



SWEDISH  
ENVIRONMENTAL  
PROTECTION  
AGENCY

# Delprogramsbeskrivning

## Ozonskiktets tjocklek

---



Version 4: 2021-11-19

Programområde: Luft

Författare: Thomas Carlund, SMHI

Ansvarig handläggare: Lars Klintwall, Naturvårdsverket

## 1. Innehåll

1.	Innehåll .....	2
2.	Sammanfattning.....	3
3.	Bakgrund .....	4
4.	Syfte.....	4
5.	Undersökningar som ingår i delprogrammet med övervakningsmanualer samt övriga styrdokument.....	4
5.1.	Övervakningsmanualer (undersökningstyper).....	4
5.2.	Övriga styrdokument.....	5
6.	Utformning av delprogrammet och datainsamling.....	5
6.1.	Val av provtagningspunkter – stationsnät .....	5
6.2.	Data som samlas in av delprogrammet.....	8
6.3.	Information som krävs från andra inventeringar/delprogram .....	8
7.	Resultatredovisning .....	8
7.1.	Tillgängliggörande av insamlad miljöinformation.....	8
7.2.	Offentlig statistik och internationell rapportering.....	8
7.3.	Datavärdskap och tillhandahållande av data .....	9
7.4.	Förväntade dataanvändare.....	9
8.	Kvalitetsarbete.....	9
8.1.	Kvalitetsrutiner.....	9
8.1.1.	Planera .....	9
8.1.2.	Genomföra.....	9
8.1.3.	Utvärdera.....	10
8.1.4.	Förbättra .....	10
9.	Ansvarig organisation och utförare .....	10
10.	Övrigt .....	11
11.	Referenser.....	11
12.	Versionshantering.....	11

## 2. Sammanfattning

<b>Delprogram</b>	<b>Versionsnr</b>	
Ozonskiktets tjocklek	Version 4: 2021-11-19	
<b>Syfte</b>	Övervakning av ozonskiktets tjocklek	
<b>Undersökningar</b>	Markbaserade observationer av ozonskiktets tjocklek (totalozon)	
<b>Stationsnät</b>	Mätningar utförs vid två stationer i Sverige SLU:s försöksområde Svartberget, Vindeln SMHI:s strålningsstation i Norrköping	
<b>Kort beskrivning av vad som mäts</b>	Totalozonet beräknas från mätdata av solens UV-strålning vid ett antal våglängder uppmätt med s.k. spektrofotometer	
<b>Styrdokument</b>	<b>Övervakningsmanual (undersökningstyp)</b>	Totalozon
	<b>Övriga styrdokument</b>	Wienkonventionen Montrealprotokollet 1987 (och dess efterföljare)
<b>Underlag till nationella miljömålsindikatorer</b>	Ozonskiktets tjocklek, UV-strålning, Hudcancerfall.	
<b>Dataleveranser</b>	<b>Nationell eller internationell rapportering</b>	
	<a href="https://www.smhi.se/data/meteorologi/ozon">https://www.smhi.se/data/meteorologi/ozon</a> World ozone and UV data centre (WOUDC) European Brewer spectrophotometer Network (EUBREWNET)	
<b>Rapporter/data-produkter</b>	<a href="https://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/hur-mats-ozon-1.3825">https://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/hur-mats-ozon-1.3825</a> Sakrapporter för programområde Luft, sammanställda av IVL, den senaste (2021): <a href="http://naturvardsverket.diva-portal.org/smash/get/diva2:1545285/FULLTEXT01.pdf">http://naturvardsverket.diva-portal.org/smash/get/diva2:1545285/FULLTEXT01.pdf</a> Dataserier: <a href="https://www.smhi.se/data/meteorologi/ozon">https://www.smhi.se/data/meteorologi/ozon</a> <a href="http://rbcce.aemet.es/eubrewnet">http://rbcce.aemet.es/eubrewnet</a> <a href="https://woudc.org/data/explore.php">https://woudc.org/data/explore.php</a>	
<b>Ansvarig organisation</b>	SMHI	

### 3. Bakgrund

I samband med att hotet mot ozonskiktet blev alltmer uppenbart under 1970–80-talen tillkom *Wienkonventionen till skydd av ozonskiktet* 1985 samt *Montrealprotokollet* 1987 och senare dess tillägg. Inom ramen för dessa behövdes nationella och internationella mätningar av ozonlagrets tillstånd. Detta för att få en uppfattning om hur stor omfattningen var av hotet mot ozonskiktet, hur mycket det hade minskat och hur snabbt förändringen skedde. De ozonmätningar (internationellt) som fanns i slutet av 1980-talet var av mycket varierande kvalitet och de första bearbetningarna som gjordes av mätdata visade klart att kvalitetsarbetet ofta hade försumrats.

Tack vare begränsningar av utsläppen av många ozonnedbrytande ämnen väntas på sikt en återhämtning av ozonskiktet. Den nedåtgående trenden vad gäller utsläpp har brutits men någon återgång till normala nivåer kan ännu ej konstateras. Det finns även kopplingar mellan ozonskiktets utveckling och klimatförändring. Grundläggande är då att det finns referensdata i form av de markbaserade mätningarna för att följa utvecklingen. Behov av totalozonmätningar finns därför under överskådlig framtid.

### 4. Syfte

För närvarande behövs mätningarna av ozonskiktets tjocklek, det s.k. totalozonet, av huvudsakligen av följande skäl:

- Nationell övervakning och information om tillståndet för ozonskiktet och uppföljning av miljökvalitetsmålet Skyddande ozonskikt.
- Bidra till det internationella utbytet med långsiktiga och kvalitetssäkrade data eftersom ozonlagrets uttunning och förväntade återhämtning samt växelverkan med klimatförändring är globala frågor.
- Erbjud data i nära realtid för validering av satellitobservationer, UV-modeller, UV-index och andra solstrålningsberäkningar och analyser.

För att uppnå detta krävs åtminstone dagliga mätningar av totalozonet. Två platser i Sverige kan anses vara lämpligt med tanke på totalozonets rumsliga variabilitet och risken för avbrott i mätningarna.

Bland Sveriges sexton nationella miljökvalitetsmål finns *Skyddande ozonskikt* och *Säker strålmiljö*. Indikatorer på tillståndet är att fortlöpande mäta de starkt kopplade storheterna ozonskiktets tjocklek och mängden UV-strålning. En mycket viktig komponent är också att tillhandahålla aktuell och korrekt information till beslutsfattare, forskare, media och allmänheten.

### 5. Undersökningar som ingår i delprogrammet med övervakningsmanualer samt övriga styrdokument

I delprogrammet ingår att göra observationer av ozonskiktets tjocklek (totalozon) från markbaserade instrument.

#### 5.1. Övervakningsmanualer (undersökningstyper)

En övervakningsmanual/undersökningstyp för totalozon finns publicerad på [Programområde Luft - Naturvårdsverket \(naturvardsverket.se\)](http://naturvardsverket.se)

Metodiken för att mäta totalozon har sedan länge utvecklats internationellt. Metoder för kalibrering, kvalitetssäkring och datarapportering är i många fall standardiserade även

om det finns en del kvar att göra. WMO (World Meteorological Organization) ger ut rekommendationer för hur detta ska gå till och arrangerar internationella instrumentinterkomparationer.

Viktiga referenser för övervakningens genomförande är Dobson (1957), Komhyr (1980, 2008), Basher (1982) och instrumentmanualer (bl.a. Brewer Operator's Manual, 2015).

## 5.2. Övriga styrdokument

- Wienkonventionen för skydd av ozonskiktet
- Montrealprotokollet

[Wienkonventionen för skydd av ozonskiktet - Naturvårdsverket \(naturvardsverket.se\)](http://naturvardsverket.se)

## 6. Utformning av delprogrammet och datainsamling

### 6.1. Val av provtagningspunkter – stationsnät

I Sverige finns två stationer för mätning av totalozon, Vindeln och Norrköping. De ingår i de internationella nätverken för totalozonmätningar inom WMO:s Global Atmosphere Watch (GAW) programme samt EuBrewNet.

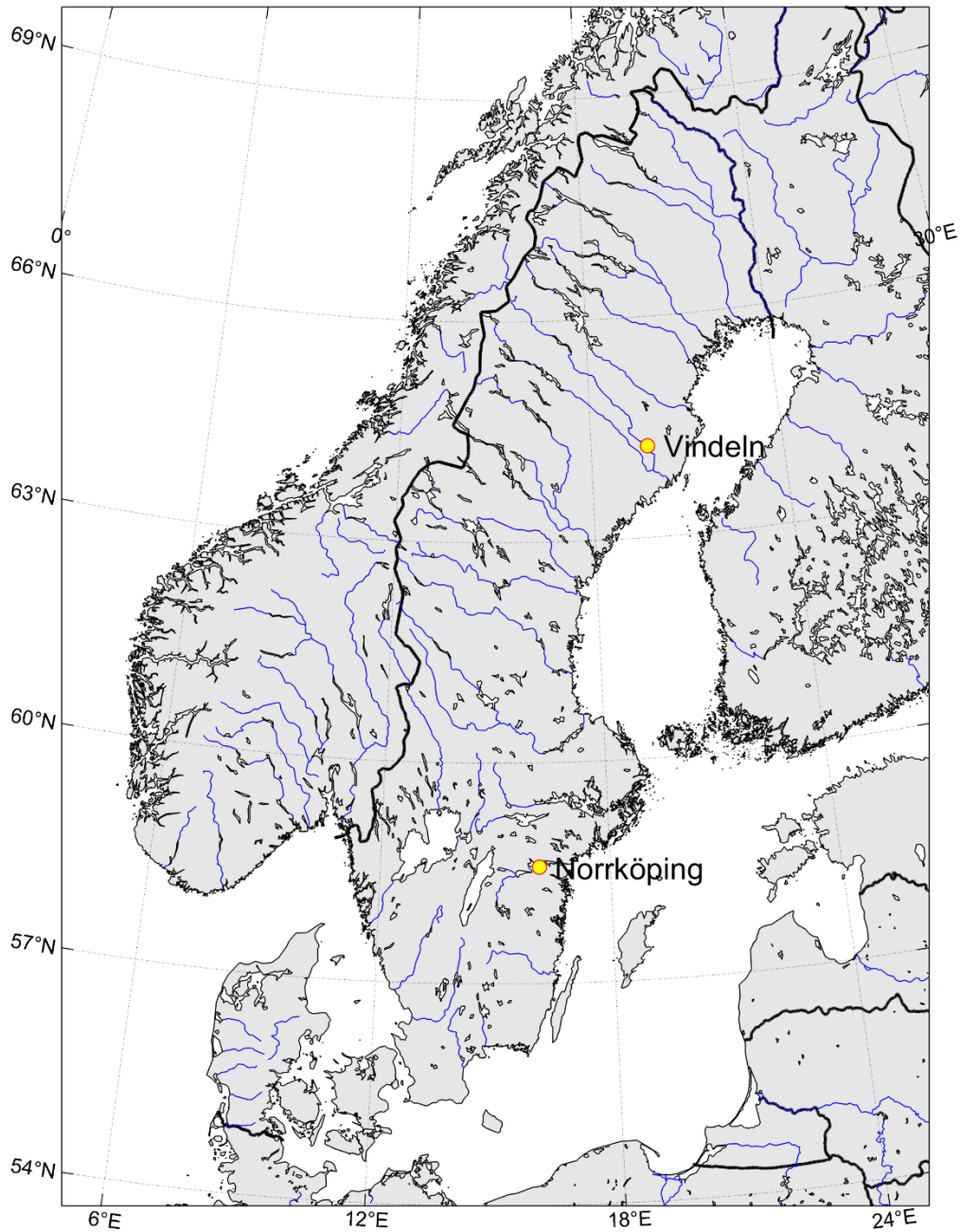
<i>Station</i>	<i>Latitud</i>	<i>Longitud</i>	<i>Höjd</i>	<i>Instrument</i>	<i>Startår</i>
<i>Vindeln</i>	64.244°N	19.767°E	225 m	Brewer MkII No. 6  Dobson No. 30	1991
<i>Norrköping</i>	58.582°N	16.148°E	53 m	Brewer MkIII No. 128	1988

Merparten av atmosfärens ozon befinner sig i stratosfären på mellan ca 10–50 km höjd. I detta skikt av atmosfären ökar temperaturen med höjden vilket ger en stabil skiktning utan konvektion. Inflytandet från markytan i alla dess former är också litet. Detta medför att den relativa variationen av totalozonet är tämligen storskalig. Totalozonet uppvisar ofta förändringar som är större än 10–20 % från en dag till nästa på svenska breddgrader, särskilt under vinterhalvåret. Även rumsligt är variationerna av denna storleksordning. Om man exempelvis beräknar korrelationen löpande under 11 dygn mellan Vindeln och Norrköping kan den vara över 0,8 för en del perioder men negativ för andra. Slutsatsen av detta är att det behövs minst två mätplatser för Sverige och helst minst ett mätvärde per dygn. Det senare är inte alltid möjligt framförallt under vintern då mätsignalen ofta är för svag.

Den stora naturliga variabiliteten i totalozon både i rum och i tid medför att man måste ha tillgång till ett stort antal mätplatser i världen och långa tidsserier för att säkert kunna uttala sig om eventuella trender. Detta understryker betydelsen av internationellt samarbete och datautbyte.

Det idag vanligaste instrumentet för markbundna mätningar av totalozon är den så kallade Brewer-spektrofotometern. Detta är automatiska instrument och de första versionerna började användas under 1980-talet. Instrument av denna typ finns i både Norrköping och Vindeln. Den äldsta typen av instrument för mätning av ozonskiktets tjocklek är den så kallade Dobson-spektrofotometern och det är mätningar med denna typ av instrument som resulterat i de längsta tidsserierna av totalozon som man har

tillgång till i världen. Dessa äldre instrument sköts dock manuellt, så av praktiska skäl görs inte lika täta observationer som med Brewer-instrumenten. Eftersom de båda typerna av instrument skiljer sig en del från varandra finns det ibland små men systematiska avvikelser mellan mätresultaten. Följaktligen är det av stort värde att ha ett antal stationer där mätningar görs med båda typerna av instrument och eftersom vi förfogar över en Dobson-spektrofotometer i Sverige så används båda instrumenttyperna i Vindeln.



Figur 6.1. De svenska stationerna för övervakning av ozonskiktets tjocklek (totalozon).



*Figur 6.2. Foto från stationen i Vindeln. Ozonspektrofotometern Brewer MkII No. 6 syns framför "ozonstugan" vid SLU:s försökspark Svartberget. Luckorna vid det lägre vinklade taket på ozonstugan är öppna och redo för en mätning med Dobson No. 30.*



*Figur 6.3. Foto från stationen i Norrköping. Ozonspektrofotometern Brewer MkIII No.128 är placerad på ett av SMHI:s tak.*

## 6.2. Data som samlas in av delprogrammet

Storheten *totalozon* är ett mått på den integrerade mängden ozon i en vertikal pelare på mätplatsen. Enheten, som används internationellt, kallas *Dobson Unit* (DU). På Sveriges breddgrader varierar totalozonet normalt mellan ca 200 och 550 DU, med de högsta värdena under våren och lägsta under hösten och ett årsmedelvärde på drygt 330 DU. Närmare ekvatorn är både den genomsnittliga ozontjockleken och dess variation lägre.

Mätningarna är en form av fjärranalys. I princip analyseras hur mycket UV-strålningen reduceras på grund av ozonets absorption vid sin passage genom atmosfären. Rådata som samlas in från mätningarna med ozonspektrofotometrarna är bl.a. mätsignalerna vid olika våglängder i UV-området, från vilka slutresultatet av ozonskiktets tjocklek i Dobsonenheter beräknas.

Observationerna under en dag granskas och sällas både med automatiska och manuella rutiner för att undvika data där moln eller andra faktorer synbart har inverkat på kvaliteten. Bland de godkända observationerna väljs ett värde om möjligt nära sann middag (när solen står som högst), för att representera dagens ozonskikt. Två anledningar finns till detta val. Dels är kvaliteten generellt bättre vid hög solhöjd och dels är UV-strålning vanligen som högst vid sann middag.

För flertalet dygn finns det fler än en observation. Dessa data finns delvis sammanställda för ett antal år. Sedan 2017 levereras data automatiskt i nära realtid till EuBrewNet. Där görs enhetliga kontroller och ozonberäkningar och alla godkända så kallade direktsolobservationer av ozon finns tillgängliga för nedladdning. Det har också utförts, ungefär en gång per timme, mätningar av UV-spektra med några instrument. Dessa spektra finns att tillgå från SMHI för några utvalda perioder då kalibrering för denna typ av mätning har utförts regelbundet.

Inom EuBrewNet pågår arbete med att ta fram rutiner för insamling och bearbetning av AOD (aerosolens optiska djup) för UVB-våglängder, samt UV-spektra, båda variabler som redan mäts eller som kan mätas av Brewerinstrumenten. Förhoppningsvis kan även de svenska mätningarna utökas med dessa variabler (vid de europeiska interkomparationerna kalibreras Brewerinstrumenten även för detta).

Vid mätplatsen i Norrköping utför SMHI mätningar av solstrålning, AOD (UVA-NIR-våglängder), temperatur, vind, tryck m.m. Information om dessa data kan erhållas direkt från SMHI.

Vid mätplatsen i Vindeln (Svartbergets försökspark) görs mätningar av solstrålning, nettostrålning, temperatur, vind, marknära ozon m.m. Svartbergets försökspark är även en station i det internationella nätverket Integrated Carbon Observing System (ICOS).

## 6.3. Information som krävs från andra inventeringar/delprogram

Ingen.

# 7. Resultatredovisning

## 7.1. Tillgängliggörande av insamlad miljöinformation

Dagliga data finns hos SMHI och är fritt tillgängliga via [Ozon i stratosfären | SMHI](#). Uppdatering sker ungefär en gång per vecka.

## 7.2. Offentlig statistik och internationell rapportering

Mätdata över totalozon sänds även till WOUDC ([World Ozone and Ultraviolet Radiation Data Centre](#)) och Eubrewnet ([rbcce.aemet.es/eubrewnet](http://rbcce.aemet.es/eubrewnet)). Från SMHI skickas



data till WOUDC en till två månader i efterhand. Före 2012 skedde uppdatering av WOUDC:s databas inom någon vecka, men på grund av besparingar inom WOUDC i Kanada verkar uppdateringen numera ske mer sparsamt.

### 7.3. Datavårdskap och tillhandahållande av data

Data lagras på en av SMHI:s filttjänster och tillgängliggörs via [Ozon i stratosfären | SMHI](#). Se vidare avsnitt 7.1.

### 7.4. Förväntade dataanvändare

Delprogrammet bidrar med data direkt till miljömålsindikatorn *Ozonskiktets tjocklek*, samt som underlagsinformation till miljömålsindikatorerna *UV-strålning* och *Hudcancerfall*.

Den långsiktiga användningen är uppföljning av miljö kvalitetsmålet *Ett skyddande ozonskikt*. Mätningar av ozonskikt och UV-strålning används av Naturvårdsverket och Strålsäkerhetsmyndigheten för miljömålsuppföljning. Även en del forskare torde använda materialet.

Data som levererats till WOUDC och EuBrewNet kan användas av vem som helst. Några betydelsefulla användningsområden är verifikation av satellitsensorer och globala studier där svenska data är en del. Viktiga resultat redovisas bl.a. i de vetenskapliga bedömningarna av ozonskiktets förtunning (Scientific Assessment of Ozone Depletion) som publiceras vart fjärde år (WMO, 2018).

Vart fjärde år publicerar WMO en vetenskaplig sammanställning av läget för ozonskiktet: *Scientific Assessment of Ozone Depletion*. I dessa sammanställningar är mätserier från markbaserade stationer ett av många grundläggande underlag.

Ozondata behövs även input för beräkningar av UV-index och för annan solstrålningsmodellering och validering (t.ex. SMHI:s modell STRÅNG) samt analys av aerosoldata (aerosolernas optiska djup, AOD).

Tidigare var efterfrågan av data och diagram med mätresultat stor både från journalister och allmänhet. Detta intresse har dock minskat betydligt efter ca 2010.

## 8. Kvalitetsarbete

### 8.1. Kvalitetsrutiner

#### 8.1.1. Planera

Kvalitetsarbetet med mätningarna av totalozon sker både i den löpande dagliga verksamheten, vid veckovisa sammanställningar samt inte minst vid kalibreringar mot internationella referenser.

#### 8.1.2. Genomföra

Grundläggande för att mätresultaten över huvud taget ska vara användbara är att mätningarna är spårbara till internationella referenser. Detta uppnås genom deltagande i internationella interkomparationer eller vid kalibrering mot (rese-)referensinstrument som besöker stationerna i Vindeln och Norrköping. I nuläget kalibreras Brewerinstrumenten vart tredje år medan Dobsoninstrumentet kalibreras vart femte år.

Enligt rekommendation från WMO bör interkomparationer göras med minst 2–4 års mellanrum. Detta ger spårbarhet till världsreferenserna för totalozonmätning. För Brewerinstrumenten uppfylls detta genom kalibreringen vart tredje år, men för Dobsoninstrumentet är intervallen längre. Att Dobson-instrumentet inte kalibreras lika

ofta kan motiveras utifrån att det har visat sig att instrumentet, som hela tiden befinner sig inomhus, har varit väldigt stabilt under åren.

Mellan kalibreringarna kontrolleras instrumentens status genom mätningar mot olika lampor. I Brewerinstrumenten finns inbyggda lampor och mätningar görs dagligen mot dessa. För det manuella Dobsoninstrumentet görs kontrollmätningar mot lampor varje månad.

Även den dagliga tillsynen av mätningarna, med putsning av ingångsoptiken, kontroll av solföljning, snöröjning och vid behov byte av torkmedel etc., är viktig både för att hålla mätningarna igång och säkerställa att de håller god kvalitet.

### 8.1.3. *Utvärdera*

Vid kalibreringarna erhålls alltid rapporter över resultatet från de som ansvarar för kalibreringarna. Dessa lagras på SMHI och korta sammanfattningar ges i de årliga verksamhetsberättelserna till Naturvårdsverket samt de tekniska rapporterna. Vid identifiering av signifikanta instrumentförändringar räknas alla mätresultat om för aktuell period och de uppdaterade resultaten sänds av SMHI till WOUDC.

Vid beräkningen av ozonvärden och analysen av mätdata innan publicering på webben görs både automatiska kontroller i beräknings- och analysprogrammen samt manuell granskings- och rimlighetsbedömning. Med jämna mellanrum jämförs mätresultaten även med satellitmätningar av totalozon.

### 8.1.4. *Förbättra*

Exempel där SMHI deltar eller håller sig informerad, är Brewer Workshops, Nordic Ozone and UV Group (NOG). Under åren 2013–2017 genomfördes en COST-aktivitet, EuBrewNet, där SMHI deltog. Syftet var att harmonisera mätningarna och kalibreringarna med Brewerinstrument i Europa. Denna typ av samarbete är inte enkel, men några viktiga framsteg gjordes. Det finns nu ett etablerat europeiskt stationsnät och databas. Det finns även ett europeiskt kalibreringscentrum som drivs av den spanska vädertjänsten AEMET (Regional Brewer Calibration Centre – Europe, RBCC-E, vid Izaña Atmospheric Observatory, Spanien). Det genomförs regelbundna kalibreringar, vartannat år i södra Spanien och vartannat år i Schweiz. SMHI har dock ännu inte deltagit i dessa, främst för att undvika avbrott i mätserierna, men det kan komma att bli aktuellt i framtiden. Detta både för att kalibreringarna vid dessa komparationer blir mer omfattande och för att mötena är oerhört viktiga för kunskapsinhämtning och nätverkande. SMHI och SLU deltar däremot med Dobsoninstrumentet vid interkomparationer i Tyskland ungefär vart femte år.

SMHI har, på uppdrag av Naturvårdsverket, även deltagit ett antal gånger i Ozone Research managers meetings of the Parties to the Vienna Convention (ORM).

## 9. Ansvarig organisation och utförare

Naturvårdsverket har beslutat om delprogrammets behov, mål och syfte. På uppdrag av Naturvårdsverket ansvarar SMHI för programmets genomförande. SMHI utför mätningarna i Norrköping samt datainsamling, kvalitetskontroll, datalagring samt rapportering av mätresultaten från Brewerinstrumenten i både Vindeln och Norrköping. På uppdrag av SMHI bistår SLU med utförandet av de manuella Dobson-mätningarna samt tillsyn och visst underhållsarbete av Brewer-instrumentet i Vindeln.

*Delprogramansvarig (Delprogram för ozonskiktets tjocklek):*

Lars Klintwall, Naturvårdsverket

Tel: 010-698 12 82

E-post: [Lars.Klintwall@naturvardsverket.se](mailto:Lars.Klintwall@naturvardsverket.se)

*Programområdesansvarig (Programområde Luft):*

Helena Sabelström, Naturvårdsverket

Tel: 010-698 10 95

E-post: [Helena.Sabelstrom@naturvardsverket.se](mailto:Helena.Sabelstrom@naturvardsverket.se)

*Övergripande ansvar för delprogrammets administration och genomförande (projektledare):*

Thomas Carlund, SMHI

Tel: 011-495 80 00

E-post: [Thomas.Carlund@smhi.se](mailto:Thomas.Carlund@smhi.se)

*För mätningar i Vindeln:*

Pernilla Löfvenius, SLU

Tfn: 070-6317433

E-post: [pernilla.lofvenius@slu.se](mailto:pernilla.lofvenius@slu.se)

## 10. Övrigt

-

## 11. Referenser

1. Dobson G.M.B., 1957. Observers handbook for the ozone spectrophotometer, in *Ann. International Geophysical Year*, Vol.5, Pergamon, London, pp.180-191.
2. Komhyr W.D., 1980. Operations handbook – Ozone observations with a Dobson spectrophotometer. WMO Global Ozone Research Monitoring Project, Report No.6, WMO, Geneva.
3. Komhyr W.D. and Evans R.D., 2008. Operations handbook – Ozone observations with a Dobson spectrophotometer, WMO Global Ozone Research Monitoring Project, Revised by Robert D. Evans 2008, GAW Report No.183, WMO, Geneva. [https://library.wmo.int/doc\\_num.php?explnum\\_id=9405](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=9405)
4. Basher R., 1982. Review of the Dobson Spectrophotometer and its Accuracy, WMO Global Ozone Research Monitoring Project, Report No.13, WMO, Geneva.
5. Brewer MKIII Operator's Manual, 2015. Available at: [Brewer+MKIII+Operators+Manual+RevF \(1\).pdf](#)  
(Senast tillgänglig: 2020-07-20).

## 12. Versionshantering

Version 1: 2012-08-15

Version 2: 2017-04-15

Version 3: 2020-11-11

Version 4: 2021-11-19