particulate matter and fluorinated substances in the air from waxing booths in a selection of Cross Country and biathlon competitions during the season 2017.

Ski wax and related products may contain varying amounts of perfluorinated hydrocarbons (PFHK). Possible inhalation exposure to particulate matter during ski waxing is primarily a result of applying gliders, and brushing of the gliders; the two main processes generating particles. Different PFHKs, including perfluoroalkyl substances (PFAS) such as perfluorooctanoate (PFOA), may be bound to the particles. These are compounds of particular concern, because of their persistence in the environment, their long elimination half-lives in humans and their toxicity.

Particles in indoor air were collected during four different competitions (Holmenkollen, Åsen in Nannestad, Tolga and Gålå) in February and March 2017. Inhalable particles (<100µm) in air from waxing booths were collected using a GSP inhalable aerosol sampler. Two samplers, with a distance of approx. 50 cm, were mounted on a stand approx. 150 cm from the floor to reflect the air inhaled by the ski waxers. Samples from two stands, representing four measurement points, were collected at each competition. Particle from air volumes between 0.56 and 0.95 m³ were collected.

The results show that the concentrations of particles in air from the waxing booths can vary widely, both during one competition and between the different competitions. The mean value of the 16 measurements was 0.91 mg/m³ and the median value was 0.88 mg/m³. The maximum concentration of particulate matter was found in one sample from Tolga (2.83 mg/m³) while the lowest value was found in Holmenkollen (0.05 mg/m³). The results are comparable to the results reported by STAMI for professional ski waxers, where the mean and median concentrations were 1.15 mg/m³ and 0.78 mg/m³, respectively. The highest measured value was 3.44 mg/m³ and the lowest concentration was 0.06 mg/m³.

A range of PFASs was determined in the particles collected in air from the waxing booths, and again the concentrations were in the same range as previously reported by STAMI. As an example, the median PFOA concentration in the present study was 12 µg/g particulate matter while in the STAMI report it was 15 µg/g. These results for PFOA are around three

orders of magnitude higher than the concentrations found in house dust from Norwegian households.

Without further information on exposure conditions or measuring serum concentrations, it is not possible to make a precise health risk assessment related to exposure of amateurs to particulate matter and PFAS.

In summary, the results of this pilot study show that the concentrations of particles and fluorinated substances in air from ski waxing booths used by amateurs is comparable to that shown to represent a health hazard to professional ski waxers. The results confirm the basis for maintaining previous advice and recommendations on ventilation and protection measures given by the Norwegian Institute of Public Health. It is encouraged that these recommendations are followed, when staying in areas where skis are waxed and prepared. This applies both to facilities provided at competitions and in private booths or basements.

Bakgrunn

Skisport er en stor og populær vinteridrett for alle aldersgrupper i Norge. Mange ivrige amatørørløpere bruker de samme fluorholdige skismøringsprodukter som de profesjonelle i forbindelse med trening og konkurranser. Statens arbeidsmiljøtilsyn (STAMI) har tidligere gjort undersøkelser av eksponeringsforholdene hos profesjonelle skismørere, og fant at mengden støv og flyktige organiske forbindelser i smørebodene varierte med arbeidsintensitet og forbruk av fluorpulverprodukter (STAMI, 2009).

Støvkonsentrasjonene i lufta var tidvis meget høye. Rapporter om helseplager hos profesjonelle skismørere resulterte i at arbeidsforholdene for denne yrkesgruppen ble betydelig forbedret ved innføring av tiltak som bedre verneutstyr og forbedret ventilasjon. Det er imidlertid ikke undersøkt hva amatører kan bli utsatt for av støvpartikler og fluorstoffer ved smøring av ski. I den siste tiden har det vært økt oppmerksomhet både i media og i befolkningen generelt om hvorvidt den skismøringen som foregår blant amatører kan representere en helsefare.

På amatørnivå vil mye av skiprepareringen foregå i private kjellere og garasjer. Dette er steder hvor ventilasjonsforholdene ofte er mangelfulle. Smøreboder og smøretelt brukes ofte på større idrettsarrangementer. Her står man tørt og skjermet for vind og snø når skiene skal smøres. Ventilasjonsforholdene vil imidlertid være høyst variable avhengig av fasilitetene. Det er mulig at de nivåene man her kan utsettes for er i samme størrelsesorden som tidligere studier har vist at profesjonelle skismørere utsettes for, selv om eksponeringstiden i amatør sammenheng nok er betydelig kortere og mindre hyppig. Det er derfor et klart behov for å karakterisere eksponeringsforhold forbundet med bruk av fluorholdige skismøreprodukter blant amatører.

På bakgrunn av dette gav Miljødirektoratet Folkehelseinstituttet i oppdrag å gjøre en pilotstudie der man skulle måle konsentrasjonene av svevestøv og fluorforbindelser i lufta i smøreområder på et utvalg skirenn sesongen 2017.

Skismøring og rensemidler

De vanligste produktene som brukes i forbindelse med skipreparering og som kan inneholde fluor er glidvoks (glider), fluorpulver, flytende fluorglider, festevoks og klister. I tillegg benytter man rensemidler ved rensing av ski preparert med festevoks og klister.

Fluorholdige glidere inneholder en blanding av såkalte alifatiske hydrokarboner (mettede eller umettede, rette eller forgrenede hydrokarbonkjeder), eventuelt med eller uten tilsetning av varierende mengder perfluorerte hydrokarboner (PFHK). Slike PFHK har spesielt vannavstøtende egenskaper, noe som nedsetter friksjonen som dannes på grunn av vannfilm mellom ski og snø. *Fluorpulver*-produktene inneholder ett eller en blanding av forskjellige PFHK med varierende kjedelengde (12 – 24 karbonatomer). *Flytende fluorglider* finnes i form av løsninger, suspensjoner eller spray. Produktene inneholder vanligvis faste PFHK løst eller suspendert i flytende PFHK med kortere kjedelengde.

Fluorholdig festevoks og klister inneholder PFHK. Av de ulike *klister* typene er det bare baseklister og klister for kaldt/isete føre som påføres ved hjelp av varme.

Rensemidler benyttes til rensing av ski preparert med festevoks og klister. Sammensetningen av disse rensemidlene vil variere fra produsent til produsent, men typisk vil de bestå av en blanding av alifatiske hydrokarboner, ofte med tilsetning av mindre mengder limonen. Rensemidlene inneholder normalt ikke PFHK.

Hva puster man inn

Mulig eksponering for støvpartikler i forbindelse med skipreparering er i stor grad knyttet til ulike prosesser for pålegging av glidere. Hovedprosessen som genererer støv vil være børsting av glider, der rotorbørsting vil være det som virvler opp mest støv til omgivelsene. Harde vokser og vokser med økende innhold av PFHK kan potensielt gi finere partikler enn mykere vokser og vokser uten eller med lavt innhold av PFHK. Bruk av rotorbørste montert på en vanlig drill vil virvle voksstøvet rett opp i lufta, og på den måten generere store mengder støv. Mengden voks som kan virvles opp, vil være avhengig av strukturen på skiene, og hvor mye voks som ligger igjen i skisålens porer etter siklingen (skraping før børstingen). Støvet vil inneholde forskjellige PFHK inkludert poly- og perfluoralkyl stoff (PFAS) slik som perfluoroktanoat (PFOA) bundet til partiklene. Dette er forbindelser det har vært knyttet særlig bekymring til, både på grunn av deres giftighet og at de brytes sakte ned i omgivelsene.

Skiprepareringen inkludert rensing av skiene vil medføre eksponering for flyktige organiske forbindelser (VOC). Slik eksponering vil forekomme ved arbeidsprosesser som innebærer smelting av voks og innsmelting av voks på skisålen. Eksempler på flyktige organiske forbindelser som kan påvises i forbindelse med skipreparering er hydrokarbonforbindelser av typen alifater (både de kortere, flyktige og langkjedete med lavere flyktighet), toluen, limon, etanol, etylbenzen og xylen. Ved bruk av flytende PFHK-blandinger kan det frigjøres PFASer som for eksempel PFOA. Graden av synlig røyk fra smelteprosessene synes å øke med andelen PFHK i voksene.

Målinger utført i lokaler der profesjonelle skismørere arbeider har påvist en gruppe flyktige fluorholdige alkoholer av typen fluortelomer alkoholer (FTOH) i lufta. Disse kan brytes ned til PFASer inkludert PFOA.

Mulige helseskadelige effekter

Det er begrenset med data om helseeffekter av eksponering for gasser og støv i forbindelse med skismøring. I STAMI-rapporten (STAMI, 2009) påviste man små reduksjoner i lungefunksjon hos profesjonelle skismørere etter 2-3 dager med smørearbeid, på tross av at mange av skismørerne i helseundersøkelsen brukte åndedrettsvern ved arbeid. Hos de samme eksponerte individene fant man også indikasjoner på betennelsestilstander i form av forhøyede blodverdier av C-reaktivt protein (CRP) og av lungespesifikke betennelsesproteiner. Resultatene understøttet at støvpartikler som dannes under skipreparering kan gi nedsatt lungefunksjon og betennelsesreaksjoner i lungene hos skismørere. Hvilket bidrag de fluorholdige stoffene har til disse lungereaksjonene er ikke kjent, men man vet at PFAS kan være helseskadelig hvis man får forhøyede nivåer i kroppen.

Nedenfor er mulige helseskadelige effekter av svevestøv, PFASer og VOC kort beskrevet.

Svevestøv

Svevestøv i seg selv kan skade celler i alle deler av luftveiene, enten direkte ved toksisk påvirkning av cellene, eller indirekte ved å aktivere betennelsesreaksjoner som igjen kan føre til skade på celler og vev. Partikler kan også være bærere av forskjellige kjemiske stoffer som i seg selv kan bidra til de helseskadelige effektene. Når det gjelder vokspartikler fra skipreparering så kan disse inneholde fluorforbindelser.

Resultater fra flere studier tyder på at akutt eksponering for svevestøv i ute- og inneluft har sammenheng med luftveissykdom og hjertekarsykdom. Barn under skolealder, eldre og personer med eksisterende lunge- og/eller hjertekarsykdom regnes blant de mest sårbare gruppene i befolkningen. Svevestøv (parafinvokspartikler) som dannes ved skipreparering har imidlertid en helt annen kjemisk sammensetning enn støv man normalt finner i uteluft og innendørs. Slike vokspartikler vil derfor kunne gi andre helseproblemer. Innånding av parafinvokspartikler i seg selv vil mest sannsynlig gi irritasjonseffekter i luftveier og øyne samt ubehag og kvalme. Samtidig vil de fluorforbindelser som er festet til partiklene kunne gi andre effekter (se beskrivelse av PFAS).

PFAS

I dyreforsøk er det vist at PFASer, spesielt PFOA, kan ha uheldige effekter på lever, immunforsvar, reproduksjon og utvikling. Kunnskapen vi har om effekter i mennesker bygger hovedsakelig på befolkningsstudier der man har undersøkt sammenhenger mellom mengden av PFOA i blodet og uønskede helseutfall hos barn og voksne. Resultatene så langt har ikke vært entydige, men det synes å kunne være en sammenheng mellom PFOA-nivåer i blod og økte kolesterolnivåer i blodet, ulcerøs kolitt og endringer i stoffskifte hormoner (Steenland et al., 2013, Starling et al., 2014, Ballesteros et al., 2017). Forskere som studerte helseeffekter i befolkningen etter PFOA-eksponering fra forurenset drikkevann i West Virginia fant en mulig sammenheng med økt testikkelkreft og nyrekreft men ingen andre kreftformer (Barry et al., 2013). Signifikansen av disse kreftfunnene har imidlertid vært omdiskutert (Chang et al., 2014). Andre studier antyder at det er en sammenheng mellom økte nivåer av enkelte PFASer og dårligere respons på enkelte vaksiner hos barn (Granum et al., 2013). I tillegg til den direkte eksponeringen av PFASer kan vi eksponeres for fluortelomeralkoholer (FTOH) som vil bidra til å øke totalmengden PFAS, inkludert PFOA, som man utsettes for.

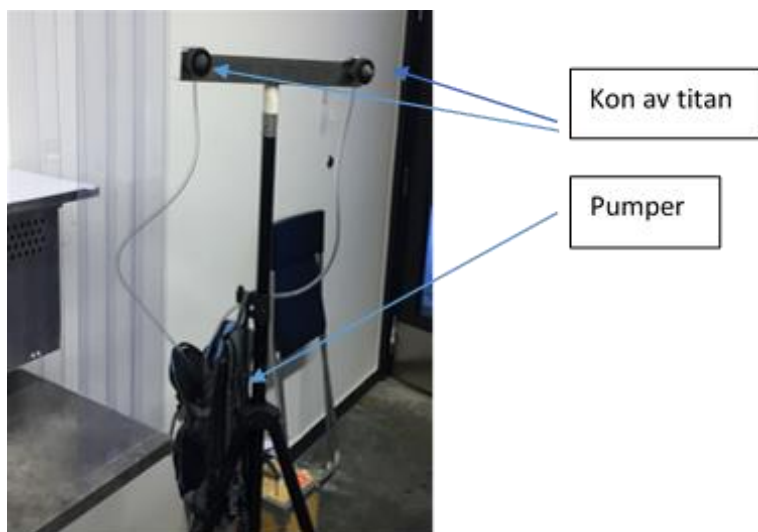
VOC

Eksponering for VOC i høye luftkonsentrasjoner kan føre til uønskede helseeffekter, hovedsakelig i form av irritasjonseffekter på slimhinner i øvre luftveier og øyne. Noen av de fluorerte forbindelsene som kan finnes i smøreboder forekommer i gassform, deriblant FTOH som er målt i høye konsentrasjoner. Effektene av disse på luftveiene er det mindre kunnskap om. I vår pilotstudie ble det ikke foretatt målinger av VOC.

Prøvetaking og analyser

Prøvetakingsutstyr

Inhalerbare støvpartikler ($<100\mu\text{m}$) i lufta i smøreområder ble samlet opp på 37 mm polyvinylklorid filtre (Millipore, PVC 5 μm) ved hjelp av en GSP inhalerbar aerosolprøvetaker. GSP prøvetakeren var utstyrt med en kon laget av titan med en åpning beregnet for 2 liter per minutt luftgjennomstrømningshastighet. En aerosolprøvetakingspumpe av typen SKC 224-PCXR8 ble benyttet for å suge luft gjennom filtrene ved en luftgjennomstrømningshastighet på ca. 2 liter per minutt. Luftgjennomstrømningshastigheten ble målt både før og etter endt prøvetaking og luftvolumet ble deretter beregnet.



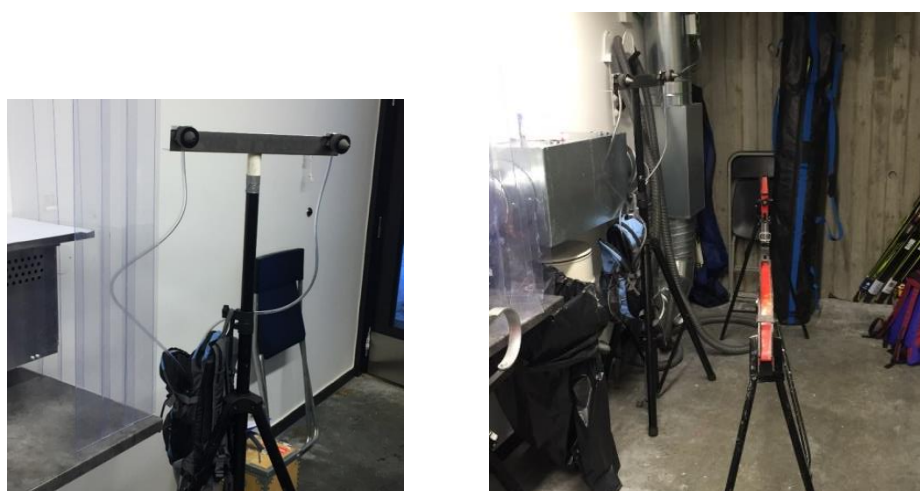
Prøvetakerne ble montert på et stativ ca. 150 cm fra gulvet for å reflektere den lufta skismørerne inhalerer. Det ble montert to prøvetakere per stativ med en avstand på ca. 50 cm. Innsamlingstiden for de ulike prøvetakingene varierte fra 278 til 455 minutter, som tilsvarer innsamlingsvolum fra 0,56 til 0,95 m³ luft.

Bilde 1: Prøvetakingsutstyret montert klar til prøveinnsamling

Prøvetakingssteder

Prøveinnsamling i Holmenkollen nasjonalanlegg, Oslo 04.02.2017

Prøvetaking ble gjennomført i forbindelse med Kvalfoss-sprinten som er et renn for skiskyttere, både gutter og jenter, i alderen 13 til 16 år. I Holmenkollen kunne klubbene leie plass for smøring i de permanente smørebodene som finnes på arenaen. Disse bodene har ventilasjon og arbeidsplasser med avsug. I prøveinnsamlingsperioden foregikk imidlertid all preparering av ski på utsiden av disse arbeidsplassene med avsug. Det ble samlet inn prøver fra to ulike smøreboder (bod A og bod B). I hver av bodene ble det samlet inn to prøver (to prøvetakere montert på samme stativ, se Bilde 1). I bod A ble stativet satt opp ved arbeidsplass med avsug relativt nær inngangen til boden på grunn av plasshensyn, mens i bod B ble stativet satt opp innerst i lokalet ved siden av arbeidsplass med avsug (Bilde 2).

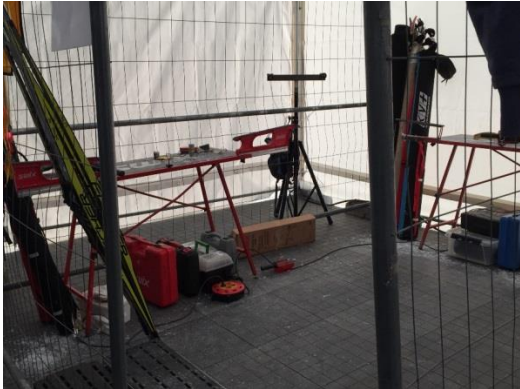


Bilde 2: Plassering av prøvetakingsutstyr i bod A

Plassering av prøvetakingsutstyr i bod B

Prøveinnsamling på Åsen, Nannestad 24.02.2017

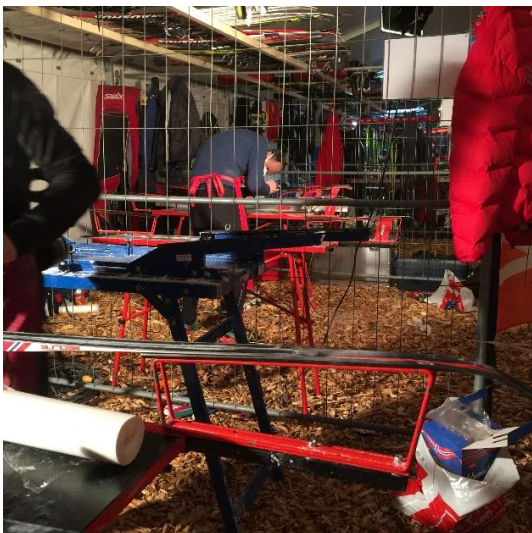
Prøvetaking ble gjennomført i forbindelse med Norgescup for senior, både menn og kvinner, i langrenn. Arrangørene hadde satt opp et smøretelt som var delt inn i soner hvor de ulike klubbene kunne leie seg plass. Ett stativ med to prøvetakere ble satt opp nær en av smøreplassene i hjørnet av teltet (område 1) og tilsvarende stativ ble satt midt i teltet (område 2) (Bilde 3).



Bilde 3: Plassering av prøvetakingsutstyr, område 1 Plassering av prøvetakingsutstyr, område 2

Prøveinnsamling på Tolga, 02.03.2017

Hovedlandsrennet 2017 for nordiske grener, hvor landets 15- og 16-åringer konkurrerte i langrenn, hopp og kombinert, ble arrangert 3. - 5. mars 2017 på Tolga. Våre målinger ble gjennomført 2. mars, da det var antatt høy aktivitet den kvelden. Flere store smøretelt var satt opp. To stativer med prøvetakingsutstyr ble plassert nær midtgangen, ca. 2/3 inn i teltet fra åpningen (Bilde 4). Vi foretok målinger i to telt i perioden ettermiddag/kveld. Det var varierende aktivitet under måleperioden.



Bilde 4: Prøveinnsamling på Tolga

Prøveinnsamling på Gålå, 01.04.2017

Prøvetaking ble foretatt i forbindelse med NM på ski på Gålå, for kvinner og menn i alderen 17 år og eldre. Smøreplassene var adskilte båser med skillevegger av gitter på ca 10 m² i en stor oppvarmet hall med god takhøyde på ca. 5 m på midten. Hallen hadde 32 smøreplasser og var på ca. 500 m². Hallen var plassert tett inntil oppvarming/gli-testområdet og ca. 100 m fra start (Bilde 5). Det ble satt opp prøvetakingsutstyr på to steder i hallen.



Målepunkt 1 ble plassert ved enden av smørebordet til en av smørebåsene som var på midten av smørehallen, men i nærheten til en av utgangene (Bilde 6).

Bilde 5: Smørehallen på Gålå



Bilde 6: Målepunkt 1

Målepunkt 2 var på motsatt ende av smørehallen i forhold til målepunkt 1. Dette var også plassert ved enden av et smørebord, men med større avstand til utgangen enn målepunkt 1 (Bilde 7).



Bilde 7: Målepunkt 2

Analysemetode

Gravimetrisk bestemmelse av mengde støv på filtre

Gravimetri er en analysemetode basert på veiing av analytten med en analysevekt. Massen av støv på hvert filter blir bestemt med en mikroanalysevekt (Sartorius MC5, Sartorius AG) ved å veie filtret før og etter prøvetaking. Gjennomsnittlig aerosolkonsentrasjon i arbeidsluften over måleperioden kan så beregnes ved at man kjenner luftvolumet som har gått igjennom filtret. Vekten er plassert i et klimatisert veierom (temperatur 20 ± 1 °C og relativ luftfuktighet 40 ± 2 %). En veieprosedyre inkluderer også kondisjonering av filter i veierom i 2 dager, fjerning av statisk elektrisitet med en radioaktiv kilde, veiing av blindfiltre (ueksponerte filtre) for blindverdikorreksjon og referanselodd/referansefiltre som kvalitetskontroll. Bestemmelsesgrensen var 0,028 mg støv per filter.

Bestemmelse av PFASer i støv

Bestemmelse av PFASer ble utført på tilsvarende måte som beskrevet tidligere (STAMI, 2009) og er også beskrevet i tilhørende vitenskapelige artikkel (Freberg et al. 2010).

Kort forklart: Etter gravimetrisk bestemmelse av mengde støv per filter, ble filtrene med støv overført til 4mL prøveglass. 2mL metanol ble tilsatt hvert av prøveglassene, blandet godt på Whirlmikser og plassert i ultralydbad i 10 minutter. Ekstraktene, etterfulgt av

2 mL 0,1 M maursyre i vann, ble filtret gjennom tomme forhåndsrensede fast fase ekstraksjonskolonner og samlet i nye prøveglass. En fraksjon av de filtrerte ekstraktene (250µL) ble tilsatt interne standarder og ytterligere 500 µL 0,1 M maursyre i vann før prøvene ble analysert ved hjelp av væskechromatografi kombinert med massespektrometri i henhold til beskrivelse i Haug et al. (2009).

Stoffene som ble bestemt er beskrevet i vedlegget, men resultater er presentert kun for de PFASene som ble funnet over deteksjonsgrensen i én eller flere prøver.

Estimering av inntak

For å få en indikasjon på hvilket inntak av PFAS de observerte støvkonsentrasjonene kan utgjøre for smørerne, ble det estimert et daglig inntak av PFOA. PFOA ble valgt fordi dette stoffet finnes det mest kunnskap om med hensyn til helse og eksponering.

Daglig inntak av PFOA ble beregnet ved bruk av følgende formel:

Inntak per dag

$$= \left(\text{konsentrasjon i luft} \left(\frac{\text{ng}}{\text{m}^3} \right) * \text{mengde luft inhaled} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{dag}} \right) * \text{andel av tid i smøretelt} \right) / \text{gjennomsnittlig kroppsvekt (kg)}$$

Følgende standardverdier ble benyttet:

Mengde luft inhaled (lett aktivitet): 13,3 m³/dag (EPA,1997)

Andel av tid i smøretelt: To dager à 8 timer per uke. Dvs. 16 à 168 timer = 0,095

Gjennomsnittlig kroppsvekt: 70 kg

Resultater og diskusjon

Mengde inhalerbart støv i luft samlet inn fra ulike smøreområder

Det ble målt svevestøv og partikler i smøreområder fra i alt fire ulike skirenn i Norge, vinteren 2017. På hvert arrangement ble det satt opp to målestativ som ble plassert på ulike steder nær smøreaktivitetene, og hver stasjon hadde to prøvetakere, i alt 16 målepunkter (se Tabell 1).

Analyseresultatene fra gravimetrisk bestemmelse av inhalerbart støv i luft fra målepunktene i smøreområdene er beskrevet i Tabell 1. Det er angitt hvor lang tid i minutter målingene ble utført og mengde inhalerbart støv i mg/m^3 som ble samlet på hvert av de 16 målepunktene. I tabellen er det også beregnet en middelerdi og medianverdi til alle målepunktene sammen med henholdsvis standardavvik (SD) og høyeste/laveste verdi.

Resultatene fra denne pilotstudien viser at støvkonsentrasjonene i smøreområdene kan variere mye, både under samme renn og mellom de ulike rennene. Forskjellene kan reflektere både forskjeller i ventilasjonsforhold i de ulike smøreinstallasjonene samt forskjeller i aktivitetsnivå, smøreprodukter og smøreprosesser som dominerte under måleperiodene. Vi ser også at det kan være relativt store forskjeller innenfor små arealer rundt et prøvesamlingssted, siden oppsamlet støvmengde per m^3 luft fra to prøvesamlere på samme stativ kan variere relativt mye (Tabell 1). Middelerdien til de 16 målepunktene ble beregnet til $0,91 \text{ mg}/\text{m}^3$ og medianverdien til $0,88 \text{ mg}/\text{m}^3$. Høyest målte verdi var på Tolga i telt 2 ($2,83 \text{ mg}/\text{m}^3$) mens den laveste verdien ble målt i Holmenkollen under Kvalfosssprinten ($0,05 \text{ mg}/\text{m}^3$). De relativt lavere verdiene som ble målt i Holmenkollen kan skyldes at ventilasjonssystemet var mere effektivt her enn i de andre smøreområdene, men det kan også være forårsaket av en lavere smøringsaktivitet i måleperioden. Resultatene presentert her er sammenlignbare med resultatene fra STAMI-rapporten (STAMI, 2009), der middelerdi og median av inhalerbart støv var henholdsvis $1,15 \text{ mg}/\text{m}^3$ og $0,78 \text{ mg}/\text{m}^3$, mens høyeste målte verdi var $3,44 \text{ mg}/\text{m}^3$ og laveste målte verdi var $0,06 \text{ mg}/\text{m}^3$. De høyeste målte verdiene ligger altså på et nivå som er høyere enn Arbeidstilsynets grenseverdi for parafinrøyk i arbeidsmiljø på $2 \text{ mg}/\text{m}^3$ (røyk definert som respirable partikler, det vil si at partikkelstørrelsen er mindre enn 5 mikrometer).

For vanlige ikke-industrielle innemiljøer er risikovurderinger knyttet til partikler innendørs basert på studier av partikler i uteluft, selv om partikler av ulik opprinnelse og ulik sammensetning kan ha ulik grad av effekter. I inneluft vil partikkelforekomsten domineres av små partikler (PM_{2,5}-fraksjon eller mindre). Ved fastsettelsen av anbefalte faglige normer for inneklime så man derfor bort fra partikler over PM_{2,5}. Ut fra tidligere vurderinger knyttet til uteluft (WHO, 2006; FHI, 2013), ble det for inneklime anbefalt en ny årsmiddelnorm for PM_{2,5} i inneluft på $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($0,008 \text{ mg}/\text{m}^3$) mens for 24 timers midlingstid ble den anbefalte normen satt til $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($0,015 \text{ mg}/\text{m}^3$) (FHI, 2015). Svevestøv i uteluft vil ha en helt annen kjemisk sammensetning enn partikler i smørebodene, og man vil derfor forvente at eventuelle helseutfall ved eksponering ikke er sammenliknbare. Vi mener derfor det er mer hensiktsmessig å forholde seg til Arbeidstilsynets grenseverdi for parafinrøyk. Innånding av parafinrøyk kan føre til irritasjon av øyne og luftveier samt ubehag og kvalme. For de som utsettes for høye konsentrasjoner av parafinpartikler (røyk) ved skipreparering vil slike effekter sannsynligvis kunne opptre. Samtidig er det viktig å huske på at fluorforbindelser festet til parafinpartiklene kan bidra til andre helseskadelige effekter.

Tabell 1. Mengde inhalerbart støv i luft samlet inn i smøreområder, i mg/m³ luft

Renn	Bod/telt	Prøveinnsamlingsperiode, minutter	Mengde støv, mg/m ³
Holmenkollen	bod A	420	0,24
	bod A	420	0,16
	bod B	455	0,05
	bod B	455	0,05
Åsen	område 1	400	1,06
	område 1	400	0,58
	område 2	404	1,18
	område 2	404	0,83
Tolga	telt 1	285	1,00
	telt 1	287	0,98
	telt 2	278	2,83
	telt 2	278	1,66
Gålå	område 1	369	0,92
	område 1	371	0,81
	område 2	374	0,44
	område 2	372	1,83
Middelverdi			0,91
Standardavvik			0,73
Median			0,88
Laveste verdi			0,05
Høyeste verdi			2,83

Innhold av PFAS i inhalerbart støv fra luftprøver samlet fra ulike smøreområder

Resultatene fra bestemmelser av PFASer i inhalerbart støv samlet inn fra de ulike smøreområdene er vist i Tabell 2 og 3, samt i vedlegget. I Tabell 2 er konsentrasjonene beskrevet i µg/g støv, mens i Tabell 3 er de samme resultatene presentert som ng/m³ luft. Ventilasjonen i et smøreområde vil ha innvirkning på hvor mye støv, og dermed mengden av hver komponent, som finnes i luften som pustes inn. Ventilasjon har imidlertid lite å si for hvor mye det finnes av hver av de ulike komponentene i støvet som ble samlet inn.

Tabell 2. Konsentrasjoner av PFAS i inhalerbart støv samlet inn i smøreområder, i µg/g støv

Renn	Bod/telt	Konsentrasjoner av PFAS i µg/g støv								
		PFHxA	PFHpA	PFOA	PFNA	PFDA	PFUnDA	PFDoDA	PFTTrDA	PFTeDA
Holmenkollen	bod A	4,0	1,3	11	3,0	23				
	bod A	6,5	1,5	13	4,2	38				
	bod B	3,5	3,5	14	5,3	47				
	bod B	1,7	4,4	16	3,6	46				
Åsen	område 1	1,0	0,6	8,9	2,3	13	2,2	20		93
	område 1	1,7	0,7	13	2,6	22	1,7	31		44
	område 2	1,2	0,5	11	2,9	14	1,6	19		47
	område 2	1,5	0,9	12	2,6	22	2,5	27		34
Tolga	telt 1	4,1	1,5	14	2,1	14	2,5	40	17	331
	telt 1	3,6	0,9	12	1,8	11	1,0	49	19	246
	telt 2	0,7	0,5	11	2,5	8,8	1,4	35	8,2	175
	telt 2	1,3	0,8	17	3,2	12	1,6	36	10	169
Gålå	område 1	1,2	0,3	3,5	1,0	7,4	2,6	34	20	124
	område 1	1,5	0,3	4,0	0,7	7,4	2,5	20	17	92
	område 2	3,1	0,8	7,2	1,5	11	3,0	28	26	132
	område 2	0,5	0,1	1,5	0,3	2,1	0,4	6,1	7,5	30
Middelverdi		2,3	1,2	11	2,5	19	1,9	29	16	127
Standardavvik		1,6	1,2	4,5	1,3	14	0,8	11	6,3	92
Median		1,6	0,8	12	2,5	13	1,9	30	17	109
Laveste verdi		0,5	0,1	1,5	0,3	2,1	0,4	6,1	7,5	30
Høyeste verdi		6,5	4,4	17	5,3	47	3,0	49	26	331

Tabell 3. Konsentrasjoner av PFAS i inhalerbart støv samlet inn i smøreområder, i ng/m³ luft

Renn	Bod/telt	Konsentrasjoner av PFAS i ng/m ³ luft								
		PFHxA	PFHpA	PFOA	PFNA	PFDA	PFUnDA	PFDoDA	PFTTrDA	PFTeDA
Holmenkollen	bod A	1,0	0,3	2,8	0,7	5,6				
	bod A	1,1	0,2	2,0	0,7	6,1				
	bod B	0,2	0,2	0,8	0,3	2,5				
	bod B	0,1	0,2	0,8	0,2	2,4				
Åsen	område 1	1,1	0,6	9,4	2,4	14	2,3	21		99
	område 1	1,0	0,4	7,4	1,5	13	1,0	18		26
	område 2	1,4	0,6	12	3,4	16	1,9	22		56
	område 2	1,2	0,8	9,6	2,1	18	2,1	22		28
Tolga	telt 1	4,1	1,5	14	2,1	14	2,5	40	17	331
	telt 1	3,5	0,9	12	1,7	11	1,0	48	19	242
	telt 2	2,1	1,4	32	7,0	25	3,9	100	23	496
	telt 2	2,2	1,3	28	5,4	20	2,7	60	17	280

Forts. neste side

Tabell 3 forts.

Gållå	område 1	1,1	0,3	3,2	0,9	6,8	2,4	31	19	115
	område 1	1,2	0,3	3,2	0,5	5,9	2,0	16	13	74
	område 2	1,4	0,4	3,2	0,7	5,0	1,3	12	11	59
	område 2	0,9	0,2	2,8	0,5	3,9	0,7	11	14	55
Middelverdi		1,5	0,6	9,0	1,9	11	2,0	34	17	155
Standardavvik		1,1	0,4	9,4	1,9	6,9	0,9	26	3,8	149
Median		1,1	0,4	5,3	1,2	9,1	2,1	22	17	86
Laveste verdi		0,1	0,2	0,8	0,2	2,4	0,7	11	11	26
Høyeste verdi		4,1	1,5	32	7,0	25	3,9	100	23	496

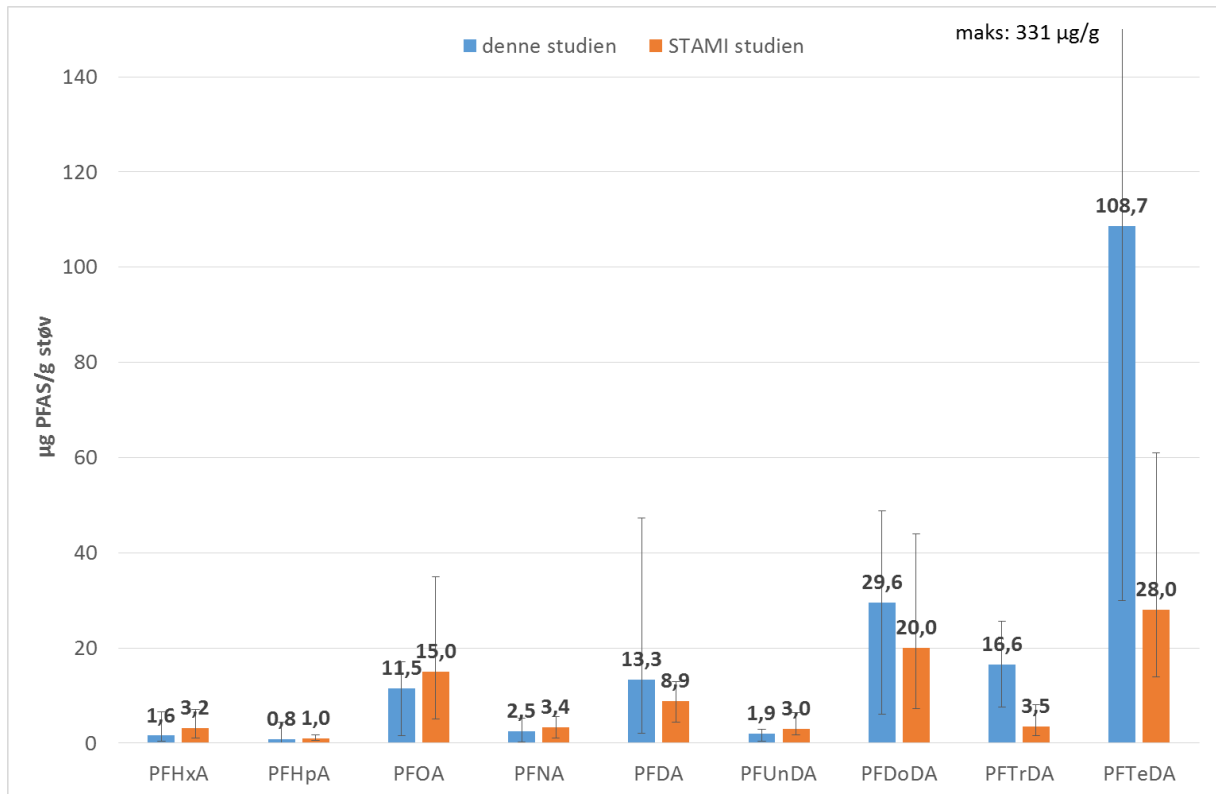
Vi kan anta at støvet som ble samlet inn på prøvetakerne stort sett kommer fra skismøringen. Hvilke konsentrasjoner av de ulike stoffene i skismøringene som har blitt benyttet, gjenspeiles derfor i konsentrasjonene oppgitt som $\mu\text{g/g}$ støv. Nivåene av de ulike PFASene ($\mu\text{g/g}$ støv) som er målt i støvprøvene viser at de ulike kjemiske forbindelsene opptrer i ulik mengde i støvet, både når en sammenligner ulike prøver fra samme renn og også når en sammenligner prøver fra de ulike skirennene (Tabell 2 og vedlegg).

Tabell 3 viser konsentrasjonene av de ulike PFASene i ng per m^3 luft (Tabell 3). Det finnes gode data for hvor mye luft en person, avhengig av aktivitetsnivå, puster inn i en gitt tidsperiode, og derfor er konsentrasjonene oppgitt i ng/m^3 godt egnet til å estimere daglig inntak og til å sammenligne eksponering i smøreområdene på de ulike skirennene. Resultatene viser en betydelig forskjell i mengde samt antall og type PFASer målt på de ulike smørestasjonene (Tabell 3).

I Holmenkollen ble ikke de langkjedete PFASene (dvs PFUnDA, PFDoDA, PFTrDA og PFTeDA) funnet, og konsentrasjonen av de andre PFASene som ble målt var relativt lave sammenlignet med de andre måleområdene (Tabell 3). På Tolga derimot fant vi en rekke PFASer, og verdiene var høyest for de langkjedete PFASene og noe lavere for de forbindelsene som har kortere kjedelengde (PFHxA, PFHpA, PFOA, PFNA og PFDA).

Sett under ett viser resultatene i denne nye pilotstudien god overenstemmelse med STAMI-rapporten (STAMI, 2009) (Figur 1). De samme ni PFASene ble funnet i begge studiene, og for syv av disse var nivåene sammenlignbare. I vår pilotstudie ble det imidlertid funnet betydelig høyere verdier (omtrent 4-5 ganger høyere median) av PFTrDA og PFTeDA. Vi kan ikke si noe sikkert om grunnen til høyere forekomst av disse langkjedete PFASene i vår pilotstudie, men forskjellene kan skyldes at det har blitt brukt ulike produkter, eller at det har skjedd en endring i sammensetningen av skismøringsproduktene i løpet av de omtrent ti årene som har gått siden STAMI-studien ble gjennomført.

Median konsentrasjonene av PFASene som ble funnet i denne pilotstudien er omtrent tre størrelsesordener høyere enn det som har blitt funnet i husstøv fra norske husholdninger (Haug et al 2011a).



Figur 1: Sammenligning av PFAS-konsentrasjoner (median) i inhalerbart støv fra denne pilotstudien med STAMI studien, i µg/g støv.

Estimert inntak av PFOA

For å gi en indikasjon på hvilket inntak av PFASer de observerte støvkonsentrasjonene kan utgjøre, ble inntak av PFOA estimert ved bruk av formel som beskrevet under «Estimering av inntak». Dersom vi antar at en smører oppholder seg i smøretelt/bod to dager per uke (16t/uke) gir dette et estimert median-inntak på 0,1 ng/kg kroppsvekt per dag. Det er imidlertid variasjon mellom de ulike rennene. De høyeste verdiene ble målt i det ene teltet på Tolga, der nivåene var omtrent dobbelt så høye som i det andre teltet. Det høyeste målte nivået tilsvarte et inntak av PFOA på 0,6 ng/kg kroppsvekt. Nivåene målt i en av bodene i Holmenkollen var lavest, og tilsvarte et inntak på 0,01 ng/kg kroppsvekt. Til sammenligning var median PFOA inntak fra kosthold omkring 0,1- 0,3 ng/kg kroppsvekt per dag i to tidligere studier av norske kvinner og menn (Haug et al., 2011b; Papadopoulou et al., 2017).

Oppsummering og konklusjon

Tidligere undersøkelser av forhold for profesjonelle skismørere (STAMI, 2009) påviste høye konsentrasjoner av støvpartikler og varierende konsentrasjoner av flyktige organiske forbindelser inkludert fluorholdige forbindelser i smøreområder. Det ble også vist at profesjonelle skismørere hadde forhøyede konsentrasjoner av PFASer i blodet. Tidligere har vi ikke hatt data for eksponering av ikke-profesjonelle skismørere i Norge. Vi har imidlertid antatt at eksponeringsnivåene under skismøring vil være i samme størrelsesorden som dem man finner for profesjonelle, mens eksponeringen vil være mindre hyppig og over kortere tid.

Vår pilotstudie har nå bidratt med kunnskap som støtter antagelsen om at støvkonsentrasjonene i luft som genereres når amatører smører ski er sammenlignbare med dem som ble påvist for profesjonelle skismørere før tiltak ble iverksatt. Resultatene viser også at mengde støv per m³ luft kan variere mye, både ved samme renn og mellom de ulike rennene. Støvkonsentrasjonene som ble påvist er såpass høye at de vil kunne føre til korttids luftveisplager og andre ubehag, særlig om skismøreren ikke benytter beskyttelsesutstyr. For å kunne gi en mer nøyaktig beskrivelse av individuell eksponering over tid, ville det vært hensiktsmessig å samle inn prøver med bruk av personbasert utstyr.

Når det gjelder PFAS tyder våre data på at mengdene grovt sett er sammenlignbare med dem som er beskrevet i STAMI-rapporten (STAMI, 2009). Anslaget over eksponering for PFOA beskrevet ovenfor antyder at ikke-profesjonelle skismørere kan få en vesentlig økt belastning av PFOA i forhold til bakgrunnseksponeringen, så sant de ikke beskytter seg for å unngå eksponering. Det bør fremheves at det i Norge er forbud mot PFOA i forbrukerprodukter og at et tilsvarende forbud vil gjelde i hele EU fra 2020. Av Figur 1 ser man at nivået av PFTTrDA og PFTTeDA som fremkommer i denne pilotstudien er betydelig høyere enn det som ble påvist i tidligere målinger. Informasjon fra STAMI-rapporten (STAMI, 2009) tyder på at konsentrasjon av disse langkjedete PFASene (PFTTrDA, PFTTeDA) bundet til støvpartikler i lufta i liten grad reflekteres i forhøyede blodkonsentrasjoner hos skismørerne. Det er dermed mulig at det systemiske opptaket av disse stoffene er lave. Eventuelle direkte effekter av PFASer på luftveiene er i liten grad beskrevet.

Uten videre informasjon om eksponeringsforhold eller målte blodkonsentrasjoner kan vi ikke gjøre en presis helserisikovurdering knyttet til eksponering av ikke-profesjonelle skismørere for støv og fluorholdige stoffer. Det er også viktig å være klar over at vi ikke har målt flyktige stoffer i denne pilotstudien. Dataene fra pilotstudien viser imidlertid tilsvarende eksponeringsforhold som tidligere har blitt beskrevet for profesjonelle skismørere, med til dels høye nivåer av partikkelbundne PFASer i smøreområder.

Resultatene fra denne pilotstudien viser at konsentrasjonene av støv og fluorholdige stoffer i forbindelse med skismøring på amatørnivå er sammenlignbare med det som er vist å kunne gi helseplager hos profesjonelle skismørere. Resultatene styrker grunnlaget for å opprettholde tidligere råd og anbefalinger om ventilasjon og beskyttelsestiltak (FHI, 2017). Det oppfordres til at disse blir fulgt både ved opphold i smøreområder på skirenn og i private smøreboder.

Kilder

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). PUBLIC HEALTH STATEMENT Perfluoroalkyls. August 2015. <https://www.atsdr.cdc.gov/phs/phs.asp?id=1115&tid=237>

Ballesteros V, Costa O, Iñiguez C, Fletcher T, Ballester F, Lopez-Espinosa MJ. Exposure to perfluoroalkyl substances and thyroid function in pregnant women and children: A systematic review of epidemiologic studies. *Environ Int.* 2017; 99:15-28.

Barry V, Winqvist A, Steenland K. Perfluorooctanoic acid (PFOA) exposures and incident cancers among adults living near a chemical plant. *Environ Health Perspect.* 2013,121(11-12).

Chang ET, Adami HO, Boffetta P, Cole P, Starr TB, Mandel JS. A critical review of perfluorooctanoate and perfluorooctanesulfonate exposure and cancer risk in humans. *Crit Rev Toxicol.* 2014, 44, Suppl 1:1-81.

EPA. Exposure Factors Handbook. United States Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Washington, DC, USA, EPA/ 600/P-95/002B. 1997.

FHI, 2017. NOTAT - Eksponering for støv og gasser ved bruk av fluorholdige produkter for skipreparering. <https://www.fhi.no/publ/2017/skismoring-med-fluorholdige-stoffer/>

Freberg BI, Olsen R, Daae HL, Hersson M, Thorud S, Ellingsen DG and Molander P. Occupational Exposure Assessment of Airborne Chemical Contaminants Among Professional Ski Waxers. *Ann. Occup. Hyg.*, 2014, Vol. 58, No. 5, 601–611.

Freberg BI, Olsen R, Thorud S, Daae HL, Hersson M, Molander P, Barregard L and Ellingsen DG. Pulmonary function and serum pneumoproteins in professional ski waxers. *Inhal Toxicol*, 2016; 28(1): 7–13.

Freberg BI, Olsen R, Thorud S, Ellingsen DG, Daae HL, Hersson M and Molander P. Chemical Exposure among Professional Ski Waxers— Characterization of Individual Work Operations. *Ann. Occup. Hyg.*, Vol. 57, No. 3, pp. 286–295, 2013.

Gomis MI, Vestergren R, Nilsson H and Cousins IT. Contribution of Direct and Indirect Exposure to Human Serum Concentrations of Perfluorooctanoic Acid in an Occupationally Exposed Group of Ski Waxers. *Environ. Sci. Technol.* 2016, 50, 7037–7046.

Granum B, Haug LS, Namork E, Stølevik SB, Thomsen C, Aaberge IS, van Loveren H, Løvik M, Nygaard UC. Pre-natal exposure to perfluoroalkyl substances may be associated with altered vaccine antibody levels and immune-related health outcomes in early childhood. *J Immunotoxicol.* 2013; 10(4).

Haug LS, Thomsen C and Becher G. 2009. A sensitive method for determination of a broad range of perfluorinated compounds in serum suitable for large-scale human biomonitoring. *J. Chromatogr. A* 1216, 385-393.

Haug LS, Huber S, Schlabach M, Becher G, Thomsen C. Investigation on per- and polyfluorinated compounds in paired samples of house dust and indoor air from Norwegian homes. *Environ Sci Technol.* 2011a. 45:7991-7998.

Haug LS, Huber S, Becher G, Thomsen C. Characterisation of human exposure pathways to perfluorinated compounds - comparing exposure estimates with biomarkers of exposure. *Environ Int.* 2011b. 37:687-693.

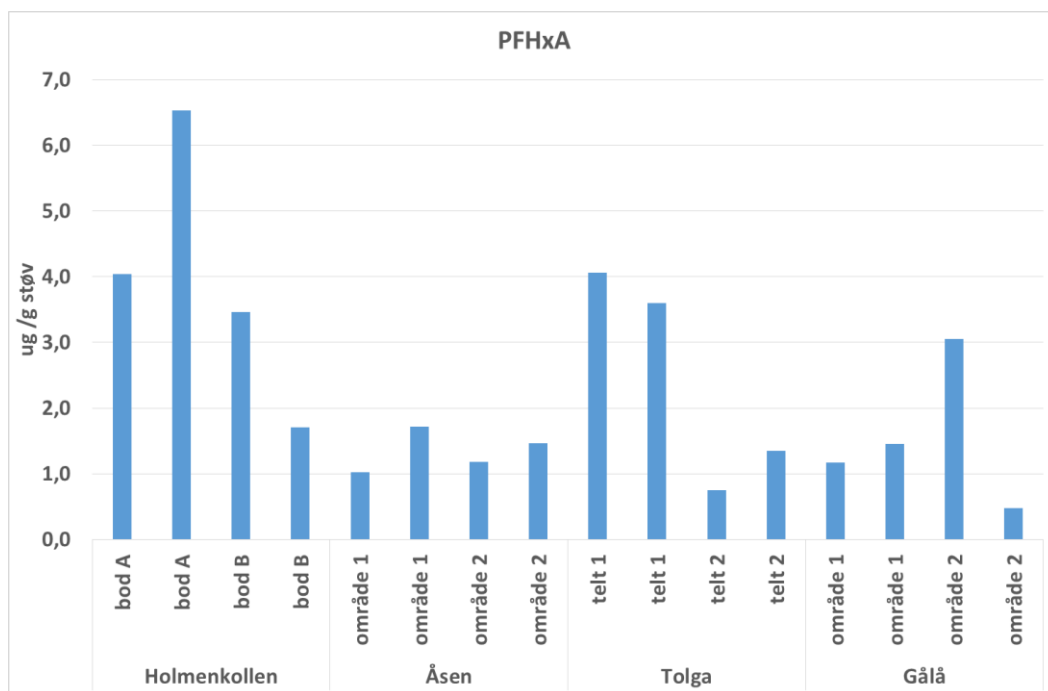
- Kotthoff M, Müller J, Jürling H, Schlummer M and Fiedler D. Perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances in consumer products. *Environ Sci Pollut Res* (2015) 22:14546–14559.
- Lopez-Espinosa M-J, Mondal D, Armstrong B, Bloom MS and Fletcher T. Thyroid Function and Perfluoroalkyl Acids in Children Living Near a Chemical Plant. *Environmental Health Perspectives* volume 120, number 7, July 2012.
- Lovdata. Forskrift om tiltaks- og grenseverdier;
<https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2011-12-06-1358>
- Lovdata. Produktforskriften; https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-06-01-922/KAPITTEL_2#§2-32
- Maras M, Vanparys C, Muylle F, Robbens J, Berger U, Barber JL, Blust R and De Coen W. Estrogen-Like Properties of Fluorotelomer Alcohols as Revealed by MCF-7 Breast Cancer Cell Proliferation. *Environmental Health Perspectives*, vol 114, 1, January 2006.
- Nilsson H, Kärrman A, Rotander A, Van Bavel B, Lindstrøm G and Westberg H. Inhalation Exposure to Fluorotelomer Alcohols Yield Perfluorocarboxylates in Human Blood? *Environ. Sci. Technol.* 2010, 44, 7717–7722.
- Papadopoulou E, Poothong S, Koekkoek J, Lucattini L, Padilla-Sánchez JA, Haugen M, Herzke D, Valdernes S, Maage A, Cousins IT, Leonards PEG, Småstuen Haug L. Estimating human exposure to perfluoroalkyl acids via solid food and drinks: Implementation and comparison of different dietary assessment methods. *Environ Res.* 2017, 158:269-276.
- STAMI rapport 2009 Nr.8 Årgang 10 «Kjemisk eksponering og effekter på luftveiene blant profesjonelle skismørere»; <https://stami.no/publikasjon/kjemisk-eksponering-og-effekter-pa-luftveiene-blant-profesjonelle-skismorere/>
- Starling AP, Engel SM, Whitworth KW, Richardson DB, Stuebe AM, Daniels JL, Haug LS, Eggesbø M, Becher G, Sabaredzovic A, Thomsen C, Wilson RE, Travlos GS, Hoppin JA, Baird DD, Longnecker MP. Perfluoroalkyl substances and lipid concentrations in plasma during pregnancy among women in the Norwegian Mother and Child Cohort Study. *Environ Int.* 2014; 62:104-12.
- Steenland K, Zhao L, Winqvist A, Parks C. Ulcerative colitis and perfluorooctanoic acid (PFOA) in a highly exposed population of community residents and workers in the mid-Ohio valley. *Environ Health Perspect.* 2013, 121(8), 900-905.

Vedlegg

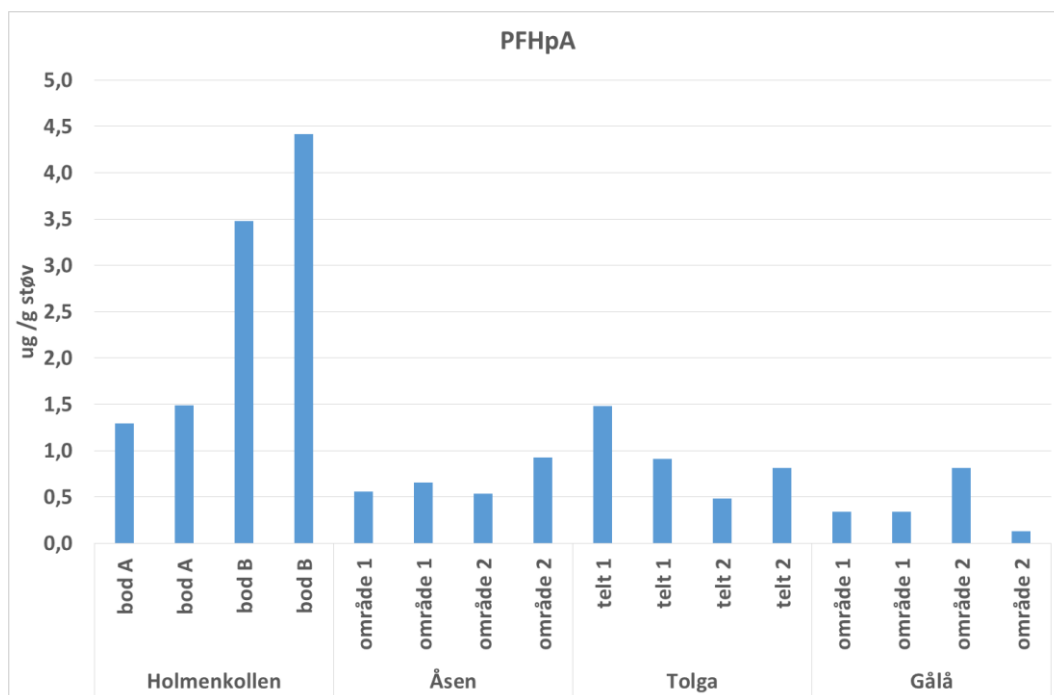
Oversikt over PFASer som ble analysert

PFBA	Perfluorbutanoat
PFPeA	Perfluorpentanoat
PFHxA	Perfluorheksanoat
PFHpA	Perfluorheptanoat
PFOA	Perfluoroktanoat
PFNA	Perfluornonanoat
PFDA	Perfluordekanoat
PFUnDA	Perfluorundekanoat
PFDoDa	Perfluordodekanoat
PFTTrDa	Perfluortridekanoat
PFTeDa	Perfluortetradekanoat
PFBS	Perfluorbutan sulfonat
PFHxS	Perfluorheksan sulfonat
PFHpS	Perfluorheptan sulfonat
PFOS	Perfluoroktane sulfonat
PFDS	Perfluordekan sulfonat
PFOSA	Perfluoroktan sulfonamid

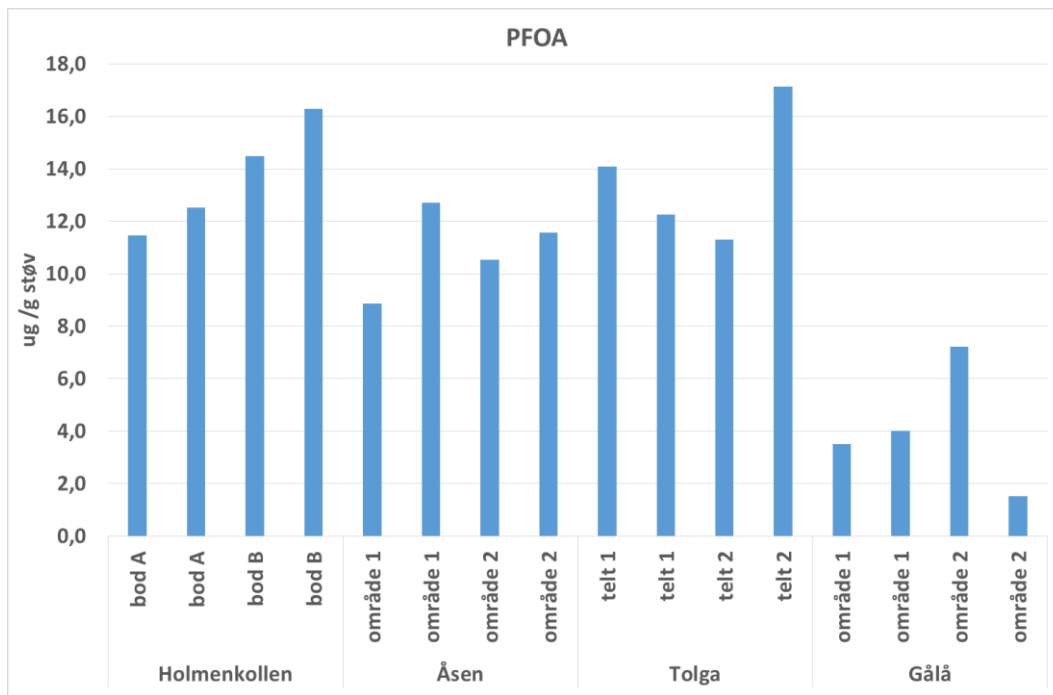
Figurer som beskriver PFAS-konsentrasjoner i inhalerbart støv samlet inn i smøreboder/smøretelt i $\mu\text{g/g}$ støv



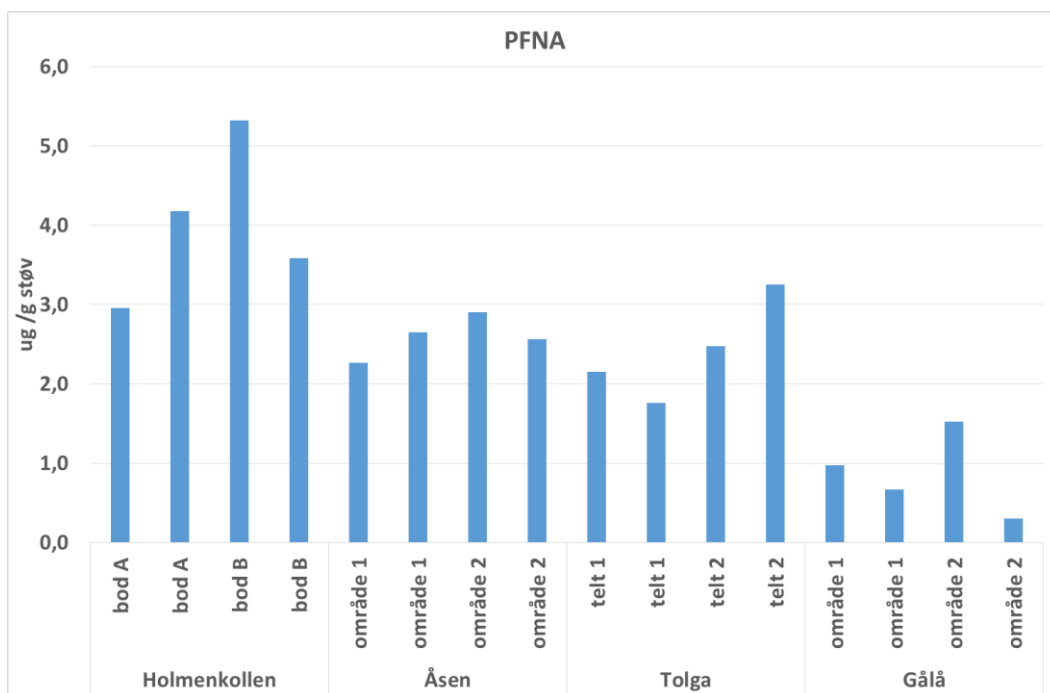
Figur A: Konsentrasjoner av PFHxA i $\mu\text{g/g}$ støv



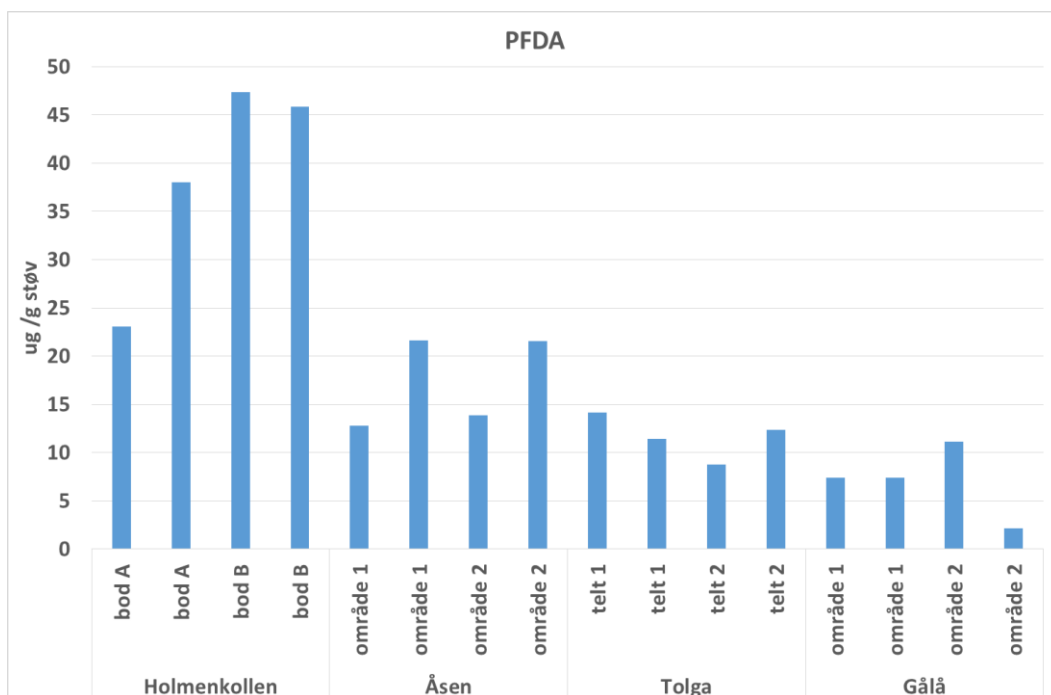
Figur B: Konsentrasjoner av PFHpA i $\mu\text{g/g}$ støv



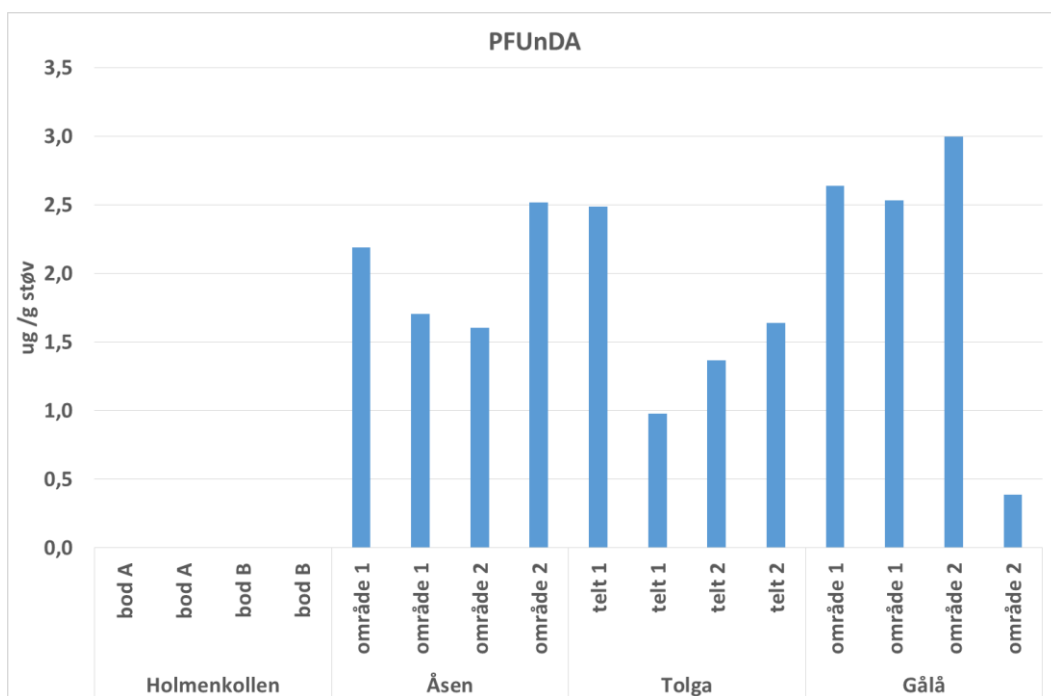
Figur C: Konsentrasjoner av PFOA i µg/g støv



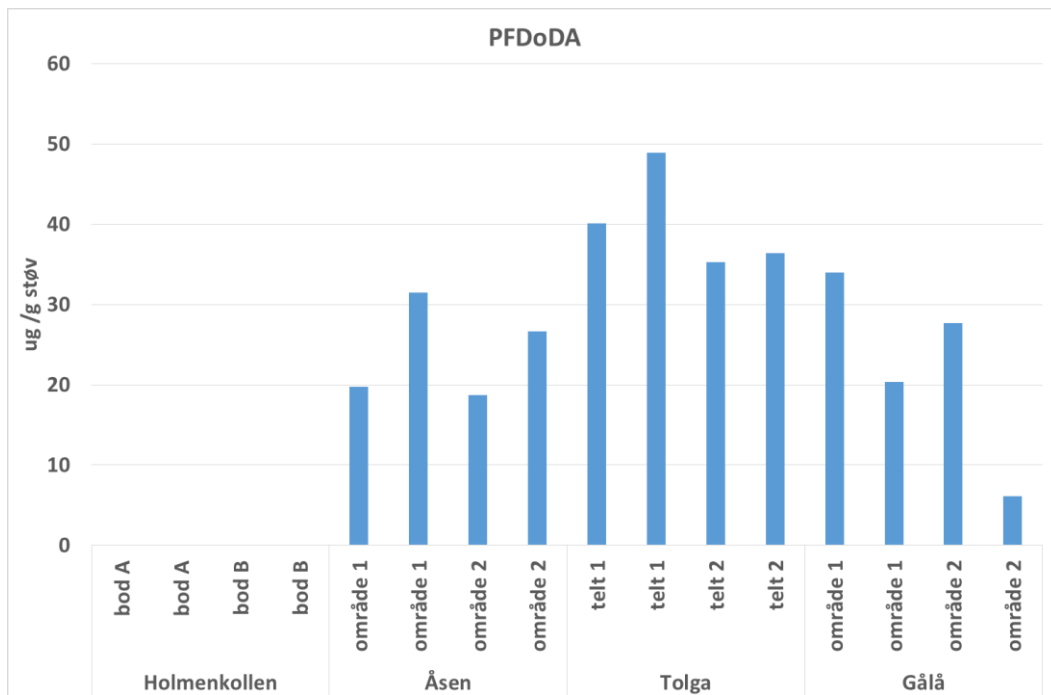
Figur D: Konsentrasjoner av PFNA i µg/g støv



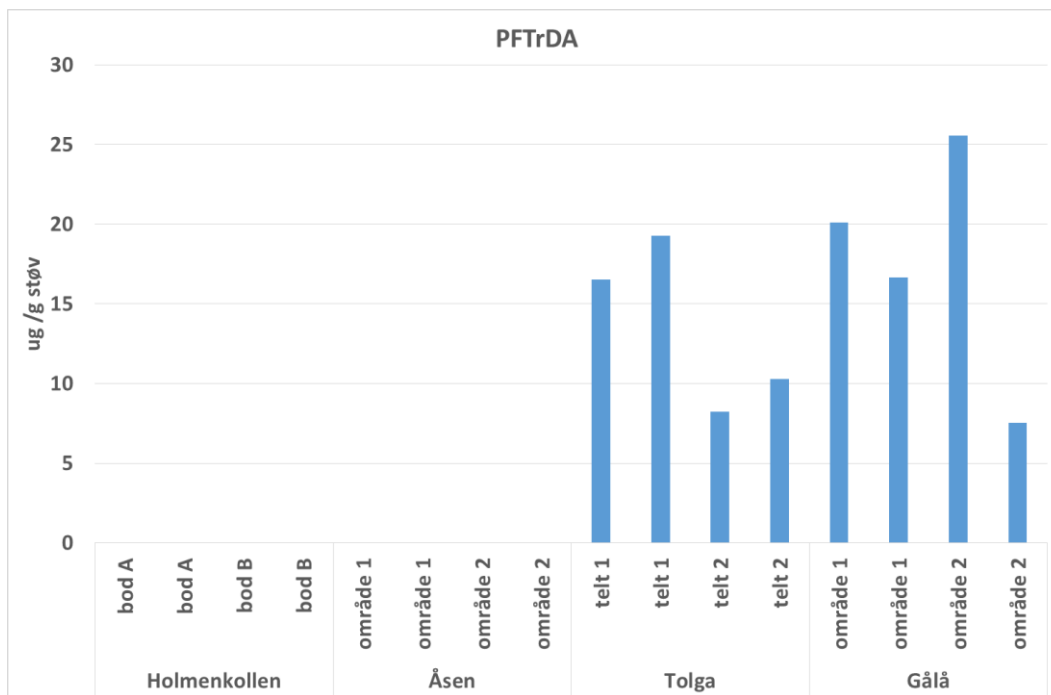
Figur E: Konsentrasjoner av PFDA i µg/g støv



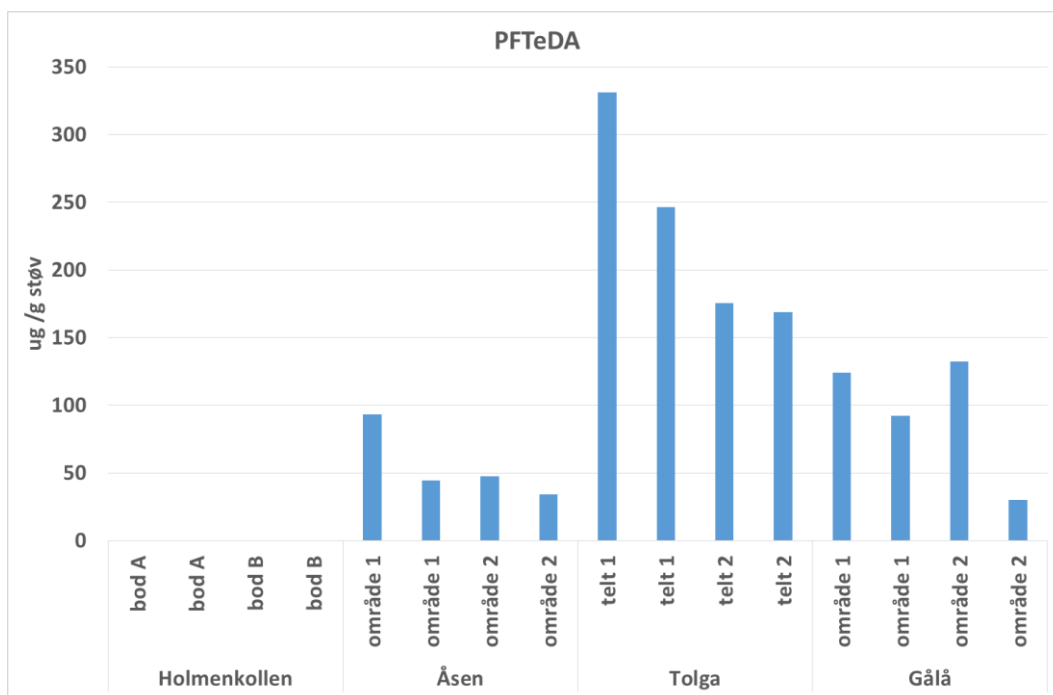
Figur F: Konsentrasjoner av PFUnDA i µg/g støv



Figur G: Konsentrasjoner av PFDoDA i µg/g støv

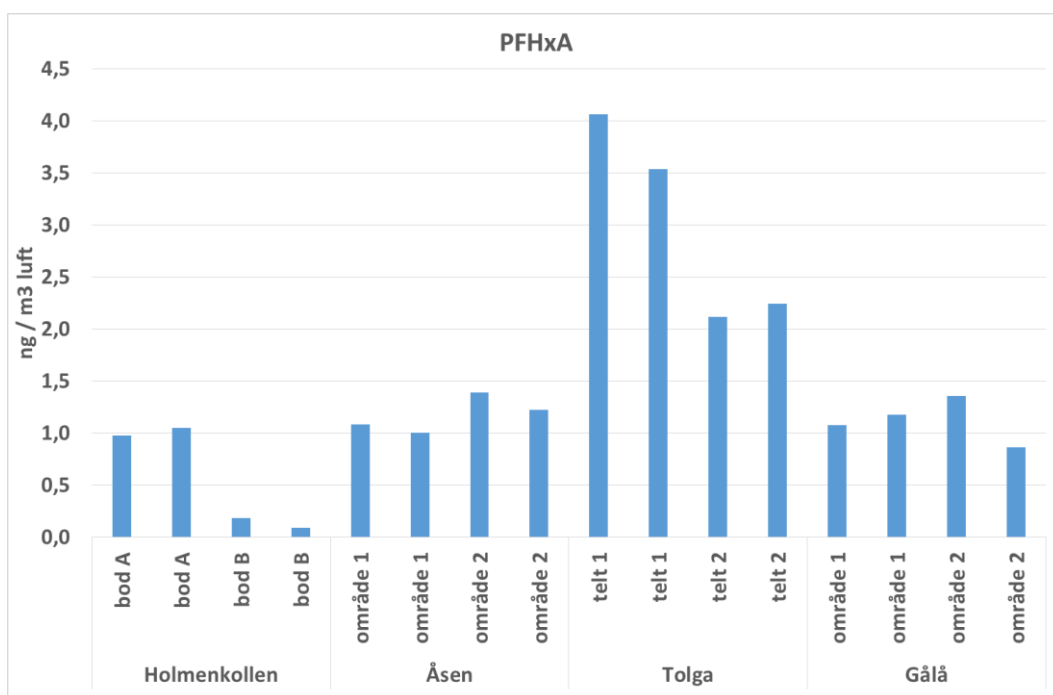


Figur H: Konsentrasjoner av PFTrDA i µg/g støv

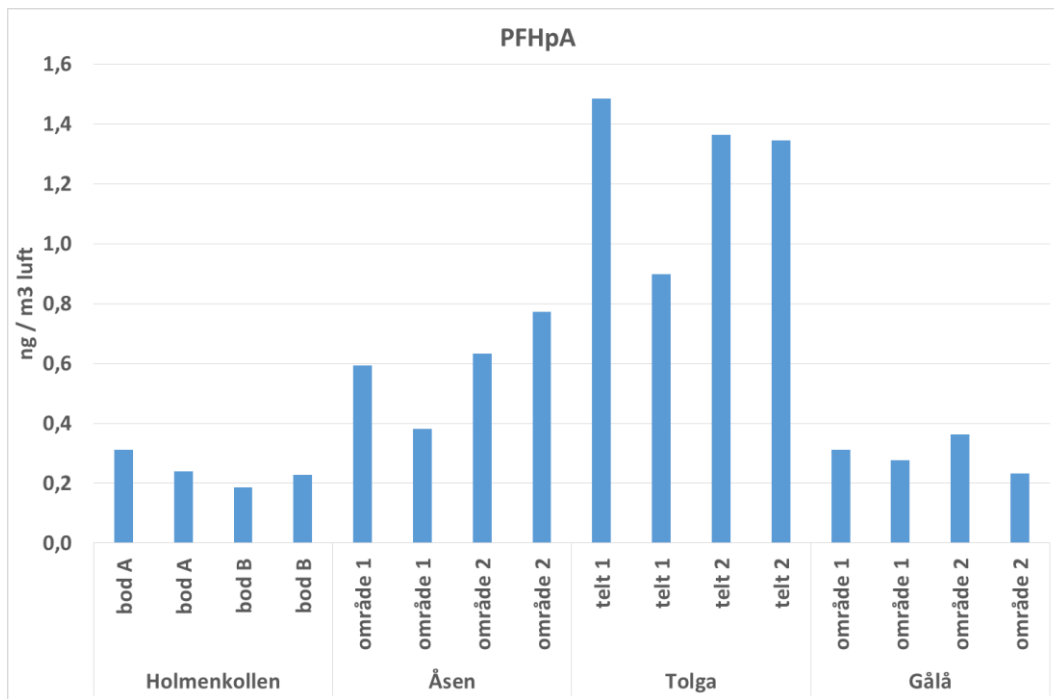


Figur I: Konsentrasjoner av PFTeDA i $\mu\text{g/g støv}$

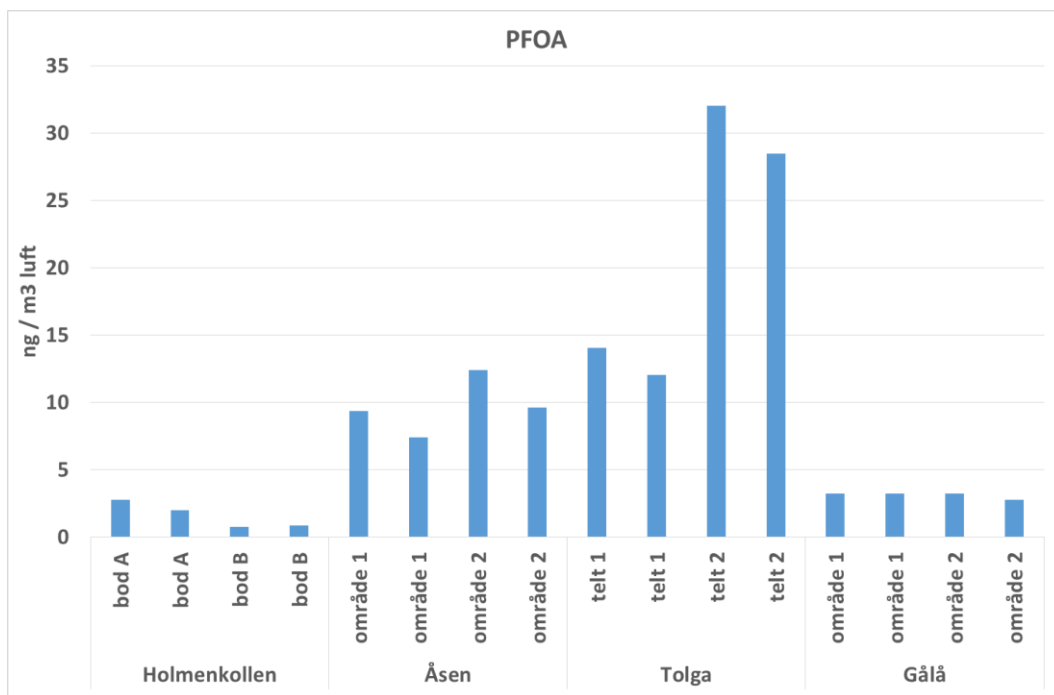
Figurer som beskriver PFAS-konsentrasjoner i inhalerbart støv samlet inn i smøreboder/smøretelt i ng/m^3 luft



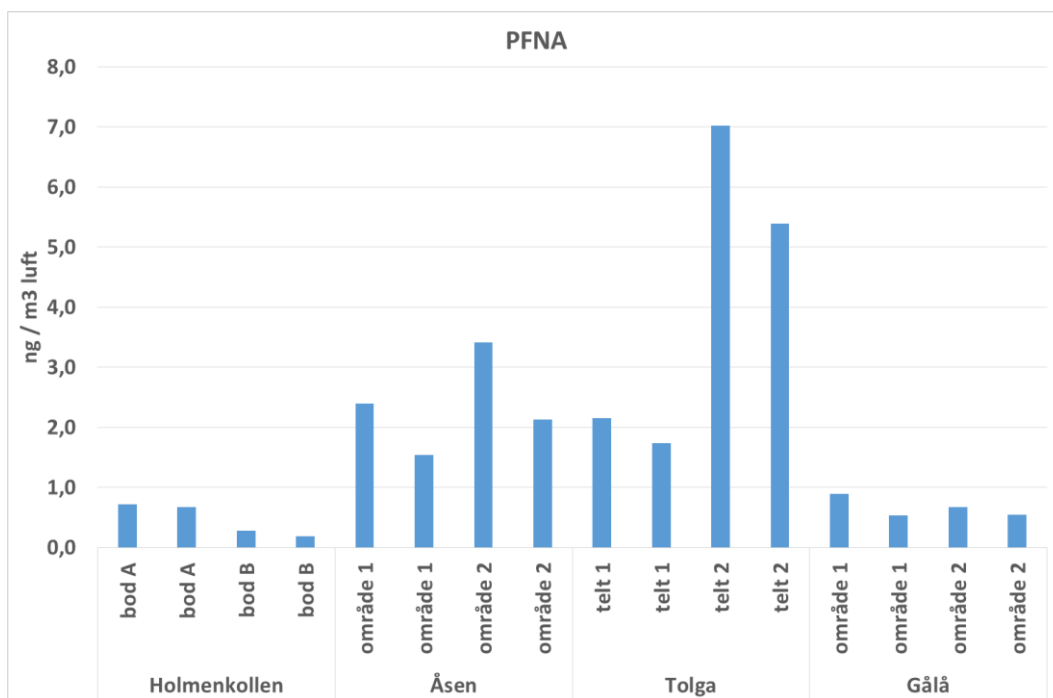
Figur J: Konsentrasjoner av PFHxA i ng/m^3 luft



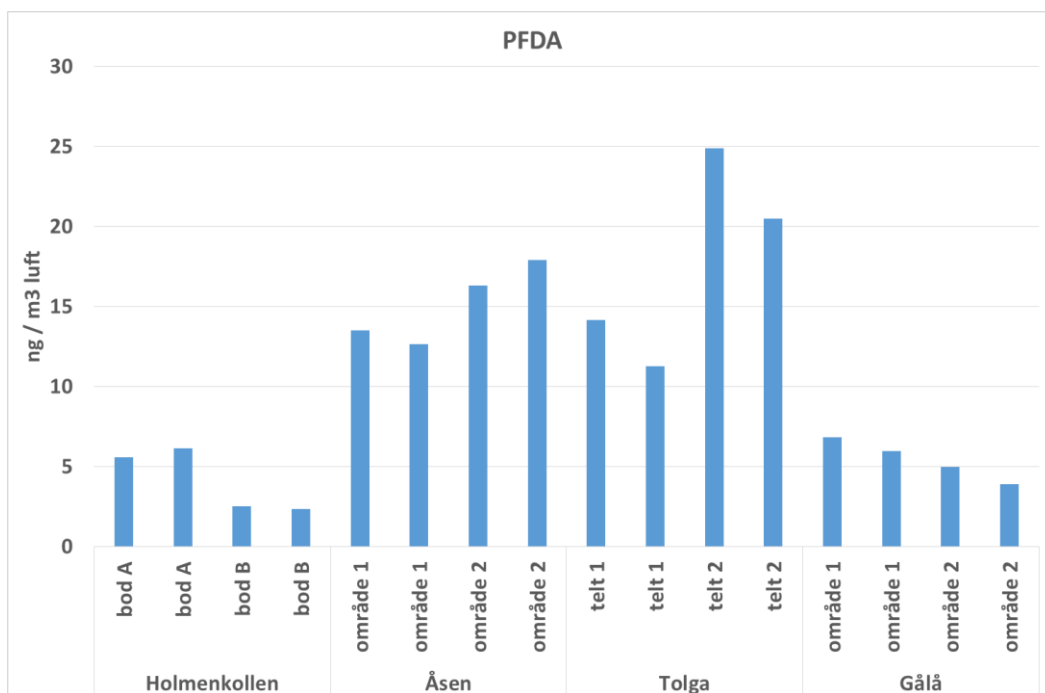
Figur K: Konsentrasjoner av PFHpA i ng/m³ luft



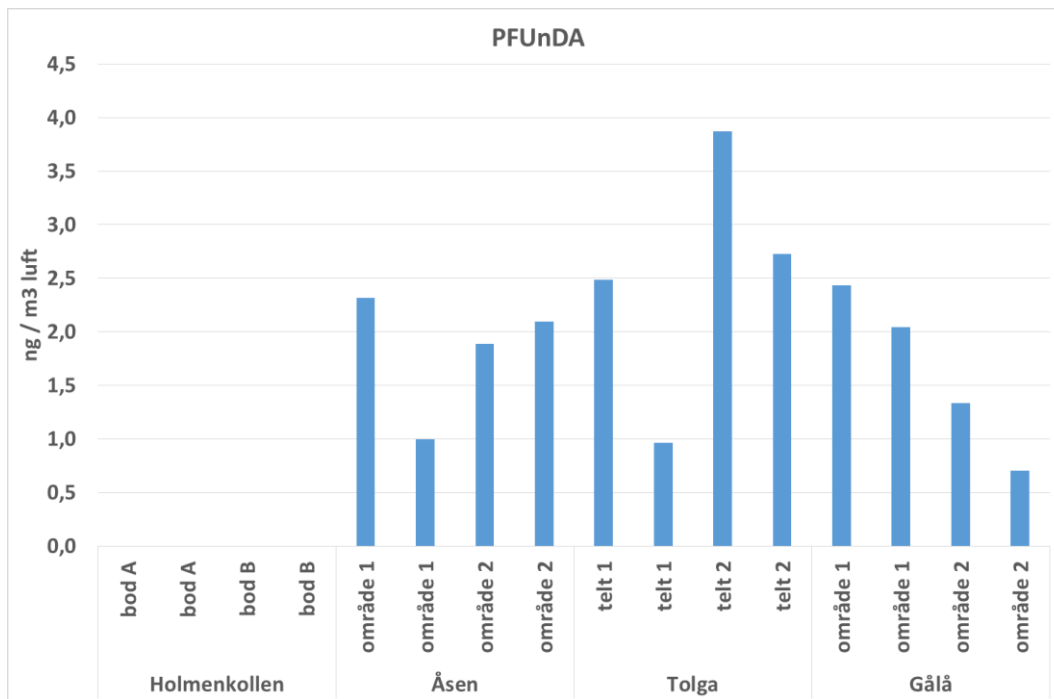
Figur L: Konsentrasjoner av PFOA i ng/m³ luft



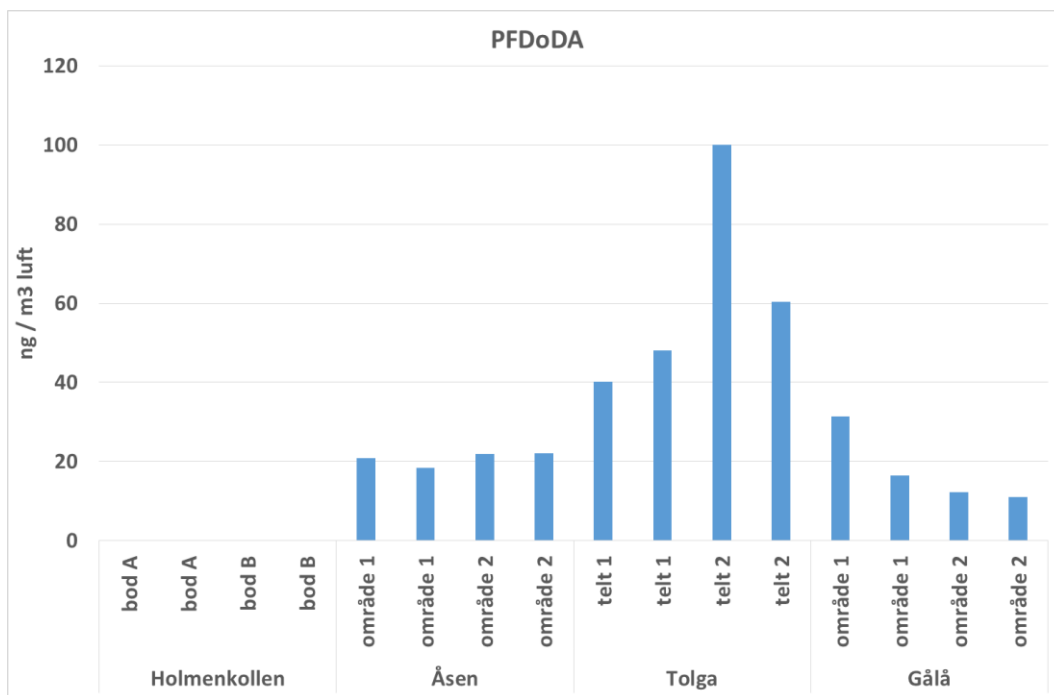
Figur M: Konsentrasjoner av PFNA i ng/m³ luft



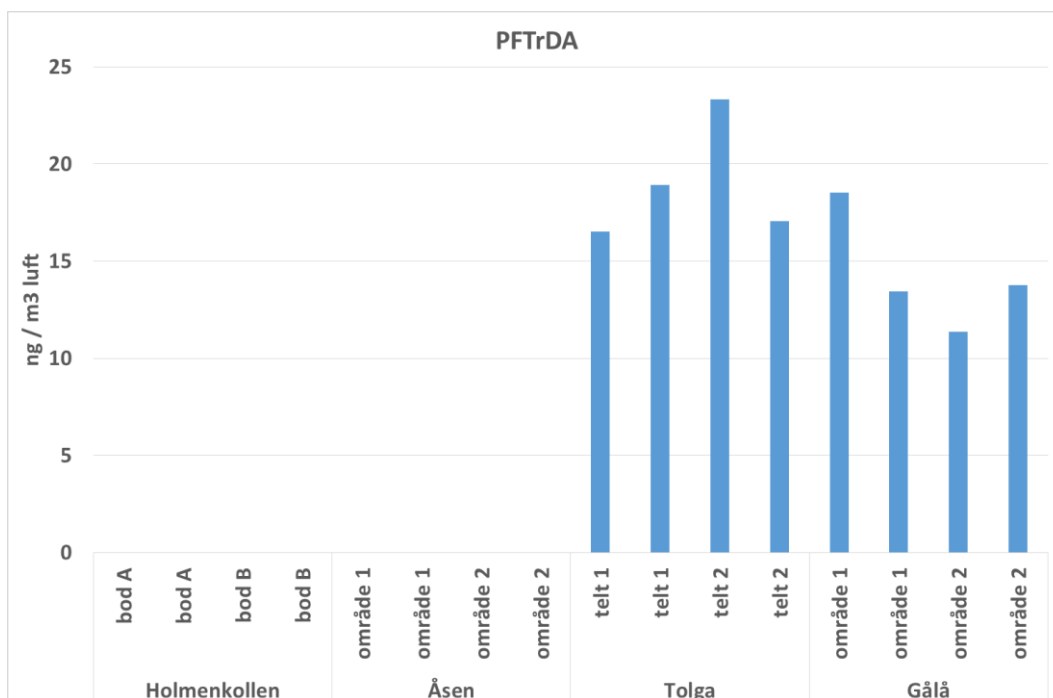
Figur N: Konsentrasjoner av PFDA i ng/m³ luft



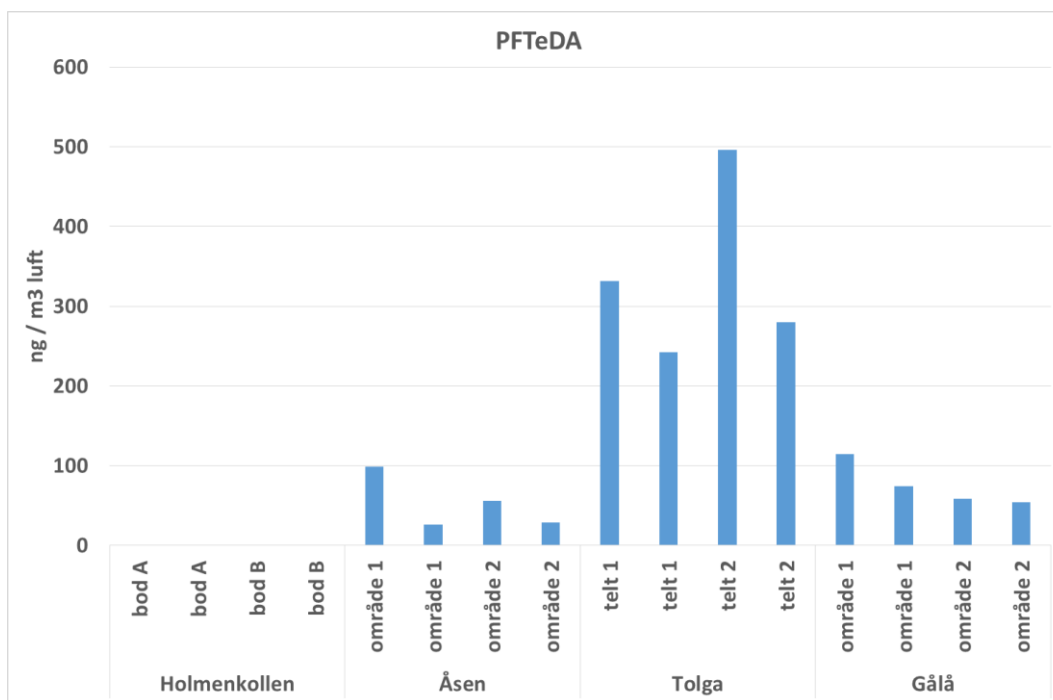
Figur O: Konsentrasjoner av PFUnDA i ng/m³ luft



Figur P: Konsentrasjoner av PFDODA i ng/m³ luft



Figur Q: Konsentrasjoner av PFTrDA i ng/m³ luft



Figur R: Konsentrasjoner av PFTeDA i ng/m³ luft

Utgitt av Folkehelseinstituttet
Oktober 2017
Postboks 4404 Nydalen
NO-0403 Oslo
Telefon: 21 07 70 00
ISBN elektronisk utgave: 978-82-8082-875-0