

nilu

NILU rapport 32/2024

Måling av gasser i Statsarkivets lokaler i Trondheim

Fase 2 - 2024

NILU rapport 32/2024

Måling av gasser i Statsarkivets lokaler i Trondheim

Fase 2 - 2024

Tore Flatlandsmo Berglen, Alexander Håland, Terje Grøntoft

NILU rapport 32/2024

Hovedkontor

NILU
Postboks 100
2027 Kjeller

Tromsø

NILU
Framsenteret
Postboks 6606
Stakkevollan
9296 Tromsø

Trondheim

NILU
Kjøpmannsgata 8
7013 Trondheim

Telefon 63 89 80 00

nilu@nilu.no
www.nilu.no

Stiftelsen NILU

Org.nr. 941 705 561

Sertifisering

NS-EN ISO 9001
NS-EN ISO 14001

Akkreditering

NS-EN ISO/IEC 17025

Göteborg

NILU Klimat- och
miljöinstitutet AB
Sven Hultins gata 5
412 58 Göteborg
Sverige

Org.nr. 559442-9580

www.nilu-research.se

Tittel

Måling av gasser i Statsarkivets lokaler i Trondheim
Fase 2 - 2024

Engelsk tittel

Measurement of gases in the Regional State Archives in Trondheim
Phase 2 - 2024

Forfatter(e)

Tore Flatlandsmo Berglen, Alexander Håland, Terje Grøntoft

Kort sammendrag (norsk)

Denne rapporten viser resultater fra fase 2 i måleprosjektet NILU har utført ved Statsarkivet i Trondheim. Det er gjort prøvetaking og analyse i en periode på sju dager fra 23. til 30. mai ved to lokaliteter, én innendørs og én utendørs. Totalkonsentrasjonen av VOC'er (TVOC) ble målt til 135 µg/m³ gitt som toluen-ekvivalenter ved lokaliteten inne (MAG A, Reol 097) og 33 µg/m³ ved lokaliteten ute. Resultatene synliggjør effekten av innendørs ventilasjonssystemer og begge studiene vil brukes av Statsarkivet i sitt videre arbeid med innendørs luftkvalitet.

Kort sammendrag (engelsk)

This report presents results from phase 2 of the measurement project NILU has carried out at the Regional State Archives of Trondheim. Sampling and analysis were carried out over a period of seven days from 23 to 30 May at two locations, one indoors and one outdoors. The total concentration of VOCs (TVOC) was measured at 135 µg/m³ given as toluene equivalents at the indoor location (MAG A, Shelf 097) and 33 µg/m³ at the outdoor location. The results highlight the effect of indoor ventilation systems and both studies will be used by the Regional State Archives in its further work with indoor air quality.

Nøkkelord

Innendørs målinger, flyktige organiske forbindelser – VOC, innendørs luftkvalitet

Antall sider

24

Prosjektleder

Tore Flatlandsmo Berglen

Oppdragsgiver

Statsarkivet Trondheim

Ansvarlig signatur

Aasmund Fahre Vik, Viseadm.dir & CTO

Tilgjengelighet

A-Åpen

NILU prosjektnummer

o112087 akt. SARK24

Oppdragsgivers referanse

Mónica Garrido

Dato

06.12.2024

© Stiftelsen NILU

Sitering

Berglen, T.F., Håland, A., Grøntoft, T. (2024). Måling av gasser i Statsarkivets lokaler i Trondheim. Fase 2 - 2024 (NILU rapport 32/2024). Kjeller: NILU.

Forord

Denne rapporten er leveranse nr. 2 til Statsarkivet i Trondheim i forbindelse med måleprosjekt utført av NILU. I denne runden ble det kun gjort målinger av flyktige organiske forbindelser (VOC) med NILUs velprøvde prøvetakere Tenax^(TM)-rør ved to lokaliteter, én innendørs og én utendørs.

Tore Flatlandsmo Berglen var prosjektleder og skrev rapporten, mens Alexander Håland gjorde analyser. Prosjektet og målingene bygger på Terje Grøntofts ekspertise opparbeidet gjennom mer enn 25 år ved NILU. Samtidig takkes Terje for sitt mangeårige bidrag til NILU når han nå går av for aldersgrensen. Heidi Eikenes bidro i VOC-analysene og Susana Lopez-Aparicio var intern kvalitetssikrer.

Innhold

Forord	4
Sammendrag	6
1 Innledning – bakgrunn for prosjektet	7
2 Måleresultater	7
3 Diskusjon rundt resultatene	9
4 Akseptkriterier for innendørs luftkvalitet	12
5 Andre faktorer i arbeidsmiljøet som kan gi de ansatte ubehag	12
6 Bevaring av kulturminner	14
7 Oppsummering og konklusjon	15
8 Referanseliste	15
Vedlegg A - Komplette resultater	16

Sammendrag

NILU har gjort målinger av flyktige organiske forbindelser (VOC) ved to lokaliteter ved Statsarkivet i Trondheim. Rapporten presenterer og diskuterer måleresultatene ved en lokalitet innendørs (Mag A Red 097) og en lokalitet utendørs ved Statsarkivets lokaler. Målingene presentert og diskutert her er en oppfølging av målinger som ble gjort i desember 2023 (NILU rapport 10/2024).

Formålet med målingene var å undersøke om det var uvanlig forhøyde konsentrasjoner av VOC-gasser i en eller flere av lokalitetene ved Statsarkivet og vurdere hvorvidt VOC kunne være en årsak til ubehag eller risiko i arbeidsmiljøet. Effekten av klimaanlegg/ventilasjon er også vurdert.

I fase 1 av prosjektet ble målingene ved lokalitet 1 (Mag A Red 097) utført i desember 2023, da HVAC-systemet, inkludert ventilasjon, hadde vært stengt ett år, HVAC er forkortelse for **H**eating, **V**entilation, and **A**ir **C**onditioning. I fase 2 ble det kun gjennomført målinger av VOC.

Lokaliteten inne var samme prøvepunkt som i fase 1. Prøvetakingen ble gjort i mai 2024, etter at lokalet hadde hatt mekanisk ventilasjon i seks måneder. Resultatene fra fase 2 viser at totalkonsentrasjonen av VOC, TVOC, hadde gått ned til en tredjedel, fra 403 til 135 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Både i desember 2023 og nå ble det funnet løsemidler, VOC'er som typisk stammer fra forbrenning (f.eks. BTEX-komponentene), samt stoffer med naturlige kilder (eteriske oljer, menneskelig kroppsånding, også parfyme) ved lokalitet 1 innendørs. TVOC-konsentrasjonene som ble funnet (135 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ligger i det nedre del av skiktet med tanke på typiske konsentrasjoner innendørs. Erfaring viser at innendørs konsentrasjoner vanligvis varierer mellom 100 og 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Resultatene fra lokalitet 2 ute ved Statsarkivets lokaler (Tabell 2) gir et bilde av typiske konsentrasjoner utendørs (33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). TVOC-konsentrasjon lik 33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ er karakterisert som lave nivåer. Fra tidligere prosjekter er det kjent at uteluft typisk har TVOC-konsentrasjoner mellom 50 og 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Datasettet utarbeidet i prosjektet (fase 1 og 2) er egnet til videre bruk for å utbedre luftkvalitet, evaluere HMS for de ansatte og effekt av klimaanlegg/ventilasjon, samt eventuelt effekter av stoffene på gjenstandsmaterialer. Det var også et ønske å sammenligne de målte konsentrasjonene med grenseverdier for skade på følsomme kulturarvmaterialer.

Formålet med målingene var å undersøke om det var uvanlig forhøyde konsentrasjoner av gassene i en eller flere av lokalitetene ved Statsarkivet, som kunne være en årsak til ubehag eller risiko i arbeidsmiljøet. Datasettet utarbeidet her er egnet til videre bruk for å utbedre luftkvalitet, evaluere HMS for de ansatte og eventuelt effekter av stoffene på gjenstandsmaterialer. I fase 1 ble de målte konsentrasjonene sammenlignet med grenseverdier for skade på følsomme kulturarvmaterialer.

Måling av gasser i Statsarkivets lokaler i Trondheim

Fase 2 - 2024

1 Innledning – bakgrunn for prosjektet

I desember 2023 gjorde NILU prøvetaking og analyse av maursyre (HCOOH), eddiksyre (CH₃COOH), ammoniakk (NH₃) og flyktige organiske forbindelser (eng. «**V**olatile **O**rganic **C**ompounds», forkortet VOC) ved to ulike lokaliteter ved Statsarkivet i Trondheim. Det ble tatt prøver ved lokasjoner nr. 1: Mag A Red 097, og nr. 2: Mag D Red 101. Resultatene derfra er allerede omtalt i egen rapport (Grøntoft og Håland, NILU rapport 10/2024). I etterkant av disse prøvene var det ønske om en ny runde med prøvetaking og analyse, men da kun av flyktige organiske forbindelser. Også denne gangen er det tatt prøver ved to lokaliteter, én innendørs og én utendørs ved Statsarkivets lokaler i Trondheim. Lokaliteten inne er den samme som ble prøvetatt i desember 2023, da kalt lokalitet 1 Mag A Red 097.

De samlede resultatene fra NILUs målinger er egnet til videre bruk for å utbedre innendørs luftkvalitet, vurdere effekten av ventilasjonsanlegg og evaluere HMS for de ansatte. I tillegg kan målingene indikere hvorvidt VOC-konsentrasjonene kan påvirke gjenstandene og materialene som er lagret i arkivet.

Et av formålene med prosjektet er å teste effekten av klimaanlegg og ventilasjon. Bygget har installert ventilasjon og renseanlegg med blant annet grovreising med kullfilter. Rensing av luft og innendørs ventilasjon vil alltid være en balansegang mellom energiforbruk, reising og luftkvalitet.

2 Måleresultater

Som sagt ble det i runde nr. 2 kun gjort målinger av flyktige organiske forbindelser (VOC) med NILUs velprøvde prøvetakere Tenax^(TM)-rør¹ ved to lokaliteter, én innendørs og én utendørs. Prøvene hang oppe i sju dager, fra 23. til 30. mai.

Den totale konsentrasjonen i luft av flyktige organiske forbindelser (TVOC) ble målt til 135 µg/m³ gitt som toluen-ekvivalenter² ved lokaliteten inne (MAG A, Reol 097) og 33 µg/m³ toluen-ekvivalenter ved lokaliteten ute, se Tabell 1 og Tabell 2 for detaljer der komponentene med de høyeste konsentrasjone er listet opp.

¹ Tenax er et varemerke som betegner en type prøvetaker som er innsatt adsorpsjonsmaterialet Tenax. Adsorpsjon betyr avsetning av kjemiske forbindelser på en flate, men uten kjemisk omdanning av stoffet.

² Mengden av hver komponent angis som om den detekterte mengden i analysen var toluen. Dette er vanlig prosedyre i VOC-analyser. Dette gjøres fordi en på forhånd ikke vet hvilke komponenter en kommer til å finne i prøven. Toluene, C₇H₈, også kalt metylbenzen i IUPAC-nomenklatur, består av en benzen-ring (C₆H₆) hvor et H-atom er byttet ut med en metylgruppe (CH₃).

Tabell 1: Konsentrasjon av de 30 mest forekommende flyktige organiske forbindelser identifisert ved prøvetaking ved Lokasjon 1 Inne, samt antall identifiserte stoffer og totalkonsentrasjonen av VOC (TVOC). Merk at resultatene er hentet direkte fra NILUs systemer og at komponentnavn og mulige kilder derfor er på engelsk. Enhet konsentrasjon: $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Komponentnavn	CAS#	Formel	Konsentrasjon $\mu\text{g}/\text{m}^3$
TVOC (totalt 190 identifiserte stoffer)			134,96
3-Furaldehyde	498-60-2	C5H4O2	15,86
a-Pinene	80-56-8	C10H16	7,58
Toluene	108-88-3	C7H8	6,17
Benzene, 1,3-dimethyl-	106-42-3	C8H10	5,50
Hexanal	66-25-1	C6H12O	4,07
Cyclotrisiloxane, hexamethyl-	541-05-9	C6H18O3Si3	4,00
Acetone	67-64-1	C3H6O	3,84
3-Carene	13466-78-9	C10H16	3,82
Benzaldehyde	100-52-7	C7H6O	3,71
Butane, 2-methyl-	78-78-4	C5H12	3,28
1-Butanol	71-36-3	C4H10O	2,94
2-Ethylhexanol	104-76-7	C8H18O	2,68
Dodecane	112-40-3	C12H26	2,09
Nonanal	124-19-6	C9H18O	2,02
4-Cyanocyclohexene	100-45-8	C7H9N	1,98
Cyclotetrasiloxane, octamethyl-	556-67-2	C8H24O4Si4	1,91
Benzene, 1,2,4-trimethyl-	95-63-6	C9H12	1,76
Tridecane	629-50-5	C13H28	1,66
Pentane	109-66-0	C5H12	1,56
Acetic acid, methyl ester	79-20-9	C3H6O2	1,51
Undecane	1120-21-4	C11H24	1,30
Pentane, 2-methyl-	107-83-5	C6H14	1,28
Hexadecane	544-76-3	C16H34	1,23
Ethylbenzene	100-41-4	C8H10	1,22
2,2,4-Trimethyl-1,3-pentandiol diisobutyrate	6846-50-0	C16H30O4	1,17
Tetradecane	629-59-4	C14H30	1,16
Pentanal	110-62-3	C5H10O	1,15
Formamide, N,N-dibutyl-	761-65-9	C9H19NO	1,12
Cyclohexane	110-82-7	C6H12	1,11
Pentadecane	629-62-9	C15H32	1,02

Her er nevnt de 30 stoffene med høyest konsentrasjon, det vil si alle stoffer med konsentrasjon høyere enn $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Lokalitet 1 (Tabell 1) innendørs er undersøkt i begge rundene. Fra forrige runde til denne runde nr. 2 har konsentrasjonen gått ned fra 403 til 135 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, altså redusert til en tredjedel. Fra tidligere målinger i innemiljø er det kjent at inneluft typisk har en konsentrasjon mellom 100 og 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Så 135 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ som ble målt nå er i det nedre del av skiktet med tanke på typiske konsentrasjoner. Resultatene fra lokalitet 2 ute (Tabell 2) gir et bilde av typiske konsentrasjoner utendørs (33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). VOC-konsentrasjoner lik 33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ er karakterisert som lave nivåer. Fra tidligere prosjekter er det kjent at uteluft typisk har konsentrasjoner mellom 50 og 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tabell 2: *Konsentrasjon av de 7 mest forekommende flyktige organiske forbindelser identifisert ved prøvetaking ved Lokasjon 2 Ute, det vil si alle med konsentrasjon høyere enn 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, samt antall identifiserte stoffer og totalkonsentrasjonen av VOC (TVOC). Enhet konsentrasjon: $\mu\text{g}/\text{m}^3$.*

Komponentnavn ¹⁾	CAS#	Formel	Konsentrasjon $\mu\text{g}/\text{m}^3$
TVOC (totalt 102 identifiserte stoffer)			33,2
Acetophenone	98-86-2	C8H8O	4,27
Benzaldehyde	100-52-7	C7H6O	3,66
Phenacylidene diacetate	5062-30-6	C12H12O5	2,61
Benzene, 1,3-dimethyl-	108-38-3	C8H10	1,39
Toluene	108-88-3	C7H8	1,34
Phenol	108-95-2	C6H6O	1,32
Dodecane	112-40-3	C12H26	1,26

1) Merk at resultatene er hentet direkte fra NILUs systemer og at komponentnavn derfor er på engelsk.

3 Diskusjon rundt resultatene

Målingene ved lokalitet 1 (Mag A Red 097) i desember 2023 ble gjort i en periode da HVAC-systemet inkludert ventilasjon hadde vært stengt et år. HVAC er forkortelse for **H**eating, **V**entilation, and **A**ir **C**onditioning. Dette var en del av et pilotprosjekt for å finne mer bærekraftige måter å styre klimaforholdene i magasinene. Magasinene ved Statsarkivet i Trondheim er plassert i DORA, en gammel bunker/tysk ubåtbase med vegger på 3 meters tykkelse og Statsarkivet ønsket å se hvor mye bygget kunne yte uten klimaanlegg på. Derfor var anlegget slått av i en lengre periode der det også ble gjort målinger av luftkvalitet innendørs, igjen se NILU rapport 10/2024 med målinger av maursyre, eddiksyre, ammoniakk og VOC'er. I perioden da ventilasjonsanlegget var stengt opplevde de ansatte dårlige forhold spesielt i en av sonene til magasinene og medarbeidere meldte om hodepine og andre plager etter at de hadde oppholdt seg i rommet en stund. Dette var bakgrunnen for målingene som ble gjort i desember 2023 (NILU rapport 10/2024) og der NILU fant totalkonsentrasjon av VOC lik 403 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. De ansatte har ikke visst om klimaanlegget har stått på eller om det har vært avslått. Slik sett er de ansattes observasjoner upåvirket av dette og det er ingen placeboeffekt.

I januar 2024, det vil si etter at NILU hadde analysert prøvene, ble klimaanlegget skrudd på igjen inkludert ventilasjon. Da ble det rapportert om færre klager på dårlig inneluft fra de ansatte.

Neste steg i prosessen var å skru av HVAC-systemet igjen for å sjekke om en hybridstyring med passivt klima i sommersesongen var mulig. Dette ble gjort i juni, men først ble det gjort en ny runde med prøvetaking ved lokalitet 1 (Mag A Red 097), samt utendørs (denne rapporten). Motivet var å sjekke om nivåene på lokalitet nr. 1 hadde gått ned etter at lokalet hadde hatt mekanisk ventilasjon i seks måneder. Som tidligere diskutert så hadde nivået av TVOC gått ned til en tredjedel, fra 403 til 135 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Etter å ha gjennomført en runde nr. 2 med prøvetaking ble HVAC-systemet igjen slått av i juni og allerede i september har brukere av dette magasinet begynt å rapportere om dårlig luftkvalitet. Da ble ventilasjonen skrudd på, denne kan styres separat av HVAC. Ventilasjonen må uansett være på siden den naturlige ventilasjonen i magasinområdet ikke er tilstrekkelig.

Tabell 3 angir typiske kilder for VOC'ene som ble funnet ved lokaliteten inne. Både i desember 2023 og nå ble det funnet løsemidler, VOC'er som typisk stammer fra forbrenning (eks. BTEX-komponentene), samt stoffer med naturlige kilder (eteriske oljer, menneskelig kroppsånding, også parfyme). Det at det ble funnet BTEX-komponenter som stammer fra forbrenning tyder på at det også er innblanding av luft utenfra. Dette understøttes av at de ansatte kjenner lukt i magasinene når det gjøres arbeid utenfor på taket eller ved siden av bygget.

Det er rapportert at det har foregått rehabilitering med nytt arkiv på taket, samt at det mer eller mindre foregår kontinuerlig rehabilitering med bygging og maling i bygget. Dette kan gi opphav til endel av stoffene som er detektert ved lokalitet 1.

Tabell 3: *Typiske kilder for de mest forekommende VOC'ene funnet i Statsarkivets lokaler i Trondheim. Se Tabell 1 og Tabell 2 for konsentrasjoner. Opplysningene er hentet direkte fra NILUs systemer og komponentnavn og mulige kilder derfor er på engelsk.*

Komponentnavn	Konsentrasjon $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Typiske kilder
3-Furaldehyde	15,86	Solvent, natural in Norwegian spruce and honey
a-Pinene	7,58	Natural monoterpene found in plants and essential oils, wood panels (pine, spruce)
Toluene	6,17	BTEX. Combustion engines (cars, boats, generators). Human volatile.
Benzene, 1,3-dimethyl-	5,50	BTEX. Combustion engines (cars, boats, generators). Human volatile.
Hexanal	4,07	Flavouring. Fragrance. Natural occurring.
Cyclotrisiloxane, hexamethyl-	4,00	D3-siloxane. Used in personal care products
Acetone	3,84	Solvent. Human/animal breath
3-Carene	3,82	Fruits, cannabis, household cleaners. Human volatile, Wood panels (pine, spruce)
Benzaldehyde	3,71	Many natural and industrial sources. Human volatile.
Butane, 2-methyl-	3,28	Petroleum, gasoline, body care products, caulk/sealant
1-Butanol	2,94	Biomass, foods, drinks. Human volatile.
2-Ethylhexanol	2,68	Solvents, fragrances, flavors, Mold/fungi, degradation of DEHP
Dodecane	2,09	Solvent, fuel, plant metabolite (ginger), chamomile tea
Nonanal	2,02	Perfumes, natural oils. Human volatile.
4-Cyanocyclohexene	1,98	Human volatile (skin), plastic (ABS)
Cyclotetrasiloxane, octamethyl-	1,91	D4-siloxane. Cosmetics, personal care products
Benzene, 1,2,4-trimethyl-	1,76	Perfumes, dyes, resins, gasoline additive. Human volatile.
Tridecane	1,66	Body hygiene, perfume. Human volatile.
Pentane	1,56	Fuel component, lamp oil/lighter fluid, building materials
Acetic acid, methyl ester	1,51	Glues. Office supplies, heavy duty cleaner. Human volatile.
Undecane	1,30	Personal care products. Human volatile.
Pentane, 2-methyl-	1,28	Glue, office supplies, building materials, human volatile
Hexadecane	1,23	Building materials, foods, perfumes, diesel
Ethylbenzene	1,22	BTEX. Combustion engines (cars, boats, generators)
2,2,4-Trimethyl-1,3-pentanediol diisobutyrate	1,17	Plasticizer, surfactant, vinyl floors, Microbial, PVC-additive, adhesives, flooring, coalescing agent
Tetradecane	1,16	Fragrance. Perfume. Solvent
Pentanal	1,15	Perfumes, flavouring agent
Formamide, N,N-dibutyl-	1,12	Human volatile (breast milk)
Cyclohexane	1,11	Solvent, lamp oil/lighterfluid, office supplies, glue, adhesives, Human volatile
Pentadecane	1,02	Plant- and animal metabolite, Vanilla, beetles?
Styrene	1,00	Plastic, binding agent, coffee beans, cinnamon, peanuts

2-Butanone	0,96	Human volatile
Benzene, 1-ethyl-4-methyl-	0,96	Plastics (polystyrene)
2-Propanol, 1-methoxy-	0,93	Glycol ether (PGME). Solvent. Antifreeze. Paints/coatings

4 Akseptkriterier for innendørs luftkvalitet

Det finnes ingen etablerte grenseverdier for innendørs luftkvalitet på samme måte som det finnes grenseverdier for omgivelsesluft³. Det er etablert grenseverdier for arbeidsatmosfære⁴, men disse verdiene er relativt høye og er ikke egnet for generell inneluft.

Britiske helsemyndigheter har utarbeidet retningslinjer for VOC i innendørsluft⁵. De målte konsentrasjonene ved Statsarkivet ligger lavere enn verdiene i retningslinjene fra britiske myndigheter.

5 Andre faktorer i arbeidsmiljøet som kan gi de ansatte ubehag

I denne studien er konsentrasjonene av flyktige organiske forbindelser undersøkt. Det er også andre faktorer som kan gi dårlig luftkvalitet innendørs og noe punkter tas med her.

- 1) Utslipp av gasser fra printere/kopimaskiner og i serverrom. Eksempel på dette er dannelse og utslipp av ozon (O₃) fra visse typer laserskrivere og noen typer kopimaskiner. Ozon er ikke målt i dette prosjektet.
- 2) I trange rom med begrenset ventilasjon der det oppholder seg mange mennesker vil konsentrasjonene av karbonmonoksid (CO), karbondioksid (CO₂) og vanddamp (H₂O) stige. Alle disse tre gassene dannes i respirasjonen og finnes i utpust fra mennesker. Ved høye konsentrasjoner av disse føles luften «dårlig» og arbeidstagerne blir tunge i hodet, slappe m.m. Det kan også nevnes at mennesker selv ofte er en kilde til VOC. Målinger utført i boligmiljø og arbeidsmiljø viser at en av de viktigste kildene til VOC er parfyme, såper/shampoo og rengjøringsmidler, se Tabell 3 som angir typiske kilder for VOC'ene som ble funnet ved lokaliteten inne.
- 3) Støv og støvpartikler kan også forårsake dårlig luftkvalitet ved høye konsentrasjoner. Dette krever en annen type prøvetaking, enten ved kontinuerlig målinger i lokalene for å finne konsentrasjon av støv, eller ved prøvetaking i lokalene og deretter analyse på laboratorium for å finne hvilken type partikler som finnes i innemiljøet.
- 4) Tørr luft. Tørr luft / lav relativ fuktighet skyldes ofte store forskjeller i temperatur inne og utenfor bygningen. Når luften ute kjøles ned, felles fuktigheten i luften ut som frost. Når den kalde luften, som nå også er svært tørr, transporteres inn i en bygning hvor det er normal romtemperatur, vil den kalde luften

³ Se Forskrift om begrensnings av forurensning (forurensningsforskriften) Del 3. Lokal luftkvalitet, nettsadresse: https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-06-01-931/KAPITTEL_3#KAPITTEL_3 [besøkt 11. november 2024]

⁴ Forskrift om tiltaksverdier og grenseverdier for fysiske og kjemiske faktorer i arbeidsmiljøet samt smitterisikogrupper for biologiske faktorer (forskrift om tiltaks- og grenseverdier), nettsadresse: https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2011-12-06-1358#KAPITTEL_8 [besøkt 11. november 2024]

⁵ Public Health England: Indoor Air Quality Guidelines for selected Volatile Organic Compounds (VOCs) in the UK https://assets.publishing.service.gov.uk/media/5d7a2912ed915d522e4164a5/VO_statement_Final_12092019_CS_1_.pdf [besøkt 11. november 2024]

varmes opp og utvide seg. Da vil den oppvarmede luften tiltrekke seg fuktighet fra omgivelsene innendørs og «suger» til seg fuktighet fra vegger, gulv, inventar, planter og mennesker. Mange vil oppleve dette som en helseutfordring med rødarget, tørr hud og kløe. Dette kan også gi problemer for allergikere, astmatikere og andre som har en form for luftveisproblematikk. Slik forholdene ved Statsarkivet er beskrevet holdes luftfuktigheten rundt 48-52% RH. Dette er ideelt med tanke på trivsel. Så tørr luft er ikke en negativ faktor med tanke på innemiljø her.

6 Bevaring av kulturminner

NILU har tidligere hatt flere EU-prosjekter der tema har vært bevaring av kulturminner. Memori-prosjektet ble ledet av NILU (se <https://memori.nilu.no>, besøkt 11. november 2024) og der ble det utviklet ulike verktøy for å måle og vurdere gassers påvirkning på kulturminner og nedbrytning av disse, da spesielt i museer og samlinger. Blant annet ble det laget en enkelt vurderingskalkulator der brukere kan legge inn konsentrasjoner av nitrogendioksid (NO₂), ozon (O₃), maursyre (HCOOH) og eddiksyre (CH₃COOH), samt temperatur (°C) og UV (mW/m², dog ofte satt til 0 innendørs i beskyttende rom). Hvilke materialer som studeres må også angis, eks. metaller, tekstiler, papir, treverk etc. Memori-modulen regner så ut faren for nedbrytning av kulturminner og gir fargekode grønn, gul eller rød som angir faregrad med tanke på nedbrytning.

I fase 1 av prosjektet ble det gjort prøvetaking og analyse av prøvetaking og analyse av maursyre (HCOOH), eddiksyre (CH₃COOH), ammoniakk (NH₃) og flyktige organiske forbindelser (VOC) med passive prøvetakere. Om ønskelig kan NILU foreta ytterligere prøvetaking og analyse av nitrogendioksid (NO₂) og ozon (O₃) slik at den forenklete Memori-modulen kan benyttes i vurderingen av innemiljøets påvirkning på kulturminnene som er lagret i Statsarkivet.

7 Oppsummering og konklusjon

Denne rapporten viser og diskuterer resultatene fra målinger av flyktige organiske forbindelser (VOC) ved en lokalitet innendørs (Mag A Red 097) og en lokalitet utendørs ved Statsarkivets lokaler i Trondheim. Målingene presentert og diskutert her er en oppfølging av målinger som ble gjort i desember 2023 (NILU rapport 10/2024). Formålet med målingene var å undersøke om det var uvanlig forhøyde konsentrasjoner av VOC-gasser i en eller flere av lokalitetene ved Statsarkivet og vurdere hvorvidt VOC kunne være en årsak til ubehag eller risiko i arbeidsmiljøet. Effekten av klimaanlegg/ventilasjon er også vurdert.

I fase 1 av prosjektet ble målingene ved lokalitet 1 (Mag A Red 097) gjort i desember 2023 da HVAC-systemet inkludert ventilasjon hadde vært stengt et år, HVAC er forkortelse for **H**eating, **V**entilation, and **A**ir **C**onditioning. I fase 2 ble det kun gjort målinger av VOC.

Lokaliteten inne var samme prøvepunkt som i fase 1. Prøvetakingen ble gjort i mai måned etter at at lokalet hadde hatt mekanisk ventilasjon i seks måneder. Resultatene fra fase 2 viser at totalkonsentrasjonen av VOC, TVOC, hadde gått ned til en tredjedel, fra 403 til 135 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Både i desember 2023 og nå ble det funnet løsemidler, VOC'er som typisk stammer fra forbrenning (eks. BTEX-komponentene), samt stoffer med naturlige kilder (eteriske oljer, menneskelig kroppsånding, også parfyme) ved lokalitet 1 innendørs. TVOC-konsentrasjonene som ble funnet (135 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) er i det nedre del av skiktet med tanke på typiske konsentrasjoner innendørs. Erfaringsmessig ligger konsentrasjoner innendørs mellom 100 og 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Resultatene fra lokalitet 2 ute (Tabell 2) gir et bilde av typiske konsentrasjoner utendørs ved Statsarkivets lokaler (33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). TVOC-konsentrasjon lik 33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ er karakterisert som lave nivåer. Fra tidligere prosjekter er det kjent at uteluft typisk har TVOC-konsentrasjoner mellom 50 og 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Datasettet utarbeidet i prosjektet (fase 1 og 2) er egnet til videre bruk for å utbedre luftkvalitet, evaluere HMS for de ansatte og effekt av klimaanlegg/ventilasjon, samt eventuelt effekter av stoffene på gjenstandsmaterialer. I fase 1 ble de målte konsentrasjonene sammenlignet med grenseverdier for skade på følsomme kulturarmaterialer.

8 Referanseliste

Grøntoft, T., Håland, A. (2024). Måling av gasser i Statsarkivets lokaler i Trondheim (NILU rapport 10/2024). Kjeller: NILU. Nedlastbar fra: <https://hdl.handle.net/11250/3122863> [besøkt 11. november 2024]

Vedlegg A

Komplette resultater

Tabell 1 - fullstendig versjon: Konsentrasjon av alle flyktige organiske forbindelser identifisert ved prøvetaking ved Lokasjon 1 Inne, samt antall identifiserte stoffer og totalkonsentrasjonen av VOC (TVOC).

Komponentnavn	CAS#	Formel	Konsentrasjon µg/m ³
TVOC (190 identifiserte stoffer)			134,96
3-Furaldehyde	498-60-2	C5H4O2	15,864
a-Pinene	80-56-8	C10H16	7,581
Toluene	108-88-3	C7H8	6,174
Benzene, 1,3-dimethyl-	106-42-3	C8H10	5,499
Hexanal	66-25-1	C6H12O	4,065
Cyclotrisiloxane, hexamethyl-	541-05-9	C6H18O3Si3	4,003
Acetone	67-64-1	C3H6O	3,842
3-Carene	13466-78-9	C10H16	3,824
Benzaldehyde	100-52-7	C7H6O	3,712
Butane, 2-methyl-	78-78-4	C5H12	3,281
1-Butanol	71-36-3	C4H10O	2,943
2-Ethylhexanol	104-76-7	C8H18O	2,68
Dodecane	112-40-3	C12H26	2,091
Nonanal	124-19-6	C9H18O	2,02
4-Cyanocyclohexene	100-45-8	C7H9N	1,984
Cyclotetrasiloxane, octamethyl-	556-67-2	C8H24O4Si4	1,905
Benzene, 1,2,4-trimethyl-	95-63-6	C9H12	1,755
Tridecane	629-50-5	C13H28	1,66
Pentane	109-66-0	C5H12	1,564
Acetic acid, methyl ester	79-20-9	C3H6O2	1,506
Undecane	1120-21-4	C11H24	1,297
Pentane, 2-methyl-	107-83-5	C6H14	1,281
Hexadecane	544-76-3	C16H34	1,23
Ethylbenzene	100-41-4	C8H10	1,215
2,2,4-Trimethyl-1,3-pentandiol diisobutyrate	6846-50-0	C16H30O4	1,172
Tetradecane	629-59-4	C14H30	1,16
Pentanal	110-62-3	C5H10O	1,15
Formamide, N,N-dibutyl-	761-65-9	C9H19NO	1,123
Cyclohexane	110-82-7	C6H12	1,11
Pentadecane	629-62-9	C15H32	1,018
Styrene	100-42-5	C8H8	0,997
2-Butanone	78-93-3	C4H8O	0,962
Benzene, 1-ethyl-4-methyl-	622-96-8	C9H12	0,958
2-Propanol, 1-methoxy-	107-98-2	C4H10O2	0,928
Naphthalene	91-20-3	C10H8	0,926

Decane	124-18-5	C10H22	0,889
β-Pinene	127-91-3	C10H16	0,887
Cyclopentasiloxane, decamethyl-	541-02-6	C10H30O5Si5	0,882
Heptadecane	629-78-7	C17H36	0,87
Methyltartronic acid	595-98-2	C4H6O5	0,844
D-Limonene	5989-27-5	C10H16	0,843
Octanal	124-13-0	C8H16O	0,829
Heptane	142-82-5	C7H16	0,798
Heptanal	111-71-7	C7H14O	0,773
Silanol, trimethyl-	1066-40-6	C3H10OSi	0,754
1,2-Benzenedicarboxylic acid, bis(2-methylpropyl) ester	84-69-5	C16H22O4	0,724
Hydrogen isocyanate	75-13-8	CHNO	0,683
1H-Indene, 2,3-dihydro-1,1,3-trimethyl-3-phenyl-	3910-35-8	C18H20	0,682
Propanoic acid, 2-methyl-, 3-hydroxy-2,2,4-trimethylpentyl ester	77-68-9	C12H24O3	0,681
Oxalic acid, allyl ethyl ester	1000309-22-8	C7H10O4	0,646
Phenol	108-95-2	C6H6O	0,645
1,1,1,3,3-Pentafluorobutane	406-58-6	C4H5F5	0,628
Cyclopentane, 1-hexyl-3-methyl-	61142-68-5	C12H24	0,625
Dibutyl phthalate	84-74-2	C16H22O4	0,586
Pentane, 3-methyl-	96-14-0	C6H14	0,565
1-Pentanol	71-41-0	C5H12O	0,551
Ethanol, 2-butoxy-	111-76-2	C6H14O2	0,538
Decanal	112-31-2	C10H20O	0,537
Acetophenone	98-86-2	C8H8O	0,53
Isopropyl Alcohol	67-63-0	C3H8O	0,519
Mesitylene	108-67-8	C9H12	0,512
2,6-Diisopropylnaphthalene	24157-81-1	C16H20	0,503
Benzene	71-43-2	C6H6	0,5
1-Propanol, 2-methyl-	78-83-1	C4H10O	0,495
Isopropylbenzene	98-82-8	C9H12	0,466
Undecane, 3,6-dimethyl-	17301-28-9	C13H28	0,454
n-Hexane	110-54-3	C6H14	0,449
Cyclohexane, methyl-	108-87-2	C7H14	0,413
Ethanedioic acid, dibutyl ester	2050-60-4	C10H18O4	0,383
trans-4a-Methyl-decahydronaphthalene	2547-27-5	C11H20	0,379
Cyclopentane, methyl-	96-37-7	C6H12	0,374
3-Phenylpropyl benzoate	60045-26-3	C16H16O2	0,368
Naphthalene, decahydro-	91-17-8	C10H18	0,361
Hexane, 2-methyl-	591-76-4	C7H16	0,36
p-Cymene	99-87-6	C10H14	0,358

Isopropylbenzene	98-82-8	C9H12	0,355
2-Propanol, 1-ethoxy-	1569-02-4	C5H12O2	0,354
Octane	111-65-9	C8H18	0,352
(2-Aziridinyethyl)amine	4025-37-0	C4H10N2	0,349
Acetic acid ethenyl ester	108-05-4	C4H6O2	0,342
Octadecane	593-45-3	C18H38	0,338
Undecane, 2,6-dimethyl-	17301-23-4	C13H28	0,337
DEP / Diethyl phthalate	84-66-2	C12H14O4	0,337
Furan, 2-pentyl-	3777-69-3	C9H14O	0,335
Pentadecane	629-62-9	C15H32	0,33
2,6-Diisopropylnaphthalene	24157-81-1	C16H20	0,324
2-Heptanone	110-43-0	C7H14O	0,319
Tridecane, 6-methyl-	13287-21-3	C14H30	0,316
Benzene, 1,2,3-trimethyl-	526-73-8	C9H12	0,308
Naphthalene, 2-methyl-	91-57-6	C11H10	0,3
Nonane, 2,6-dimethyl-	17302-28-2	C11H24	0,299
Dodecyl octyl ether	1000406-38-4	C20H42O	0,296
Sulfurous acid, 2-ethylhexyl hexyl ester	1000309-20-2	C14H30O3S	0,277
2,6-Diisopropylnaphthalene	24157-81-1	C16H20	0,263
Ethanol, 2-phenoxy-	122-99-6	C8H10O2	0,24
Farnesan	3891-98-3	C15H32	0,233
Methane, isocyanato-	624-83-9	C2H3NO	0,228
Undecane, 3-methyl-	1002-43-3	C12H26	0,225
Nonane	111-84-2	C9H20	0,22
Cyclopentane	287-92-3	C5H10	0,216
Ethanone, 1-(2-furanyl)-	1192-62-7	C6H6O2	0,211
2(3H)-Furanone, 5-ethylidihydro-	695-06-7	C6H10O2	0,204
n-Nonylcyclohexane	359071	C15H30	0,202
Butanoic acid, 3-methyl-, 3-methylbutyl ester	659-70-1	C10H20O2	0,199
Pentane, 2,3,4-trimethyl-	565-75-3	C8H18	0,198
Benzothiazole	95-16-9	C7H5NS	0,196
Undecane, 6,6-dimethyl-	17312-76-4	C13H28	0,188
trans-4a-Methyl-decahydronaphthalene	2547-27-5	C11H20	0,183
2-Octanone	111-13-7	C8H16O	0,182
Cyclohexane, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-, trans-	1678-82-6	C10H20	0,182
Sulfurous acid, butyl tridecyl ester	1000309-18-0	C17H36O3S	0,182
2,6-Diisopropylnaphthalene	24157-81-1	C16H20	0,177
Decane, 5-methyl-	13151-35-4	C11H24	0,174
Methyl Isobutyl Ketone	108-10-1	C6H12O	0,172
2-Methylnaphthalene	91-57-6	C11H10	0,169
Benzene, (1-butylheptyl)-	4537-15-9	C17H28	0,165

Benzene, 1-ethyl-2,4-dimethyl-	874-41-9	C10H14	0,162
Camphor	76-22-2	C10H16O	0,161
Octane, 6-ethyl-2-methyl-	62016-19-7	C11H24	0,159
2-Cyclopropen-1-one, 2,3-diphenyl-	886-38-4	C15H10O	0,152
Decane, 2,3,5-trimethyl-	62238-11-3	C13H28	0,149
2-Pentanone	107-87-9	C5H10O	0,145
o-Cymene	527-84-4	C10H14	0,138
(Z)-(Z)-Hex-3-en-1-yl 2-methylbut-2-enoate	84060-80-0	C11H18O2	0,134
Benzene, (1-ethylnonyl)-	4536-87-2	C17H28	0,132
2-Propanol, 1-(2-methoxy-1-methylethoxy)-	20324-32-7	C7H16O3	0,126
Butane, 2,2-dimethyl-	75-83-2	C6H14	0,126
Propanal, 2-methyl-	78-84-2	C4H8O	0,122
3-Methylpentadecane	2882-96-4	C16H34	0,122
Decane, 3-ethyl-3-methyl-	17312-66-2	C13H28	0,119
Naphthalene, 1,4-dimethyl-	571-58-4	C12H12	0,119
3,3-Dimethylbutane-2-ol	464-07-3	C6H14O	0,119
Biphenyl	92-52-4	C12H10	0,118
Dodecane, 5-methyl-	17453-93-9	C13H28	0,117
Proline, 2-methyl-5-oxo-, methyl ester	56145-24-5	C7H11NO3	0,115
Decane, 3,3,4-trimethyl-	49622-18-6	C13H28	0,115
Propanal	123-38-6	C3H6O	0,114
Octane, 2,4,6-trimethyl-	62016-37-9	C11H24	0,114
2-Hexanone	591-78-6	C6H12O	0,114
Naphthalene, 1,2-dimethyl-	573-98-8	C12H12	0,113
2-Pentanone	107-87-9	C5H10O	0,113
2H-Tetrazole, 2-methyl-	16681-78-0	C2H4N4	0,112
Cyclobutane, butyl-	13152-44-8	C8H16	0,109
Pentane, 2,3-dimethyl-	565-59-3	C7H16	0,109
Bicyclo[2.2.1]heptane, 1,3,3-trimethyl-	6248-88-0	C10H18	0,104
2-Propanol, 2-methyl-	75-65-0	C4H10O	0,101
Benzene, tert-butyl-	98-06-6	C10H14	0,1
Dibenzofuran	132-64-9	C12H8O	0,093
Nonane, 4-methyl-	17301-94-9	C10H22	0,093
Benzene, 1,2,4,5-tetramethyl-	95-93-2	C10H14	0,089
Benzene, (1-pentylheptyl)-	2719-62-2	C18H30	0,085
Methylene chloride	75-09-2	CH2Cl2	0,084
Benzene, (1-methylethyl)-	98-82-8	C9H12	0,082
Borinic acid, diethyl-	4426-31-7	C4H11BO	0,081
Propane, 1,2-dichloro-	78-87-5	C3H6Cl2	0,077
Nonane, 3-methyl-	1465084	C10H22	0,074
Cyclobutane, 1,1,2,3,3-pentamethyl-	57905-86-9	C9H18	0,073

Cyclopentane, 1,3-dimethyl-	2453-00-1	C7H14	0,071
Benzene, 1,2,4,5-tetramethyl-	95-93-2	C10H14	0,07
Butane, 1-isocyano-	2769-64-4	C5H9N	0,07
Acenaphthene	83-32-9	C12H10	0,065
Pentane, 2,2-dimethyl-	590-35-2	C7H16	0,064
Furan, 3-methyl-	930-27-8	C5H6O	0,06
Hexane, 2,5-dimethyl-	592-13-2	C8H18	0,057
1,4-Pentadiene	591-93-5	C5H8	0,057
Carbon Tetrachloride	56-23-5	CCl4	0,056
Propane, 2-ethoxy-2-methyl-	637-92-3	C6H14O	0,054
Benzene, 4-ethenyl-1,2-dimethyl-	27831-13-6	C10H12	0,049
Naphthalene, 1,2-dimethyl-	573-98-8	C12H12	0,048
Cyanic acid, ethyl ester	627-48-5	C3H5NO	0,046
Furan	110-00-9	C4H4O	0,046
Isobutyl acetate	110-19-0	C6H12O2	0,045
Furan, 2,5-dihydro-	1708-29-8	C4H6O	0,044
Formic acid, ethenyl ester	692-45-5	C3H4O2	0,044
Ethane, 1,1,2-trichloro-1,2,2-trifluoro-	76-13-1	C2Cl3F3	0,043
Naphthalene, 1,4,6-trimethyl-	2131-42-2	C13H14	0,043
Phthalic acid, 2,6-dimethoxyphenyl methyl ester	1010315-74-1	C17H16O6	0,038
Cyclohexane, 1-bromo-4-methyl-	6294-40-2	C7H13Br	0,037
Sulfur dioxide	2025884	O2S	0,036
Benzene, 1-methyl-3-(1-methylethyl)-	535-77-3	C10H14	0,035
Trichloromethane	67-66-3	CHCl3	0,033
5H-Tetrazol-5-amine	1000273-02-0	CH3N5	0,033
3-Pentanone, 2-methyl-	565-69-5	C6H12O	0,032
Oxalic acid, butyl isobutyl ester	1000309-36-9	C10H18O4	0,031
3-Pentanone	96-22-0	C5H10O	0,026
1-Ethyl-3-methylcyclohexane (c,t)	3728-55-0	C9H18	0,026
Cyclopropane	75-19-4	C3H6	0,021
1-Pentanone, 1-(1H-imidazol-4-yl)-	69393-15-3	C8H12N2O	0,02
Ethene, chloro-	75-01-4	C2H3Cl	0,019
Benzene, 1,4-diethyl-	105-05-5	C10H14	0,016

Tabell 2 - fullstendig versjon: Konsentrasjon av alle flyktige organiske forbindelser identifisert ved prøvetaking ved Lokasjon 2 Ute, samt antall identifiserte stoffer og totalkonsentrasjonen av VOC (TVOC).

Komponentnavn	CAS#	Formel	Konsentrasjon µg/m ³
TVOC (102 identifiserte stoffer)			33,237
Acetophenone	98-86-2	C8H8O	4,273
Benzaldehyde	100-52-7	C7H6O	3,66
Phenacylidene diacetate	5062-30-6	C12H12O5	2,608
Benzene, 1,3-dimethyl-	108-38-3	C8H10	1,388
Toluene	108-88-3	C7H8	1,337
Phenol	108-95-2	C6H6O	1,32
Dodecane	112-40-3	C12H26	1,26
Nonanal	124-19-6	C9H18O	0,937
4-Cyanocyclohexene	100-45-8	C7H9N	0,857
2-Propanol, 1-ethoxy-	1569-02-4	C5H12O2	0,67
.alpha.-Pinene	80-56-8	C10H16	0,669
Tridecane	629-50-5	C13H28	0,615
Hexane, 3-methyl-	589-34-4	C7H16	0,549
Pentane, 2-methyl-	107-83-5	C6H14	0,538
2,2,4-Trimethyl-1,3-pentandiol diisobutyrate	6846-50-0	C16H30O4	0,491
Benzeneacetaldehyde	122-78-1	C8H8O	0,476
Hexanal, 2,2-dimethyl-	996-12-3	C8H16O	0,458
1-Propanone, 3-chloro-1-phenyl-	936-59-4	C9H9ClO	0,442
Acetone	67-64-1	C3H6O	0,382
Cyclohexane	110-82-7	C6H12	0,375
Cyclohexane, methyl-	108-87-2	C7H14	0,362
1-Hexanol	111-27-3	C6H14O	0,349
Phenylmaleic anhydride	36122-35-7	C10H6O3	0,337
Undecane	1120-21-4	C11H24	0,337
Benzene, 1,2,4-trimethyl-	95-63-6	C9H12	0,333
1,2-Benzenedicarboxylic acid, bis(2-methylpropyl) ester	84-69-5	C16H22O4	0,322
Phthalic anhydride	85-44-9	C8H4O3	0,321
Ethylbenzene	100-41-4	C8H10	0,308
Benzene	71-43-2	C6H6	0,3
Dodecane, 4,6-dimethyl-	61141-72-8	C14H30	0,269
2-Ethylhexanol	104-76-7	C8H18O	0,251
Benzophenone	119-61-9	C13H10O	0,23
Pentane, 3-methyl-	96-14-0	C6H14	0,22
Butane, 2-methyl-	78-78-4	C5H12	0,204
Tetradecane	629-59-4	C14H30	0,196

Benzene, 1-ethyl-4-methyl-	622-96-8	C9H12	0,195
Silanol, trimethyl-	1066-40-6	C3H10OSi	0,194
Octanal	124-13-0	C8H16O	0,193
1,3-Benzenediol, monobenzoate	136-36-7	C13H10O3	0,192
(S)-(+)-1,2-Propanediol	4254-15-3	C3H8O2	0,19
n-Hexane	110-54-3	C6H14	0,189
Hexane, 2-methyl-	591-76-4	C7H16	0,176
Decyl octyl ether	1000406-38-3	C18H38O	0,157
Undecane, 3-methyl-	1002-43-3	C12H26	0,157
Hexanal	66-25-1	C6H12O	0,155
Undecane, 5,7-dimethyl-	17312-83-3	C13H28	0,153
1,1,1,3,3-Pentafluorobutane	406-58-6	C4H5F5	0,153
Octane	111-65-9	C8H18	0,141
Pentane	109-66-0	C5H12	0,138
Decane	124-18-5	C10H22	0,135
Decanal	112-31-2	C10H20O	0,128
Cyclopentasiloxane, decamethyl-	541-02-6	C10H30O5Si5	0,117
Oxalic acid, diallyl ester	1000309-22-9	C8H10O4	0,111
Benzonitrile	100-47-0	C7H5N	0,11
Dodecane, 2,6,11-trimethyl-	31295-56-4	C15H32	0,105
Formic acid, ethenyl ester	692-45-5	C3H4O2	0,099
Heptanal	111-71-7	C7H14O	0,096
Cyclopentane, methyl-	96-37-7	C6H12	0,093
Dodecane, 5-methyl-	17453-93-9	C13H28	0,092
Benzene, (1-methylethyl)-	98-82-8	C9H12	0,088
Decane, 2,3,5-trimethyl-	62238-11-3	C13H28	0,086
Benzothiazole	95-16-9	C7H5NS	0,085
Benzeneacetonitrile, .alpha.-oxo-	613-90-1	C8H5NO	0,081
Benzene, 1,2,4-trimethyl-	95-63-6	C9H12	0,08
Phenylethyne	536-74-3	C8H6	0,079
Cyclopentane	287-92-3	C5H10	0,077
Nonane	111-84-2	C9H20	0,077
Pentadecanal-	316249	C15H30O	0,075
Undecane, 4-methyl-	2980-69-0	C12H26	0,075
Mesitylene	108-67-8	C9H12	0,075
2-Propenenitrile	107-13-1	C3H3N	0,071
Pentanediamide, N,N'-di-benzoyloxy-	1000253-26-3	C19H18N2O6	0,064
Undecane, 3-methyl-	1002-43-3	C12H26	0,063
Acetic acid, [(1,1-dimethylethyl)thio]-	24310-22-3	C6H12O2S	0,056
Pentanedioic acid, dimethyl ester	1119-40-0	C7H12O4	0,053
Naphthalene	91-20-3	C10H8	0,053

Cyclopentane, 1,3-dimethyl-, cis-	2532-58-3	C7H14	0,052
Pentane, 2,3-dimethyl-	565-59-3	C7H16	0,049
Styrene	100-42-5	C8H8	0,049
Decane, 2,4-dimethyl-	2801-84-5	C12H26	0,049
Ethane, 1,1,2-trichloro-1,2,2-trifluoro-	76-13-1	C2Cl3F3	0,048
Carbon Tetrachloride	56-23-5	CCl4	0,048
Butane, 2,2-dimethyl-	75-83-2	C6H14	0,046
p-Cymene	99-87-6	C10H14	0,044
Heptane, 3,3,4-trimethyl-	20278-87-9	C10H22	0,043
Cyclobutane	287-23-0	C4H8	0,041
Undecane, 4,7-dimethyl-	17301-32-5	C13H28	0,04
(S)-(+)-6-Methyl-1-octanol	110453-78-6	C9H20O	0,039
Sulfur dioxide	2025884	O2S	0,037
2-Pentanone	107-87-9	C5H10O	0,035
Carbon dioxide	124-38-9	CO2	0,033
1,3-Benzenediol, monobenzoate	136-36-7	C13H10O3	0,029
Methylene chloride	75-09-2	CH2Cl2	0,029
Heptane, 2,2,4,6,6-pentamethyl-	13475-82-6	C12H26	0,026
1-Pentanone, 1-(4-methylphenyl)-	1671-77-8	C12H16O	0,026
Diphenyl ether (Diphenyl oxide)	101-84-8	C12H10O	0,023
Methyl vinyl ketone	78-94-4	C4H6O	0,021
Methyl vinyl ketone	78-94-4	C4H6O	0,019
Methyl Isobutyl Ketone	108-10-1	C6H12O	0,018
1-Oxa-3,4-diazacyclopentadiene	288-99-3	C2H2N2O	0,016
2-Methylthiolane, S,S-dioxide	1003-46-9	C5H10O2S	0,014
5H-Tetrazol-5-amine	1000273-02-0	CH3N5	0,012

NILU er et norsk, nonprofit og uavhengig klima- og miljøforskningsinstitutt stiftet i 1969. Vi startet som et luftforskningsinstitutt, men har utvidet til å i dag forske på nær alle sider av hvordan mennesker, klima og miljø påvirker hverandre.

Vårt mål er bedre livskvalitet for alle! Det bidrar vi til gjennom vår forskning på atmosfærens sammensetning, klimaendringer, luftkvalitet, miljøgifter, helseeffekter, bærekraftige systemer, sirkulærøkonomi og digitalisering. Til sammen muliggjør dette bærekraftige løsninger på aktuelle samfunns- og næringslivsutfordringer.

www.nilu.no