
Grenseområdene Norge- Russland

Luft- og nedbørkvalitet 2020

Tore Flatlandsmo Berglen, Anne-Cathrine Nilsen, Rita Larsen Våler,
Marit Vadset, Hilde Thelle Uggerud, Claudia Hak og Erik Andresen



Kolosjoki / Nikel 1921-2021
100 års bergverkshistorie

Innholdsfortegnelse

1	Sammendrag	4
1.1	Luft- og nedbørkvalitet i grenseområdene Norge-Russland i 2020.....	4
1.2	Качество атмосферного воздуха и осадков в приграничных районах Норвегии и России в 2020 г.....	6
1.3	Ilman- ja sadeveden laatu Venäjän ja Norjan välisillä raja-alueilla 2020.....	8
1.4	Summary: Air and precipitation quality in the Norwegian-Russian border areas in 2020	11
2	Utslipp, målinger og grenseverdier	14
2.1	Smelteverkenes historie	14
2.2	Utslipp.....	14
2.3	Måleprogram	16
2.4	Regelverk og anbefalinger for luftkvalitet i Norge.....	18
3	Måleresultater meteorologi 2020	20
3.1	Vindhastighet og -retning	20
4	Måleresultater svoveldioksid (SO₂) og uorganiske komponenter	22
4.1	SO ₂ kalenderåret 2020	22
4.2	Trender av SO ₂ 1974 - 2020	25
4.2.1	Timemiddelverdier – grenseverdi 350 µg/m ³	25
4.2.2	Døgnmiddelverdier – grenseverdi 125 µg/m ³	26
4.2.3	Vinterhalvår og kalenderår	27
4.3	Uorganiske komponenter i nedbør.....	28
5	Måleresultater tungmetaller i svevestøv og nedbør	29
5.1	Tungmetaller i svevestøv	29
5.2	Tungmetaller i nedbør - konsentrasjon	32
5.3	Tungmetaller i nedbør - våtavsetning.....	33
6	Konklusjon	36
	Vedlegg A Målinger og målestasjoner	37
	Vedlegg B Detaljerte måleresultater svoveldioksid (SO₂) og uorganiske komponenter	43
	Vedlegg C Detaljerte måleresultater tungmetaller i svevestøv og nedbør	65
	Vedlegg D Referanser og relevant stoff, forurensning i grenseområdene Norge - Russland .	78

Grenseområdene Norge-Russland

Luft- og nedbørkvalitet 2020

1 Sammendrag

1.1 Luft- og nedbørkvalitet i grenseområdene Norge-Russland i 2020

Grenseområdene Norge-Russland er rike på metaller og mineraler. Området øst for Pasvikelva i Finnmark var finsk fra 1920 og fram til 2. verdenskrig og det var finnene som først oppdaget nikkel i berggrunnen i 1921. På 1930-tallet ble det anlagt gruver og smelteverk ved byen Kolosjoki. Etter krigen ble området igjen russisk, byen skiftet navn til Nikel og smelteverket ble gjenoppbygget. Malmen som brytes og videreforedles inneholder tungmetaller som nikkel og kobber, men også svovel. Dette ga store mengder utslipp av svoveldioksid (SO₂) og tungmetaller. Utslippene har påvirket luftkvaliteten og miljøet i grenseområdene og nivåene av SO₂ og tungmetaller har vært høyere enn ellers i Norge. Det har også i 2020 forekommet flere episoder med svært høye konsentrasjoner av SO₂. Smelteverket i Nikel stengte ned produksjonen i desember 2020. Dette vil gi stor nedgang i forurensningen i grenseområdene.

Utslipp

Utslippene av SO₂ fra briketteringsanlegget i Zapoljarnij og nikkelsmelteverket i Nikel i Russland har de senere årene vært i underkant av 100 000 tonn pr. år. På 1970/80-tallet var utslippene over 400 000 tonn i året. De høye utslippene den gang skyldtes bruk av svovelholdig malm fra Norilsk i Sibir. Fra 1993 er det kun brukt lokal malm med lavere svovelinnhold. Briketteringsanlegget i Zapoljarnij ble oppgradert med nye produksjonslinjer i 2015 og utslippene derfra ble reduserte. Siden ble en ovn ved verket i Nikel lukket, noe som reduserte utslippene ytterligere. Selskapet Kola GMK stengte ned produksjonen i Nikel 23. desember 2020 og foredlingen av malm foregår nå i Monchegorsk. Også briketteringsanlegget i Zapoljarnij er lagt ned. De russiske verkene slapp også ut tungmetaller. Nikkel (Ni), kobber (Cu), kobolt (Co) og arsen (As) regnes som spormetaller fra nikkelverkene.

Måleprogram

NILU har gjort målinger av luftforurensninger i grenseområdene siden 1974 på oppdrag fra norske myndigheter. På Svanvik i Pasvikdalen og i Karpdalen ved Jarfjord måles SO₂, tungmetaller i svevestøv og nedbør, samt meteorologi. I Karpbukta måles uorganiske¹ komponenter i nedbør. På Viksjøfjell er det utplassert passive prøvetakere for måling av langtidsmidler av SO₂-konsentrasjonen. Måleprogrammet fortsetter i 2021, med andre ord etter at verket i Nikel stengte ned.

Luftkvalitet - SO₂

I denne rapporten presenteres resultater fra året 2020. En oppsummering av måleresultatene for SO₂ er gitt i Tabell 1. De høyeste konsentrasjonene på kort tidsskala (10-minutter, time) observeres typisk på Svanvik på grunn av nærheten til Nikelverket. De høyeste konsentrasjonene på lengre tidsskala (måned, sesong, år) observeres i Karpdalen som er mest utsatt vinterstid på grunn av hyppig forekommende vindretning fra sør.

Generelt viser målingene at SO₂-nivåene på Svanvik var lavere i 2020 enn i 2019. Dette gjelder alle parametre, både gjennomsnitt, korttidsmiddel (10-minutter), antall verdier over fastsatte grenser

¹ Som uorganiske komponenter regnes SO₄²⁻, NH₄⁺, NO₃⁻, Na⁺, Mg²⁺, Cl⁻, Ca²⁺ og K⁺ gitt som ioner.

(timemiddel, døgnmiddel²) og maksimumsverdier. I 2020 var oktober den måneden med størst miljøbelastning. Også i Karpdalen var verdiene av SO₂ lavere i 2020 enn året før. Eneste unntak var høyeste timemiddel og antall timemidler over 350 µg/m³. Det ble ikke sendt ut varsel til befolkningen om dårlig luftkvalitet i 2020. Nedgangen på Svanvik og i Karpdalen underbygger at utslippene fra smelteverkene har blitt reduserte de senere årene.

Viksjøfjell ligger ca. 20 km rett nord for Zapoljarnij og er sterkt påvirket av utslippene derfra. Målinger med passive prøvetakere på Viksjøfjell viser at middelvei av SO₂-konsentrasjonen for kalenderåret 2020 var i underkant av 10 µg/m³. Dette er lavere enn foregående år. Nedgangen underbygger at utslippene fra Zapoljarnij er blitt reduserte siden 2015. Middelveidene for vinter- og sommermånedene 2020 var henholdsvis om lag 12 µg/m³ og 7 µg/m³.

Tabell 1: Viktige nøkkeltall for SO₂ fra målingene i 2020.

Kalenderåret 2020	Svanvik	Karpdalen
Antall 10-min.verdier > 500 µg/m ³	5	0
Høyeste 10-minuttersverdi [µg/m ³]	802	461
A) Antall timemiddel > 350 µg/m ³	5	3
Høyeste timemiddelverdi [µg/m ³]	527	448
B) Antall døgnmiddel > 125 µg/m ³	0	0
Høyeste døgnmiddel [µg/m ³]	84	59
C) Middelvei vinter [µg/m ³] (vinteren 2019/20)	2,3	8,5
Middelvei sommer [µg/m ³]	1,7	3,1
C) Årsmiddelvei [µg/m ³]	2,2	4,4

A) Norsk timegrenseverdi for beskyttelse av menneskets helse av SO₂ er 350 µg/m³ og grenseverdien må ikke overskrides mer enn 24 ganger pr. kalenderår.

B) Norsk døgn grenseverdi for beskyttelse av menneskets helse av SO₂ er 125 µg/m³ og grenseverdien må ikke overskrides mer enn tre ganger pr. kalenderår.

C) Norsk grenseverdi for beskyttelse av økosystemet for vinterperioden (1. oktober–31. mars) og kalenderår er 20 µg/m³.

Måleresultatene i Tabell 1 viser at norske grenseverdier for luftkvalitet (SO₂) ble overholdt både på Svanvik og i Karpdalen i 2020, dette gjelder timemiddelverdi, døgnmiddelverdi og middelvei for vintersesongen 2019/20, samt middelvei for kalenderåret.

Luftkvalitet - tungmetaller

Tabell 2: Middelveidier av metaller i luft på Svanvik og i Karpdalen kalenderåret 2020^{A)}.

Kalenderåret 2020	Svanvik	Karpdalen
Ni [ng/ m ³]	2,7	4,5
Cu [ng/ m ³]	4,5	7,6
Co [ng/ m ³]	0,1	0,2
As [ng/ m ³]	0,3	0,6

A) Målsettingsverdier for tiltak for komponentene nikkell og arsen er henholdsvis 20 ng/m³ og 6 ng/m³. Konsentrasjonene av arsen, kadmium og nikkell skal beregnes ut fra totalt innhold i PM₁₀-fraksjonen, som gjennomsnitt over et kalenderår.³

På Svanvik og i Karpdalen gjøres det prøvetaking av tungmetaller i svevestøv (PM₁₀), det vil si ukeprøver av Ni, Cu, Co og As, samt Al, Cd, Cr, Fe, Mn, Pb, V og Zn⁴. Målinger av tungmetaller i luft og nedbør på Svanvik og i Karpdalen viser forhøyede konsentrasjoner av spormetaller fra nikkellverkene, nikkell (Ni), kobber (Cu), kobolt (Co) og arsen (As). Gjennomsnittskonsentrasjonene for de to

² Timemiddel betegner gjennomsnittskonsentrasjon over en time, døgnmiddel betegner gjennomsnittskonsentrasjon over et døgn og tilsvarende for månedsmiddel og årsmiddel.

³ PM₁₀ («Particulate Matter») betegner partikler med aerodynamisk diameter mindre enn 10 µm (mikrometer), også benevnt svevestøv.

⁴ Ni: nikkell, Cu: kobber, Co: kobolt, As: arsen, Al: aluminium, Cd: kadmium, Cr: krom, Fe: jern, Mn: mangan, Pb: bly, V: vanadium, Zn: sink.

stasjonene er gitt i Tabell 2. Målsettingsverdiene for Ni og As ble overholdt i 2020 både på Svanvik og i Karpdalen. Også målsettingsverdi for kadmium (Cd) er overholdt.

Nedbørkvalitet

Tre stasjoner har prøvetaking av nedbør, Karpbukta (uorganiske komponenter), Svanvik og Karpdalen (begge 10 tungmetaller/elementer). Avsetningen med nedbør av Ni, Cu, Co og As er vanligvis langt høyere om sommeren enn om vinteren på Svanvik. Dette skyldes høyere frekvens av vind fra Nikel mot Svanvik sommerstid. Karpdalen er mest utsatt vinterstid. Avsetning av tungmetaller i nedbør har økt markant fra 2004 sammenlignet med tiden før 2004.

1.2 Качество атмосферного воздуха и осадков в приграничных районах Норвегии и России в 2020 г.

Приграничные территории России и Норвегии богаты металлами и минералами. С 1920 г. до начала второй мировой войны район к востоку от реки Паз в норвежской губернии Финнмарк принадлежал Финляндии, и именно финны первыми никель обнаружили в скальных породах. В 1930-е годы возле города Колосйоки были построены шахты и плавильное производство. После войны этот район вновь стал российским, название города было изменено на Никель, а плавильный завод восстановлен. Перерабатываемая и обогащаемая руда содержит тяжелые металлы, например, никель и медь, и, кроме того, серу. Это приводит к выбросу больших объемов сернистого ангидрида (SO₂) и тяжелых металлов. Выбросы влияют на качество атмосферного воздуха и окружающую среду в приграничных районах, а уровни содержания SO₂ и тяжелых металлов выше, чем в остальных частях Норвегии. В декабре 2020 г. плавильное производство в Никеле было закрыто. Это приведет к значительному снижению загрязнения приграничных территорий.

Выбросы

Выбросы SO₂ с цеха брикетирования в Заполярном и горно-металлургического комбината в пгт Никель (Россия) составляют менее 100 тыс. тонн в год. В 1970-80-х гг. выбросы составляли более 400 тыс. тонн в год. В то время большие объемы выбросов объяснялись использованием руды с высоким содержанием серы, поступавшей из Норильска. С 1993 г. стала использоваться местная руда с более низким содержанием серы. В 2015 г. цех брикетирования в г. Заполярном был модернизирован, были внедрены новые производственные линии, что снизило объемы выбросов. Позднее была закрыта одна из печей на комбинате в пгт Никель, что привело к еще большему сокращению выбросов. 23 декабря 2020 г. КГМК закрыло производство в пгт Никель, и в настоящее время обогащение руды осуществляется в г. Мончегорск. Кроме того, закрыт цех брикетирования в г. Заполярном. С горно-металлургического комбината также идут выбросы тяжелых металлов. Металлами-индикаторами производства никеля считаются никель (Ni), медь (Cu), кобальт (Co) и мышьяк (As).

Программа измерений

С 1974 г. Норвежский институт исследования атмосферного воздуха (NILU) по государственному заказу проводит измерения загрязнений атмосферного воздуха в приграничных районах. В Сванвике (Svanvik) в долине р. Паз (Pasvikdalen) и в Карпдалене (Karpdalen) возле Ярфьорда (Jarvfjord) измеряются концентрации SO₂, тяжелых металлов во взвешенной пыли и осадках, а также метеорологические условия. В Карпбукте (Karpbukta) измеряются неорганические⁵ компоненты осадков. На горе

⁵ Неорганическими компонентами считаются SO₄²⁻, NH₄⁺, NO₃⁻, Na⁺, Mg²⁺, Cl⁻, Ca²⁺, а K⁺ указан как ионы.

Викшёфьелль (Viksjøfjell) размещены пассивные пробоотборники для измерения долгосрочных средних показателей SO_2 . Выполнение программы проведения измерений продолжилось в 2021 г., т. е. после закрытия комбината в пгт Никель

Качество атмосферного воздуха - SO_2

В данном отчете представлены результаты 2020 г. Обобщение зафиксированных показателей SO_2 за 2019 г. приведено в Таблице 1. Самые высокие концентрации по краткосрочной шкале (10 минут, час) обычно отмечаются в Сванвике из-за близости к ГМК. Самые высокие концентрации по долгосрочной шкале (месяц, сезон, год) наблюдаются в Карпдалене, наиболее уязвимой в зимнее время из-за преобладания южного ветра.

В целом измерения показывают, что в Сванвике уровень концентрации SO_2 в 2020 г. был ниже, чем в 2019 г. Это касается всех параметров – средних, краткосрочных (10 минут), количества концентраций, превышающих установленные пределы (час, сутки⁶) и максимальных концентраций. Самая большая нагрузка на окружающую среду в течение года пришлась на октябрь. В Карпдалене уровень концентраций SO_2 в 2020 г. также был ниже, чем в предыдущем году. Единственным исключением являются самый высокий показатель в час и количество часовых показателей, превышающих 350 мкг/м^3 . В 2020 г. население не оповещалось о плохом качестве атмосферного воздуха. Снижение показателей в Сванвике и Карпдалене свидетельствует об уменьшении объемов выбросов с ГМК в последние годы.

Гора Викшёфьелль находится в ок. 20 км строго к северу от г. Заполярный и чрезвычайно подвержена выбросам с ГМК. Измерения с помощью пассивных пробоотборников на горе Викшёфьелль в течение 2020 календарного года показывали средние концентрации SO_2 ниже 10 мкг/м^3 . Это ниже, чем в предыдущие года. Такое снижение свидетельствует об уменьшении объемов выбросов со стороны г. Заполярный с 2015 г. Средний показатель за зимний и летний сезоны 2020 г. составил соответственно ок. 12 мкг/м^3 и 7 мкг/м^3 .

Таблица 1: Важные ключевые показатели SO_2 из измерений, проводившихся в 2020 г.

2020-й календарный год	Сванвик	Карпдален
Количество 10-минутных концентраций $> 500 \text{ мкг/м}^3$	5	0
Максимальная 10-минутная концентрация [мкг/м^3]	802	461
^{A)} Количество среднечасовых концентраций $> 350 \text{ мкг/м}^3$	5	3
Максимальная среднечасовая концентрация [мкг/м^3]	527	448
^{B)} Количество среднесуточных концентраций $> 125 \text{ мкг/м}^3$	0	0
Максимальная среднесуточная концентрация [мкг/м^3]	84	59
^{B)} Средняя концентрация зимой мкг/м^3 (зима 2019/20 гг.)	2,3	8,5
Средняя концентрация летом [мкг/м^3]	1,7	3,1
^{B)} Среднегодовая концентрация [мкг/м^3]	2,2	4,4

^{A)} Предельно допустимая среднечасовая концентрация SO_2 в Норвегии - 350 мкг/м^3 , ее превышение допускается 24 раза в календарный год.

^{B)} Предельно допустимая среднесуточная концентрация SO_2 в Норвегии - 125 мкг/м^3 , ее превышение допускается 3 раза в календарный год.

^{B)} Предельно допустимая концентрация в зимний период (с 1 октября по 31 марта) и в календарный год - 20 мкг/м^3 .

Приведенные в Таблице 1 результаты измерений качества воздуха показывают соблюдение в 2020 г. в Сванвике и Карпдалене норвежских предельно допустимых концентраций для SO_2 как

⁶ Среднечасовой показатель обозначает среднюю концентрацию в течение одного часа, среднесуточный - в течение одних суток, среднемесячный - в течение одного месяца, среднегодовой - в течение одного года.

по среднечасовым и среднесуточным показателям, так и по средним показателям за зимний сезон 2019/20 гг. и за календарный год.

Качество атмосферного воздуха – тяжелые металлы

В Сванвике и Карпдалене отбираются пробы на содержание тяжелых металлов во взвешенной пыли (PM₁₀) в атмосферном воздухе, т. е. недельные пробы на Ni, Cu, Co и As, а также на Al, Cd, Cr, Fe, Mn, Pb, V и Zn⁷. Измерения содержания тяжелых металлов в атмосферном воздухе и осадках в Сванвике и Карпдалене выявляют повышенные концентрации металлов-индикаторов производства никеля - никеля (Ni), меди (Cu), кобальта (Co) и мышьяка (As). Средние концентрации, зарегистрированные на двух станциях, приведены в Таблице 2. В 2020 г. ни в Сванвике, ни в Карпдалене не было превышений целевых показателей по кобальту, мышьяку, а также кадмию.

Таблица 2: Средние концентрации металлов в атмосферном воздухе в п.Сванвик и долине Карпдален в течение 2020-го календарного года ^А.

2020-й календарный год	Сванвик	Карпдален
Ni нг/м ³	2,7	4,5
Cu нг/м ³	4,5	7,6
Co нг/м ³	0,1	0,2
As нг/м ³	0,3	0,6

А) Целевые концентрации по тяжелым металлам - 20 нг/м³ для никеля и 6 нг/м³ для мышьяка. Концентрации мышьяка, кадмия и никеля рассчитываются, исходя из совокупного содержания тяжелых металлов во фракции PM₁₀-⁸, как среднего показателя в течение календарного года.

Качество осадков

Отбор проб осадков проводится с трех станций – в Карпбукте (на неорганические компоненты), в Сванвике и Карпдалене (на 10 тяжелых металлов/элементов). В Сванвике осаждение Ni, Cu, Co и As с осадками обычно гораздо больше летом, чем зимой. Это объясняется более высокой частотностью ветров со стороны Никеля в направлении Сванвика в летнее время. Карпдален больше подвержен этому направлению ветра в зимний период. Осаждение тяжелых металлов с осадками резко увеличилось с 2004 г. по сравнению с периодом до 2004 г.

1.3 Ilman- ja sadeveden laatu Venäjän ja Norjan välisillä raja-alueilla 2020

Venäjän ja Norjan välinen rajaseutu on hyvin metalli- ja mineraalirikasta aluetta. Alue Paatsjoelta itään Finnmarkissa eli osa historiallisesta Ruijasta kuului Suomelle vuodesta 1920 toiseen maailmansotaan saakka. Juuri suomalaiset löysivät nikkeliä kallioperässä vuonna 1921. Silloisen Kolosjoen kaupungin ympäristöön perustettiin kaivoksia ja sulattoja 1930-luvulla. Sodan jälkeen alue siirtyi jälleen Venäjälle, kaupungin nimeksi tuli Nikel (suomeksi Nikkeli) ja sulatto jälleenrakennettiin. Louhittu ja jatkojalostettava malmi sisältää paljon raskasmetalleja, kuten nikkeliä ja kuparia, mutta myös rikkiä. Tämän takia sulaton päästöt sisältävät suuria määriä rikkidioksidia (SO₂) ja raskasmetalleja. Kyseiset päästöt vaikuttavat raja-alueiden ilmanlaatuun ja ympäristöön. Raja-alueiden mittausasemilla mitatut SO₂- ja raskasmetallitasot ovat korkeampia kuin muualla Norjassa. SO₂- pitoisuudet ovat myös useaan otteeseen olleet korkeita vuoden 2020 aikana. Nikkelin sulatto lopetti tuotantonsa joulukuussa 2020, mikä vähentää saasteita raja-alueilla.

Пäästöt

Venäjän Zapoljarnyn briketointilaitoksen ja Nikkelin sulaton yhteiset vuosittaiset SO₂- päästöt ovat

⁷ Ni - никель, Cu - медь, Co - кобальт, As - мышьяк, Al - алюминий, Cd - кадмий, Cr - хром, Fe - железо, Mn - марганец, Pb - свинец, V - ванадий, Zn - цинк.

⁸ PM₁₀ («Particulate Matter») - частицы с аэродинамическим диаметром не более 10 мкм (микрометров), т. н. взвешенная пыль.

viime vuosina olleet hieman alle 100 000 tonnia. Päästöt olivat 1970/80-luvuilla yli 400 000 tonnia vuodessa. Korkeat päästöt johtuivat tuolloin Siperian Norilskista tuodun rikkipitoisen malmin käytöstä, mutta vuodesta 1993 käytetyssä paikallisessa malmista on vähemmän rikkiä. Zapoljarnyn briketointilaitos nykyaikaistettiin uusilla tuotantolinjoilla 2015, mikä vähensi Zapoljarnyn päästöjä. Päästöt vähenivät vielä lisää, kun yksi Nikkelin laitoksen uuneista suljettiin. Yhtiö Kola GMK lakkautti tuotannon Nikkelissä 23. joulukuuta 2020 ja malmia jalostetaan nyt Montšegorskissa. Zapoljarnyn briketointilaitos on sekin lakkautettu. Venäjän laitokset aiheuttivat myös raskasmetallipäästöjä. Nikkelilaitosten hivenmetalleina pidetään nikkeliä (Ni), kuparia (Cu), kobolttia (Co) ja arseenia (As).

Mittausohjelma

Norjan ilmantutkimuslaitos NILU on mitannut raja-alueiden ilmansaasteita vuodesta 1974 lähtien maan viranomaisen toimeksiannosta. Paatsjoenlaaksossa (Pasvikdalen) sijaitsevalla Svanvikin asemalla ja Rautavuonon (Jarfjord) Karpdalenissa seurataan rikkidioksidia (SO₂), raskasmetalleja niin leijumassa kuin sadevedessä sekä meteorologisia olosuhteita. Karpbuktissa mitataan epäorgaanisia⁹ komponentteja sadevedestä. Rautavuonon tunturiin (Viksjøfjell) on lisäksi asennettu passiivisia mittareita rikkidioksidin pitkäaikaiskeskiarvoille. Mittausohjelma jatkuu edelleen vuonna 2021 myös Nikkelin laitoksen lakkauttamisen jälkeen.

Ilmanlaatu-SO₂

Tässä raportissa esitellään vuoden 2020 tulokset. Taulukossa 1 on tiivistelmä SO₂-mittausten tuloksista. Korkeimmat lyhyen aikavälin pitoisuudet (10-minuuttiarvo, tuntiarvo) havaitaan tavallisimmin Svanvikissa johtuen Nikkelin laitoksen läheisyydestä. Pidemmän aikavälin (kuukauden, kauden, vuoden) pitoisuudet puolestaan havaitaan Karpdalenissa, joka altistuu talviaikana eniten etelästä usein puhaltavien tuulien vuoksi.

Mittausten perusteella voidaan yleisesti todeta, että SO₂-tasot olivat Svanvikissa vuonna 2020 matalampia kuin vuonna 2019. Tämä koskee kaikkia muuttujia, niin keskiarvoa, lyhyen aikavälin keskimmäistä havaintoarvoa (10-minuuttiarvoja), määriteltyjä rajoja ylittäviä arvoja (tuntikeskiarvo, vuorokausikeskiarvo¹⁰) ja korkeimpia arvoja. Ympäristönkuormitus vuonna 2020 oli korkeimmillaan lokakuussa. Myös Karpdalenissa mitatut SO₂-tasot olivat vuonna 2020 edellistä vuotta matalampia. Ainoa poikkeus oli korkein tuntikeskiarvo ja 350 µg/m³ ylittäneet tuntikeskiarvot. Huonosta ilmanlaadusta ei annettu varoituksia Svanvikin väestölle vuoden 2020 aikana. Svanvikin ja Karpdalenin matalammat mittaustulokset tukevat sitä, että sulattojen päästöt ovat vähentyneet viime vuosina.

Zapoljarnyn päästöt vaikuttavat voimakkaasti noin 20 km suoraan sen pohjoispuolella sijaitsevaan Viksjøfjellin alueeseen. Viksjøfjellin passiivinen näytteenotto mittasi rikkidioksidin keskiarvoksi kalenterivuonna 2020 noin 10 µg/m³. Keskiarvo oli edellistä vuotta matalampi, mikä tukee sitä, että Zapoljarnyn päästöt ovat vähentyneet vuodesta 2015. Talvi-/kesäkuukausien keskimmäiset havaintoarvot olivat vuonna 2020 noin 12 µg/m³ ja 7 µg/m³.

⁹ Epäorgaanisia komponentteja ovat SO₄²⁻, NH₄⁺, NO₃⁻, Na⁺, Mg²⁺, Cl⁻, Ca²⁺, K⁺ ja ne ilmoitetaan ioneina.

¹⁰ Tuntikeskiarvolla kuvataan keskimääräistä pitoisuutta tunnin, vuorokausikeskiarvolla vuorokauden, kuukausikeskiarvolla taas kuukauden ja vuosikeskiarvolla vuoden aikana.

Taulukko 1: Tärkeitä SO₂:n tunnuslukuja vuoden 2020 mittauksista

Kalenterivuosi 2020	Svanvik	Karpdalen
> 500 µg/m ³ 10-minuuttiarvojen määrä	5	0
Korkein µg/m ³ 10-minuuttiarvo	802	461
A) > 350 µg/m ³ tuntikeskiarvojen määrä	5	3
Korkein tuntikeskiarvo µg/m ³	527	448
B) > 125 µg/m ³ vuorokausikeskiarvojen määrä	0	0
Korkein vuorokausikeskiarvo µg/m ³	84	59
C) Keskiarvo talvella µg/m ³ (talvi 2019/2020)	2,3	8,5
Keskiarvo kesällä µg/m ³	1,7	3,1
C) Vuosikeskiarvo µg/m ³	2,2	4,4

A) Norjassa raja-arvo SO₂:n tuntikeskiarvolle ihmisterveyden suojelemiseksi on 350 µg/m³, joka saa ylittyä 24 kertaa kalenterivuoden aikana.

B) Norjassa raja-arvo SO₂:n vuorokausikeskiarvolle ihmisterveyden suojelemiseksi on 125 µg/m³, joka saa ylittyä kolme kertaa kalenterivuoden aikana.

C) Norjassa raja-arvo ekosysteemin suojelemiseksi talvikaudella (1. 10.–31. 3.) ja kalenterivuodelle on 20 µg/m³.

Taulukosta 1 luettavista mittaustuloksista käy ilmi, että ilmanlaatu (SO₂) pysyi vuonna 2020 Norjassa sallittujen raja-arvojen sisällä sekä Svanvikissa että Karpdalenissa. Tämä koski niin tunnin aikana mitattua tuntikeskiarvoa, vuorokauden aikana mitattua vuorokausikeskiarvoa kuin talvikaudella 2019/2020 ja kalenterivuoden aikana mitattua keskiarvoa.

Ilmanlaatu-raskasmetallit

Svanvikin ja Karpdalenin asemilla otetaan näytteitä raskasmetalleista leijumassa/ilmassa (PM₁₀), toisin sanoen viikkonäytteet seuraavista: Ni, Cu, Co ja As sekä Al, Cd, Cr, Fe, Mn, Pb, V ja Zn¹¹. Svanvikin ja Karpdalenin raskasmetallimittaukset ilmasta ja sadevedestä osoittavat sulattamon hivenmetallien nikkelin (Ni), kuparin (Cu), koboltin (Co) ja arseenin (As) kohonneita pitoisuuksia. Näillä kahdella asemalla mitattujen pitoisuuksien keskiarvot ilmoitetaan taulukossa 2. Nikkelin ja arseenin tavoitearvot (Ni, As) saavutettiin vuonna 2020 sekä Svanvikissa että Karpdalenissa. Myös kadmiumin (Cd) pitoisuudet ovat pysyneet tavoitearvoissa.

Taulukko 2: Svanvikin ja Karpdalenin asemilla ilmasta mitatut metallien keskiarvot kalenterivuonna 2020^{A)}

Kalenterivuosi 2020	Svanvik	Karpdalen
Ni ng/m ³]	2,7	4,5
Cu ng/m ³	4,5	7,6
Co ng/m ³	0,1	0,2
As ng/m ³	0,3	0,6

A) Raskasmetallipitoisuuksien toimenpiteitä aiheuttavat raja-arvot ovat 20 ng/m³ nikkelille ja 6 ng/m³ arseenille. Arseenin, kadmiumin ja nikkelin pitoisuudet lasketaan niiden kokonaismäärästä PM₁₀-hiukkasessa kalenterivuoden n keskiarvona¹².

Sadannan laatu

Näytteitä sadeveden laadun analysoimiseksi otetaan kolmella asemalla: Karpbukt (epäorgaaniset komponentit), Svanvik ja Karpdalen (molemmat 10 raskasmetallia/elementtiä). Sadannan laskeumat (Ni, Cu, Co ja As) ovat Svanvikissa tavallisesti huomattavasti korkeampia kesällä kuin talvella. Tämä johtuu siitä, että Nikkelistä tuulee useimmiten Svanvikiin päin kesäisin. Karpdalen altistuu eniten

¹¹Ni: nikkeli, Cu: kupari, Co: koboltti, As: arseeni, Al: alumiini, Cd: kadmium, Cr: kromi, Fe: rauta, Mn: mangaani, Pb: lyijy, V: vanadium, Zn: sinkki.

¹² Leijuvassa pölyssä esiintyviä aerodynaamiselta halkaisijaltaan alle 10 mikrometrin (µm) kokoisia hiukkasia kutsutaan hengitettäväksi hiukkasiksi (PM₁₀, Particulate Matter).

talviaikaan. Raskasmetallilaskeumat sadannassa ovat lisääntyneet merkittävästi vuodesta 2004 verrattuna aikaan ennen vuotta 2004.

1.4 Summary: Air and precipitation quality in the Norwegian-Russian border areas in 2020

The soil in the border areas between Russia and Norway is rich in metals and minerals. The right bank of the Pasvik River was part of Finland from 1920 until World War II and it was Finland that first discovered nickel in the soil in 1921. In the 1930s, nickel mines and a smelter were established in the vicinity of the city Kolosjoki. After the war, the area once again became a part of Russia, the city was renamed Nikel and the smelter was reerected. The ore has a high content of heavy metals like nickel and copper, but it also contains sulphur. As a result, the smelters emitted large quantities of sulphur dioxide (SO₂) and metals. These emissions affected air quality and the environment in the border areas. The monitoring stations in the Russian-Norwegian border areas have the highest measured concentrations of SO₂ and heavy metals in all of Norway. The smelter in Nikel closed down its production in December 2020. As a consequence, the levels of pollution in the border areas will decrease.

Emissions

In the past 4-5 years, the total emissions of SO₂ from the briquetting facility in Zapoliarny and the smelter in Nikel have been just below 100 000 tonnes per year. In the 1970's/80's, the emissions of SO₂ were much higher, more than 400 000 tonnes per year. The high emissions then were due to use of ore imported from Norilsk in Siberia, with a very high content of sulphur. From 1993 and onwards, only local ore has been used in the production. The briquetting facility in Zapoliarny was upgraded in 2015 with two new production lines and the emissions were reduced. Then a furnace in Nikel was upgraded and the emissions decreased even more. The company Kola MCK closed down the smelter in Nikel on 23rd of December 2020 and the refining process of ore will from now on take place in Monchegorsk. The smelters also emit heavy metals. Nickel (Ni), copper (Cu), cobalt (Co) and arsenic (As) are considered trace metals from smelter activity.

Monitoring programme

NILU has been monitoring air pollution in the border areas since 1974, funded by Norwegian authorities. At Svanvik in the Pasvik valley and in Karpdalen in the Jarfjord area, there is monitoring of SO₂, heavy metals sampling for analysis in particles (PM₁₀) and precipitation, as well as monitoring of meteorological parameters. In Karpbukt, there is sampling of inorganic components¹³ in precipitation. At Viksjøfjell, there is passive sampling of SO₂ (14-days mean). The monitoring programme will continue in 2021, in other words after the shut-down of the smelter in Nikel.

Air quality - SO₂

This report presents monitoring results for the year 2020. A summary of the main results for SO₂ is given in Table 1. On a short time scale (10 minutes, 1 hour), the highest concentrations are typically observed at Svanvik, because Svanvik is located close to the Nikel smelter. On a longer time scale (month, season), Karpdalen experiences the highest concentrations, especially during wintertime, due to prevailing wind direction from the south.

In general, the monitoring results show that the environmental impact at Svanvik due to SO₂ in 2020 was lower compared to 2019. This is valid for all parameters, both average values, short term mean values (10 minutes), number of exceedances (of hourly mean values, daily mean), and maximum

¹³ Inorganic components include SO₄²⁻, NH₄⁺, NO₃⁻, Na⁺, Mg²⁺, Cl⁻, Ca²⁺, K⁺ given as ions.

values. The highest concentrations were observed in October. Also in Karpdalen, the environmental impact was lower in 2020 than the year before, except for maximum hourly value and number of hourly mean values above $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$. The values did not exceed the alarm thresholds and no warning concerning air quality was sent to the residents in the border areas. The decrease in the concentrations at Svanvik and Karpdalen also emphasizes that the emissions have decreased in the past few years.

Viksjøfjell is located about 20 km north of Zapoliarny and is strongly affected by the emissions from the briquetting facility. Monitoring of SO_2 , using passive samplers at Viksjøfjell, shows that the average concentration for the calendar year 2020 was just below $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. This is lower than 2019. Again this observed decrease emphasizes that the emissions have been reduced since 2015. This is due to reduced emissions from the Zapoliarny facility. Seasonal mean concentrations for winter/summer months in 2020 were about $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ and $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, respectively.

The monitoring results presented in Table 1 show that the concentrations of SO_2 for 2020 at Svanvik and in Karpdalen are in compliance with Norwegian legislation, both concerning hourly mean values (average over one hour), daily mean values (average over 24 hrs) and seasonal mean for winter season 2019/20, as well as annual mean values.

Table 1: Key values for SO_2 results in 2020.

Calendar year 2020	Svanvik	Karpdalen
# 10 minute average values $> 500 \mu\text{g}/\text{m}^3$	5	0
Highest 10 minute average value [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	802	461
A) # Hourly average values $> 350 \mu\text{g}/\text{m}^3$	5	3
Highest hourly average value [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	527	448
B) # Daily averages $> 125 \mu\text{g}/\text{m}^3$	0	0
Highest daily average [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	84	59
C) Average value winter [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] (winter 2019/20)	2.3	8.5
Average value [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] summer	1.7	3.1
C) Annual mean value [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	2.2	4.4

A) The Norwegian limit value for protection of human health for hourly mean SO_2 concentrations is $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$, not to be exceeded more than 24 times a calendar year.

B) The Norwegian limit value for protection of human health for daily mean SO_2 concentration is $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$, not to be exceeded more than 3 times a calendar year.

C) The Norwegian critical levels for the protection of vegetation is $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ SO_2 given for averaging period calendar year and winter season (1 October to 31 March).

Air quality – heavy metals

Both at Svanvik and in Karpdalen, there is sampling and analysis of heavy metals in PM_{10} in air on a weekly basis, i.e. Ni, Cu, Co and As, as well as Al, Cd, Cr, Fe, Mn, Pb, V and Zn¹⁴. Monitoring of metals in air and precipitation at Svanvik and in Karpdalen shows enhanced concentrations of specific trace elements from the smelting industries, nickel (Ni), copper (Cu), cobalt (Co), and arsenic (As). The mean concentrations found at these two stations are given in Table 2. The observed values of Ni and As are in compliance with Norwegian target values both at Svanvik and in Karpdalen. The observed concentrations of cadmium (Cd) are also below Norwegian target values.

¹⁴ Ni: nickel, Cu: copper, Co: cobalt, As: arsenic, Al: aluminium, Cd: cadmium, Cr: chromium, Fe: iron, Mn: manganese, Pb: lead, V: vanadium, Zn: zinc.

Table 2: Average values of elements found in ambient air at Svanvik and in Karpdalen during calendar year 2020^A.

Calendar year 2020	Svanvik	Karpdalen
Ni [ng/m ³]	2.7	4.5
Cu [ng/m ³]	4.5	7.6
Co [ng/m ³]	0.1	0.2
As [ng/m ³]	0.3	0.6

A) The target values for nickel and arsenic are 20 ng/m³ and 6 ng/m³ respectively for the total content in the PM₁₀ fraction given over a calendar year.¹⁵

Precipitation quality

Three stations have sampling of precipitation, Karpbukt (inorganic components), Svanvik and Karpdalen (both 10 heavy metals/elements). The deposition of metals Ni, Cu, Co, and As with precipitation is normally a lot higher during summer than during winter at Svanvik. This is due to the fact that the frequency of wind from the direction of Nikel towards Svanvik is significantly higher during summer in comparison to winter. Karpdalen experiences higher values during wintertime. Deposition of metals with precipitation has increased from 2004 in comparison to years before 2004.

¹⁵ PM₁₀ («Particulate Matter») describes particles with aerodynamic diameter less than 10 µm (micrometer).

2 Utslipp, målinger og grenseverdier

2.1 Smelteverkens historie

Fredstraktaten etter Første verdenskrig mellom Sovjet-Russland og Finland ble undertegnet i Dorpat 14. oktober 1920. Traktaten ga Finland adgang til Barentshavet i nord ved at Petsamo-området ble avgitt til Finland, også kalt «Petsamo-korridoren». Allerede året etter, i 1921, ble det sendt en finsk ekspedisjon til området for å kartlegge mulige mineralforekomster. Sjansene for å finne drivverdige forekomster av metaller var store, jfr. etableringen av AS Sydvaranger i Bjørnevatn i 1906. Den finske ekspedisjonen fant blant annet nikkel i berggrunnen i nærheten av elva Kolosjoki på østsiden av Pasvikelva. På 1930-tallet ble det anlagt smelteverk med bistand fra det canadiske selskapet Inco (International Nickel Company). På slutten av 1920-tallet ble det også bygd vei fra Ivalo, over Nellim og videre på østsiden av Pasvikelva helt til Liinahamari ved Barentshavet, også kalt Ishavsveien.

Nikkel er en viktig bestanddel av rustfritt stål og gruvene og verket ble derved et viktig strategisk mål under 2. verdenskrig (Jacobsen, 2006). Hitler-Tyskland angrep Sovjetunionen i juni 1941, men ble stoppet ved Litsafronten og trakk seg tilbake i oktober 1944. Etter 2. verdenskrig ble området igjen en del av Russland / Den russiske sosialistiske føderative sovjetrepublikk, smelteverket ble gjenoppbygget og byen skiftet navn til Nikel / Никель. Byen og briketteringsanlegget i Zapoljarnij / Заполярный ble etablert på 1950-tallet.

Etter oppløsningen av Sovjetunionen og opprettelsen av Den russiske føderasjon på 1990-tallet ble verkene/selskapet privatisert. Gruvene og verkene eies og drives i dag av Kolskaya GMK / Кольская ГМК (ru), også benevnt Kola Bergverkskompani (no) og Kola MMC / Kola Mining and Metallurgical Company (eng), som igjen er en del av Norilsk Nickel-kombinatet¹⁶. Norilsk Nickel er verdens største produsent av nikkel og palladium og en stor produsent av kobber og platina. I 2018 stod Kola Bergverkskompani for 72% av Norilsk Nickels totale produksjon av nikkel, for kobber og platinagruppermetallene¹⁷ var andelen hhv. 18% og 61%. Det ble utvunnet 7,9 millioner tonn malm, beregnede malmforekomster utgjør til sammen 327,3 millioner tonn^{se fotnote 16}.

2.2 Utslipp

Malmen som brytes og videreforedles er såkalte sulfidiske malmer, det vil si at nyttemetallene som nikkel og kobber er bundet til svovel. Den lokale malmen inneholder typisk ~5-6 % svovel og dette medførte store utslipp av svoveldioksid SO₂ og tungmetaller. Disse utslippene har påvirket luftkvaliteten og miljøet i grenseområdene både på norsk og russisk side.

På 1970- og 80-tallet ble det fraktet malm fra Norilsk i Sibir for videreforedling i Zapoljarnij og Nikel. Denne malmen inneholdt mye svovel, opptil 24 % S, og utslippene den gang var over 400 000 tonn SO₂ pr. år. Fra 1993 er det kun benyttet lokal malm og utslippene har gradvis gått ned de siste 25-30 årene. Rundt 2015 var utslippene nede i 100 000 tonn SO₂ pr. år med om lag 40% fra Zapoljarnij og 60% fra Nikel¹⁸. Så ble briketteringsanlegget i Zapoljarnij modernisert med to nye produksjonslinjer i desember 2015¹⁹. Etter dette ble brikettene tørket, ikke røstet²⁰ som tidligere.

¹⁶ Se: <http://www.nornickel.com> og <https://www.nornickel.com/business/assets/kola> [begge besøkt 20.april 2021].

¹⁷ Platinagruppermetaller omfatter de seks metallene ruthenium Ru, rhodium Rh, palladium Pd, iridium Ir, osmium Os og platina Pt.

¹⁸ Totale, rapporterte utslipp av SO₂ for Kola MMC (Zapoljarnij, Nikel og Monchegorsk) utgjorde 109'100 tonn i 2017, jfr NORILSK NICKEL GROUP'S 2017 SUSTAINABILITY REPORT

https://www.nornickel.com/files/ru/CSOpdf/NN_CS02017_WEB_ENG.pdf [besøkt 20. april 2021].

¹⁹ Opplysningene om moderniseringen i Zapoljarnij ble gitt under møte i Zapoljarnij 16. mars 2016, BEAC Working Group on Environment.

Dette tiltaket reduserte utslippene fra Zapoljarnij betraktelig, men flyttet midlertidig utslippene til Nikel. Senere ble én smelteovn i Nikel lukket, det vil si at røykgassene ble fanget og rensset. Tidligere er det opplyst til norske myndigheter at utslippstillatelsen de senere årene har vært 79 900 tonn SO₂ pr. år.

Smelteverket i Nikel ble stengt ned 23. desember 2020. Også briketteringsanlegget i Zapoljarnij er lukket. Heretter skal malmkonsentratet enten selges direkte på verdensmarkedet i form av pulver, dette gjelder den mest svovelholdige delen, eller fraktes fra Zapoljarnij til Monchegorsk. Norilsk-Nickel melder på sine hjemmesider at utslippene i 2021 fra Kola GMK skal være 1/3 av utslippene i 2015²¹. Kombinatet skal også stenge det gamle kobbersmelteverket i Monchegorsk og bygge et nytt verk. Med nedstengningen i Nikel er 90 års drift ved smelteverket over. Dette vil medføre en sterk reduksjon i utslippene og derved en bedring av luftkvalitet i grenseområdene. Merk forskjellen mellom utslippene fra smelteverket i 2016 vist i Bilde 1 og sammenlign med bildet på forsiden der det ikke er røyk fra skorsteinene.

Tungmetaller

Virksomheten i Zapoljarnij og Nikel ga også utslipp av tungmetaller fra produksjonen. Nikkel (Ni), kobber (Cu), kobolt (Co) og arsen (As) regnes som spormetaller²² fra nikkilverkene. Moderniseringen i Zapoljarnij innebar en viss reduksjon av utslippene av tungmetaller i og med at utslipp av støv ble mindre, større briketter medførte mindre friksjon og mindre støv. Skorsteinene i Nikel hadde filtre som fjernet en viss andel støv. Fra 2004 og framover har man observert en økning i konsentrasjonene av tungmetaller i nedbør, det vil si 2-3 ganger høyere nivåer etter 2004 enn før. Denne økningen er også observert i andre, uavhengige målinger i grenseområdene, eks. Garmo og Skancke, 2020.

En viss andel av utslippene i Nikel kom som diffuse utslipp fra selve bygningene i tillegg til det som kom gjennom skorsteinene. Utslippene i bakkenivå hadde intet løft og det ble dårlig spredning og fortykning av forurensningen. Diffuse utslipp påvirket luftkvaliteten i Nikel by da vinden stod fra nord, se Bilde 1 og likeledes resultater fra Murmansk UGMS sitt måleprogram²³.

²⁰ Røsting er den prosessen som utføres når malm varmes opp over lang tid for å fjerne forurensning/uønskede komponenter fra malmen.

²¹ <https://www.nornickel.com/sustainability/environment/air/> [besøkt 17. februar 2021].

²² Spormetaller er metaller som forekommer i svært små mengder, f.eks. i luft som her, eller i kroppen.

²³ Eks. http://kolgimet.ru/monitoring-zagrijaznenija-okruzhajushchei-sredy/sostojanie-i-zagrijaznenie-atmosfernogo-vozdukha/?no_cache=1&type=uploader%3A [besøkt 13. oktober 2020]. På russisk, men lesbar ved bruk av automatisk oversettelse.



Bilde 1: Typisk eksempel på utslippene fra smelteverket i Nikel. Bildene er tatt fra isen på Pasvikelva ved Utnes 18. april 2016 om kvelden. Til venstre vises nærbilde av utslippene, mens høyre bilde viser hvordan den svarte røyken stiger opp til et visst nivå og bringes så horisontalt sørover. Røykfanen kunne sees som en svart stripe på himmelen flere mil avgårde. Legg også merke til de diffuse utslippene, samt røyken fra skorsteinen til varmekraftverket i Nikel (til høyre nedenfor verket). Foto: Benjamin Flatlandsmo Berglen.

2.3 Måleprogram

I 2020 utførte NILU målinger og prøvetaking på oppdrag fra Miljødirektoratet ved i alt fire norske stasjoner i grenseområdene Norge-Russland;

- Svanvik: SO₂ kontinuerlig med monitor, tungmetaller²⁴ i luft og nedbør, meteorologi²⁵
- Karpdalen: SO₂ kontinuerlig med monitor, tungmetaller i luft og nedbør, meteorologi
- Karpbukt: Uorganiske komponenter i nedbør²⁶
- Viksjøfjell: SO₂ langtidsmidler, det vil si gjennomsnitt over 14 dager

Plasseringen av NILUs målestasjonene er vist i Figur 1. Målestasjonene er utfyllende beskrevet i Vedlegg A. Av andre måleprogrammer i luft og nedbør i grenseområdene kan nevnes målinger av meteorologi på Nyrud, Skogfoss, Svanvik og Høybuktmoen (se www.yr.no og <https://seklima.met.no/observations/>²⁷) og radioaktivitet på Svanvik og Viksjøfjell (Direktoratet for strålevern og atomsikkerhet, DSA). I tillegg finnes det flere andre måleprogrammer når det gjelder det akvatiske og terrestriske miljø, eksempelvis Pasvikprogrammet (Statsforvalteren²⁸ i Troms og Finnmark), jordparametre på Svanvik (NIBIO og NVE), korrosjon (NILU), vanntemperatur ved Skogfoss og i Sametielva (NVE) med flere.

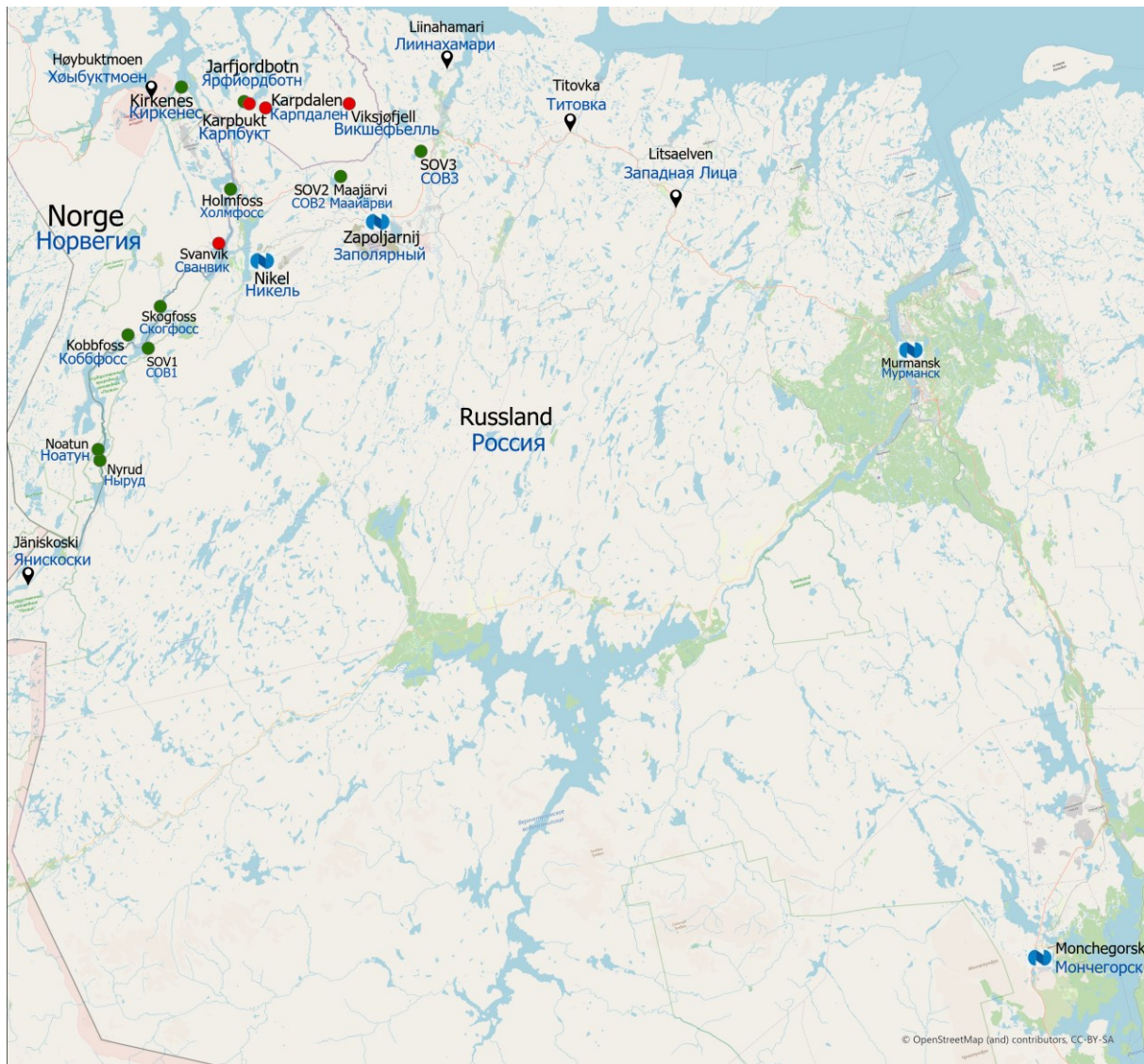
²⁴ Ni: nikkel, Cu: kobber, Co: kobolt, As: arsen (strengt tatt et halvmetall/metalloid), Al: aluminium (strengt tatt et lettmetall), Cd: kadmium, Cr: krom, Fe: jern, Mn: mangan, Pb: bly, V: vanadium, Zn: sink. I luft beregnes disse 12 utfra totalt innhold i PM₁₀-fraksjonen (svevestøv).

²⁵ Vindhastighet, vindretning, temperatur og relativ fuktighet, lufttrykk, samt nedbørsindikator. Nedbørsindikator angir om det har vært nedbør eller ei, men ikke mengde.

²⁶ Nedbørmengde, ledningsevne, pH og de uorganiske komponentene SO₄²⁻, NH₄⁺, NO₃⁻, Na⁺, Mg²⁺, Cl⁻, Ca²⁺, K⁺ (gitt som ioner)

²⁷ Databasen eKlima driftet av Meteorologisk institutt legges ned våren 2021 og erstattes av seKlima driftet av Norsk Klimaservicesenter.

²⁸ Embedet skiftet navn fra Fylkesmannen til Statsforvalteren 1. januar 2021.



Figur 1: Norske målestasjoner for luftkvalitet, nedbørkvalitet og meteorologiske forhold i grenseområdene Norge-Russland i kalenderåret 2020 (rødt). Stasjoner fra Basisundersøkelsen 1988-1991 er markert i grønt. Kola GMK sine produksjonssteder er markert med NN-symbol. Kilde kartunderlag: OpenStreetMap.

I Russland måler Murmansk Avdeling for hydrometeorologi og miljøovervåking (Murmansk UGMS) luftkvalitet og meteorologi i Zapoljarnij, Nickel og Jäniskoski. Russiske måleresultater presenteres på egen nettside²⁹. Det er også utarbeidet to fellesrapporter fra den norsk-russiske ekspertgruppen for luft som gir en oversikt over måleprogram, grenseverdier, måle- og analysemetoder og resultater på norsk og russisk side^{30,31}. Ny rapport for perioden fram til og med 2020 publiseres i 2021.

Finland har også egne målestasjoner som måler luftkvalitet. I finsk Lappland er det nå tre stasjoner med SO₂-målinger, Utsjoki Kevo, Inari Raja-Jooseppi og Muonio Sammaltunturi³², alle tre er dog utenfor kartet i Figur 1.

²⁹ http://www.kolgimet.ru/monitoring-zagrjaznenija-okruzhajushchei-sredy/sostojanie-i-zagrjaznenie-atmosfernogo-vozdukh/?no_cache=1, på russisk [besøkt 12. april 2021]

³⁰ Nedlastbar fra: <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m322/m322.pdf> [besøkt 12. april 2021].

³¹ Nedlastbar fra: <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m761/m761.pdf> [besøkt 12. april 2021].

³² <https://sv.ilmatieltenlaitos.fi/luftkvalitet>, svenskspråklig versjon, [besøkt 6. april 2021]



Bilde 2: NILUs målestasjoner. Svanvik (venstre) ligger ute på jordet ved NIBIO Svanhovd. Merk inntak for støvmålinger på taket til venstre og inntak for SO₂-målinger på taket til høyre (svanehals). Masten har meteorologi-instrumenter i 10 m høyde. To nedbørprøvetakere til høyre tar prøver for tungmetaller. Instrumentet helt til høyre tilhører NVE. Stativet med metallplater i bakgrunnen er en del av et europeisk korrosjonsprosjekt (Grøntoft, 2016). Strålevernets instrumenter er skjult bak måleboden. Karpdalen (høyre) der måleboden har trakt og svanehals på taket til venstre som er inntak for SO₂, mast til høyre er for meteorologi-instrumenter. Til venstre for måleboden står svevestøvprøvetaker for tungmetaller i luft. Den hvite nedbørsamleren for tungmetaller i nedbør er plassert midt mellom måleboden og veien.

2.4 Regelverk og anbefalinger for luftkvalitet i Norge

Utendørs luftkvalitet er i Norge regulert i forurensningsforskriften kapittel 7 om lokal luftkvalitet. Forskriften har som formål å fremme menneskers helse og trivsel og beskytte vegetasjon og økosystemet ved å sette minstekrav til luftkvalitet og sikre at disse blir overholdt. Den skal også bidra til at Norge overholder EUs direktiver om luftkvalitet (2004/107/EC og 2008/50/EC), og inneholder en rekke grenseverdier, målsettingsverdier og andre terskler som bl.a. bestemmer i hvilke tilfeller luftkvaliteten må overvåkes, og når det må gjennomføres tiltak. Kommunene er delegert forurensningsmyndighet etter forskriften (§ 7-4). Norske grenseverdier for SO₂ er gitt i Tabell 3 mens målsettingsverdier for arsen, kadmium og nikkel er gitt i Tabell 4.

Forurensningsforskriften definerer også en alarmterskel³³ for SO₂ (§ 7-10) på 500 µg/m³ i tre sammenhengende timer. Dette er bakgrunnen for at det er etablert et system for varsling av kommunens innbyggere ved høye konsentrasjoner. Folkehelseinstituttet og Miljødirektoratet har i tillegg til de ulike grensene i forurensningsforskriften fastsatt luftkvalitetskriterier for en rekke komponenter. Luftkvalitetskriteriene er ikke juridisk bindende, men angir nivåer av luftforurensning som er trygge for de aller fleste mennesker. For SO₂ er luftkvalitetskriteriene for 15 minutter på 300 µg/m³ og 20 µg/m³ som døgnmiddel (Folkehelseinstituttet, 2013³⁴). Likeledes har en rekke offentlige institusjoner samarbeidet om å utarbeide forurensningsklasser og helseråd for en rekke typer forurensning, PM₁₀, PM_{2,5}, NO₂, SO₂ og O₃³⁵. For SO₂ karakteriseres nivåene av forurensning som lite (konsentrasjon for time < 100 µg/m³), moderat (100 - 350 µg/m³), høyt (350-500 µg/m³) og svært høyt (> 500 µg/m³). WHO har utarbeidet retningslinjer («air quality guidelines»)³⁶ for korttidseksponering av SO₂ (10 minutters gjennomsnitt) på 500 µg/m³ og langtidseksponering (24 timers gjennomsnitt) på 20 µg/m³.

³³ Alarmterskel er et konsentrasjonsnivå i utendørsluft som gir helseeffekter i befolkningen ved korttidseksponering.

³⁴ Uteluft - luftkvalitetskriterier [nettdokument]. Oslo: Folkehelseinstituttet [lest 21.05.2021]. Tilgjengelig fra <https://www.fhi.no/nettpub/luftkvalitet/> [besøkt 21.mai 2021].

³⁵ Se forurensningsklasser gjengitt på <https://luftkvalitet.miljostatus.no/artikkel/613> [besøkt 12. april 2021].

³⁶ <https://www.who.int/airpollution/publications/agg2005/en/> [besøkt 12. april 2021].

Tabell 3: Grenseverdier for tiltak er gitt i Forskrift om begrensning av forurensning (forurensningsforskriften) Del 3 § 7-6³⁷. Forurensningskonsentrasjonen i utendørs luft skal ikke overstige følgende grenseverdier flere enn det tillatte antall ganger.

Komponent	Midlingstid	Grenseverdi	Antall tillatte overskridelser av grenseverdien
Svoveldioksid			
1. Timegrenseverdi for beskyttelse av menneskets helse	1 time	350 µg/m ³	Grenseverdien må ikke overskrides mer enn 24 ganger pr. kalenderår
2. Døgn grenseverdi for beskyttelse av menneskets helse	1 døgn (fast)	125 µg/m ³	Grenseverdien må ikke overskrides mer enn 3 ganger pr. kalenderår
3. Grenseverdi for beskyttelse av økosystemet	Kalenderår og i vinterperioden (1/10-31/3)	20 µg/m ³	
Bly			
Årgrenseverdi for beskyttelse av menneskets helse	Kalenderår	0,5 µg/m ³	

For nikkel (Ni) har Folkehelseinstituttet og Miljødirektoratet fastsatt et luftkvalitetskriterium på 10 ng/m³ som årsmiddel. For arsen (As) er luftkvalitetskriteriet 2 ng/m³ som årsmiddel, videre bly (Pb) 0,1 µg/m³ som årsmiddel, kadmium (Cd) 2,5 ng/m³ som årsmiddel, seksverdig krom (Cr VI) 0,1 ng/m³ som årsmiddel og vanadium (V) 0,2 µg/m³ som døgnmiddel (Nasjonalt folkehelseinstitutt, 2013).

Tabell 4: Målsetningsverdier for tiltak er gitt Forurensningsforskriften Del 3 § 7-7. Det skal gjennomføres nødvendige tiltak for at forurensningskonsentrasjonen i utendørs luft ikke overstiger målsetningsverdiene nedenfor, såfremt dette ikke vil innebære uforholdsmessig store omkostninger.

Komponent	Midlingstid	Målsetningsverdi
Arsen	Kalenderår	6 ng/m ³
Kadmium	Kalenderår	5 ng/m ³
Nikkel	Kalenderår	20 ng/m ³

Konsentrasjonene av arsen, kadmium og nikkel skal beregnes ut fra totalt innhold i PM₁₀-fraksjonen, som gjennomsnitt over et kalenderår.

Russiske grenseverdier er utførlig presentert i fellesrapportene fra ekspertgruppen for luft (Mokrotovarova m.fl., 2015, Pettersen m.fl., 2017). Russland opererer med begrepet PDK³⁸, på engelsk benevnt MAC («Maximum Allowable Concentration»). For korttidsmidler (i praksis 20-minutter) er grensen 500 µg/m³ for SO₂, mens for døgnmiddel og årsmiddel er PDK/MAC 50 µg/m³.

³⁷ <http://www.lovdatab.no/for/sf/md/xd-20040601-0931.html#7-6> [besøkt 12. april 2021].

³⁸ PDK, med kyrilliske bokstaver пдк, er forkortelse for «предельно допустимыми концентрациями».

3 Måleresultater meteorologi 2020

Meteorologiske målinger, spesielt vindretning og –hastighet, er grunnleggende for å bestemme spredning, transport og avsetning av luftforurensning. I et måleprogram hvor det gjøres kontinuerlige målinger (monitorer) er det derfor svært viktig å samtidig måle meteorologiske parametre.

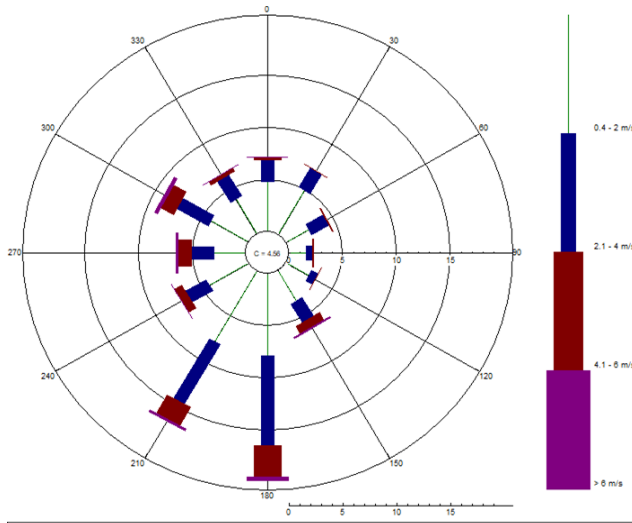
Smelteverket i Nikel var den største enkeltkilden for forurensning i området, men det finnes ingen meteorologiske målinger fra Nikel som er åpent tilgjengelige. NILUs stasjon på Svanvik ligger cirka 8 km (nord-)vest for Nikel by og er den norske stasjonen som ligger nærmest smelteverket (Figur 1). NILU gjør også målinger i Karpdalen. Både Svanvik og Karpdalen måler vind, temperatur, trykk, relativ fuktighet og om det kommer nedbør. I tillegg til NILUs målinger gjøres det også meteorologiske målinger på Nyrud, Skogfoss, Svanvik (NIBIO LMT), Kirkenes lufthavn Høybuktmoen og Øvre Neiden (se Vedlegg A for utfyllende beskrivelser).

3.1 Vindhastighet og -retning

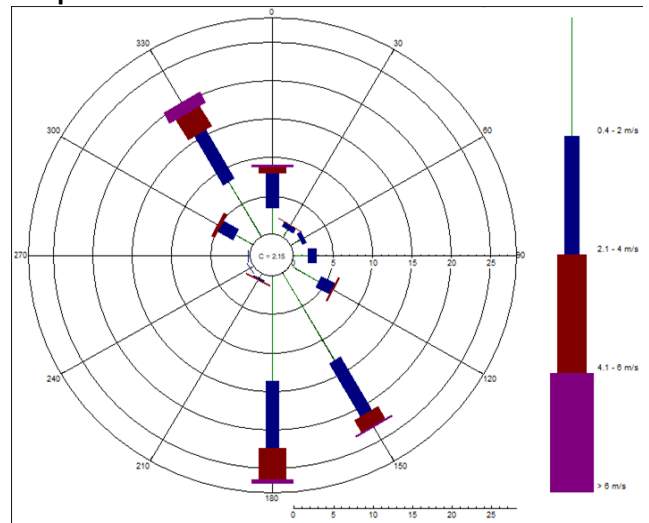
Om vinteren er fremherskende vindretning fra sør mot nord. Dette skyldes det generelle sirkulasjonsmønsteret i atmosfæren. Smelteverket er plassert nord for byen og vinterstid bringes utslippene videre nordover og bort fra Nikel by. Plasseringen var utvilsomt et bevisst valg da smelteverket og bebyggelsen ble anlagt på 1930-tallet. Vindroser for Svanvik og Karpdalen for kalenderåret 2020 er vist i Figur 2. Vindroser viser hvor ofte det blåser **fra** ulike retninger.

Svanvik er en frittliggende stasjon og det blåser fra «alle kanter» med noe større andel fra sørlig kant (Figur 2 venstre del). Vind fra østlig til sørøstlig kant (sektorene 90°, 120° og 150°) vil bringe utslippene fra Nikel mot Svanvik. Vinden i Karpdalen er mer preget av topografi der vinden følger dalføret ut (fra sør) og inn (fra nord) dalen. Fremherskende vindretning er fra sør om vinteren hvor vinden kommer fra sørlig retning i over halvparten av tiden. Derfor viser også Karpdalen typisk høyest miljøbelastning vinterstid.

Svanvik 2020



Karpdalen 2020



Figur 2: Vindrosere for Svanvik og Karpdalen for januar – desember 2020 (vindrosene viser frekvensen i prosent av vind i tolv 30-graders sektorer, det vil si hvor ofte det blåser fra disse retningene. Symbolet C i midten av vindrosene angir frekvensen av vindstille, det vil si svakere enn 0,4 m/s, 4,6% på Svanvik og 2,2% i Karpdalen. Merk ulik skala i de to rosene.

På Svanvik kom vinden fra østlig kant, med andre ord fra smelteverket i kun 11% av tiden. Dette er lav andel vind fra øst, dog noe høyere andel enn i 2018 og 2019, men lavere enn årene før dette. Kombinert med reduserte utslipp er vindretning en medvirkende årsak til at Svanvik har lave verdier av SO₂ også i 2020. I Karpdalen stod vinden fra sørlig kant i omlag halvparten av tiden. Andel vind fra sektor 150°, det vil si fra retning Zapoljarnij var 23%.

4 Måleresultater svoveldioksid (SO₂) og uorganiske komponenter

4.1 SO₂ kalenderåret 2020

Et sammendrag av de viktigste måleresultatene for Svanvik og Karpdalen er gitt i Tabell 5 og Tabell 6. Målingene viser at SO₂-nivåene på Svanvik var lavere i 2020 enn i 2019. Dette gjelder alle parametre, både gjennomsnitt, korttidsmiddel (10-minutter), antall verdier over fastsatte grenser (timemiddel, døgnmiddel³⁹) og maksimumsverdier. Merk dog at 2019 var spesielt preget av to episoder 14.-15. januar og 25. januar med høye verdier av SO₂. De fleste høye time- og døgnmidlene som ble målt i 2019 var knyttet til disse episodene. I 2020 var oktober den måneden med størst miljøbelastning, se Tabell 5 og plott i Vedlegg B.

Også i Karpdalen var verdiene av SO₂ lavere i 2020 enn året før. Eneste unntak var høyeste timemiddel og antall timemidler over 350 µg/m³, henholdsvis 448 µg/m³ og 3. Det ble ikke sendt ut varsel til befolkningen om dårlig luftkvalitet i 2020. Nedgangen på Svanvik og i Karpdalen underbygger at utslippene fra smelteverkene har blitt reduserte de senere årene. Norske grenseverdier for luftkvalitet (SO₂) ble overholdt både på Svanvik og i Karpdalen i 2020.

Svanvik har typisk de høyeste konsentrasjonene av SO₂ på kort tidsskala (10-minutter, time). Dette skyldes nærheten til Nikelverket. De høyeste konsentrasjonene for lengre tidsskala (måned, sesong) observeres derimot oftest i Karpdalen. Karpdalen er typisk mest utsatt vinterstid pga. hyppigst forekommende vindretning fra sør, jfr. vindrose i Figur 2. Karpdalen mottar også luft fra Nikel (i sør) og Zapoljarnij (i sør-øst). Det er vanskelig å skille ut bidrag fra Zapoljarnij på Svanvik i og med at Nikel ligger mellom de to.

Tabell 5: Sammendrag av målinger av SO₂ med monitor på Svanvik i 2020.

Enheter: konsentrasjon µg/m³ og antall.

Svanvik	Månedsmiddel	Høyeste døgnmiddel	Antall døgnobs	Antall døgnmidler		Høyeste time-middel	Antall time-obs	Antall timeverdier				Høyeste 10 min verdi	Antall 10 min > 500
				>20	>125			<100	100-350	350-500	>500		
Januar	2,1	15,1	31	0	0	28	737	737	0	0	0	38	0
Februar	0,0	4,7	29	0	0	18	662	662	0	0	0	30	0
Mars	1,6	12,0	31	0	0	120	733	732	1	0	0	265	0
April	3,1	25,7	30	1	0	194	715	712	3	0	0	493	0
Mai	1,6	11,7	31	0	0	86	738	738	0	0	0	242	0
Juni	1,1	19,2	30	0	0	181	714	712	2	0	0	345	0
Juli	1,6	6,5	31	0	0	111	736	735	1	0	0	354	0
August	2,3	20,5	26	1	0	278	561	558	3	0	0	483	0
September	0,2	2,7	28	0	0	16	644	644	0	0	0	26	0
Oktober	9,0	83,5	31	4	0	527	737	719	13	4	1	802	5
November	0,7	9,1	30	0	0	55	714	714	0	0	0	72	0
Desember	2,7	19,2	31	0	0	115	740	739	1	0	0	168	0
2020	2,2¹	83,5	359	6	0	527	8431	8402	24	4	1	802	5

1) Årsmiddel.

³⁹ Timemiddel betegner gjennomsnittskonsentrasjon over en time, døgnmiddel betegner gjennomsnittskonsentrasjon over et døgn og tilsvarende for månedsmiddel og årsmiddel.

Når vinden kommer fra smelteverkene mot målestasjonene oppleves høye, kortvarige konsentrasjoner, kalt episoder. Episoder kjennetegnes ved at SO₂-konsentrasjonene stiger raskt, ofte i løpet av minutter, fra tilnærmet null opp til flere hundre µg/m³. Den brå økningen skyldes at stasjonen plutselig kommer innenfor røykfanen fra verkene. De norske målestasjonene på Svanvik og i Karpdalen ligger bare noen kilometer fra utslippspunktene og på denne avstanden er røykfanen klart definert. Det vil si at det er et skarpt skille i atmosfæren mellom ren bakgrunnsluft og luft i røykfanen fra smelteverkene.

Høyeste 10-minuttersverdi av SO₂ i 2020 var 802 µg/m³ som ble målt på Svanvik 21. oktober 22:00-22:10 (se Tabell 12 med detaljerte 10-minuttersverdier over 500 µg/m³ i Vedlegg B). Det var én 10-minuttersverdi over 500 µg/m³ 6. oktober og fire 21. oktober, til sammen fem 10-minuttersverdier over 500 µg/m³ på Svanvik i 2020. Det var ingen i Karpdalen, høyeste 10-minuttersverdi der var 461 µg/m³.

Tabell 6: Sammenheng av målinger av SO₂ med monitor i Karpdalen i 2020.
Enheter: konsentrasjon µg/m³ og antall.

Karpdalen	Månedsmiddel	Høyeste døgnmiddel	Antall døgnobs	Antall døgnmidler		Høyeste time-middel	Antall time-obs	Antall timeverdier				Høyeste 10 min verdi	Antall 10 min > 500
				>20	>125			<100	100-350	350-500	>500		
Januar	8,9	55,3	31	3	0	147	722	716	6	0	0	274	0
Februar	4,1	24,8	29	1	0	160	689	686	3	0	0	264	0
Mars	3,6	25,4	31	1	0	220	736	730	6	0	0	302	0
April	2,7	16,9	30	0	0	96	714	714	0	0	0	159	0
Mai	4,5	16,4	31	0	0	127	734	731	3	0	0	187	0
Juni	0,7	13,7	30	0	0	95	716	716	0	0	0	163	0
Juli	3,0	14,3	31	0	0	140	735	732	3	0	0	261	0
August	2,9	22,2	31	2	0	293	740	736	4	0	0	447	0
September	4,6	22,1	30	1	0	150	715	709	6	0	0	302	0
Oktober	8,2	59,4	31	5	0	448	735	719	13	3	0	461	0
November	2,4	29,9	30	2	0	138	705	699	6	0	0	292	0
Desember	6,5	39,3	31	3	0	152	736	727	9	0	0	225	0
2020	4,4¹⁾	59,4	366	18	0	448	8677	8615	59	3	0	461	0

1) Årsmiddel

Det var fem timemiddelverdier over 350 µg/m³ på Svanvik i 2020, maksimum 527 µg/m³ målt 21. oktober kl. 22-23, mens det var tre i Karpdalen, maksimal timeverdi 448 µg/m³ målt 22. oktober kl. 00-01⁴⁰. Alle de 5+3 timemiddelverdier over 350 µg/m³ fant sted samtidig natten mellom 21. og 22. oktober. Det kan virke paradoksalt at Svanvik og Karpdalen opplever episoder samtidig all den tid de ligger geografisk ulikt i forhold til kildene i Russland. Målinger av vindhastighet og -retning viser svak vind, rundt 1 m/s fra sørøstlig kant både på Svanvik og i Karpdalen. Dette indikerer at episoden på Svanvik skyldes utslipp fra Nikel, mens episoden i Karpdalen skyldes utslipp fra Zapoljarnij. Norsk lov tillater 24 overskridelser i løpet av et kalenderår (jfr Tabell 3) og norsk grenseverdi for time ble

⁴⁰ Grafisk fremstilling av de timesvise data er gitt i Vedlegg B.

overholdt både på Svanvik og i Karpdalen i 2020. Merk at lufta på Svanvik var lite forurenset i 99,7% av tiden med gyldige målinger (konsentrasjoner lavere $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$) og moderat forurenset i 0,3% av tiden ($100 - 350 \mu\text{g}/\text{m}^3$). I Karpdalen var lufta lite forurenset i 99,3% av tiden og moderat forurenset i 0,7% av tiden, jfr. kategoriseringen på Luftkvalitet i Norge, Helseråd og forurensningsklasser⁴¹.

Høyeste døgnmiddel på Svanvik i 2020 var $83,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ målt 22. oktober, også i Karpdalen ble høyeste døgnmiddel målt 22. oktober, $59,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Det vil si at det ikke var noen døgnmiddelverdier over $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som er grenseverdi i Norge med 3 tillatte overskridelser i løpet av et kalenderår (jfr. Tabell 3). Norsk grenseverdi for døgn ble derved overholdt på Svanvik og i Karpdalen i 2020.

Høyeste månedsmiddel på Svanvik i 2020 var $9,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$, i oktober. Karpdalen hadde høyeste månedsmiddel i januar, $8,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$, men også oktober hadde forhøyet månedskonsentrasjon, $8,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. I Tabell 6 går det tydelig fram hvordan Karpdalen er hardest belastet om vinteren, januar – mars og oktober - desember, dette skyldes som sagt fremherskende vindretning fra sør vinterstid.

Sesongmiddel (1. oktober – 31. mars) for vinteren 2019/2020 på Svanvik var $2,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og i Karpdalen $8,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dette er en nedgang for begge stasjoner sammenlignet med vinteren før, som igjen var lavere enn vinteren 2017/18.

Middelverdien på Svanvik i kalenderåret 2020 var $2,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Det er mer enn en halvering sammenlignet med 2019, som dog var merket av episodene i januar 2019. Årsgjennomsnitt i Karpdalen i 2020 var $4,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$, en nedgang fra 2019 ($9,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Norsk grenseverdi for beskyttelse av økosystemet er $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (midlingstid vinterperioden 1/10-31/3 og kalenderår, jfr Tabell 3) og norsk grenseverdi for vintersesong og kalenderår ble derved overholdt på Svanvik og i Karpdalen vinteren 2019/20 og i kalenderåret 2020.

Viksjøfjell

Viksjøfjell ligger ca. 20 km rett nord for Zapoljarnij og stasjonen er sterkt påvirket av utslippene derfra. Målingene av SO_2 på Viksjøfjell gjøres ved hjelp av passive prøvetakere som henges opp på en sydvendt vegg. Prøvetakerne blir eksponert i 14 dager og så analysert. To prøvetakere eksponeres samtidig. Målingene gjøres i samarbeid med Forsvaret.

Det er værhardt på Viksjøfjell og prøvetakerne kan bli våte av horisontalt regn eller tåke. Det er tidvis stor forskjell mellom de to prøvetakerne som blir eksponert samtidig. Dette skyldes som regel fuktighet i en av prøvetakerne som igjen gir usikre målinger. Merk dog at analyseresultatene heller blir for lave enn for høye.

⁴¹ <https://luftkvalitet.miljostatus.no/artikkel/613> [besøkt 4. mars 2021].



Bilde 3: Utsikt fra Viksjøfjell sørover. Viksjøfjell ligger rett nord for Zapoljarnij og røykfanen fra anlegget i Zapoljarnij sees i det fjerne. Foto: Christoffer Aalerud, Fylkesmannen i Finnmark.

Middelverdi av SO₂ for kalenderåret 2020 på Viksjøfjell var i underkant av 10 µg/m³, beregnet som gjennomsnitt av de to prøvetakerne⁴²). Se ellers Vedlegg B for detaljerte data.

4.2 Trender av SO₂ 1974 - 2020

Det ble påbegynt målinger i Kirkenes-området og på Svanvik i 1974 (Hagen, 1977). Senere ble programmet utvidet med stasjonene Holmfoss og Jarfjordbotn. Under den koordinerte Basisundersøkelsen 1988-1991 ble det gjort målinger på stasjonene Kirkenes, Svanvik, Holmfoss, Karpdalen, Viksjøfjell, Noatun og Kobbfoss i tillegg til sovjetiske stasjoner finansiert av norske myndigheter (SOV1, SOV 2/Maajärvi⁴³, SOV3 og Nikel, se kart i Figur 1). Nå er det som sagt SO₂-målinger på Svanvik og i Karpdalen, samt langtidsmidler på Viksjøfjell. Murmansk UGMS gjør egne målinger i Nikel og Zapoljarnij.

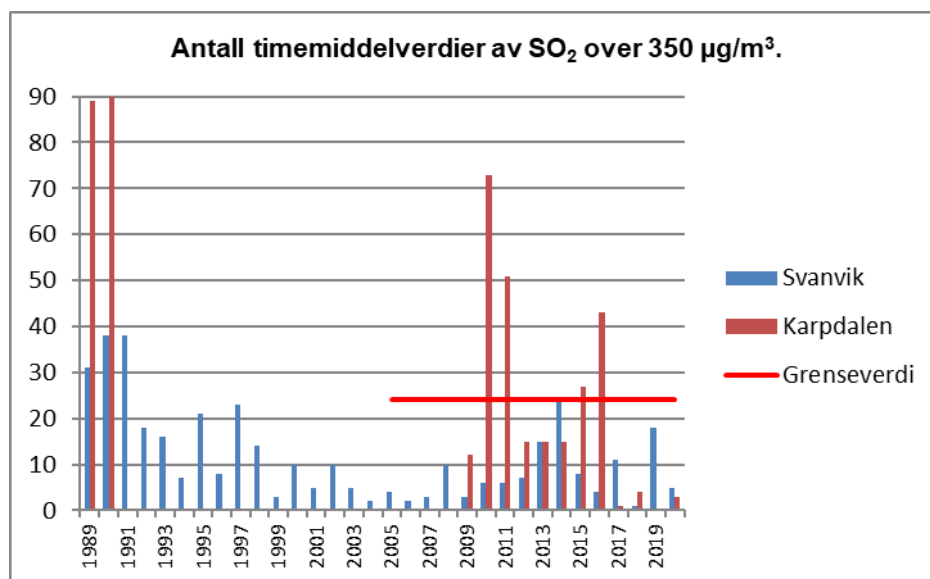
Utslippene av SO₂ var i 2020 under 100 000 tonn pr. år, mens de på 1970- og 80-tallet var rundt 400 000 tonn pr. år. Nedgangen i utslipp fra Zapoljarnij og Nikel gjenspeiler seg også i nedgang i målte konsentrasjoner på Svanvik og i Karpdalen. Trass i reduksjonene i utslipp forekom det fortsatt episoder med høye verdier både på Svanvik og i Karpdalen i 2020.

4.2.1 Timemiddelverdier – grenseverdi 350 µg/m³

Timemiddelverdier av SO₂ er målt på Svanvik siden 1989. I Karpdalen er det målinger fra 1. oktober 1988 – 15. mars 1991 og fra 16. oktober 2008 – d.d. Figur 3 viser antall overskridelser av nåværende grenseverdi hvert år fram til 2020. Fra 1992 er antall overskridelser på Svanvik under någjeldende grenseverdier, gitt at det er tillatt med 24 overskridelser i året. Karpdalen viser overskridelse av gjeldende grenseverdi fire av årene siden gjenåpningen i 2008 (2010, 2011, 2015 og 2016). Spesielt utpeker vinteren 2010/11 seg med meget høye verdier og stort antall timemiddelverdier over 350 µg/m³, 73 i 2010, 51 i 2011. Merk også at antallet timemidler over 350 µg/m³ var over dagens grense i alle årene 1988-1991, selv med begrenset måleperiode i 1988 (tre måneder) og 1991 (2,5 måneder).

⁴² Passive prøvetakere har høyere usikkerhet enn monitormålinger og målingene på Viksjøfjell er mer indikative enn kvantitative, det vil si de gir mer en indikasjon på nivåene av forurensning enn nøyaktig tallnivå. Pga. denne usikkerheten vurderes ikke resultatene fra Viksjøfjell opp mot grenseverdiene i forurensningsforskriften.

⁴³ "järvi" er finsk og betyr innsjø, den tilsvarende samiske betegnelsen er "jav'ri". Järvi og jav'ri brukes tidvis om hverandre i stedsnavn i grenseområdene.



Figur 3: Antall timemiddelverdier av SO₂ over 350 µg/m³ på Svanvik (1989-2020) og i Karpdalen (1989-1990 og 2009-2020). Norsk lovverk tillater 24 overskridelser pr. kalenderår, gjeldende fra 2005, markert med rød linje.

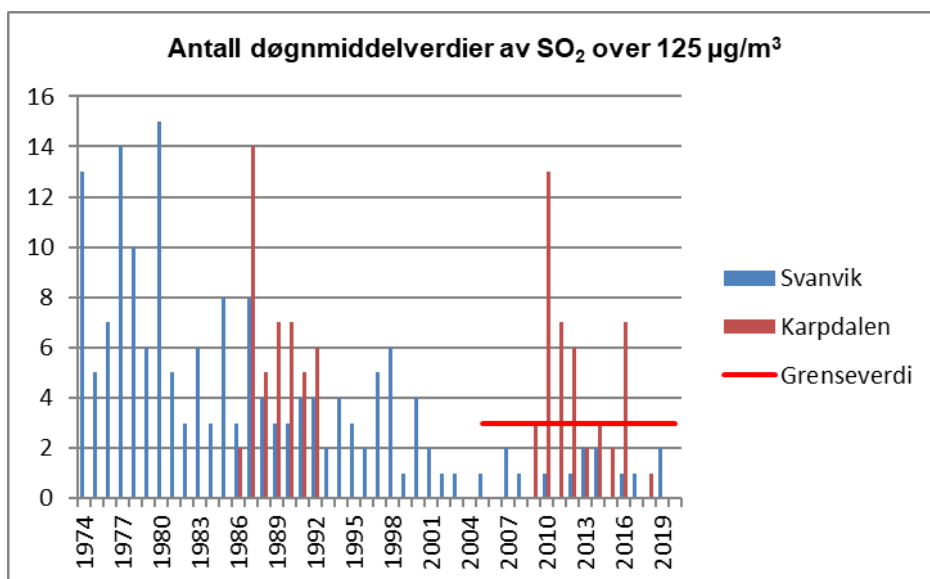
Som vist i Figur 3 og også i Figur 4 var miljøbelastningen og de målte verdiene til dels høyere på 1980- og 1990-tallet enn i dag. Det gjelder både for antall timemiddelverdier over 350 µg/m³ (grenseverdi fra 1.1.2005), men også for høyeste timemiddelkonsentrasjon. Gitt at målingene før 1989 viser langt høyere års- og døgnmiddelkonsentrasjoner enn målingene etter 1989 er det derfor sannsynlig at timemiddelverdier over 350 µg/m³ har forekommet hyppigere på 1970- og 1980-tallet enn i dag.

Høyeste timemiddelverdien målt på Svanvik noensinne av NILU var 2458 µg/m³ i 1990. Under episoden 20. oktober 2014 var høyeste timemiddelverdi 1418 µg/m³, høyeste 10-minuttersverdi 3541 µg/m³ og høyeste øyeblikksverdi over 4900 µg/m³. Dette er de høyeste verdiene målt siden man begynte med logging av 10-minuttersverdier i 2001. I Karpdalen er høyeste målte timemiddelverdi de senere årene 854 µg/m³, målt 13. februar 2011.

4.2.2 Døgnmiddelverdier – grenseverdi 125 µg/m³

Den norske grenseverdien for døgnmiddel av SO₂ på 125 µg/m³ tillates overskredet tre ganger i året og ble gjort gjeldende fra 1.1.2005, se kap.2.4. Figur 4 viser at antall overskridelser av 125 µg/m³ på Svanvik har variert mye fra år til år, men at det generelt har vært færre overskridelser etter 2000 enn tidligere. Etter 2000 har det kun vært mellom null og to overskridelser, færrest i 2004, 2006, 2009, 2011, 2015, 2018 og 2020 med ingen overskridelser.

I Karpdalen har det vært overskridelse av grenseverdi for døgnmiddel i 2010, 2011, 2012 og 2016 (Figur 4). Igjen utpeker vinteren 2010/11 seg med meget høye verdier og stort antall døgnmiddelverdier over 125 µg/m³, 13 i 2010, 7 i 2011. Merk også at antallet døgnmidler over 125 µg/m³ var over dagens grense i alle årene 1987-1992. Generelt måles de høyeste konsentrasjonene i Karpdalen om vinteren pga. hyppigst forekommende vindretning fra sør.

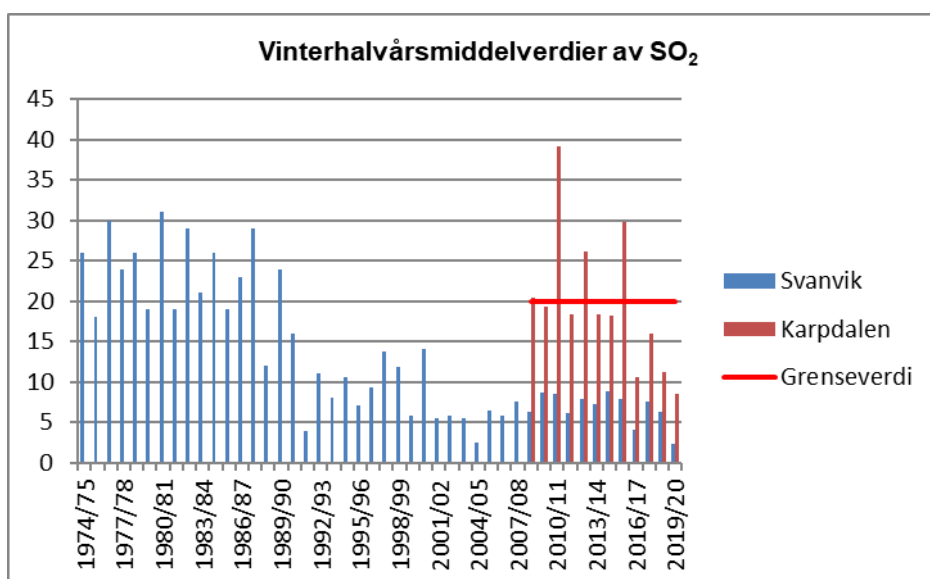


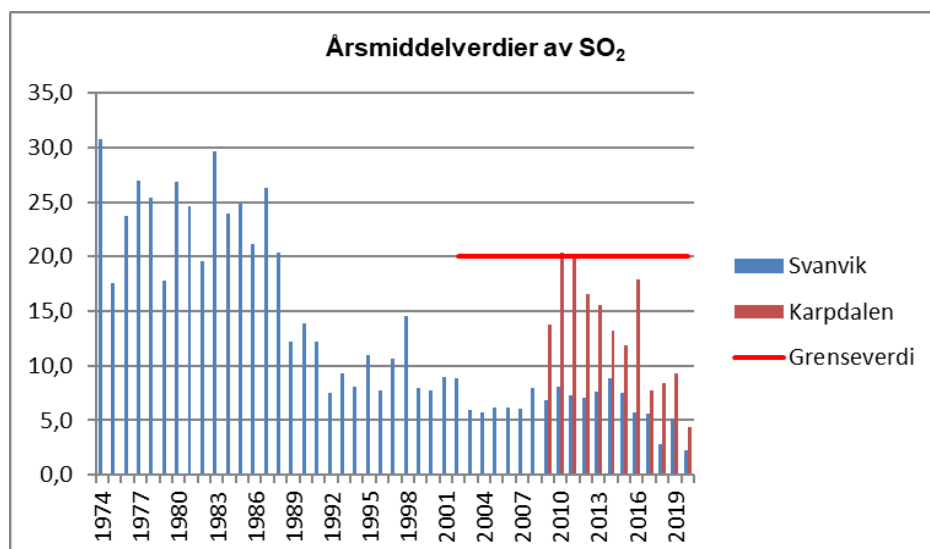
Figur 4: Antall døgnmiddelverdier av SO₂ over grenseverdien på 125 µg/m³ på Svanvik (1974-2020) og i Karpdalen (1986-1992 og 2009-2020). Norsk lovverk tillater 3 overskridelser pr. kalenderår, gjeldende fra 2005, markert med rød linje.

4.2.3 Vinterhalvår og kalenderår

Grenseverdien for beskyttelse av økosystemet er 20 µg/m³ både for vinterhalvår (oktober-mars) og kalenderår, gjeldende fra 4. oktober 2002 (kap. 2.4). Det er ingen grenseverdi for sommersesongen. Belastningen er mindre sommerstid enn vinterstid, først og fremst fordi det er kraftigere vind, bedre vertikal blanding av lufta og derved bedre spredning og fortynning av utslippene/røykfanen sommerstid.

Figur 5 viser halvårsmiddelverdier for vinter (øvre del) og kalenderår (nedre del). For Svanvik (blå søyler) samsvarer middelverdier for vinterhalvåret stort sett med verdiene for kalender-året. Igjen sees en nedgang fra de høye verdiene på 1970/80-tallet og fram til i dag. Verdien på 20 µg/m³ ble overskredet siste gang på Svanvik vinteren 1989/90 (grenseverdi 20 µg/m³ gjeldende fra 4. oktober 2002).





Figur 5: Vinterhalvårsmiddelverdier av SO_2 på Svanvik 1974/75-2019/20 og i Karpdalen (2008/09-2019/20, øvre del) og årsmiddelverdier av SO_2 på Svanvik (1974-2020) og i Karpdalen (1986-1994 og 2009-2020, nedre del). Grenseverdi for beskyttelse av økosystemet er $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, gjeldende fra 4. oktober 2002, markert med rød strek. Enhet: $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Karpdalen hadde $8,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som middelverdi vinteren 2019/20 mot $11,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vinteren før. Ellers sees igjen et tydelig mønster der Karpdalen har størst belastning vinterstid. Dette understrekes også ved at grenseverdien på $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ er overskredet tre ganger for vinter-sesong siden oppstarten, mens den er overholdt for kalenderår. Merk også at årsmiddelverdi for Viksjøfjell (se kap. 4.1 på side 25) har ligget mellom 10 og $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ siden målingene ble gjenopptatt med passive prøvetakere i 2011.

4.3 Uorganiske komponenter i nedbør

Prøvetaking for målinger av uorganiske komponenter⁴⁴ i nedbør foretas ved én målestasjon, Karpbukta. Uorganiske komponenter som måles i Karpbukta er stoffer som naturlig finnes i nedbør. Men det er en viss andel antropogent/menneskeskapt bidrag, slik at dette også regnes som forurensning. pH i nedbør i Karpbukta er rundt og noe under 5. Ledningsevne er et mål på et stoffs evne til å lede elektrisitet og gir samtidig et mål for vannets renhet, ledningsevnen øker jo mer salter og karbondioksid som er løst i vannet. Nivået (konsentrasjonen) av sulfat er noe opp i denne rapporteringsperioden (2020) sammenlignet med forrige (2019), og tradisjonelt høyere enn norske bakgrunnsstasjoner. Ellers er det endel Na og Cl i nedbøren, også kalt bordsalt når det kombineres. Dette skyldes at Karpbukta ligger ved sjøen hvor det forekommer aerosoler og sjøsprøyt som inneholder salt. For utdypende sammenligning med måleresultater fra andre stasjoner i Norge og historikk henvises det til NILUs overvåkningsprogram *Langtransportert forurenset luft og nedbør og atmosfæriske tilførsler* finansiert av Miljødirektoratet, prosjektleder Wenche Aas, rapport for året 2020 under utarbeidelse.

⁴⁴ Igjen; som uorganiske komponenter regnes SO_4^{2-} , NH_4^+ , NO_3^- , Na^+ , Mg^{2+} , Cl^- , Ca^{2+} , K^+ gitt som ioner.



Bilde 4: Stasjonen i Karpbukt, nedbørsamleren som brukes om sommeren (venstre) og snøsamleren som brukes om vinteren. Plasttrakten fanger sommernedbøren i en plastflaske. Om vinteren samles snø i prøvetakeren som så må smeltes og fylles på flasker før forsendelse. Ringen øverst sørger for at fugler setter seg på ringen framfor på kanten av samlere. Dette for å unngå fugleskit i prøven. Høyre foto: Leif Magnus Eriksen.

Årsmiddel av nedbørmengde, ledningsevne, pH og uorganiske komponenter i nedbør i Karpbukt i 2020 er vist i Tabell 7. For detaljerte månedsmiddelverdier og trender for årene 1998 – 2020 se Vedlegg B.

Tabell 7: Årsmiddel av nedbørmengde, ledningsevne, pH og uorganiske komponenter i nedbør i Karpbukt i 2020¹. Merk at konsentrasjonene av uorganiske komponenter er på mg-nivå (1/1 000 gram), mens tungmetaller i nedbør (Tabell 10) er på µg-nivå (1/1 000 000 gram).

År	Nedbørmengde mm	Ledningsevne µS/cm	pH	SO ₄ ²⁻ mg S/l	SO ₄ ²⁻ _corr mg S/l	NH ₄ ⁺ mg N/l	NO ₃ ⁻ mg N/l	Na ⁺ mg/l	Mg ²⁺ mg/l	Cl ⁻ mg/l	Ca ²⁺ mg/l	K ⁺ mg/l
2020	504	17,3	5,0	0,4	0,3	0,1 ²	0,1 ²	1,8	0,1	2,3	0,1	0,1

¹) Konsentrasjonene av SO₄²⁻ er korrigert for sjøsalt og gitt som mg svovel pr. liter. Å korrigere for sjøsalt vil si å bruke forholdet mellom Cl⁻ og de andre ionene i sjøvann for å beregne bidraget fra ikke-marine kilder i den aktuelle nedbørprøven. Konsentrasjonene av NO₃⁻ og NH₄⁺ er gitt som mg nitrogen pr. liter.

²) Datadekning 2020: 75 % for NH₄⁺ og 81 % for NO₃⁻. Dette skyldes problemer med prøvetaking i april, juni, juli og august.

5 Måleresultater tungmetaller i svevestøv og nedbør

5.1 Tungmetaller i svevestøv

I dette prosjektet brukes det to KleinfILTERgerät prøvetakere for svevestøv. En er utplassert på Svanvik og ble satt opp i oktober 2008 og en er i Karpdalen og ble satt opp høsten 2011. Bakgrunnen for at det ble gitt midler til nye målinger av tungmetaller var økningen i nivåene som ble observert rundt 2004. På Svanvik benyttes en sekvensiell prøvetaker som bytter filtre automatisk hver uke. Prøvetakeren i Karpdalen er manuell, det vil si at filtrene må byttes av lokal stasjonsholder. Med svevestøv menes PM₁₀, partikler med aerodynamisk diameter mindre enn 10 µm⁴⁵. Prøvetakingen foregår ved at luft suges inn gjennom et filter der støv avsettes. Etterpå sendes filtrene til NILUs laboratorier for analyse av 12 metaller/elementer, Ni, Cu, Co og As, samt Al, Cd, Cr, Fe, Mn, Pb, V og

⁴⁵ µm betegner mikrometer, det vil si 1/1 000 000 ("million'te dels") meter, eller 1/1000 millimeter.

Zn⁴⁶. Basert på målt luftvolum gjennom instrumentet og mengden/masse tungmetaller avsatt på filteret kan gjennomsnittskonsentrasjonene i eksponeringsperioden, som regel en uke, regnes ut.

Luftinntaket på instrumentet er tilpasset PM₁₀ siden lovverket definerer grenseverdien for tungmetaller som andel av PM₁₀-fraksjonen (jfr Tabell 4 i kap. 2.4). På russisk side, nærmere bestemt på stasjonene i Nikel og Zapoljarnij, gjør Murmansk UGMS prøvetaking og analyse av tungmetaller. Merk dog at i Russland måles det totalstøv, det vil si også partikler større enn 10 µm, mens i Norge sorteres de største partiklene ut (Pettersen m.fl., 2017).⁴⁷

Det er tidvis problemer med prøvetakingen slik at det er perioder uten resultater. Dette har ulike årsaker. Om sommeren kan tordenvær skape overspenning slik at instrumentet stopper. Om vinteren kan is i luftinntaket gi problemer med lite luftvolumet eller stans. På Svanvik var det problemer med prøvetakingen i juli og i desember med tap av data, dog var datadekningen året sett under ett 92%. I Karpdalen var det uavbrutte målinger i hele 2020, dvs. 100 % datadekning.

Middelverdier av Ni, Cu, Co og As i luft på Svanvik og i Karpdalen kalenderåret 2020, samt sommersesongen 2020 er vist i Tabell 8.

Tabell 8: *Middelverdier¹⁾ i luft av metaller²⁾ som regnes som spormetaller fra nikkilverkene på Svanvik og i Karpdalen kalenderåret 2020, samt sommersesongen 2020.*

Stasjon/ periode	Ni ng/m ³	Cu ng/m ³	Co ng/m ³	As ng/m ³
Svanvik:				
Kalenderåret 2020	2,7	4,5	0,1	0,3
Apr.-sep. 2020	3,2	5,7	0,1	0,3
Karpdalen:				
Kalenderåret 2020	4,5	7,6	0,2	0,6
Apr.-sep. 2020	5,2	8,2	0,2	0,6

1) Ved utregning av vektet middel⁴⁸ er prøver under deteksjonsgrensen satt til deteksjonsgrensen.

2) Ni: nikkel, Cu: kobber, Co: kobolt, As: arsen

Konsentrasjonene av spormetaller fra nikkilverkene gikk overveiende ned på Svanvik og i Karpdalen i 2020 sammenlignet med 2019. Eneste unntak var kobber Cu som var noe høyere i Karpdalen enn året før, også sommerverdien av Cu på Svanvik var litt høyere enn sommeren 2019. Det har generelt vært en nedgang i konsentrasjonene av metaller i luft i grenseområdene de siste årene, se trender i vedlegg C.

Målsetningsverdier for tungmetaller er 20 ng/m³ for nikkel og 6 ng/m³ for arsen gitt som årsmiddel. Likeledes er luftkvalitetskriteriene fastsatt av Folkehelseinstituttet og Miljødirektoratet 10 ng/m³ for nikkel og 2 ng/m³ for arsen (kap. 2.4). Gjennomsnittsverdiene for Svanvik og Karpdalen i 2020 gitt i Tabell 8 ligger altså godt under de norske målsetningsverdiene og luftkvalitetskriteriene.

⁴⁶ Igjen; Ni: nikkel, Cu: kobber, Co: kobolt, As: arsen, Al: aluminium, Cd: kadmium, Cr: krom, Fe: jern, Mn: mangan, Pb: bly, V: vanadium, Zn: sink.

⁴⁷ Ulike prøvetakingsmetoder for tungmetaller ble også bemerket av Riksrevisjonen i sin gjennomgang av norsk-russisk miljøsamarbeid, se <https://www.riksrevisjonen.no/rapporter-mappe/no-2018-2019/undersokelse-av-norsk-russisk-miljosamarbeid/> [besøkt 1. september 2020]

⁴⁸ Vektet middel eller gjennomsnitt regnes ut ved at hver enhet i grunnlaget er tillagt vekt etter eksponeringstid. Eksempelvis teller en prøve som er eksponert i 10 dager dobbelt så mye som en prøve som er eksponert i fem dager og så videre.

Resultater for aluminium (Al), kadmium (Cd), krom (Cr), jern (Fe), mangan (Mn), bly (Pb), vanadium (V) og sink (Zn) er vist i Tabell 9. Merk at disse metallene delvis har andre kilder enn spormetallene fra smelteverkene og de målte verdiene skyldes også andre lokale kilder og langtransportert forurensning. Konsentrasjonsmønsteret er derfor ulikt i tid og rom sammenlignet med spormetallene Ni, Cu, Co og As. For eksempel varierer det hvorvidt sommeren eller vinteren viser de høyeste konsentrasjonene, det varierer hvorvidt Svanvik eller Karpdalen er høyest og det er ulike mønstre mellom de åtte komponentene.

Detaljerte data for alle 12 elementene i luft som analyseres - Ni, Cu, Co, As, samt Al, Cd, Cr, Fe, Mn, Pb, V og Zn - er vist i Vedlegg C.

Tabell 9: *Middelverdier¹⁾ i luft av andre metaller²⁾ på Svanvik og i Karpdalen kalenderåret 2020, samt sommersesongen 2020.*

Stasjon/ periode	Al ng/m ³	Cd ng/m ³	Cr ng/m ³	Fe ng/m ³	Mn ng/m ³	Pb ng/m ³	V ng/m ³	Zn ng/m ³
Svanvik:								
2020	37,1	0,1	0,2	41,1	0,7	1,0	1,0	3,0
Apr.-sep. 2020	44,6	0,1	0,2	53,0	0,8	0,8	0,8	2,5
Karpdalen:								
2020	58,6	0,1	0,3	62,5	0,9	2,1	2,2	5,4
Apr.-sep. 2020	97,0	0,1	0,4	99,6	1,4	1,7	1,2	5,0

1) Ved utregning av vektet middel er prøver under deteksjonsgrensen satt til deteksjonsgrensen.

Al: aluminium, Cd: kadmium, Cr: krom, Fe: jern, Mn: mangan, Pb: bly, V: vanadium, Zn: sink.

Resultatene vist i Tabell 9 viser at konsentrasjonene av kadmium (Cd) var langt lavere enn både norsk målsetningsverdi (5 ng/m³ som årsmiddel) og luftkvalitetskriteriet fra FHI/Miljødirektoratet (2,5 ng/m³ som årsmiddel). Også for bly (Pb) var de målte årsmiddelkonsentrasjonene langt lavere enn norsk grenseverdi (0,5 µg/m³, tilsvarende tallverdi 500 ng/m³) og luftkvalitetskriteriet (0,1 µg/m³, tilsvarende 100 ng/m³).

For spormetallene Ni, Cu, Co og As er de målte verdiene i dag i samme størrelsesorden som under Basisundersøkelsen 1988-1991. Merk at utslippene av svoveldioksid den gang var rundt 250 000 tonn pr. år, det vil si rundt 3 ganger høyere enn i 2020. Utslippene av tungmetaller var dårlig kjent på den tiden⁴⁹. Det ikke samsvar mellom offisielle russiske utslippstall og norske/finske måleprogrammer vedrørende økning i tungmetaller rundt 2004.

Som sagt tar NILU prøver og analyserer for 12 ulike komponenter. En kuriositet som kan nevnes er at det er meget godt samsvar mellom aluminium (Al) og jern (Fe) både på Svanvik og i Karpdalen. Som ventet er det samsvar mellom nikkel (Ni) og kobber (Cu) siden begge er spormetaller fra nikkelverkene, men det er interessant å finne korrelasjon mellom andre metaller også, se Tabell 22-Tabell 25 og Figur 12 i Vedlegg C for detaljer. Måleperioder med forhøyede verdier av Ni og Cu kan også avvike fra perioder med forhøyede verdier av Al og Fe uten at det er noen opplagt forklaring på det.

⁴⁹ For å beregne de offisielle utslippstallene av tungmetaller ble det brukt en massebalansemetode som gir veldig usikre resultater.

Tungmetaller i svevestøv måles også ved observatoriene på Birkenes II (Sør-Norge) og Zeppelinfjellet (Spitsbergen) og på Andøya som en del av NILUs prosjekt *Langtransporterte atmosfæriske miljøgifter* finansiert av Miljødirektoratet, prosjektleder Pernilla Bohlin-Nizzetto, rapport for året 2020 under utarbeidelse. Sammenlignet med disse målingene ligger middelverdiene av Ni, Cu, Co og As fra stasjonene i grenseområdene typisk en faktor 10-40 høyere enn bakgrunnsstasjonene ellers i Norge.

5.2 Tungmetaller i nedbør - konsentrasjon

Prøvetaking for målinger av tungmetaller i nedbør foretas ved to stasjoner: Svanvik og Karpdalen. Prøvene av nedbørkvalitet tas vanligvis over en uke med skifte hver mandag. Dessuten skiftes det på første dato i hver måned hvis denne ikke faller på en mandag. På Svanvik har nedbørmålingene pågått siden høsten 1988. I 1990 ble det påbegynt prøvetaking i Karpdalen, men målingene opphørte 1. april 1998 for atter å bli påbegynt igjen i august 2013.

I tillegg til utvasking med nedbør må en også regne med at noe kommer ned i prøvetakerne ved tørravsetning, det vil si at støvpartikler inneholdende tungmetaller daler ned i trakten/flasken.

Årsmiddel av nedbørmengde og tungmetaller i nedbør på Svanvik og i Karpdalen i 2020 er vist i Tabell 10, mens detaljerte månedsmiddelverdier er vist i Vedlegg C.

Tabell 10: Årsmiddel av nedbørmengde og konsentrasjon av tungmetaller i nedbør på Svanvik og i Karpdalen i 2020. Enheter: mengde i mm og konsentrasjon i µg/l.

Stasjon	Nedbør- mengde mm	Ni µg/l	Cu µg/l	Co µg/l	As µg/l	Al µg/l	Cd µg/l	Cr µg/l	Pb µg/l	V µg/l	Zn µg/l
Svanvik	362	14,5	27,8	0,5	0,4	31,2	0,1	0,3	1,0	0,5	5,5
Karpdalen	538	9,8	15,3	0,4	0,2	65,6	0,0	0,4	0,6	0,4	5,3

På Svanvik ble de høyeste konsentrasjonene av spormetallene Ni, Cu, Co og As i nedbør målt i mai. Merk samtidig at SO₂ viste de høyeste konsentrasjonene i april og oktober, se Tabell 5.

I Karpdalen sees generelt de høyeste verdiene i mars og november, mens SO₂ er høyest i januar, oktober og desember (Tabell 6), jfr. resonnement om fremherskende vindretning fra sør om vinteren. Det er derved ikke noe 1:1-forhold mellom konsentrasjonen av SO₂ og konsentrasjonene av tungmetaller, ei heller mellom de ulike enkeltmålingene av spormetallene fra nikkilverkene. For alle fire spormetaller var konsentrasjonene i nedbør høyere på Svanvik sammenlignet med Karpdalen.

På Svanvik gikk konsentrasjonene av de fleste elementene ned i 2020 sammenlignet med 2019. Eneste unntak var Zn som gikk litt opp, mens Cd og Pb var tilnærmet uforandret. Også i Karpdalen gikk konsentrasjonene ned bortsett fra Cr som gikk litt opp og Co, Cd og V som var uforandret. Dette viser igjen at det er variasjoner fra år til år, fra komponent til komponent og mellom Svanvik og Karpdalen.

Det er vanskelig å gi noen fullgod forklaring på forskjellen i trender mellom de fire spormetallene siden alle fire stammer fra smelteverkene. En mulighet er at det er brukt noe ulik malm i produksjonen eller at produksjonsmetodene varierer, men dette er kun hypoteser. Et annet poeng er at partiklene har ulike hygroskopiske egenskaper, det varierer hvor mye fuktighet de tiltrekker seg, og derved varierer det hvor raskt de tas opp i skydråpene og så regnes ut. Metallene kan også opptre i ulike størrelser av partiklene som transporteres på litt ulike måter. Mønsteret for konsentrasjoner av metaller i nedbør er også forskjellig fra mønsteret for konsentrasjoner av metaller i luft (kap. 5.1),

uten at dette er analysert i detalj. Merk også at det er stor variasjon fra måned til måned og fra år til år i de målte konsentrasjoner i nedbør. Det er heller ikke kjent i detalj hvordan omleggingen av produksjonsprosessene i Zapoljarnij og Nikel har påvirket utslippene av de ulike elementene.

Det er dog opplyst at omleggingen i Zapoljarnij i 2015 ga mindre utslipp av støv og derved mindre utslipp av tungmetaller. Årsaken til dette er at det da ble laget nevestore brikker, dette ga igjen mindre friksjon. Før 2015 ble den oppkonsentrerte malmen formet til små kuler, omtrent som sauelort. Likeledes bidro lukkingen av én smelteovn i Nikel til mindre utslipp av støv og tungmetaller. Forklaringen her er at avgassene og støvet da ble sendt til skorsteinene som hadde støvfiltre, og ikke direkte ut i smeltehallen og deretter ut i friluft som diffuse utslipp.

Tungmetallene Cd, Pb, og Zn analyseres rutinemessig i nedbøren på tre norske bakgrunnsstasjoner under Statlig program for forurensningsovervåking (Birkenes, Hurdal, Kårvatn). Ni, Cu, Co, As, Cr og V i nedbør analyseres nå bare på Birkenes, på Svanvik og i Karpdalen. I tillegg analyseres Mn på Birkenes og Al i grenseområdene. Målingene viser generelt at det er til dels betydelig høyere konsentrasjoner på Svanvik og i Karpdalen enn på de andre stasjonene i Norge, jfr. NILUs prosjekt *Langtransporterte atmosfæriske miljøgifter*, prosjektleder Pernilla Bohlin-Nizzetto, rapport under utarbeidelse.

5.3 Tungmetaller i nedbør - våtavsetning

Det er også beregnet avsetning med nedbør av de forskjellige elementene, både for vinterhalvåret 2019/20 og sommerhalvåret 2020. Avsetningstallene (enhet: mg/m²) regnes ut ved at konsentrasjonen i nedbøren (enhet: µg/liter eller mg/liter⁵⁰) multipliseres med nedbøren (1 mm nedbør tilsvarer 1 liter/m²) for hver uke og summeres over en sesong.

Tabell 11: Avsetning av metaller med nedbør vinterhalvåret¹⁾ 2019/2020 og sommerhalvåret²⁾ 2020 på Svanvik og i Karpdalen. Enhet: mg/m² gitt pr. sesong.

Stasjon	Sesong	Ni mg/m ²	Cu mg/m ²	Co mg/m ²	As mg/m ²	Al mg/m ²	Cd mg/m ²	Cr mg/m ²	Pb mg/m ²	V mg/m ²	Zn mg/m ²
Svanvik	2019/20 ¹⁾	2,8	6,1	0,09	0,05	2,3	0,01	0,02	0,09	0,1	0,6
Karpdalen	2019/20 ¹⁾	2,0	3,2	0,06	0,05	8,5	0,01	0,05	0,3	0,1	1,6
Svanvik	2020 ²⁾	3,7	6,4	0,1	0,08	10,0	0,01	0,09	0,3	0,09	1,5
Karpdalen	2020 ²⁾	2,2	3,4	0,07	0,05	8,9	0,01	0,06	0,3	0,1	1,7

1) Vintersesong oktober – mars

2) Sommersesong april - september

Resultatene for vinterhalvåret 2019/20 og sommerhalvåret 2020 er vist i Tabell 11. Avsetningstall for tidligere år er vist i Vedlegg C. Merk at resultatene her angis pr. sesong (sommer/vinter). Dette skyldes at værmønsteret (meteorologi) viser et klart sesongmønster med fremherskende vind fra sør vinterstid. Komponenter som har grenseverdier/målsettingsverdier gitt pr. kalenderår, som SO₂ i luft i kap. 4.1 og tungmetaller i luft i kap. 5.1 er diskutert og analysert for kalenderår januar - desember.

Når det gjelder avsetningen av de fire sporelementene Ni, Cu, Co og As vinteren 2019/20 så gikk Ni og Co ned på Svanvik sammenlignet med vinteren før (2018/19), mens Cu og As var tilnærmet uforandret. I Karpdalen gikk Ni noe ned, mens Cu, Co og As var tilnærmet uforandret. Sommersesongen 2020 gikk alle fire ned på Svanvik, i Karpdalen gikk Ni og Cu ned, mens avsetning av

⁵⁰ 1 000 µg = 1 mg, likeledes 1 000 000 µg = 1 000 mg = 1 g.

Co og As var tilnærmet uforandret sammenlignet med sommeren før (2019). For de seks andre metallene gikk Al kraftig ned både vinter og sommer, mens det var små endringer for de andre.

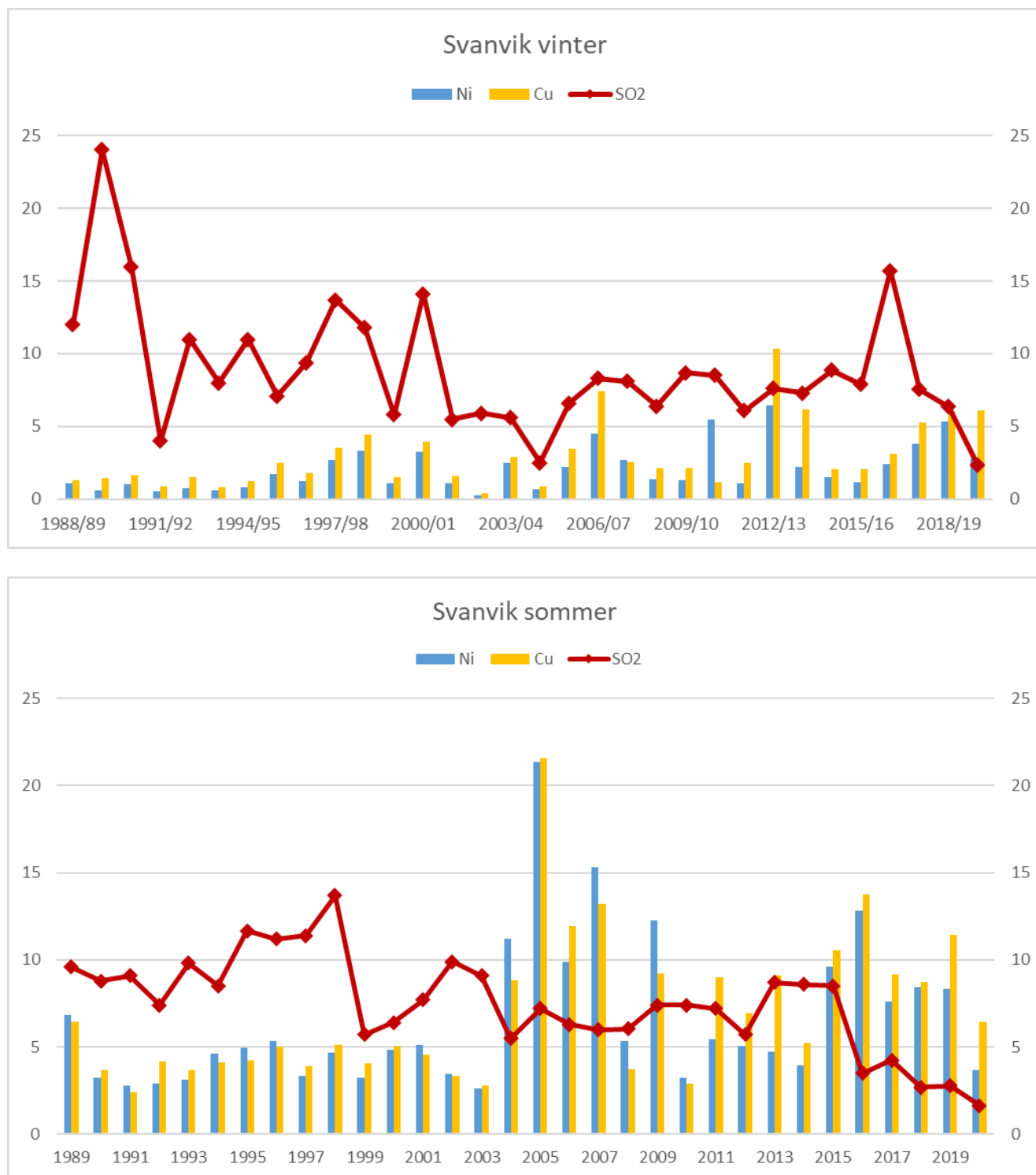
Avsetningen i nedbør av Ni og Cu på Svanvik for vinterhalvårene fra 1988/89 til 2019/20 og for sommerhalvårene fra 1989 til 2020 er vist i Figur 6 sammen med sesongkonsentrasjoner av SO₂. Trender for alle 10 metallene som er analysert er gitt i Vedlegg C. Der er det også gjengitt figur for Karpdalen.

Avsetningen av nikkel på Svanvik vinteren 2019/20 (2,8 mg/m²) og sommeren 2020 (3,7 mg/m²), samt i Karpdalen vinteren 2019/20 (2,0 mg/m²) og sommeren 2020 (2,2 mg/m²), er i sum lik eller over tålegrense for nikkel i nedbør beregnet til 4-6 mg/(m² år) for Øst-Finnmark. Dette gjelder med tanke på drikkevann (Reinds m.fl., 2006). For ytterligere diskusjon om vannkvalitet henvises til annen rapport under overvåkingsprogrammet (Garmo og Skancke, 2020).

Avsetningen av disse elementene på Svanvik er vanligvis langt høyere om sommeren enn om vinteren (se Figur 6). Sesongvariasjonen skyldes at frekvensen av vind fra Nikel mot Svanvik er klart høyest i sommerhalvåret. Som tidligere nevnt er det nå kontinuerlige målinger av tungmetaller i svevestøv både på Svanvik og i Karpdalen (kap. 5.1), samt at det også er prøvetaking og analyse av tungmetaller i nedbør på disse stasjonene. Dette vil i sum gi et godt bilde av spredningen av tungmetaller fra smelteverkene og sesongvariasjonen av disse.

Merk også den markerte økningen i avsetning av Ni og Cu sommeren 2004. Den økte avsetningen er også observert på andre målestasjoner, for eksempel i Nord-Finland⁵¹. Økningen gjenspeiles også i konsentrasjonene i vann og innsjøer på Jarfjordfjellet (Garmo og Skancke, 2020). Det er ikke funnet noen fullgod forklaring på dette. Økning av konsentrasjoner av tungmetaller i nedbør var også foranledning til at det ble bevilget midler til målinger av tungmetaller i luft på Svanvik i 2008 og i Karpdalen i 2011.

⁵¹ Se eksempelvis www.pasvikmonitoring.org [besøkt 16. september 2020] og tilhørende rapporter.



Figur 6: Avsetning på Svanvik med nedbør av Ni og Cu (søyler, enhet mg/m²) i vinterhalvårene fra 1988/89 til 2019/20 (øverste del) og i sommerhalvårene fra 1989 til 2020 (nederste del). Halvårsmiddelmålingene av SO₂ er også vist (rød linje, enhet µg/m³).

6 Konklusjon

Måleresultatene viser at norske grenseverdier for luftkvalitet (SO₂) ble overholdt både på Svanvik og i Karpdalen i 2020 for både timemiddelverdi (gjennomsnitt over en time), døgnmiddelverdi (gjennomsnitt over et døgn) og middelverdi for vintersesongen 2019/20, samt for kalenderåret. Det ble ikke sendt ut varsel til befolkningen om dårlig luftkvalitet i 2020.

Utslippene fra briketteringsanlegget i Zapoljarnij og smelteverket i Nikel har blitt reduserte de senere årene. Som et resultat av dette har også de målte luftkonsentrasjonene av SO₂ i grenseområdene gått ned. 23. desember 2020 ble smelteverket i Nikel lagt ned. Også produksjonen ved briketteringsanlegget i Zapoljarnij er stoppet. Heretter vil malm enten selges direkte på verdensmarkedet eller fraktes til Monchegorsk for prosessering. Nedleggelsene vil løse problemene med dårlig luftkvalitet i grenseområdene, men effektene av 80 års utslipp vil fortsatt påvirke vann- og jordmiljø i lang tid framover.

Målingene viser at SO₂-nivåene på Svanvik var lavere i 2020 enn i 2019. Dette gjelder alle parametre, både gjennomsnitt, korttidsmiddel (10-minutter), antall verdier over fastsatte grenser (timemiddel, døgnmiddel) og maksimumsverdier. Oktober var den måneden med størst miljøbelastning. Også i Karpdalen var verdiene av SO₂ lavere i 2020 enn året før. Eneste unntak var høyeste timemiddel og antall timemidler over 350 µg/m³. Nedgangen på Svanvik og i Karpdalen underbygger at utslippene fra smelteverkene har blitt reduserte de senere årene.

Svanvik hadde typisk de høyeste konsentrasjonene av SO₂ på kort tidsskala (10-minutter, time). Dette skyldtes nærheten til Nikelverket. De høyeste konsentrasjonene for lengre tidsskala (måned, sesong) observeres derimot oftest i Karpdalen. Karpdalen er typisk mest utsatt vinterstid på grunn av hyppigst forekommende vindretning fra sør.

Prøvetaking av tungmetaller i luft og nedbør viser forhøyede verdier (det vil si høyere enn bakgrunnsverdier) av Ni, Cu, Co og As som regnes som spormetaller fra nikkelsmelteverkene. Norske målsettingsverdier for Ni og As, samt kadmium (Cd) i luft er overholdt. Norske måleprogrammer viser en økning i nivåene av tungmetaller fra 2004 sammenlignet med tiden før 2004. Det er ikke samsvar mellom trender i offisielle utslippstall av tungmetaller fra Russland og trender i norske og finske måleprogrammer i grenseområdene.

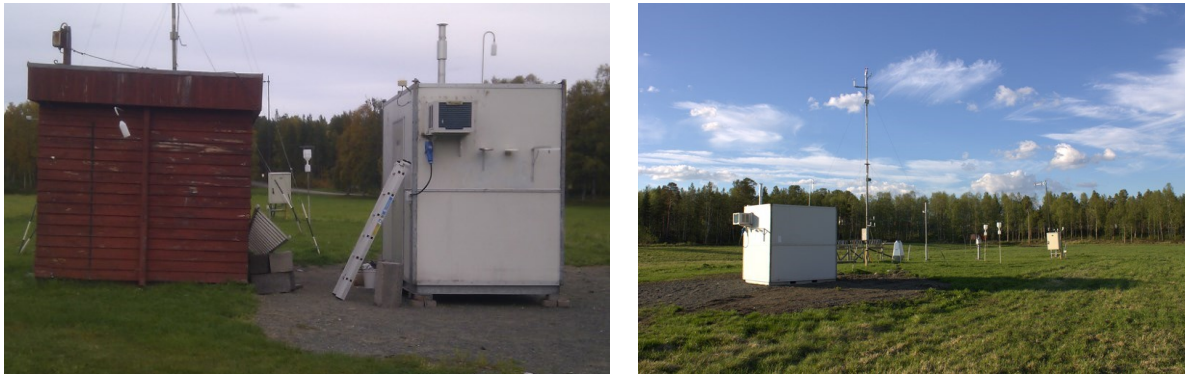
Mer informasjon om måleprogrammet, stasjonene, historikk, tidligere måleresultater, trender og mer detaljert informasjon finnes i Vedlegg A til Vedlegg C. Oversikt over relevante nettsider og tidligere rapporter er gitt i Vedlegg D. Det er også mer informasjon om prosjektene på Miljødirektoratets hjemmeside, se <http://www.miljodirektoratet.no>. På hjemmesiden <https://luftkvalitet.nilu.no> vises SO₂-resultatene fra Svanvik og Karpdalen i nær sanntid under fanen «Sør-Varanger» [begge besøkt 18. april 2021].

Vedlegg A

Målinger og målestasjoner

Målestasjon Svanvik

NILU har målt luftkvaliteten på Svanvik siden 1974. Opprinnelig lå stasjonen i utkanten av jordet på daværende Statens forsøksgård. I forbindelse med at Svanhovd Miljøsenster ble bygget i 1991-93 (åpnet juni 1993) ble stasjonen flyttet om lag 100 m bort på jordet der den ligger i dag. Flyttingen ble gjort 18.-23. august 1991. I september 2012 ble det installert ny målebod ved siden av den gamle og målepunktet ble da flyttet ca fire meter mot øst, se Figur 7. Svanvik er en viktig målestasjon, ikke bare for dette måleprogrammet, men også for Strålevernet, NIBIO/LMT, NVE⁵² m.fl. Dette gjenspeiles av alle de ulike instrumentene som er utplassert. Svanvik ligger 8 km vest for Nikel og skorsteinene ved smelteverket kan sees fra Svanvik.



Figur 7: NILUs målestasjon på Svanvik, gammel målebod (venstre) og den nye som ble installert i 2012 (høyre). Stasjonen ligger ute på jordet ved NIBIO Svanhovd. På den nye boden; merk inntak for støvmålinger på taket til venstre og inntak for SO₂-målinger på taket til høyre (svanehals). Masten har meteorologiinstrumenter i 10 m høyde. To nedbørprøvetakere til høyre tar prøver for tungmetaller og uorganiske komponenter. Instrumentet helt til høyre tilhører NVE. Stativet med metallplater i bakgrunnen er en del av et europeisk korrosjonsprosjekt (Grøntoft, 2016). Strålevernets instrumenter er skjult bak måleboden.

Målestasjon Karpdalen

Det har vært to stasjoner i Karpdalen. Opprinnelig var det en stasjon på gården Nyjord fra 1986-1988 som målte døgnprøver av SO₂. Så ble stasjonen flyttet i oktober 1988 samtidig som det ble installert monitor som ga timemiddelverdier (se omfanget av basisundersøkelsen 1988-1991 i Tabell 15). Monitoren var i drift til 1991, men det ble gjort døgnprøver til 1994. Så var stasjonen ute av drift i 14 år før den ble gjenåpnet 16. oktober 2008. Motivasjonen for å reetablere målingene i Karpdalen var å få en bedre oversikt over eksponeringen på befolkningen også nord for smelteverkene. Som nevnt er hyppigst forekommende vindretning fra sør vinterstid og utslippene bringes nordover mot Jarfjordfjellet og Karpdalen. Målingene gjort under basisundersøkelsen 1988-1991 viste at Viksjøfjell hadde de høyeste konsentrasjonene i vintermånedene (Sivertsen m.fl., 1991). Men på Jarfjordfjellet bor det ingen mennesker og det er noen utfordringer knyttet til infrastruktur (værhardt og uten vei store deler av året). Karpdalen ble derfor vurdert som best egnet for å tallfeste eksponering på befolkning. Stasjonen er vist i Figur 8.

⁵² Strålevernet, DSA Direktoratet for Strålevern og Atomsikkerhet. LMT: Landbruksmeteorologisk tjeneste (NIBIO AgroMetBase). NVE: Norges Vassdrags- og Energidirektorat.



Figur 8: Målestasjonen i Karpdalen sett fra sør-øst. Stasjonen er plassert ute på et myrete jorde, samme sted som i 1988-94. Det er ikke høytvoksende vegetasjon rundt stasjonen. Like vest for stasjonen er det en liten kolle. Måleboden har trakt og svanehals på taket til venstre som er inntak for SO₂, mast til høyre er til meteorologi-instrumenter. Legg også merke til barduneringen, det er værhardt i Karpdalen om vinteren. Til venstre for måleboden står prøvetaker for tungmetaller i luft. Den hvite nedbørsamleren for tungmetaller i nedbør er plassert midt mellom måleboden og veien. Merk også nærhet til vei og strøm, infrastruktur er viktig kriterium for valg av plassering av målestasjon.

Instrumentering Svanvik og Karpdalen – SO₂

På Svanvik og i Karpdalen måles SO₂ med kontinuerlig registrerende instrumenter som måler SO₂-konsentrasjonen hvert 10. sekund. Dataloggeren på instrumentet regner ut gjennomsnitt for 10 minutter og 1 time som så overføres trådløst til NILU med GSM eller GPRS senest 2 timer etter at målingene er utført. Etter en enkel automatisk kvalitetskontroll for å luke ut åpenbare feil legges dataene ut på internett tilgjengelig for publikum, se <https://luftkvalitet.nilu.no>. Disse dataene er ikke endelig kvalitetskontrollerte. Ved hvert månedsskifte gjennomgår dataene en grundig kvalitetssjekk (SO₂ og meteorologi) og de skaleres for å kompensere for drift i instrumentet (SO₂). Deretter legges de over i NILUs databaser. SO₂-instrumentene på Svanvik og i Karpdalen kalibreres av lokal stasjonsholder omlag en gang pr. uke. Alle instrumenter gjennomgår kvartalsvis ettersyn av ingeniør fra NILU.

Høy tidsoppløsning er nødvendig for å måle maksimalkonsentrasjoner i episoder. Dette gir informasjon om hvor lenge episodene varer og hvor ofte de forekommer. Timemiddelverdiene kan også knyttes direkte til målte vindretninger for å bestemme kilde(r) eller kildeområde(r). Øyeblikkskonsentrasjonene lagres i loggerens minne noen dager før de overskrives. Om ønskelig kan rådata for hvert 10. sekund tas ut fra loggeren ved spesielle forurensningsepisoder, som eksempelvis 20. oktober 2014 (Berglen m.fl., 2015). Disse dataene gir et meget detaljert bilde av tidsforløpet under episodene.

De kontinuerlig registrerende instrumentene (API100-monitorene) måler blandings-forhold (antall molekyler SO₂ pr antall molekyler luft) og har en usikkerhet avhengig av måleområdet; 5 ppb ^{footnote 53} for blandingsforhold mellom 0 og 40 ppb, 12,5% for måleverdier over 40 ppb. Faktoren som brukes til å beregne konsentrasjonene er fastsatt av EU og antar en fast lufttemperatur lik 20°C og et fast atmosfærisk trykk lik 1013 hPa (mbar). Faktoren er da 2,66 (1 ppb SO₂ tilsvarer 2,66 µg/m³). Dette vil si at de målte konsentrasjonene er beregnet i forhold til en referansetemperatur 20°C.

⁵³ ppb: parts per billion, dvs. milliard'tedele, 1 / 1 000 000 000.

Samtidige målinger av vindretning og -hastighet og SO₂-konsentrasjon viser at røykfanene fra verkene i Nikel og Zapoljarnij er ganske smale, som oftest med bare noen få kilometers utstrekning. Konsentrasjonen blir derfor høy når røykfanen sveiper over målestasjonen, mens bare noen graders endring i vindretningen kan føre til at målestasjonen ikke blir eksponert. Den brå endringen i konsentrasjonsnivået vises klart i plottene av timemiddelkonsentrasjonene. I lange perioder er stasjonene ikke eksponert og mottar «ren» bakgrunnsluft.

Når det gjelder miljøbelastningen på Svanvik og i Karpdalen så er et typisk mønster at Svanvik har de høyeste konsentrasjonene på kort tidsskala (10-minutter, time). Dette skyldes nærheten til Nikelverket. Men de høyeste konsentrasjonene for lengre tidsskala (måned, sesong) er høyest i Karpdalen. Karpdalen er typisk også mest utsatt vinterstid pga. hyppigst forekommende vindretning fra sør.

EU-direktivet 2008/50/EC krever måledata minst 90% av tiden hvert år for de stasjonene som skal innrapportere SO₂ måledata til EU. Dette kravet er oppfylt for SO₂-målingene på Svanvik og i Karpdalen.

Instrumentering Svanvik og Karpdalen – prøvetaking tungmetaller

På Svanvik og i Karpdalen tas det også filterprøver av tungmetaller i luft/svevestøv (PM₁₀) for de 12 metallene Ni, Cu, Co og As, samt Al, Cd, Cr, Fe, Mn, Pb, V og Zn⁵⁴ (dog er As strengt tatt et halvmetall/metalloid). Tungmetaller vil aldri opptre i gassform ved normal trykk og temperatur. Tungmetaller som måles her er festet til partikler/svevestøv. Uttrykkene "tungmetaller i luft" og "tungmetaller i svevestøv" beskriver samme fenomen og brukes ofte om hverandre. Filtrene skiftes av lokale stasjonsholdere og sendes NILU for analyse. Siden grenseverdiene for tungmetaller i luft er satt for årsmiddel i PM₁₀, er det mest relevant og anvendelig å ta ukeprøver som i sum utgjør kontinuerlige målinger. Denne metoden gir middelkonsentrasjon, men ikke maksimums-konsentrasjon/ maksimal belastning.

Instrumentering Svanvik og Karpdalen – meteorologi

Både på Svanvik og i Karpdalen måles vindhastighet, vindretning, temperatur og relativ fuktighet, lufttrykk, samt om det har regnet (nedbørsindikator) ved hjelp av Vaisala WTX-520. Instrumentene på Svanvik er plassert i 10 m høyde over bakken for å få målinger som er upåvirket av bygninger (målebua) og eksempelvis trær (se Figur 7). I Karpdalen er instrumentet plassert 4 m over bakken (se Figur 8).

Viksjøfjell – passive SO₂

På Viksjøfjell måles SO₂ med passive prøvetakere. Dette er små «brikker» som eksponeres og som så sendes til NILU for analyse. Prøvetakerne eksponeres i 14 dager av gangen og analysen gir gjennomsnittlig konsentrasjon for denne perioden.

Karpbukt – nedbørprøvetaking uorganiske komponenter

I Karpbukt, på Svanvik og i Karpdalen tas det ukesprøver av nedbør. Prøvene fra Karpbukt analyseres med hensyn på nedbørmengde, ledningsevne, pH og de uorganiske komponentene SO₄²⁻, NH₄⁺, NO₃⁻, Na⁺, Mg²⁺, Cl⁻, Ca²⁺, K⁺, gitt som ioner. Når det gjelder Svanvik og Karpdalen analyseres prøvene med hensyn på de 10 komponentene Ni, Cu, Co og As, samt Al, Cd, Cr, Pb, V og Zn. Dette er de samme som for luft, minus Fe og Mn. Nedbørmengde blir også målt og registrert alle tre steder.

⁵⁴ Ni: nikkel, Cu: kobber, Co: kobolt, As: arsen, Al: aluminium, Cd: kadmium, Cr: krom, Fe: jern, Mn: mangan, Pb: bly, V: vanadium, Zn: sink.

Andre stasjoner og måleprogrammer i grenseområdene

Landbruksmeteorologisk datatjeneste (NIBIO) har også to værstasjoner på Svanvik som måler vind og temperatur i 2 og 10 m høyde. Meteorologisk institutt har værstasjon ved Kirkenes lufthavn (Høybukta) som måler vindretning, vindhastighet, temperatur, nedbør og luftfuktighet. I oktober 2012 ble det også opprettet en målestasjon ved Nyrud som måler nedbør, temperatur og snødybde (Figur 9). Stasjonen på Nyrud var erstatning for en tidligere stasjon på Noatun. Resultater fra alle disse tre stasjonene legges løpende ut på www.yr.no. De brukes også til å kvalitetssikre dataene fra NILUs program.



Figur 9: Målestasjonen ved Nyrud øverst i Pasvikdalen, om lag 65 km sør for Svanvik og 4 km sør for Noatun. Nedbørsamler til venstre, masten til høyre har termometer og måler for snødybde. Stasjonen driftes av Meteorologisk institutt. Bak sees Nyrud gård som nå er politistasjon, Pasvikelva skimtes bak bjørketrærne og også øya Vaarlamasari på russisk side. Bildet er tatt 27. mai 2017. Foto: Benjamin Flatlandsmo Berglen.

Strålevernet DSA

Svanvik er også en av 33 stasjoner som er med i et landsdekkende varslingsnettverk som kontinuerlig måler radioaktivitet i omgivelsene, radnett⁵⁵. Dette nettverket driftes av Statens strålevern og ble etablert etter Tsjernobyl-ulykken i 1986. Stasjonen overfører data via GPRS, og det varsles automatisk hvis strålingen går over fastsatte grenser (Møller m.fl., 2020). I tillegg har Svanvik og Viksjøfjell to av seks luftfilterstasjoner som er en del av Statens strålevernets nettverk for overvåknings- og varslingsystem for radioaktivitet i luft (de fire andre er Skibotn, Ørland, Østerås og Sola, se Møller m.fl., 2020). Filtrene herfra byttes ukentlig.

Nedbør Skogfoss og Neiden

I tillegg til målingene i dette overvåkingsprogrammet er det to stasjoner i grenseområdene som kun måler nedbør. Pasvik Kraft har en nedbørmåler ved Skogfoss kraftstasjon om lag 20 km sør for Svanvik, her måles også snødybde (se bilde av stasjonen i Figur 10). Den måler døgnprøver og dataene legges ut på den nye basen til Norsk Klimaservicesenter, seKlima⁵⁶. Likeledes er det en målestasjon i Øvre Neiden (om lag 4 mil fra Svanvik i luftlinje) som også måler nedbør der dataene vises på www.yr.no.

⁵⁵ For mer informasjon, se <http://radnett.dsa.no> [besøkt 18. april 2021].

⁵⁶ <https://seklima.met.no/observations/> [besøkt 18. april 2021].



Figur 10: Pasvik kraft sin målestasjon på Skogfoss. Stasjonen måler nedbør og snødybde på døgnbasis og data er tilgjengelige fra databasen seKlima. Bildet er tatt 25. mai 2017. Ellers kan nevnes at det dagen etter ble målt 2 cm snø på stasjonen (ingen snø da bildet ble tatt, mørk stolpe gir litt varmere mikroklima akkurat rundt målebåndet). Foto: Benjamin Flatlandsmo Berglen.

Russland

I 2010 installerte Murmansk UGMS - Murmansk Avdeling for hydrometeorologi og miljøovervåking Optec C-105 monitører som måler SO₂ i Nikel og Zapoljarnij. Resultatene fra disse målingene er offentlig tilgjengelige⁵⁷. Dette gjør at både Russland og Norge måler luftkvalitet SO₂ i grenseområdene ved hjelp av monitor med høy tidsoppløsning og dataene er av likeverdig og høy vitenskapelig kvalitet. Samarbeidet mellom Russland og Norge om miljøovervåkingen fungerer godt og den norsk-russiske ekspertgruppen for luft møtes jevnlig for å utveksle data og informasjon. Det russiske ministeriet for naturressurser og økologi i Murmansk fylke gir ut kvartalsvise og årlige rapporter om miljøtilstanden i Murmansk oblast/fylke, disse er også åpent tilgjengelige, dog på russisk⁵⁸.

Den norsk-russiske ekspertgruppen for luft har sammenfattet resultatene fra målingene i to felles rapporter. Første rapport ble publisert i mars 2015 (Mokrotovarova m.fl., 2015⁵⁹), andre rapport ble overlevert den felles norsk-russiske miljøkommisjon i mai 2017 (Pettersen m.fl., 2017⁶⁰). Det utarbeides nå en ny, oppdatert rapport som skal dekke måleresultater fram til og med 2020. Rapportene gir en god oversikt over norske og russiske grenseverdier for luftkvalitet, måle- og analysemetoder, samt måleprogram og -resultater på norsk og russisk side. Norsk og russisk riksrevisjon har gjennomgått miljøsam arbeidet mellom de to land og resultatene ble lagt fram i mars 2019⁶¹.

⁵⁷ http://www.kolgimet.ru/monitoring-zagrjaznenija-okruzhajushchei-sredy/sostojanie-i-zagrjaznenie-atmosfernogo-vozdukha/?no_cache=1 [besøkt 18. april 2021].

⁵⁸ <https://mpr.gov-murman.ru/activities/okhrana-okruzhayushchey-sredy/01.monitoring/index.php> og <https://mpr.gov-murman.ru/activities/okhrana-okruzhayushchey-sredy/00.condition/index.php> [begge besøkt 18. april 2021].

⁵⁹ Nedlastbar fra: <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m322/m322.pdf> [besøkt 18. april 2021].

⁶⁰ Nedlastbar fra: <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m761/m761.pdf> [besøkt 18. april 2021].

⁶¹ <https://www.riksrevisjonen.no/rapporter-mappe/no-2018-2019/undersokelse-av-norsk-russisk-miljosamarbeid/> [besøkt 18. april 2021].

Vedlegg B

Detaljerte måleresultater svoveldioksid (SO₂) og uorganiske komponenter

Detaljerte 10-minuttersverdier over 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

I 2020 var det fem tilfeller med 10-minutters verdi over 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ på Svanvik og ingen i Karpdalen. Alle de fem verdiene forekom i oktober og er gjengitt i Tabell 12. Likeledes var det fem tilfeller med timemiddelverdi over 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ på Svanvik og tre i Karpdalen. Også disse forekom i oktober og er vist i Tabell 13. Episodene i oktober kan også sees i plottene for timemiddel.

Tabell 12: Episoder med 10-minuttersverdier av SO_2 over 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ på Svanvik i kalenderåret 2020.

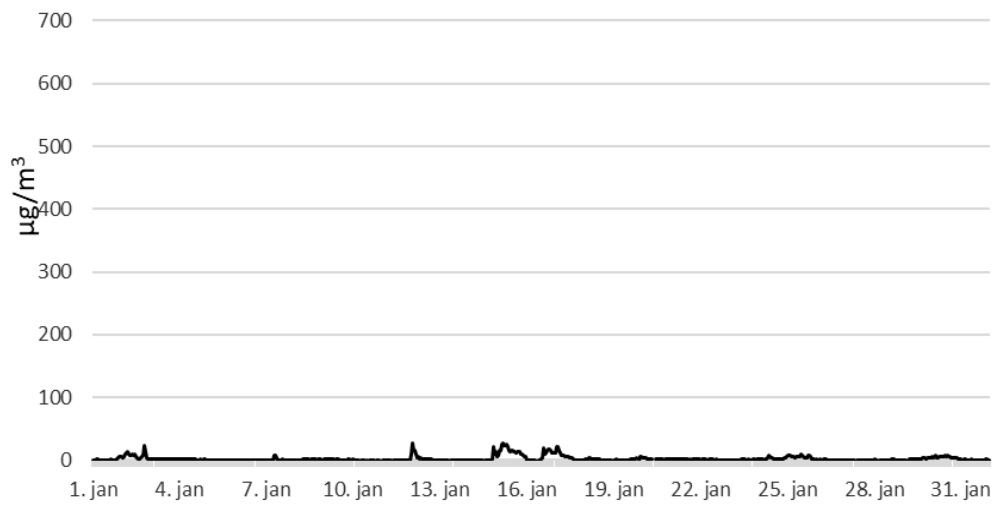
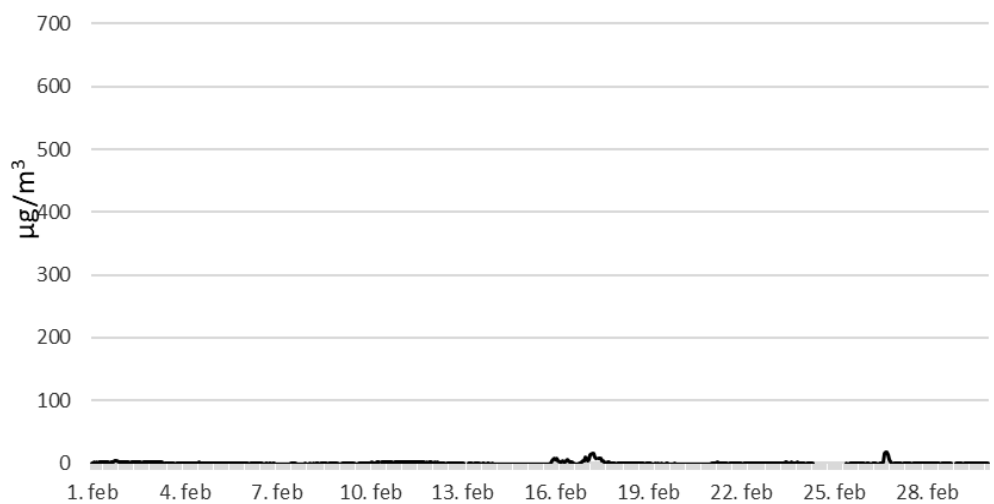
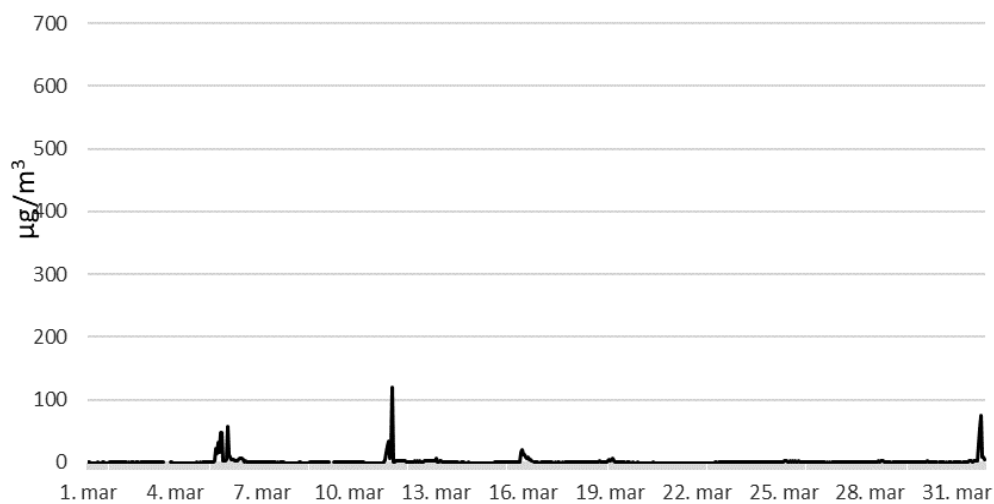
Stasjon	Dato	Fra kl. *	Til kl. *	10-min. verdi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Timeverdi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Svanvik	06.10.2020	21:50	22:00	599	165
	21.10.2020	21:40	21:50	531	271
	21.10.2020	21:50	22:00	781	271
	21.10.2020	22:00	22:10	802	527
	21.10.2020	22:10	22:20	511	527

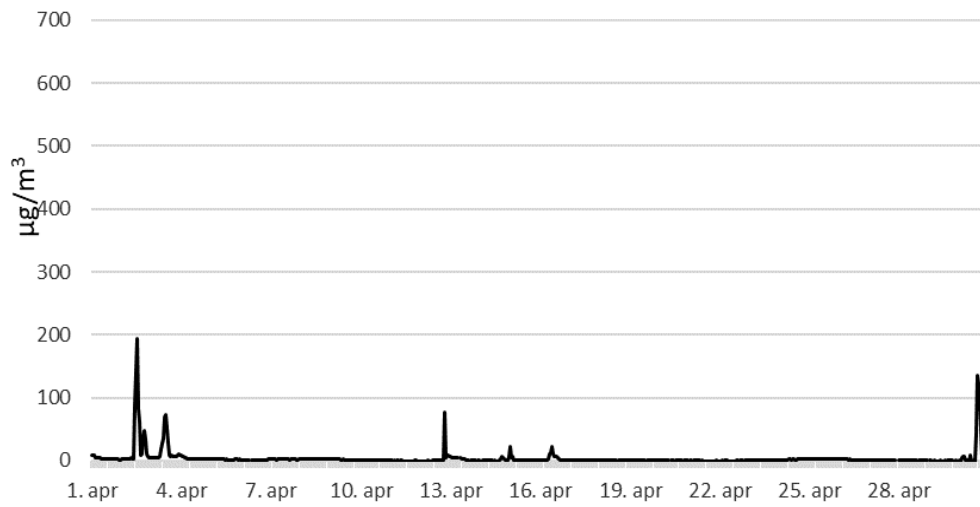
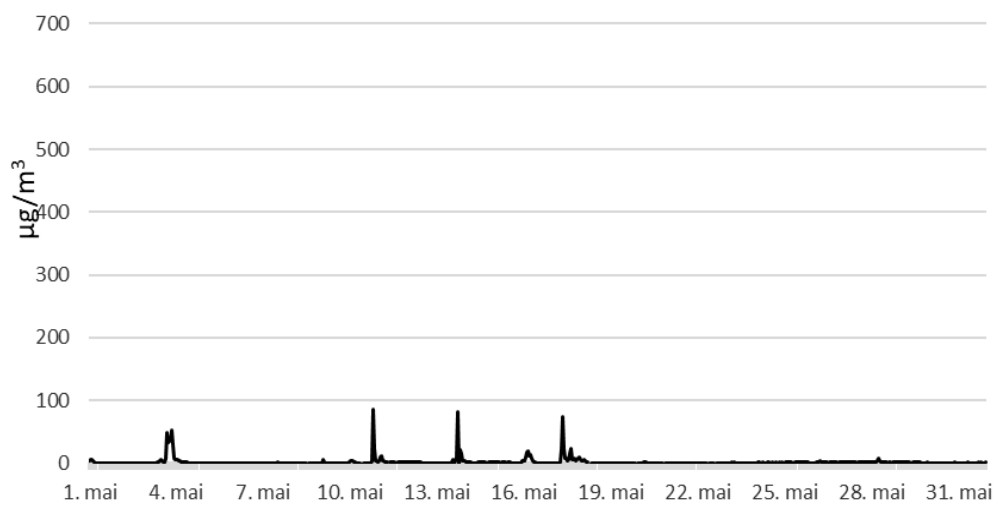
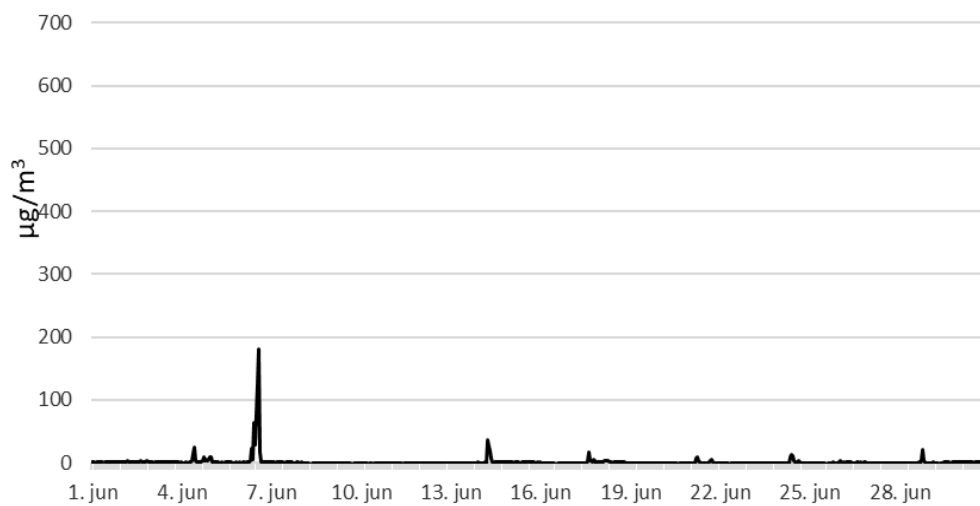
* Klokkeslettene er justert for sommertid (gjelder 29. mars - 25. oktober).

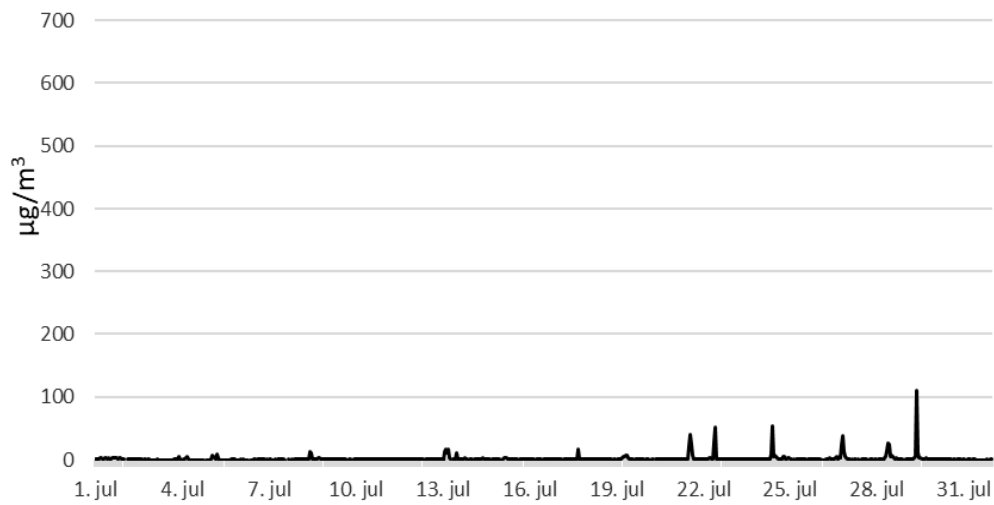
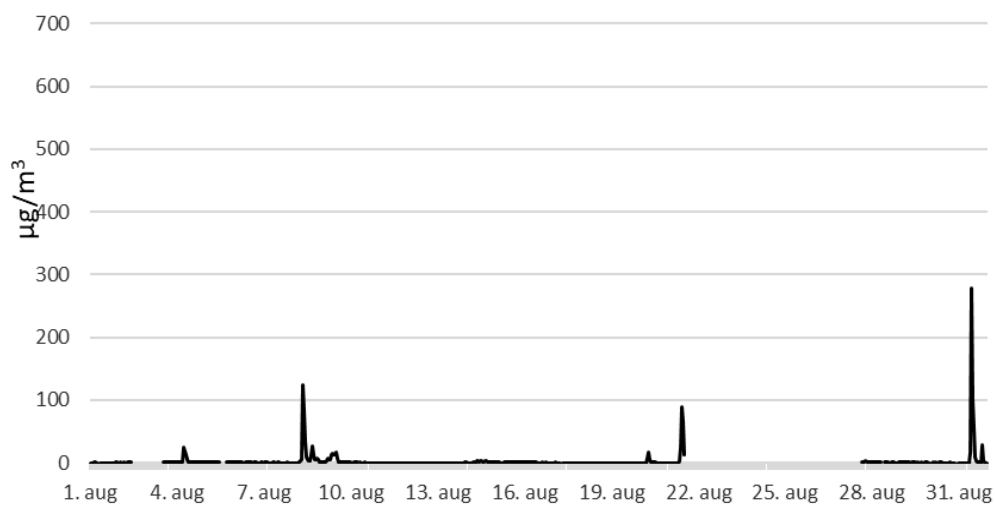
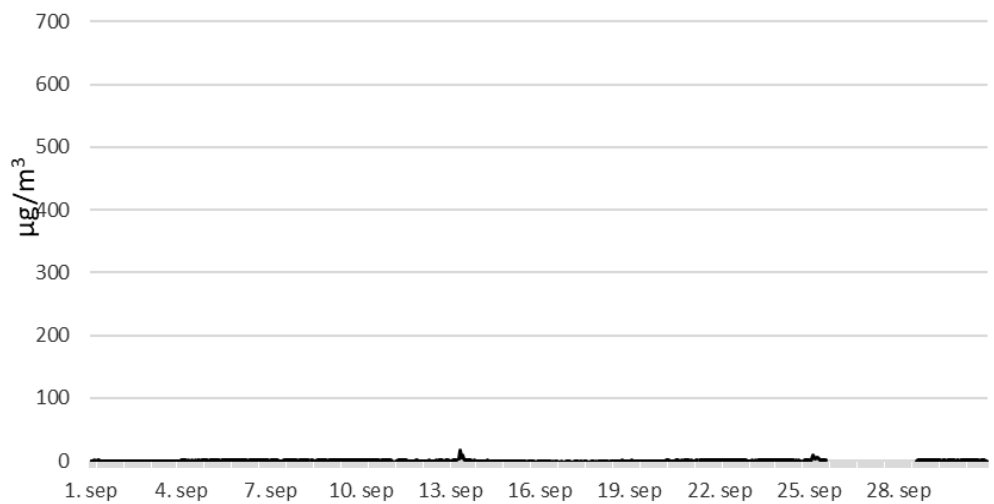
Tabell 13: Episoder med timeverdier av SO_2 over 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ på Svanvik (5) og i Karpdalen (3) i kalenderåret 2020.

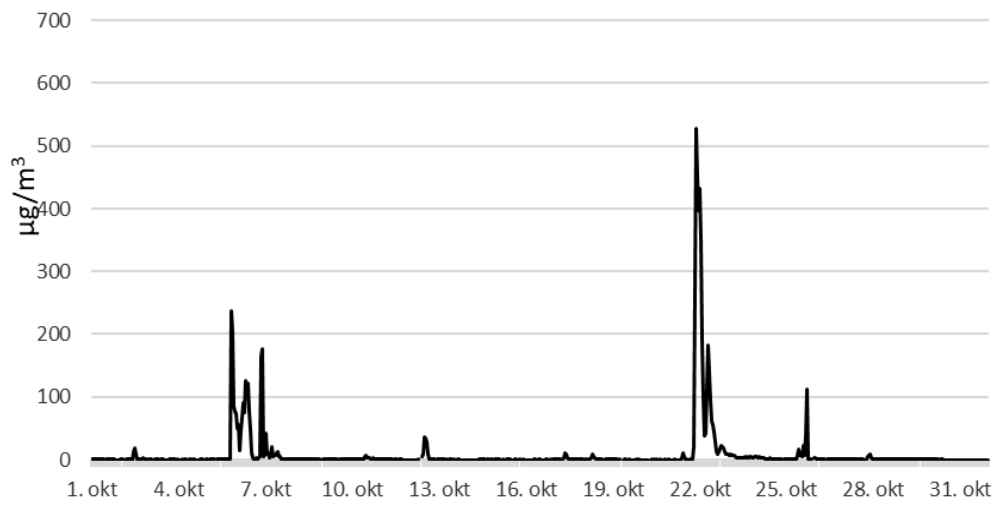
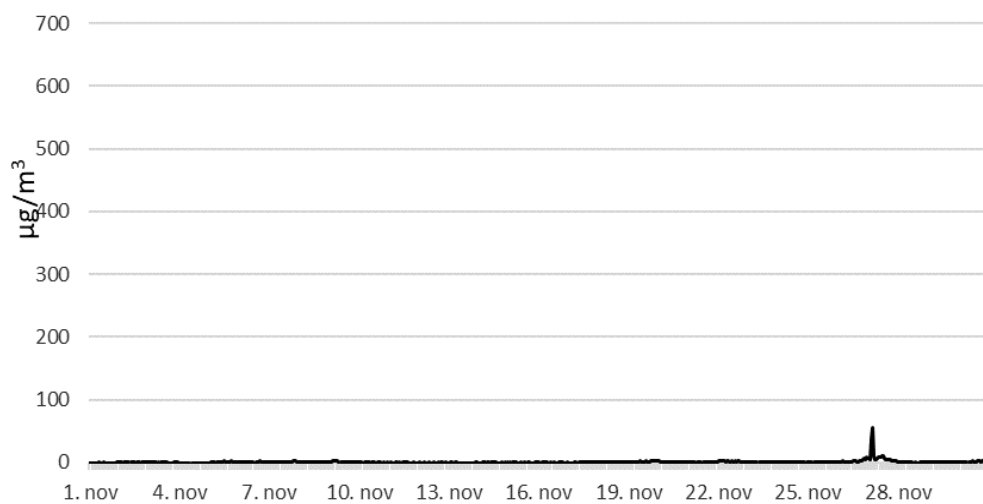
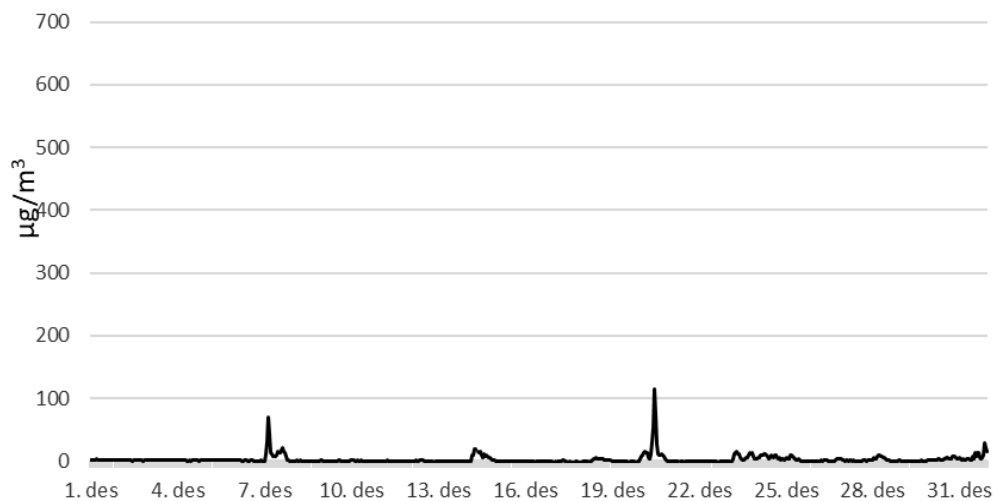
Dato	Fra kl. *	Til kl. *	Svanvik timeverdi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Karpdalen timeverdi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
21.10.2020	22:00	23:00	527	
21.10.2020	23:00	24:00	452	394
22.10.2020	00:00	01:00	398	448
22.10.2020	01:00	02:00	433	372
22.10.2020	02:00	03:00	351	

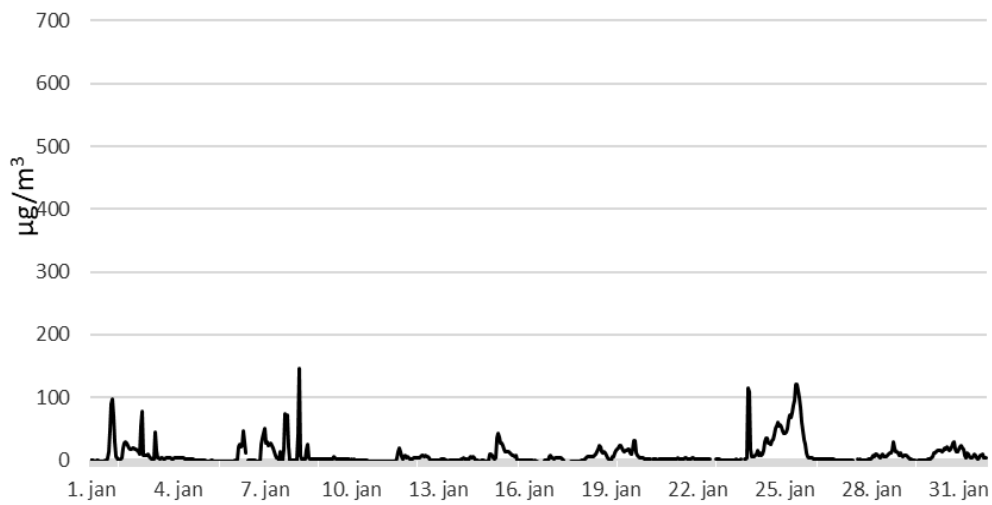
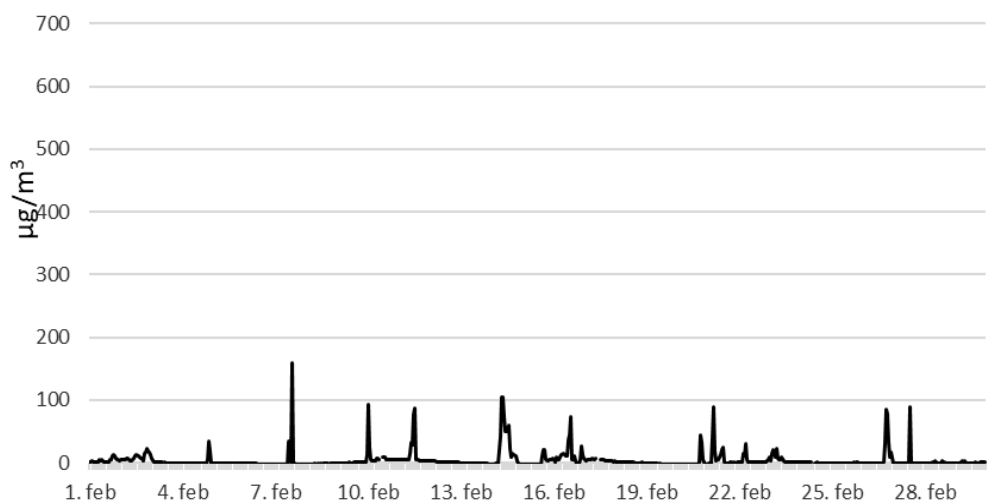
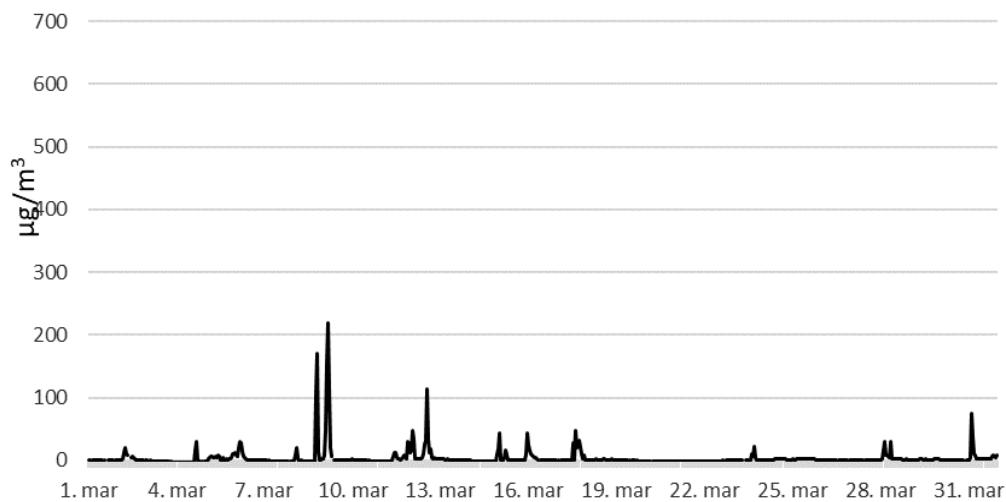
* Klokkeslettene er justert for sommertid (gjelder 29. mars - 25. oktober).

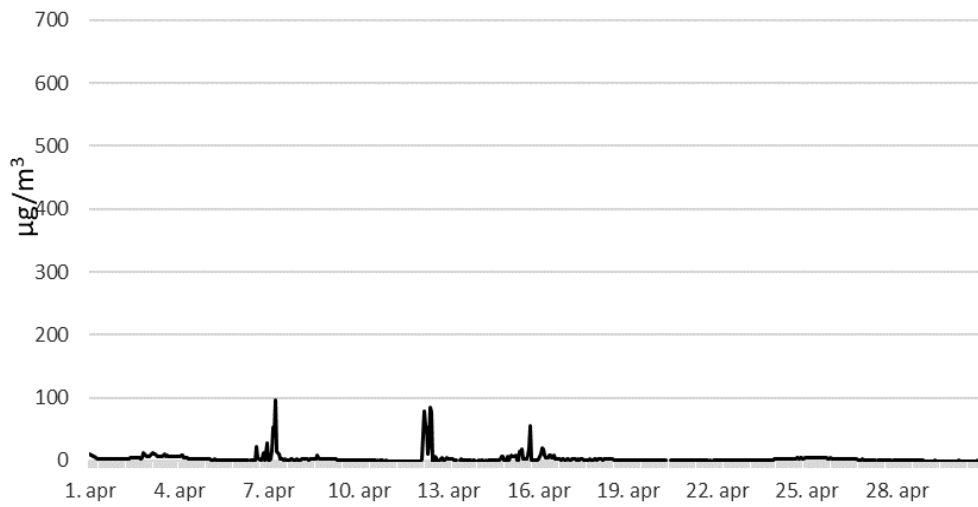
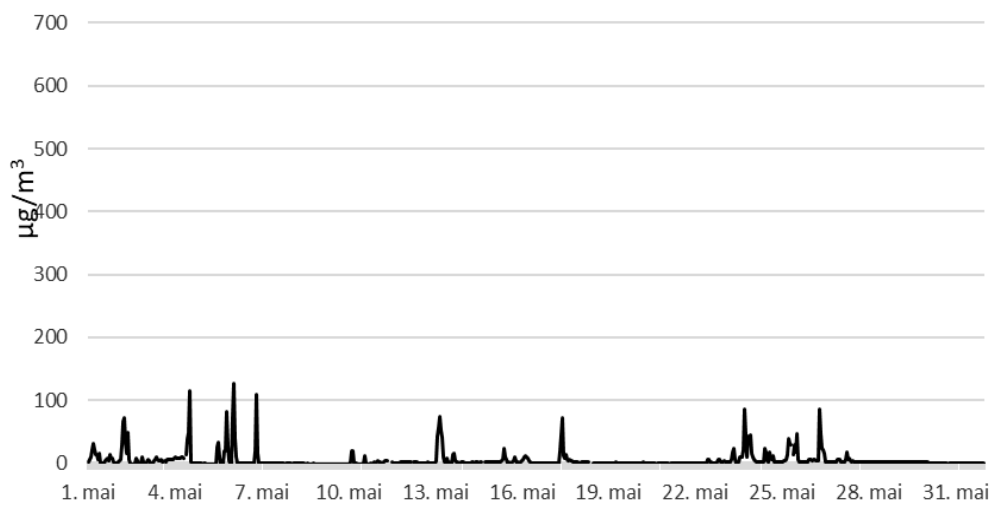
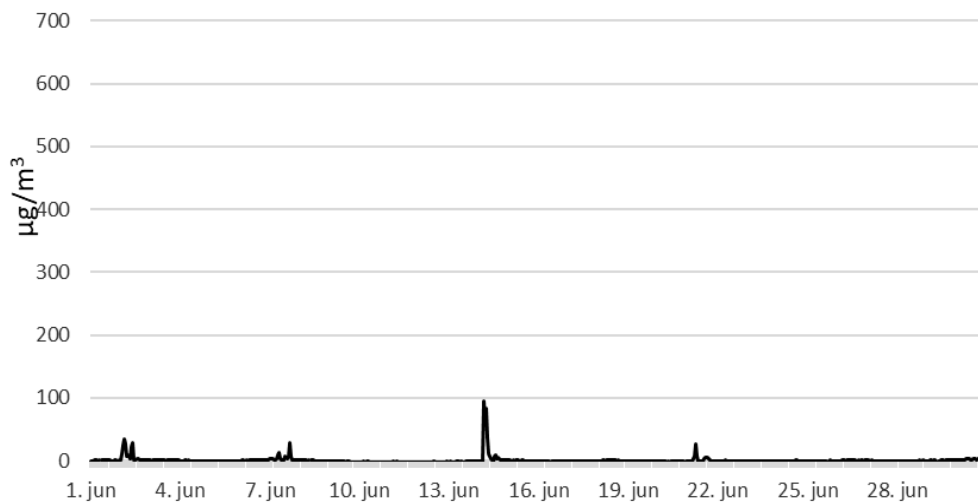
Timemiddelverdier av SO₂ på Svanvik januar – mars 2020.**SO₂ - Svanvik januar 2020****SO₂ - Svanvik februar 2020****SO₂ - Svanvik mars 2020**

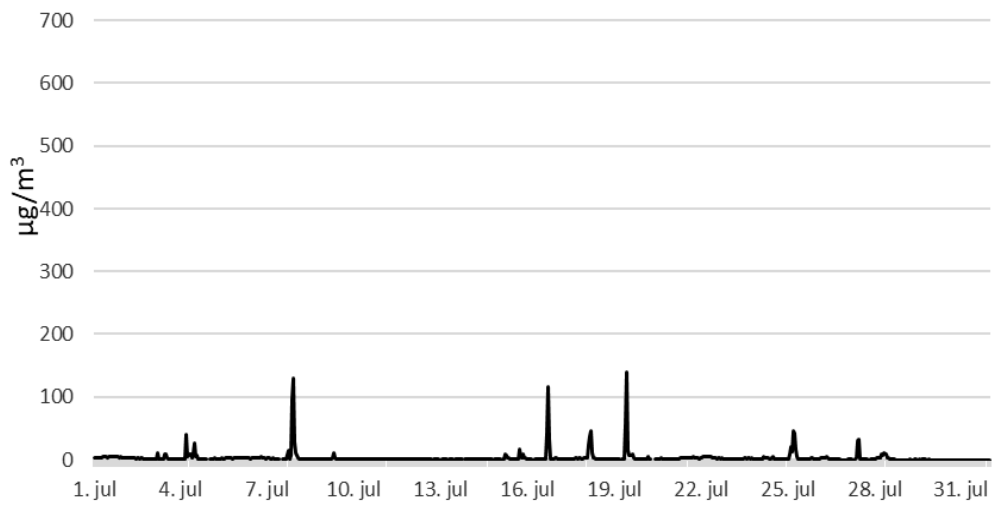
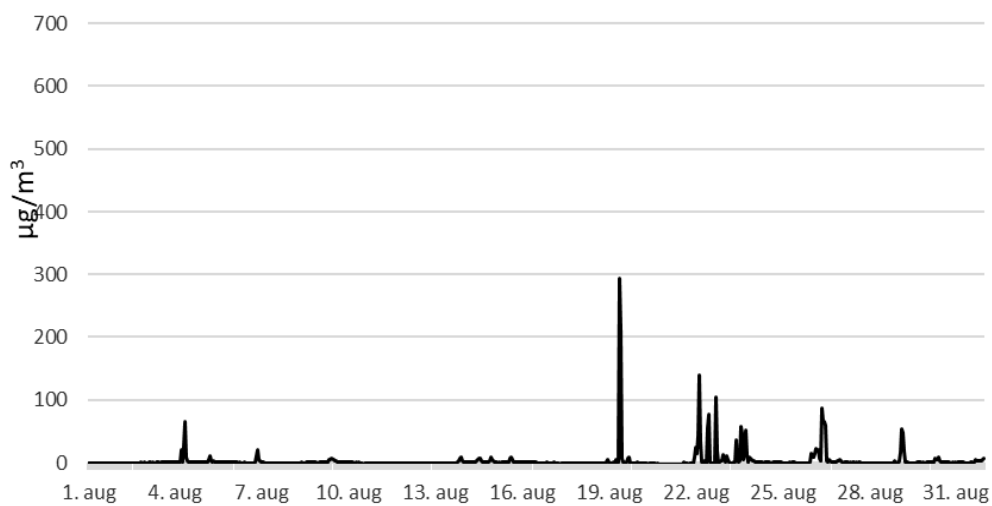
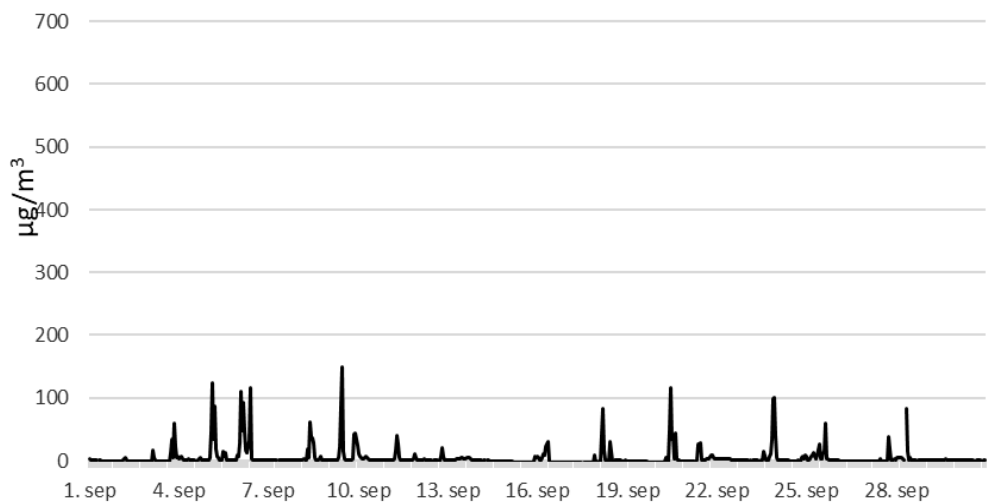
Timemiddelverdier av SO₂ på Svanvik april – juni 2020.SO₂ - Svanvik april 2020SO₂ - Svanvik mai 2020SO₂ - Svanvik juni 2020

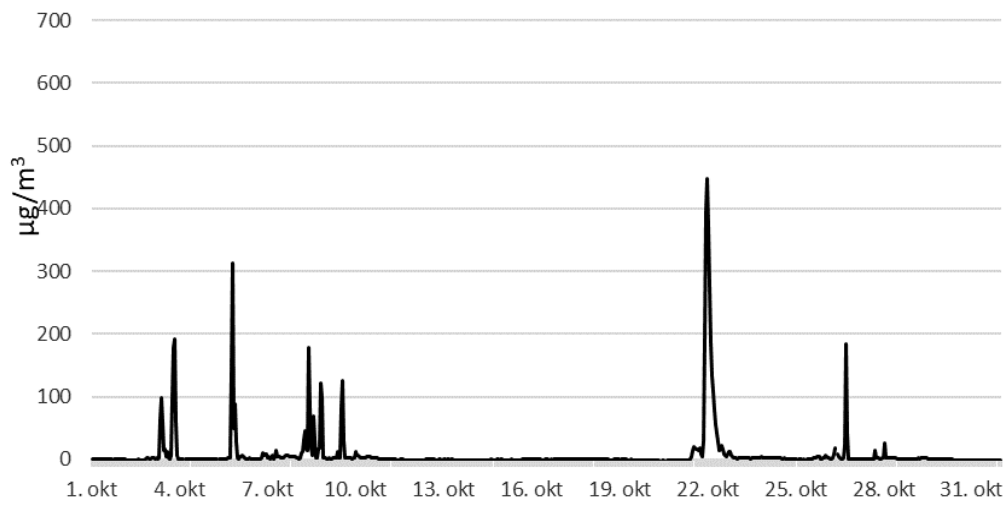
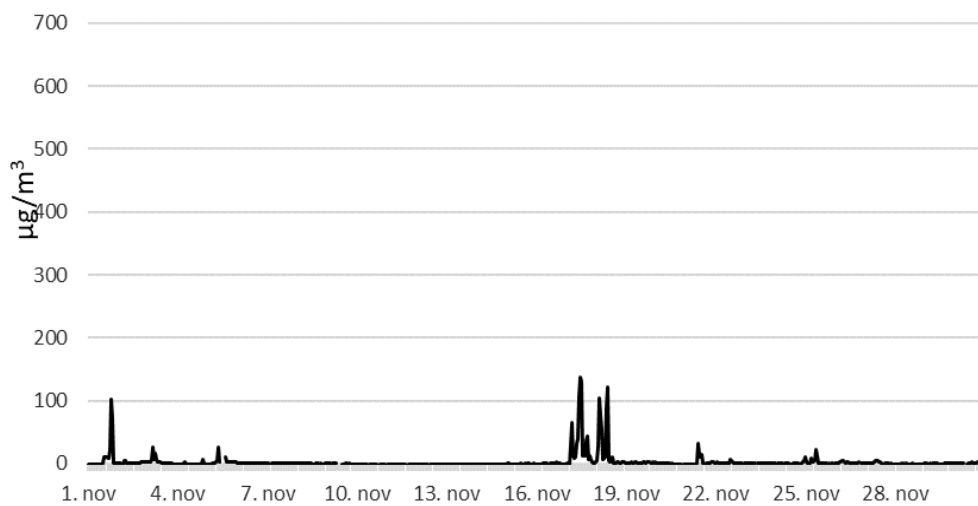
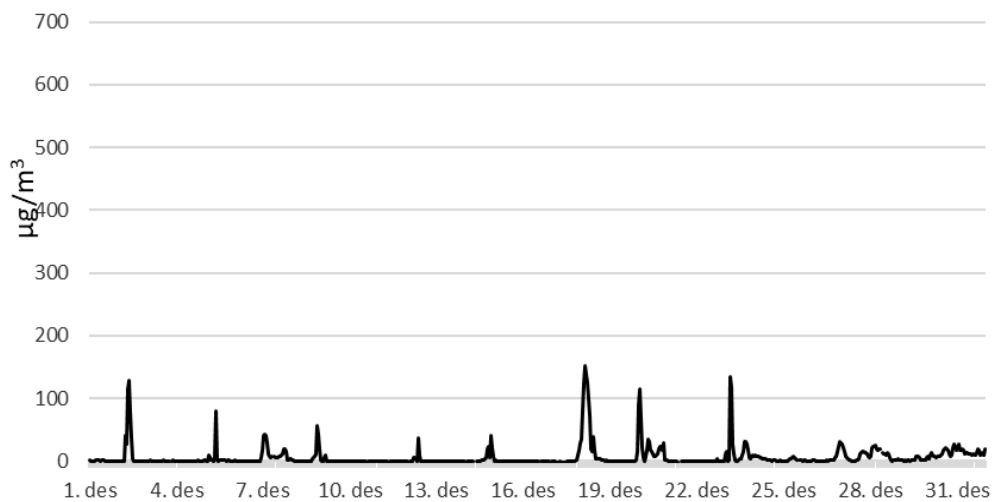
Timemiddelverdier av SO₂ på Svanvik juli – september 2020.**SO₂ - Svanvik juli 2020****SO₂ - Svanvik august 2020****SO₂ - Svanvik september 2020**

Timemiddelverdier av SO₂ på Svanvik oktober – desember 2020.SO₂ - Svanvik oktober 2020SO₂ - Svanvik november 2020SO₂ - Svanvik desember 2020

Timemiddelverdier av SO₂ i Karpdalen januar – mars 2020.SO₂ - Karpdalen januar 2020SO₂ - Karpdalen februar 2020SO₂ - Karpdalen mars 2020

Timemiddelverdier av SO₂ i Karpdalen april – juni 2020.**SO₂ - Karpdalen april 2020****SO₂ - Karpdalen mai 2020****SO₂ - Karpdalen juni 2020**

Timemiddelverdier av SO₂ i Karpdalen juli – september 2020.SO₂ - Karpdalen juli 2020SO₂ - Karpdalen august 2020SO₂ - Karpdalen september 2020

Timemiddelverdier av SO₂ i Karpdalen oktober – desember 2020.**SO₂ - Karpdalen oktober 2020****SO₂ - Karpdalen november 2020****SO₂ - Karpdalen desember 2020**

Viksjøfjell

Det har pågått målinger av SO₂ på Viksjøfjell siden sommeren 2009. Dette er en stasjon hvor det ble gjort målinger tidligere, men som ble nedlagt i 1996. Viksjøfjell ligger på Jarfjordfjellet og er over tregrensen (391 m.o.h.). Zapoljarnij ligger sør for Viksjøfjell og man kan se røyk-fanen fra anlegget i Zapoljarnij i godvær, se Bilde 5.

Målingene av SO₂ gjøres her ved hjelp av passive prøvetakere, gule eller røde brikker med impregnert filter som henges opp på en sydvendt vegg. Prøvetakerne blir eksponert i 14 dager og så sendt tilbake til NILU Kjeller for analyse. To prøvetakere eksponeres samtidig. Målingene gjøres i samarbeid med Forsvaret.



*Bilde 5: Utsikt fra Viksjøfjell sørover. Røykfanen fra anlegget i Zapoljarnij sees i det fjerne.
Foto: Christoffer Aalerud, Fylkesmannen i Finnmark.*

Detaljerte måleresultater for SO₂ på Viksjøfjell er vist i Tabell 14. Det er værhardt på Viksjøfjell og en del av prøvetakerne blir våte av horisontalt regn eller tåke. Dette er forsøkt utbedret med tak over prøvetakeren. I Tabell 14 er det tidvis stor forskjell mellom de to prøvetakerne som ble eksponert samtidig. Dette skyldes som regel fuktighet i en av prøvetakerne. Væte på prøvetakerne gir usikre målinger. Merk dog at analyseresultatene heller blir for lave enn for høye. Målingene viser at miljøbelastningen nord for smelteverkene er størst vinterstid pga. fremherskende vindretning fra sør. Det har i perioder vært problemer med forsendelsene til Viksjøfjell (eks. forsvinner i postgangen) og derved er det noen huller i måleserien.

Tabell 14: Måleresultater for SO₂ på Viksjøfjell i 2020. Enhet: µg/m³.

Fra dato	Til dato	Antall døgn*	SO ₂ prøvetaker 1	SO ₂ prøvetaker 2
29.12.2019	12.01.2020	17	5	5
12.01.2020	26.01.2020	14	16	19
26.01.2020	09.02.2020	14	3	6
09.02.2020	23.02.2020	14	12	13
23.02.2020	08.03.2020	14	14	14
08.03.2020	22.03.2020	14	7	9
22.03.2020	05.04.2020	14	6	5
05.04.2020	19.04.2020	14	4	4
19.04.2020	03.05.2020	14	2	2
03.05.2020	17.05.2020	14	8	9
17.05.2020	31.05.2020	14	8	6
31.05.2020	14.06.2020	14	2	2
14.06.2020	28.06.2020	14	1	1
28.06.2020	12.07.2020	14	6	6
12.07.2020	26.07.2020	14	4	5
26.07.2020	09.08.2020	14	5	5
09.08.2020	23.08.2020	14	9	2
23.08.2020	06.09.2020	14	11	13
06.09.2020	20.09.2020	14	17	21
20.09.2020	04.10.2020	14	16	16
04.10.2020	25.10.2020	21	8	9
25.10.2020	08.11.2020	14	16	16
08.11.2020	22.11.2020	14	3	5
22.11.2020	06.12.2020	14	39	22
06.12.2020	20.12.2020	14	7	7
20.12.2020	03.01.2021	11	22	22
Kalenderåret 2020[§]		366	9,6	9,3

* Antall døgn i 2020.

§ Gjennomsnitt er beregnet utfra resultater som ikke er avrundet.

Trender av SO₂ 1974 – 2020

Bakgrunnshistorikk

Smelteverket i Nikel ble anlagt på 1930-tallet, og det har vært utslipp av SO₂ og tungmetaller siden den gang. De norske SO₂-målingene startet i Kirkenes-området og på Svanvik i 1974 (Hagen, 1977). I 1978 ble målingene utvidet med to nye stasjoner, Holmfoss og Jarfjordbotn, se kart i Figur 1 på side 17. I 1986 ble stasjonen i Jarfjordbotn flyttet til Karpdalen. Da Basisundersøkelsen startet i 1988 ble nye stasjoner opprettet på Viksjøfjell, på Noatun og på Kobbfoss. I 1990 og 1991 startet også målinger på russisk side med norsk måleutstyr på SOV 1, SOV 2 Maajärvi⁶², SOV 3 og i Nikel. Utover

⁶² "järvi" er finsk og betyr innsjø, den tilsvarende samiske betegnelsen er "jav'ri". Järvi og jav'ri brukes tidvis om hverandre i stedsnavn i grenseområdene.

1990-årene ble de fleste stasjonene nedlagt pga. reduserte bevilgninger. Stasjonen i Karpdalen ble gjenåpnet i oktober 2008.

På 1970-tallet ble målingene utført ved hjelp av en prøvetaker kalt "kommunekasse" der SO₂ ble absorbert i en løsning og analysert i laboratoriet etterpå. Nå gjøres målinger med kontinuerlige monitorer hvor resultatene etter en enkel kvalitetssikring legges ut på internett i nær sanntid (<https://luftkvalitet.nilu.no>).

Tabell 15 gir en oversikt over måleperiodene på de ulike norskfinansierte stasjonene i grenseområdene fra starten i 1974. Merk at Svanvik har hatt målinger helt siden starten. I tabellen er det skilt mellom døgnprøvetakere (som bare gir døgnmiddelverdier) og kontinuerlig registrerende instrumenter (monitorer) hvor verdiene måles kontinuerlig og midles til timemiddel-verdier. Noen stasjoner har i perioder hatt begge typer prøvetakere. På Svanvik er det lagret middelverdier over 10 minutter fra 1.7.2001, i Karpdalen fra gjenåpning i oktober 2008. I Nikel ble middelverdier over 10 minutter logget fra 1.12.2004 og fram til 31. august 2008.

Merk at denne oversikten kun viser de norske/norskfinansierte stasjonene. Fra 2010 og framover har Russland (Murmansk UGMS) bygd ut sitt målenettverk og gjør målinger i Zapoljarnij og Nikel. Resultatene er åpent tilgjengelige på internett, samt i årsrapporter fra Murmansk fylkes miljøverndepartement om miljøtilstanden i Murmansk oblast (på russisk).

Se ellers oversikt i referanselisten i Vedlegg D for informasjon om Russlands og Finlands målestasjoner. Resultater og trender 2010 – 2015 er også behandlet i den oppdaterte fellesrapporten fra ekspertgruppen for luft (Pettersen m.fl., 2017).

Tabell 15: Oversikt over SO₂-målinger i grenseområdene med døgnpåretakere (døgnmiddelverdier) og med kontinuerlig registrerende monitører (timemiddelverdier) i perioden 1974-2020. Merk det omfattende programmet under basisundersøkelsen 1988-1991.

Målested	Prøvetakings-tid	'74-'77	'78-'85	'86	'87	'88	'89	'90	'91	'92	'93	'94	'95	'96	'97
Kirkenes	Døgn														
Svanvik	Døgn														
Svanvik	Time														
Holmfoss	Døgn														
Jarfjordbotn	Døgn														
Karpdalen	Døgn														
Karpdalen	Time														
Viksjøfjell	Time														
Noatun	Døgn														
Noatun	Time														
Kobbfoss	Døgn														
SOV 1	Time														
SOV2 Maajärvi	Time														
SOV 3	Time														
Nikel	Time														

Målested	Prøvetakings-tid	'98	'99	'00	'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10-'20
Kirkenes	Døgn													
Svanvik	Døgn													
Svanvik	Time													
Holmfoss	Døgn													
Jarfjordbotn	Døgn													
Karpdalen	Døgn													
Karpdalen	Time													
Viksjøfjell	Time													
Noatun	Døgn													
Noatun	Time													
Kobbfoss	Døgn													
SOV 1	Time													
SOV2 Maajärvi	Time													
SOV 3	Time													
Nikel	Time													

Formålet med å vise de lange tidsseriene er å anskueliggjøre utviklingen i luftkvaliteten i grenseområdene de siste 45 år. Tabellene og figurene nedenfor er utarbeidet for å vise hvordan

luftkvaliteten har vært og er i forhold til (nåværende) grenseverdier og vurderingsterskler i forurensningsforskriften og luftkvalitetskriteriene. Likeledes er middelverdier for sommersesong gjengitt for å vise forskjellene mellom sommer og vinter. Detaljert statistikk for SO₂-målingene på Svanvik og i Karpdalen er vist i Tabell 16 og i Tabell 17.

Utviklingen i de målte konsentrasjoner følger i stor grad utviklingen i utslipp. På 1970/80-tallet ble det sluppet ut over 400 000 tonn SO₂ årlig pga. bruk av svovelholdig malm fra Sibir. Rundt 1990 var utslippene 250-300 000 tonn SO₂ pr. år, mens det i 2020 ble sluppet ut under 100 000 tonn SO₂. Fra russisk side er det opplyst at gjeldende utslippstillatelse de senere årene har vært 79 900 tonn SO₂ pr. år. Det vil igjen si at utslippene de senere årene har vært 1/5 av utslippene i toppårene på 1970-tallet. Miljøsituasjonen var graverende på den tiden. Dette var også bakgrunnen for det sterke fokuset på miljøvern og det folkelige engasjementet i grenseområdene. Mest kjent er folkeaksjonen Stopp Dødsskyene fra Sovjet som var aktiv 1990-1995⁶³. Aksjonskonserten i Oslo Konserthus 10. september 1990 der statsminister Jan Peder Syse⁶⁴ lovet 300 millioner kroner i bidrag var et desidert høydepunkt i så måte. På dennes tiden ble grensen mot Russland åpnet og folk i Sør-Varanger kunne dra over og selv se miljøødeleggelsene på nært hold. Miljøfokuset i grenseområdene var også bakgrunn for etableringen av Svanhovd Miljøsender i 1991-92 (nå NIBIO Svanhovd).

⁶³ Se «Historien om Stopp Dødsskyene fra Sovjet», Thorbjørn Bjørkli (red.), Beallječohkka Innovation, 2016.

⁶⁴ Talen kan leses på: https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/smk/vedlegg/taler-og-artikler-av-tidligere-statsministre/jan-p.-syse/1990/tale_til_stopp_doedsskyene_fra_sovjet.pdf [besøkt 20. april 2021].

Tabell 16: Målestatistikk for SO₂ fra Svanvik i perioden 1974-2020^{1),2)}.

År	Årsmiddel- verdi (µg/m ³)	Antall døgn > 125 µg/m ³	Høyeste døgnmiddel- konsentrasjon µg/m ³	Antall timer > 350 µg/m ³	Høyeste timemiddel- konsentrasjon µg/m ³	Antall 10-min > 500 µg/m ³	Høyeste 10-min konsentrasjon µg/m ³
1974	30,8	13	306				
1975	17,6	5	192				
1976	23,7	7	239				
1977	27,0	14	208				
1978	25,4	10	313				
1979	17,8	6	172				
1980	26,9	15	287				
1981	24,6	5	192				
1982	19,6	3	163				
1983	29,6	6	237				
1984	23,9	3	170				
1985	24,8	8	154				
1986	21,1	3	189				
1987	26,3	8	208				
1988	20,4	4	363				
1989	12,2	3	610	31	2305		
1990	13,9	3	514	38	2458		
1991	12,2	4	412	38	1578		
1992	7,5	4	244	18	671		
1993	9,3	2	172	16	795		
1994	8,1	4	215	7	1264		
1995	11,0	3	264	21	1906		
1996	7,7	2	138	8	744		
1997	10,6	5	187	23	732		
1998	14,5	6	168	14	2177		
1999	7,9	1	145	3	440		
2000	7,7	4	198	10	653		
2001	9,0	2	236	5	480		
2002	8,9	1	128	10	503	18	877
2003	5,9	1	127	5	595	9	1416
2004	5,7	0	95	2	416	2	638
2005	6,2	1	160	4	511	11	600
2006	6,2	0	101	2	504	4	933
2007	6,0	2	230	3	454	8	618
2008	8,0	1	238	10	787	24	1195
2009	6,8	0	98	3	585	14	1216
2010	8,0	1	156	6	433	13	620
2011	7,3	0	93	6	858	25	1099
2012	7,1	1	137	7	582	14	1026
2013	7,6	2	142	15	410	17	1064
2014	8,8	2	396	24	1417	82	3541
2015	7,5	0	90	8	434	19	1119
2016	5,7	1	155	4	578	11	1112
2017	5,6	1	332	11	582	27	1425
2018	2,8	0	47	1	480	6	761
2019	5,1	2	204	18	828	77	955
2020	2,2	0	84	5	527	5	802

1) Dataene logges som døgnmiddel-verdier 1974-1988 og som timemiddelverdier fra 1989.

2) 10-minuttersverdier er tilgjengelige fra 1.7.2001.

Tabell 17: Målestatistikk for SO₂ fra Karpdalen i perioden 1986-1994, samt 2009-2020^{1),2)}.

År	Årsmiddel- verdi (µg/m ³)	Antall døgn > 125 µg/m ³	Høyeste døgnmiddel- konsentrasjon µg/m ³	Antall timer > 350 µg/m ³	Høyeste timemiddel- konsentrasjon µg/m ³	Antall 10-min > 500 µg/m ³	Høyeste 10-min konsentrasjon µg/m ³
1986	30,8	2	266 ¹				
1987	28,3	14	600 ¹				
1988	23,1	5	266 ¹	36 ²	939 ²		
1989	32,7	7	432	89	968		
1990	22,9	7	523	90	940		
1991	35,3	5	338	34 ²	756 ²		
1992	17,0	6	208				
1993	6,8	0	89				
1994	8,8	0	117				
2009	13,8	3	263	12	561	20	695
2010	20,4	13	507	73	793	179	681
2011	19,8	7	449	51	854	159	1732
2012	16,6	6	206	15	573	36	848
2013	15,6	2	162	15	724	52	862
2014	13,2	3	207	15	616	40	871
2015	11,8	2	366	27	613	52	781
2016	17,9	7	429	43	600	85	721
2017	7,8	0	100	1	432	1	522
2018	8,4	1	146	4	406	4	701
2019	9,3	0	121	0	330	2	800
2020	4,4	0	59	3	448	0	461

1) Dataene logges som døgnmiddelverdier 1986-1994 og som timemiddelverdier 1988-1991 (under basisundersøkelsen), samt fra gjenåpningen 16. oktober 2008.

2) 10-minuttersverdier er også tilgjengelige fra oktober 2008.

Døgnmiddelverdier - øvre og nedre vurderingsterskel

Luftkvalitet sammenlignes også mot øvre og nedre vurderingsterskel gitt i forurensnings-forskriften og luftkvalitetsdirektivet. Vurderingstersklene definerer bl.a. krav om målinger og tiltaksutredninger. For SO₂ er øvre vurderingsterskel 75 µg/m³ og nedre vurderingsterskel 50 µg/m³ gitt som døgnmidler med tre tillatte overskridelser pr. kalenderår. Terskelverdiene regnes som overskredet hvis konsentrasjonene har vært over terskelen minimum tre år av de siste fem.

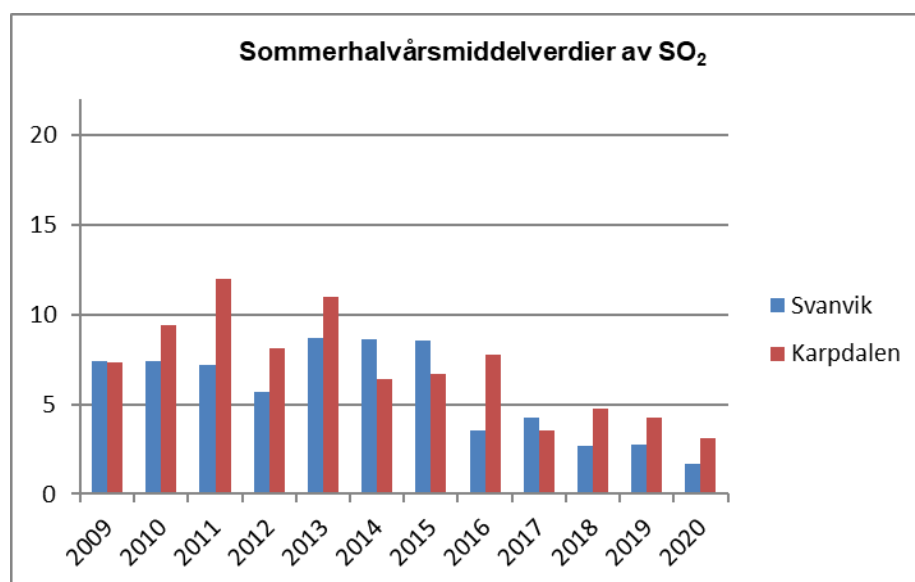
Antallet overskridelser av visse terskelverdier gitt som døgnmiddel er vist i Tabell 18. På Svanvik var det i 2020 et døgn over 75 µg/m³ og tre døgn over 50 µg/m³. I Karpdalen var det ingen døgn over 75 µg/m³ og to døgn over 50 µg/m³. De siste fem årene har døgnmiddelverdiene på Svanvik var høyere enn 75 µg/m³ mellom null og fire ganger, øvre terskelverdi er overholdt. Men døgnmiddelverdiene var høyere enn 50 µg/m³ mellom null og sju ganger i samme periode, nedre terskelverdi er brutt. I Karpdalen er antallet døgnmiddelverdier høyere enn 75 µg/m³ mellom null og 20 ganger, øvre terskelverdi er brutt. Likeledes var antallet døgnmiddelverdier høyere enn 50 µg/m³ mellom to og 30 ganger, nedre terskelverdi er også brutt. Vurderingstersklene er derved overskredet både på Svanvik og i Karpdalen de siste fem årene sett under ett.

Tabell 18: Antallet overskridelser av visse terskelverdier, norsk grenseverdi ($125 \mu\text{g}/\text{m}^3$), tidligere Nasjonalt mål ($90 \mu\text{g}/\text{m}^3$), samt øvre og nedre vurderingsterskel ($75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$), alt gitt som døgnmiddel for Svanvik og Karpdalen de siste årene.

Stasjon	År	Antall døgn $>125 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Antall døgn $>90 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Antall døgn $>75 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Antall døgn $>50 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Svanvik	2014	2	4	4	18
	2015	0	0	6	13
	2016	1	2	4	7
	2017	1	3	3	5
	2018	0	0	0	0
	2019	2	3	4	6
	2020	0	0	1	3
Karpdalen	2014	3	7	11	24
	2015	2	5	7	20
	2016	7	14	20	30
	2017	0	2	4	11
	2018	1	5	5	15
	2019	0	5	6	19
	2020	0	0	0	2

Sesongmidler sommer

Grenseverdien for beskyttelse av økosystem er $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ både for kalenderår og vinterhalvår (oktober-mars), gjeldende fra 4. oktober 2002. Halvårsmiddelverdier for sommer er vist i Figur 11, halvårsmiddelverdier for vinter samt årsmidler er vist i Figur 5 på side 28. Det er ingen grenseverdi for sommersesongen, men halvårsmidler for Svanvik og Karpdalen vises for å illustrere hvordan belastningen er mindre sommerstid enn vinterstid. Dette skyldes først og fremst at det er kraftigere vind og bedre vertikal blanding og derved bedre spredning og fortykning av utslippene/røykfanen sommerstid.



Figur 11: Middelverdier av SO₂ på Svanvik og i Karpdalen for sommerhalvårene 2009-2020. Det er ingen grenseverdi for beskyttelse av økosystem for sommerhalvåret. Enhet: $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Årsmiddelverdi

Årsmiddelverdien på Svanvik var 2,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ i 2020, dette er laveste verdi som er registrert siden målingene tok til i 1974. Ellers har årsmiddel på Svanvik de siste 20 årene ligget mellom 2,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2018) og 9,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2001). I perioden før 1989 ble verdien på 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ overskredet de fleste årene på Svanvik, mens årsmiddelverdiene ligger under 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ fra 1989⁶⁵. Maksimal årsmiddelverdi i Karpdalen siden gjenåpningen i 2008 er 20,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ i 2010. Grenseverdien for årsmiddel er derved overholdt alle årene siden den gang⁶⁶.

Uorganiske komponenter i nedbør

Bakgrunn

Prøvetaking for målinger av uorganiske komponenter⁶⁷ i nedbør foretas nå ved en stasjon, Karpbukt, for stasjonsplassering se Figur 1 side 17.

Historikk

På Svanvik ble det gjort nedbørmålinger av uorganiske komponenter fra høsten 1988 t.o.m. 2003. Siden er det gjort prøvetaking og analyse av uorganiske komponenter i nedbør hvert tredje år i forbindelse med et annet prosjekt, ICP Materialer (Grøntoft, 2016). I 1990 ble det opprettet en stasjon i Karpdalen som ble nedlagt 1.4.1998. Som erstatning for Karpdalen ble det opprettet ny stasjon i Karpbukt 15.9.1998. Karpbukt ligger ved Jarfjorden der Karpdalen munner ut. Det er ca. 4 km mellom de to stasjonsplasseringene.

Målemetode

Prøvetaking skjer ved hjelp av NILUs standard prøvetaker i plast, flasker med trakt om sommeren, åpen prøvetaker om vinteren (se Bilde 4 på side 29). Kanten av prøvetakeren er plassert om lag 2 m over bakken. Prøvene av nedbør tas vanligvis over en uke med skifte hver mandag. Dessuten skiftes det på første dato i hver måned hvis denne ikke faller på en mandag.

I tillegg til utvasking med nedbør må en også regne med at noe kommer ned i prøvetakerne ved tørravsetning, det vil si at støvpartikler daler ned i trakten/flasken.

⁶⁵ Man kan strengt tatt ikke snakke om overskridelse av grenseverdien på Svanvik før oktober 2002 siden grenseverdien da ikke hadde trådt i kraft. Dog sammenligner vi alle årsmidler med 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ siden dette er gjeldende grense.

⁶⁶ Årsmiddelverdi i Karpdalen i 2010 var 20,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Grenseverdien er 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, ikke 20,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ og 20,4 avrundes nedover til 20 og medfører derved en overholdelse av grenseverdien.

⁶⁷ Igjen; som uorganiske komponenter regnes SO_4^{2-} , NH_4^+ , NO_3^- , Na^+ , Mg^{2+} , Cl^- , Ca^{2+} , K^+ gitt som ioner.

Detaljerte resultater 2020

Detaljerte månedsmiddelverdier og årsmiddel av nedbørmengde, ledningsevne, pH og uorganiske komponenter i nedbør i Karpbukt i 2020 er vist i Tabell 19.

Tabell 19: Månedsmiddelverdier og årsmiddel av nedbørmengde, ledningsevne, pH og uorganiske komponenter SO_4^{2-} , NH_4^+ , NO_3^- , Na^+ , Mg^{2+} , Cl^- , Ca^{2+} , K^+ i nedbør i Karpbukt i 2020.

Måned	Nedbør- mengde mm	Lednings- evne $\mu S/cm$	pH	SO_4^{2-} mg S/l	SO_4^{2-} _corr mg S/l	NH_4^+ mg N/l	NO_3^- mg N/l	Na^+ mg/l	Mg^{2+} mg/l	Cl^- mg/l	Ca^{2+} mg/l	K^+ mg/l
Januar	58	20,9	5,0	0,3	0,1	0,0	0,1	2,4	0,3	4,4	0,1	0,1
Februar	25	13,8	4,9	0,2	0,1	0,0	0,1	1,1	0,1	1,9	0,1	0,0
Mars	26	24,5	4,9	0,4	0,2	0,1	0,1	2,6	0,3	4,7	0,2	0,1
April	44	42,1	4,6	0,9	0,6	0,2 ¹⁾	0,1 ¹⁾	4,1	0,5	6,8	0,3	0,2
Mai	61	12,4	5,0	0,3	0,3	0,3	0,1	0,7	0,1	0,8	0,1	0,2
Juni	19	14,6	6,0	0,5	0,5	0,3 ¹⁾	0,4 ¹⁾	3,2	0,0	1,6	0,1	0,1
Juli	54	10,5	6,0	0,3	0,3	-	-	2,2	0,0	1,1	0,0	0,1
August	69	15,0	4,9	0,6	0,6	0,1 ¹⁾	0,2 ¹⁾	1,8	0,0	0,8	0,1	0,1
September	48	13,3	4,8	0,5	0,4	0,1	0,1	0,4	0,1	0,8	0,2	0,1
Oktober	61	12,0	5,3	0,2	0,1	0,0	0,1	1,2	0,1	2,1	0,2	0,1
November	18	12,3	5,0	0,2	0,1	0,0	0,1	1,0	0,1	1,7	0,1	0,0
Desember	19	20,3	4,8	0,2	0,1	0,0	0,1	2,1	0,2	3,7	0,1	0,1
2020	504	17,3	5,0	0,4	0,3	0,1¹⁾	0,1¹⁾	1,8	0,1	2,3	0,1	0,1

1) Datadekning 2020: 75 % for NH_4^+ og 81 % for NO_3^- . Dette skyldes problemer med prøvetaking i april (77% dekning), juni (NH_4^+ 15 % dekning, NO_3^- 25% dekning), juli (0 % dekning) og august (NH_4^+ 28 % dekning, NO_3^- 70% dekning), verdier markert i kursiv.

Avsetning og trender

Det er også beregnet avsetning med nedbør av de forskjellige elementene både for sommerhalvåret 2020 og vinterhalvåret 2019/20. Avsetningstallene (enhet: mg/m^2) regnes ut ved at konsentrasjonen i nedbøren (enhet: $\mu g/liter$ eller $mg/liter$ ⁶⁸⁾ multipliseres med nedbøren (1 mm nedbør tilsvarer 1 liter/ m^2) for hver uke og summeres over sommerhalvåret 2020 og vinterhalvåret 2019/20. Resultatene er vist i Tabell 20 og Tabell 21 sammen med avsetningstall for tidligere år.

⁶⁸ 1 000 μg = 1 mg, likeledes 1 000 000 μg = 1 000 mg = 1 g.

Tabell 20: Avsetning av uorganiske komponenter med nedbør i sommerhalvårene fra 1989 til 2020. H^+ angis i $\mu\text{ekv}/\text{m}^2$, konsentrasjoner av ulike forsurende stoffer sammenveies ofte til syre-ekvivalenter ved hjelp av stoffenes forsurende effekt. Sjsa korr betegner sulfat korrigert for sjøsalt.

Enhet avsetning: mg/m^2 .

Stasjon	Sommer- halvår	H^+ $\mu\text{ekv}/\text{m}^2$	Total $\text{SO}_4^{2-}\text{-S}$	Sjsa korr $\text{SO}_4^{2-}\text{-S}$	$\text{NH}_4^+\text{-N}$	NO_3^- N	Na^+	Mg^{2+}	Cl^-	Ca^{2+}	K^+
Karpdalen	1991		363		54	36	440	62	730	31	38
	1992		410		132	61	440	54	760	73	83
	1993		333		64	48	759	85	1233	65	58
	1994		218	198	56	65	247	32	417	32	25
	1995	7568	177	167	47	34	124	23	192	40	12
	1996	6009	170	143	46	32	317	40	498	50	34
	1997	5320	114	106	23	18	105	15	169	21	11
Karpbukt	1999	5890	152	134	57	41	219	27	384	30	43
	2000	5993	134	118	36	27	190	26	354	26	17
	2001	6210	203	175	57	38	333	44	592	52	35
	2002	4044	150	118	41	28	382	55	684	76	46
	2003	7512	129	101	48	33	336	47	575	52	35
	2004	5808	182	158	25	35	286	41	460	61	42
	2005	5689	219	191	86	40	378	43	555	51	53
	2006	6427	162	149	34	44	159	23	274	29	24
	2007	3878	259	215	75	39	533	74	909	71	49
	2008	4597	155	158	29	33	399	57	605	48	31
	2009	5423	213	182	33	48	369	46	689	38	51
	2010	5822	154	134	32	29	234	29	268	37	27
	2011	6567	183	161	63	39	263	39	440	43	46
	2012	4873	105	79	36	23	302	41	532	38	41
	2013	2871	139	103	44	23	418	54	713	62	37
	2014	6029	207	149	44	36	534	76	916	68	76
	2015	4570	127	102	30	24	305	41	539	52	36
	2016	6266	153	123	32	29	363	50	642	39	39
	2017	6833	174	118	41	26	647	77	1128	61	54
	2018	4715	155	155	74	37	193	27	299	56	48
2019	4328	113	83	26	28	357	45	603	53	26	
2020	5147	151	129	52	31	548	32	533	36	39	
Svanvik	1989		315		40	48	261	48	405	74	22
	1990		145		23	39	212	31	416	30	25
	1991		160		37	21	76	15	160	<25	<25
	1992		210		61	36	110	16	180	<34	<34
	1993		198		72	33	173	30	286	44	22
	1994		213	202	119	49	107	28	162	40	42
	1995	6712	181	176	50	27	63	19	99	31	25
	1996	4649	120	112	38	22	93	23	154	43	13
	1997	3312	102	98	51	20	48	10	77	24	14
	1998	5170	137	126	50	23	131	25	248	28	16
	1999	4793	117	110	46	35	83	18	150	25	24
	2000	7337	189	181	74	43	90	17	146	31	26
	2001	3625	205	198	75	32	83	21	143	43	26
	2002	3405	164	153	90	28	129	23	192	44	34
2003	2943	109	98	58	30	124	21	204	34	25	

Tabell 21: Avsetning av uorganiske komponenter med nedbør i vinterhalvårene fra 1988/89 til 2019/20. H^+ angis i $\mu\text{ekv}/\text{m}^2$, konsentrasjoner av ulike forsurende stoffer sammenveies ofte til syre-ekvivalenter ved hjelp av stoffenes forsurende effekt. Sjsa korr betegner sulfat korrigert for sjøsalt. Enhet avsetning: mg/m^2 .

Stasjon	Vinterhalvår	H^+ $\mu\text{ekv}/\text{m}^2$	Total $\text{SO}_4^{2-}\text{-S}$	Sjsa korr $\text{SO}_4^{2-}\text{-S}$	$\text{NH}_4^+\text{-N}$	$\text{NO}_3^-\text{-N}$	Na^+	Mg^{2+}	Cl^-	Ca^{2+}	K^+
Karpdalen	1991/92		173		33	36	530	64	990	49	56
	1992/93		143		31	34	814	95	1370	58	81
	1993/94	2675	96	59	25	40	443	53	814	30	42
	1994/95	3298	88	62	18	37	321	42	578	26	25
	1995/96	3812	148	71	29	35	940	120	1593	106	53
	1996/97	5061	136	88	24	28	578	71	1184	35	35
	1997/98	3410	120	75	19	25	535	67	968	34	33
Karpbukt	1998/99	3810	75	53	13	22	268	35	495	17	14
	1999/00	5041	138	81	19	31	683	81	1231	40	29
	2000/01	4401	103	65	10	23	457	55	850	24	20
	2001/02	3600	131	65	8	19	783	94	1411	36	29
	2002/03	4430	219	79	28	18	1682	208	3276	79	67
	2003/04	3232	124	58	19	24	793	102	1393	45	29
	2004/05	2411	112	42	6	17	876	102	1473	59	32
	2005/06	3944	162	78	43	37	998	121	1867	49	43
	2006/07	2598	87	45	16	22	501	70	865	31	22
	2007/08	3505	115	58	26	32	673	87	1259	38	29
	2008/09	1841	103	49	28	18	641	84	1040	46	33
	2009/10	2159	80	48	10	18	375	47	807	19	17
	2010/11	2815	94	39	11	17	801	82	1505	29	32
	2011/12	2298	68	44	22	19	290	38	523	21	17
	2012/13	2217	109	46	52	22	745	90	1345	38	27
	2013/14	2992	150	61	33	28	1072	127	1813	56	48
	2014/15	2281	113	66	39	17	555	70	975	45	37
	2015/16	2855	100	60	36	23	477	63	870	33	32
	2016/17	7423	120	41	57	18	937	111	1683	43	43
	2017/18	3947	77	44	66	24	399	48	742	41	31
2018/19	4175	74	38	12	18	430	54	762	31	20	
2019/20	5049	85	39	13	22	539	66	973	52	26	
Svanvik	1988/89		56		16	19	294	37	504	33	14
	1989/90		67		13	26	156	26	360	17	12
	1990/91		39		11	18	113	16	205	9	9
	1991/92		87		36	35	210	27	410	17	17
	1992/93		49		23	19	208	26	374	19	11
	1993/94	2168	50	39	24	30	133	17	256	14	7
	1994/95	1603	46	37	22	21	109	15	195	12	9
	1995/96	2694	79	56	29	15	283	39	508	20	15
	1996/97	2093	66	48	38	36	212	39	438	39	15
	1997/98	1031	61	39	33	20	265	33	484	31	24
	1998/99	1332	54	48	41	22	76	12	144	10	8
	1999/00	1932	74	56	37	24	216	26	406	18	12
	2000/01	1484	57	44	37	21	157	20	275	11	11
	2001/02	1365	66	41	42	17	298	37	533	21	18
	2002/03	891	77	26	29	12	604	71	1106	37	29
	2003/04	642	34	15	32	12	218	31	350	22	14

Vedlegg C

Detaljerte måleresultater tungmetaller i svevestøv og nedbør

Tabell 22: Detaljerte måleresultater i luft på Svanvik i 2020 av metaller som regnes som spormetaller fra nikkerverkene, delt pr halvår. Enhet: ng/m³.

Fra dato	Til dato	Ni ng/m ³	Cu ng/m ³	Co ng/m ³	As ng/m ³
30.12.2019	06.01.2020	1,4	4,2	0,0	0,2
06.01.2020	13.01.2020	1,1	2,3	0,0	0,1
13.01.2020	20.01.2020	6,6	7,7	0,2	1,1
20.01.2020	27.01.2020	3,6	11,4	0,1	0,3
27.01.2020	03.02.2020	5,1	5,5	0,2	0,5
03.02.2020	10.02.2020	0,2	0,3	0,0	0,1
10.02.2020	17.02.2020	1,2	1,3	0,0	0,2
17.02.2020	24.02.2020	0,2	0,3	0,0	0,0
24.02.2020	02.03.2020	1,6	1,7	0,1	0,3
02.03.2020	03.03.2020	14,0	26,7	0,6	1,4
03.03.2020	16.03.2020	5,8	5,9	0,2	0,4
16.03.2020	23.03.2020	0,4	0,5	0,0	0,1
23.03.2020	30.03.2020	0,1	0,2	0,0	0,0
01.04.2020	06.04.2020	10,6	11,0	0,4	0,9
06.04.2020	13.04.2020	0,9	2,2	0,0	0,1
13.04.2020	20.04.2020	1,4	3,0	0,1	0,2
20.04.2020	27.04.2020	0,1	0,1	0,0	0,0
27.04.2020	04.05.2020	6,4	12,9	0,3	1,2
04.05.2020	11.05.2020	1,9	7,8	0,1	0,2
11.05.2020	18.05.2020	4,8	18,5	0,2	0,3
18.05.2020	25.05.2020	0,7	1,2	0,1	0,1
25.05.2020	01.06.2020	1,9	2,1	0,1	0,2
01.06.2020	08.06.2020	10,5	33,7	0,4	0,6
08.06.2020	15.06.2020	0,8	1,2	0,1	0,2
15.06.2020	22.06.2020	4,7	3,8	0,2	0,2
22.06.2020	29.06.2020	2,4	2,2	0,1	0,2
29.06.2020	06.07.2020	1,5	2,0	0,1	0,1
06.07.2020	13.07.2020	-	-	-	-
13.07.2020	20.07.2020	2,2	2,7	0,1	0,3
20.07.2020	27.07.2020	2,0	3,4	0,1	0,3
27.07.2020	03.08.2020	4,5	7,5	0,2	0,7
03.08.2020	10.08.2020	5,7	6,2	0,3	0,3
10.08.2020	17.08.2020	11,0	11,6	0,4	0,8
17.08.2020	24.08.2020	0,9	1,0	0,0	0,1
24.08.2020	31.08.2020	3,4	3,9	0,1	0,5
31.08.2020	07.09.2020	0,3	1,3	0,0	0,2
07.09.2020	14.09.2020	4,2	3,9	0,2	0,4
14.09.2020	21.09.2020	0,8	2,5	0,0	0,2
21.09.2020	28.09.2020	0,1	0,4	0,0	0,1
28.09.2020	05.10.2020	0,9	2,4	0,0	0,1
05.10.2020	12.10.2020	0,8	1,4	0,1	0,4
12.10.2020	19.10.2020	6,4	10,5	0,2	2,6
19.10.2020	23.10.2020	0,6	0,9	0,0	0,4
23.10.2020	30.10.2020	1,7	1,9	0,1	0,3
30.10.2020	06.11.2020	1,0	0,6	0,0	0,0
06.11.2020	13.11.2020	< 0,1 ¹⁾	0,1	0,0	0,0
13.11.2020	20.11.2020	0,1	0,2	0,0	0,0
20.11.2020	27.11.2020	2,9	3,2	0,1	0,2
27.11.2020	04.12.2020	0,3	0,8	0,0	0,1
Kalenderåret 2020		2,7	4,5	0,1	0,3
Apr.-sep. 2020		3,2	5,7	0,1	0,3

¹⁾ Data er under deteksjonsgrensen.

Tabell 23: Detaljerte måleresultater i luft i Karpdalen i 2020 av metaller som regnes som spormetaller fra nikkerverkene, delt pr halvår. Enhet: ng/m³.

Fra dato	Til dato	Ni ng/m ³	Cu ng/m ³	Co ng/m ³	As ng/m ³
06.01.2020	13.01.2020	4,8	7,8	0,2	0,7
13.01.2020	20.01.2020	3,1	2,7	0,0	0,5
20.01.2020	27.01.2020	9,4	35,2	0,3	1,9
27.01.2020	03.02.2020	10,1	17,4	0,3	0,8
03.02.2020	10.02.2020	1,3	1,3	0,0	0,3
10.02.2020	17.02.2020	6,8	8,3	0,3	1,4
17.02.2020	24.02.2020	4,5	3,9	0,2	0,4
24.02.2020	02.03.2020	2,5	2,3	0,1	0,5
02.03.2020	09.03.3030	6,0	9,3	0,2	1,0
09.03.3030	16.03.2020	6,0	6,5	0,2	0,7
16.03.2020	23.03.2020	1,6	2,3	0,1	0,3
23.03.2020	30.03.2020	2,3	1,9	0,1	0,1
30.03.2020	06.04.2020	2,2	2,5	0,1	0,2
06.04.2020	13.04.2020	4,8	10,3	0,2	0,7
13.04.2020	20.04.2020	2,2	5,8	0,1	0,2
20.04.2020	27.04.2020	0,1	0,1	0,0	0,0
27.04.2020	04.05.2020	8,8	9,1	0,3	0,4
04.05.2020	11.05.2020	2,5	8,5	0,1	0,9
11.05.2020	18.05.2020	4,0	12,1	0,2	0,4
18.05.2020	25.05.2020	16,5	15,1	0,8	0,5
25.05.2020	01.06.2020	15,1	11,7	0,8	0,3
01.06.2020	08.01.2020	6,9	7,0	0,3	0,3
08.01.2020	15.06.2020	2,9	3,1	0,1	0,6
15.06.2020	22.06.2020	2,7	2,2	0,1	0,2
22.06.2020	29.06.2020	0,2	0,3	0,0	0,1

Tabell forts.

Fra dato	Til dato	Ni ng/m ³	Cu ng/m ³	Co ng/m ³	As ng/m ³
29.06.2020	13.07.2020	1,3	2,4	0,1	0,3
13.07.2020	20.07.2020	5,6	10,7	0,3	1,1
20.07.2020	27.07.2020	12,5	16,6	0,6	0,7
27.07.2020	03.08.2020	3,7	5,2	0,3	0,3
03.08.2020	10.08.2020	3,3	5,3	0,2	0,4
10.08.2020	17.08.2020	3,0	3,1	0,1	0,2
17.08.2020	24.08.2020	8,3	20,9	0,4	1,6
24.08.2020	31.08.2020	4,2	21,5	0,2	1,0
31.08.2020	07.09.2020	9,3	14,3	0,4	1,4
07.09.2020	14.09.2020	5,5	10,5	0,2	1,4
14.09.2020	21.09.2020	3,8	7,0	0,1	0,9
21.09.2020	28.09.2020	4,1	6,3	0,2	0,5
28.09.2020	05.10.2020	3,1	4,2	0,2	1,2
05.10.2020	12.10.2020	7,3	10,7	0,3	1,6
12.10.2020	19.10.2020	0,0	0,1	0,0	0,0
19.10.2020	26.10.2020	3,0	8,0	0,1	1,5
26.10.2020	02.11.2020	3,1	4,5	0,1	0,7
02.11.2020	09.11.2020	1,4	3,4	0,1	0,1
09.11.2020	16.11.2020	0,1	0,1	0,0	0,1
16.11.2020	23.11.2020	6,9	11,6	0,3	0,8
23.11.2020	30.11.2020	2,6	4,8	0,1	0,7
30.11.2020	07.12.2020	1,3	1,5	0,1	0,5
07.12.2020	14.12.2020	1,4	1,8	0,1	0,4
14.12.2020	21.12.2020	4,2	7,6	0,1	1,3
21.12.2020	28.12.2020	3,1	8,9	0,1	0,5
28.12.2020	04.01.2020	4,8	15,9	0,1	0,2
Kalenderåret 2020		4,5	7,6	0,2	0,6
Apr.-sep. 2020		5,2	8,2	0,2	0,6

Tabell 24: Detaljerte måleresultater i luft på Svanvik i 2020 av andre metaller, delt pr halvår.
 Enhet: ng/m³.

Fra dato	Til dato	Al ng/m ³	Cd ng/m ³	Cr ng/m ³	Fe ng/m ³	Mn ng/m ³	Pb ng/m ³	V ng/m ³	Zn ng/m ³
30.12.2019	06.01.2020	15,7	0,0	0,1	12,4	0,2	0,6	0,9	2,1
06.01.2020	13.01.2020	1,9	0,0	0,2	8,3	0,1	0,5	1,3	1,6
13.01.2020	20.01.2020	8,1	0,1	0,1	26,1	0,4	1,9	10,2	9,9
20.01.2020	27.01.2020	4,4	0,0	0,1	14,3	0,2	0,9	1,4	2,3
27.01.2020	03.02.2020	21,3	0,1	0,4	26,7	0,5	2,1	2,4	6,8
03.02.2020	10.02.2020	6,7	0,0	0,1	10,4	0,1	0,3	0,1	1,0
10.02.2020	17.02.2020	5,2	0,0	0,2	11,4	0,2	0,8	0,8	2,0
17.02.2020	24.02.2020	2,3	0,0	<0,1	4,1	0,1	0,1	0,1	0,6
24.02.2020	02.03.2020	11,6	0,1	0,3	19,5	0,3	0,9	0,2	3,5
02.03.2020	03.03.2020	63,4	0,3	0,7	100,1	1,5	4,6	5,7	15,4
03.03.2020	16.03.2020	18,1	0,1	0,2	34,5	0,4	0,9	1,9	4,0
16.03.2020	23.03.2020	10,1	0,0	0,1	11,1	0,2	0,4	0,2	0,8
23.03.2020	30.03.2020	14,8	0,0	0,2	13,2	0,3	0,4	0,1	2,8
01.04.2020	06.04.2020	42,9	0,2	0,2	72,6	0,7	1,5	3,5	5,9
06.04.2020	13.04.2020	34,8	0,0	0,1	30,6	0,5	0,4	0,9	1,2
13.04.2020	20.04.2020	33,0	0,1	0,1	29,3	0,6	0,9	1,3	2,3
20.04.2020	27.04.2020	47,6	0,0	<0,1	34,1	0,6	0,1	0,1	-0,3
27.04.2020	04.05.2020	49,4	0,2	0,2	61,3	0,8	2,0	3,1	6,3
04.05.2020	11.05.2020	29,8	0,1	0,2	31,7	0,5	0,7	0,6	2,1
11.05.2020	18.05.2020	38,0	0,1	0,3	50,8	0,6	1,1	3,1	3,7
18.05.2020	25.05.2020	86,0	0,0	0,3	81,0	1,3	0,3	0,4	1,4
25.05.2020	01.06.2020	105,4	0,0	0,3	109,8	1,6	0,3	0,7	1,4
01.06.2020	08.06.2020	43,9	0,1	0,4	70,1	0,9	1,9	0,7	4,4
08.06.2020	15.06.2020	58,4	0,0	0,1	62,0	1,1	0,5	0,2	1,3
15.06.2020	22.06.2020	58,5	0,0	0,3	81,1	0,9	0,4	0,5	1,4
22.06.2020	29.06.2020	48,8	0,0	0,2	58,9	0,9	0,3	0,3	1,2

Tabell forts.

Fra dato	Til dato	Al ng/m ³	Cd ng/m ³	Cr ng/m ³	Fe ng/m ³	Mn ng/m ³	Pb ng/m ³	V ng/m ³	Zn ng/m ³
29.06.2020	06.07.2020	14,8	0,0	<0,1	22,0	0,4	0,5	0,3	1,4
06.07.2020	13.07.2020	-	-	-	-	-	-	-	-
13.07.2020	20.07.2020	8,1	0,0	<0,1	14,5	0,3	0,8	0,3	2,3
20.07.2020	27.07.2020	56,6	0,1	0,3	62,4	1,0	1,2	0,4	4,5
27.07.2020	03.08.2020	82,7	0,1	0,3	87,3	1,4	1,8	0,7	3,6
03.08.2020	10.08.2020	84,7	0,0	0,5	113,3	1,5	0,9	0,5	2,6
10.08.2020	17.08.2020	83,7	0,1	0,4	121,3	1,5	2,0	0,8	5,3
17.08.2020	24.08.2020	12,1	0,0	-0,1	16,1	0,3	0,2	0,1	0,5
24.08.2020	31.08.2020	28,7	0,1	0,2	35,4	0,8	1,5	0,6	2,8
31.08.2020	07.09.2020	19,9	0,0	0,1	21,6	0,4	0,2	0,1	1,2
07.09.2020	14.09.2020	19,6	0,1	0,3	32,4	0,7	1,6	0,3	4,5
14.09.2020	21.09.2020	23,1	0,0	0,1	27,8	0,6	0,4	0,6	2,5
21.09.2020	28.09.2020	12,2	0,0	<0,1	13,5	0,3	0,2	0,1	1,0
28.09.2020	05.10.2020	23,8	0,0	0,1	30,1	0,6	0,5	0,5	1,8
05.10.2020	12.10.2020	342,1	0,2	0,8	219,8	5,3	3,3	1,1	6,3
12.10.2020	19.10.2020	35,7	0,3	0,5	42,1	0,8	5,5	2,0	15,8
19.10.2020	23.10.2020	28,5	0,1	0,3	25,6	0,4	0,8	0,4	3,2
23.10.2020	30.10.2020	2,4	0,1	<0,1	8,1	0,1	0,9	1,3	4,2
30.10.2020	06.11.2020	25,1	0,0	0,1	11,5	0,2	0,2	0,1	0,5
06.11.2020	13.11.2020	10,9	0,0	-0,1	10,6	0,2	0,1	0,0	0,4
13.11.2020	20.11.2020	31,5	0,0	0,1	24,3	0,4	0,4	0,1	1,8
20.11.2020	27.11.2020	4,5	0,1	-0,1	13,4	0,2	1,0	2,2	2,9
27.11.2020	04.12.2020	2,3	0,0	0,1	6,2	0,1	0,6	0,5	1,6
Kalenderåret 2020		37,1	0,1	0,2	41,1	0,7	1,0	1,0	3,0
Apr.-sep. 2020		44,6	0,1	0,2	53,0	0,8	0,8	0,8	2,5

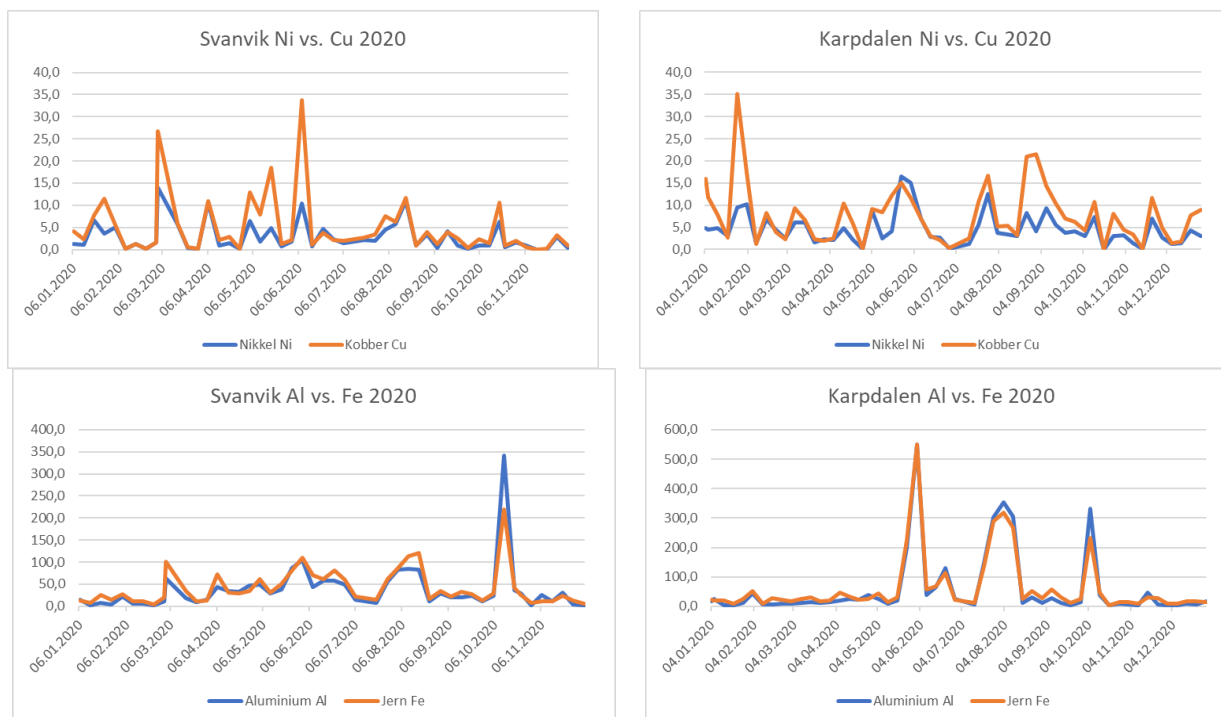
¹⁾ Data er under deteksjonsgrensen.

Tabell 25: Detaljerte måleresultater i luft i Karpdalen i 2020 av andre metaller, delt pr halvår.
 Enhet: ng/m³.

Fra dato	Til dato	Al ng/m ³	Cd ng/m ³	Cr ng/m ³	Fe ng/m ³	Mn ng/m ³	Pb ng/m ³	V ng/m ³	Zn ng/m ³
30.12.2019	06.01.2020	24,2	0,1	0,2	20,4	0,3	2,1	3,1	6,4
06.01.2020	13.01.2020	4,6	0,2	0,2	19,1	0,2	2,1	2,7	7,1
13.01.2020	20.01.2020	4,9	0,1	0,1	8,8	0,1	1,3	9,5	5,2
20.01.2020	27.01.2020	12,3	0,3	0,2	24,2	0,2	5,8	8,1	11,9
27.01.2020	03.02.2020	43,8	0,1	0,6	52,7	0,8	3,4	10,5	6,6
03.02.2020	10.02.2020	6,5	0,0	0,1	9,6	0,1	0,8	0,7	1,9
10.02.2020	17.02.2020	6,6	0,2	0,2	26,6	0,2	4,3	3,8	8,5
17.02.2020	24.02.2020	9,2	0,1	0,5	21,3	0,2	1,8	0,8	4,6
24.02.2020	02.03.2020	9,9	0,1	0,2	17,1	0,3	1,4	1,4	3,8
02.03.2020	09.03.2020	11,8	0,2	0,2	24,8	0,3	2,2	2,4	6,9
09.03.2020	16.03.2020	13,6	0,1	0,2	31,3	0,3	1,4	2,7	6,0
16.03.2020	23.03.2020	13,1	0,1	0,2	17,0	0,3	0,6	0,3	3,0
23.03.2020	30.03.2020	15,2	0,0	0,2	19,1	0,3	0,7	0,5	2,2
30.03.2020	06.04.2020	18,8	0,1	0,5	48,1	0,5	0,5	2,4	2,6
06.04.2020	13.04.2020	24,4	0,1	0,2	33,5	0,4	1,7	1,4	5,5
13.04.2020	20.04.2020	21,5	0,1	0,1	21,8	0,4	0,8	1,9	2,5
20.04.2020	27.04.2020	38,3	0,0	0,1	26,0	0,5	0,1	0,1	<0,3
27.04.2020	04.05.2020	26,2	0,1	0,3	45,2	0,5	0,7	5,3	2,9
04.05.2020	11.05.2020	9,3	0,1	0,1	15,3	0,2	1,7	1,2	4,6
11.05.2020	18.05.2020	19,4	0,1	0,2	29,4	0,3	1,6	2,9	9,0
18.05.2020	25.05.2020	199,4	0,2	0,8	224,2	2,6	1,8	1,7	8,0
25.05.2020	01.06.2020	551,0	0,1	1,5	550,9	7,5	1,1	3,1	4,0
01.06.2020	08.01.2020	37,8	0,1	0,2	56,4	0,8	1,2	0,6	2,5
08.01.2020	15.06.2020	65,5	0,1	0,2	67,1	1,0	1,4	0,4	5,0
15.06.2020	22.06.2020	129,6	0,0	0,3	115,3	1,6	0,5	0,6	1,5
22.06.2020	29.06.2020	25,9	0,0	0,0	22,7	0,4	0,1	0,1	0,6

Tabell forts.

Fra dato	Til dato	Al ng/m ³	Cd ng/m ³	Cr ng/m ³	Fe ng/m ³	Mn ng/m ³	Pb ng/m ³	V ng/m ³	Zn ng/m ³
29.06.2020	13.07.2020	7,2	0,0	0,1	10,7	0,3	0,5	0,2	1,8
13.07.2020	20.07.2020	145,1	0,1	0,5	135,4	1,9	3,1	0,7	5,9
20.07.2020	27.07.2020	301,3	0,1	1,1	290,0	4,1	1,9	1,5	6,2
27.07.2020	03.08.2020	352,7	0,1	0,7	318,3	4,7	1,2	0,9	3,1
03.08.2020	10.08.2020	304,8	0,1	0,6	266,3	3,8	1,6	1,1	3,7
10.08.2020	17.08.2020	11,6	0,0	0,1	25,0	0,3	0,5	0,3	1,4
17.08.2020	24.08.2020	29,5	0,3	0,2	51,9	0,8	4,6	0,7	9,6
24.08.2020	31.08.2020	13,1	0,2	0,2	27,8	0,3	2,8	0,3	7,2
31.08.2020	07.09.2020	28,4	0,4	0,4	57,2	0,8	5,2	1,1	14,7
07.09.2020	14.09.2020	12,1	0,2	0,3	30,5	0,4	3,6	1,2	8,4
14.09.2020	21.09.2020	3,7	0,2	0,1	12,9	0,2	2,5	0,8	8,5
21.09.2020	28.09.2020	13,9	0,1	0,2	26,6	0,4	1,8	1,0	5,7
28.09.2020	05.10.2020	332,8	0,2	0,8	231,8	5,3	4,7	1,6	10,0
05.10.2020	12.10.2020	38,3	0,3	0,3	47,5	0,9	3,8	1,9	10,4
12.10.2020	19.10.2020	3,0	0,0	0,1	3,7	0,1	0,1	0,0	<0,3
19.10.2020	26.10.2020	8,3	0,2	0,1	14,2	0,2	3,8	3,2	9,6
26.10.2020	02.11.2020	6,3	0,2	0,1	13,5	0,2	1,7	0,9	6,7
02.11.2020	09.11.2020	3,9	0,1	0,1	9,4	0,2	2,3	0,7	4,3
09.11.2020	16.11.2020	47,4	0,0	0,1	29,6	0,5	0,4	0,3	2,1
16.11.2020	23.11.2020	7,5	0,3	0,2	27,4	0,2	6,1	2,7	11,6
23.11.2020	30.11.2020	2,7	0,2	0,1	10,2	0,1	2,4	3,2	5,7
30.11.2020	07.12.2020	3,3	0,1	0,1	9,7	0,2	2,2	1,1	4,8
07.12.2020	14.12.2020	9,4	0,1	0,2	18,0	0,5	3,0	1,4	5,6
14.12.2020	21.12.2020	7,7	0,2	0,1	18,2	0,2	4,8	5,9	7,0
21.12.2020	28.12.2020	16,4	0,1	0,2	15,8	0,3	2,5	7,6	4,3
28.12.2020	04.01.2021	18,2	0,0	0,1	22,9	0,5	1,9	9,1	4,2
Kalenderåret 2020		58,6	0,1	0,3	62,5	0,9	2,1	2,2	5,4
Apr.-sep. 2020		97,0	0,1	0,4	99,6	1,4	1,7	1,2	5,0



Figur 12: Tidsserier av nikkell (Ni) og kobber (Cu, øverste rad) samt aluminium (Al) og jern (Fe, nederste rad) på Svanvik (venstre kolonne) og i Karpdalen (høyre kolonne) for 2020. Se tekst for forklaring. Enhet: ng/m³.

Tabell 26: Detaljerte måleresultater i nedbør på Svanvik i 2020, månedsmiddelverdier og årsmiddel av nedbørmengde og Ni, Cu, Co og As, samt Al, Cd, Cr, Pb, V og Zn. Enhet: mm nedbør og konsentrasjon µg/l.

Måned	Nedbør- mengde mm	Ni µg/l	Cu µg/l	Co µg/l	As µg/l	Al µg/l	Cd µg/l	Cr µg/l	Pb µg/l	V µg/l	Zn µg/l
Januar	45	15,4	41,1	0,5	0,4	5,1	0,1	0,1	0,7	0,9	2,5
Februar	10	3,4	14,3	0,1	0,1	5,7	0,0	0,1	0,2	0,2	10,2
Mars	9	19,9	49,5	0,7	0,5	19,0	0,1	0,3	0,8	0,9	12,4
April	35	13,3	19,2	0,4	0,4	17,2	0,1	0,3	0,8	0,4	5,7
Mai	22	26,5	67,4	0,9	0,6	39,4	0,1	0,5	0,8	0,9	6,5
Juni	50	11,6	21,1	0,5	0,4	96,4	0,0	0,6	2,5	0,5	5,3
Juli	42	17,9	30,7	0,6	0,3	45,6	0,0	0,5	1,2	0,3	6,3
August	56	20,2	27,8	0,7	0,3	23,3	0,1	0,3	0,9	0,2	6,1
September	35	3,5	10,3	0,1	0,1	14,7	0,0	0,1	0,5	0,1	6,7
Oktober	31	8,7	14,3	0,3	0,5	11,9	0,1	0,1	0,8	0,4	4,4
November	17	13,0	15,7	0,4	0,3	17,9	0,0	0,1	0,6	0,2	2,3
Desember	10	18,7	46,6	0,7	0,4	12,2	0,1	0,1	1,0	2,6	3,4
2020	362	14,5	27,8	0,5	0,4	31,2	0,1	0,3	1,0	0,5	5,5

Tabell 27: Detaljerte måleresultater i nedbør i Karpdalen i 2020, månedsmiddelverdier og årsmiddel av nedbørmengde og Ni, Cu, Co og As, samt Al, Cd, Cr, Pb, V og Zn.

Enhet: mm nedbør og konsentrasjon µg/l.

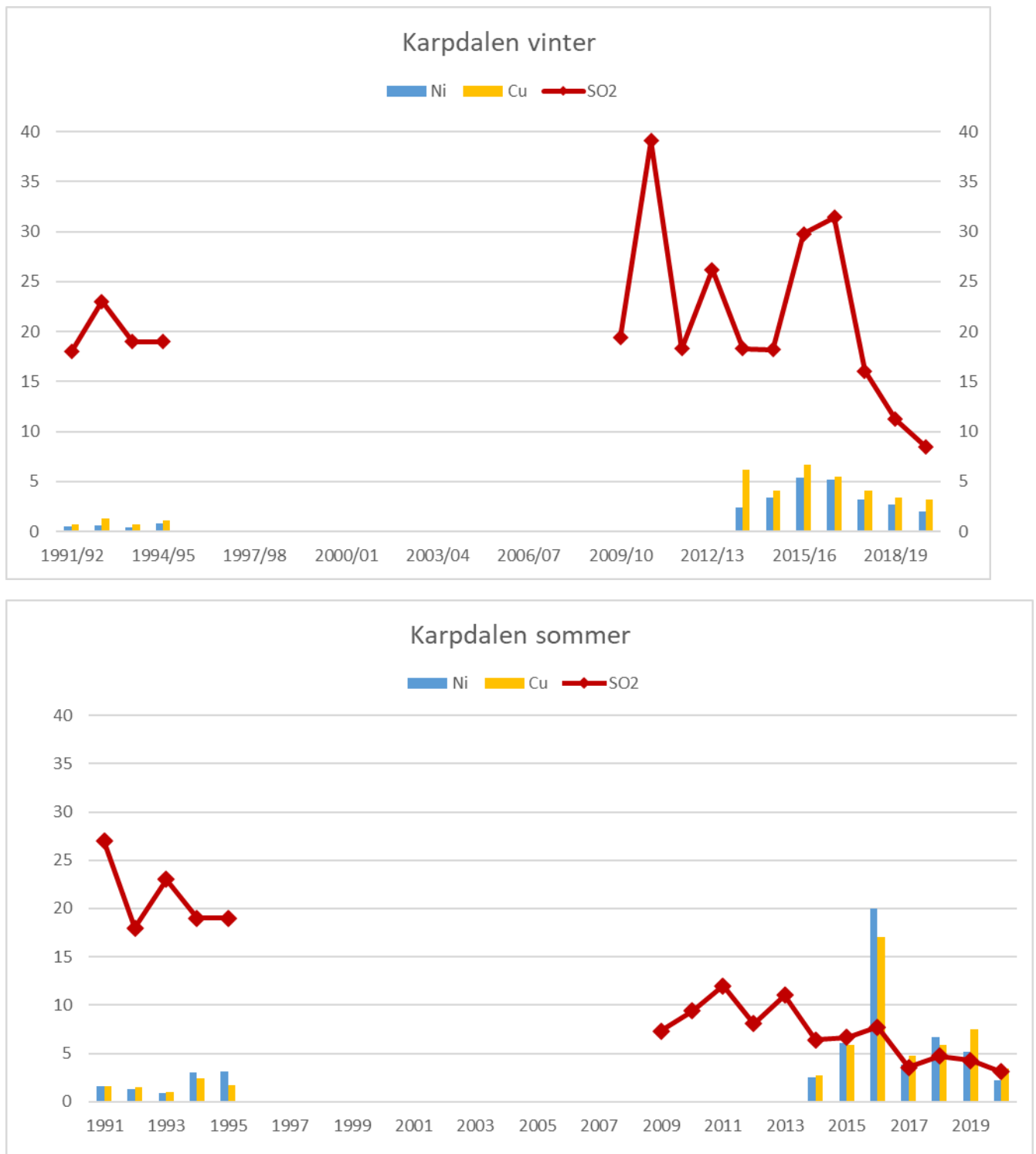
Måned	Nedbør- mengde mm	Ni µg/l	Cu µg/l	Co µg/l	As µg/l	Al µg/l	Cd µg/l	Cr µg/l	Pb µg/l	V µg/l	Zn µg/l
Januar	49	8,2	12,5	0,2	0,2	21,2	0,0	0,3	0,8	0,6	9,5
Februar	21	14,0	17,6	0,4	0,3	12,8	0,1	0,4	1,1	0,7	4,4
Mars	21	23,2	40,0	0,8	0,6	187,6	0,1	0,5	1,5	1,3	18,0
April	36	13,0	16,2	0,4	0,3	32,7	0,0	0,4	1,0	0,4	7,9
Mai	66	9,8	18,9	0,4	0,1	122,0	0,0	0,7	0,4	0,6	5,9
Juni	50	7,1	13,0	0,3	0,1	78,8	0,0	0,5	0,6	0,4	5,3
Juli	67	6,4	12,8	0,3	0,1	66,5	0,0	0,4	0,9	0,3	2,3
August	69	10,6	16,9	0,5	0,3	124,5	0,0	0,5	0,8	0,5	3,9
September	60	8,8	11,8	0,3	0,3	17,3	0,0	0,2	0,3	0,1	2,7
Oktober	69	7,0	8,2	0,2	0,2	11,3	0,0	0,1	0,2	0,1	3,6
November	13	21,0	33,0	0,8	0,4	101,5	0,1	0,6	0,8	0,9	5,9
Desember	17	9,3	13,8	0,3	0,1	38,2	0,0	0,3	0,3	0,8	3,3
2020	538	9,8	15,3	0,4	0,2	65,6	0,0	0,4	0,6	0,4	5,3

Tabell 28: Avsetning av elementer med nedbør (Ni, Cu, Co og As, samt Al, Cd, Cr, Pb, V, Zn) i vinterhalvårene fra 1988/89 til 2019/20. Enhet: mg/m².

Stasjon	Vinterhalvår	Ni mg/m ²	Cu mg/m ²	Co mg/m ²	As mg/m ²	Al mg/m ²	Cd mg/m ²	Cr mg/m ²	Pb mg/m ²	V mg/m ²	Zn mg/m ²
Karpdalen	1991/92	0,47	0,72	0,01	0,13		0,02	0,27	0,51		0,87
	1992/93	0,62	1,29	0,02	0,09		0,01	0,27	0,29		1,27
	1993/94	0,41	0,69	0,02	0,08		0,01	0,19	0,15		0,75
	1994/95	0,78	1,06	0,03	0,08		0,01	0,04	0,19		0,66
	2013/14	2,35	6,18	0,08	0,21	3,88	0,01	0,03	0,16	0,12	1,77
	2014/15	3,43	4,10	0,10	0,13	3,50	0,01	0,05	0,12	0,08	1,05
	2015/16	5,38	6,68	0,14	0,14	3,54	0,01	0,04	0,14	0,11	1,58
	2016/17	5,18	5,49	0,16	0,13	5,01	0,02	0,06	0,17	0,09	1,76
	2017/18	3,24	4,13	0,09	0,09	2,87	0,01	0,04	0,09	0,09	1,08
	2018/19	2,71	3,39	0,08	0,05	5,38	0,01	0,05	0,11	0,07	1,53
2019/20	2,01	3,20	0,06	0,05	8,45	0,01	0,05	0,27	0,12	1,55	
Svanvik	1988/89	1,13	1,32		0,14		0,02		0,38		1,05
	1989/90	0,64	1,43	0,02	0,16		0,02	0,05	0,14		0,61
	1990/91	1,02	1,67	0,04	0,18		0,02	0,02	0,18		0,62
	1991/92	0,52	0,88	0,01	0,36		0,01	0,09	0,17		0,36
	1992/93	0,78	1,51	0,03	0,11		0,03	0,80	0,09		0,53
	1993/94	0,62	0,80	0,02	0,10		0,01	0,08	0,09		0,23
	1994/95	0,80	1,21	0,02	0,10		0,01	0,02	0,14		0,32
	1995/96	1,76	2,52	0,06	0,25		0,02	0,03	0,14		0,51
	1996/97	1,21	1,82	0,04	0,11		0,02	0,02	0,12		0,48
	1997/98	2,69	3,50	0,08	0,27		0,01	0,04	0,36		0,48
	1998/99	3,33	4,45	0,10	0,30		0,02	0,07	0,12		0,72
	1999/00	1,12	1,52	0,04	0,12		0,01	0,04	0,13		0,89
	2000/01	3,23	3,92	0,10	0,30		0,02	0,04	0,35		0,63
	2001/02	1,12	1,61	0,03	0,17		0,02	0,02	0,27		0,76
	2002/03	0,28	0,44	0,01	0,05		0,01	0,02	0,57		0,66
	2003/04	2,50	2,91	0,07	0,15		0,01	0,04	0,19		0,74
	2004/05	0,71	0,87	0,02	0,02		0,00	0,02	0,05		0,35
	2005/06	2,18	3,44	0,06	0,09		0,02	0,04	0,17		0,98
	2006/07	4,53	7,40	0,17	0,16		0,02	0,04	0,15		0,54
	2007/08	2,73	2,53	0,07	0,13		0,01	0,03	0,07		0,82
	2008/09	1,40	2,13	0,05	0,12		0,03	0,02	0,08		0,48
	2009/10	1,33	2,14	0,05	0,10	0,76	0,01	0,02	0,10	0,05	0,31
	2010/11	5,50	1,20	0,08	0,06	7,47	0,01	1,10	0,07	0,16	0,48
	2011/12	1,12	2,48	0,04	0,10	2,54	0,01	0,01	0,06	0,03	0,21
	2012/13	6,44	10,36	0,17	0,24	3,20	0,01	0,04	0,20	0,14	0,71
	2013/14	2,18	6,16	0,07	0,17	1,20	0,01	0,01	0,12	0,10	0,39
2014/15	1,53	2,07	0,05	0,06	2,19	0,00	0,02	0,06	0,05	0,74	
2015/16	1,16	2,07	0,04	0,06	2,29	0,00	0,02	0,20	0,06	0,52	
2016/17	2,44	3,10	0,08	0,07	2,65	0,01	0,02	0,09	0,07	0,52	
2017/18	3,81	5,28	0,12	0,14	1,91	0,02	0,03	0,11	0,12	0,73	
2018/19	5,37	6,02	0,15	0,06	10,45	0,01	0,05	0,13	0,11	0,47	
2019/20	2,80	6,13	0,09	0,05	2,30	0,01	0,02	0,09	0,14	0,57	

Tabell 29: Avsetning av elementer med nedbør (Ni, Cu, Co og As, samt Al, Cd, Cr, Pb, V, Zn) i sommerhalvårene fra 1989 - 2020. Enhet: mg/m²

Stasjon	Sommer- halvår	Ni mg/m ²	Cu mg/m ²	Co mg/m ²	As mg/m ²	Al mg/m ²	Cd mg/m ²	Cr mg/m ²	Pb mg/m ²	V mg/m ²	Zn mg/m ²
Karpdalen	1991	1,60	1,60	0,06	0,13		0,12	0,19	0,31		1,30
	1992	1,30	1,50	<0,04	0,24		<0,03		0,54		1,50
	1993	0,92	1,01	0,04	0,13		0,01	0,27	0,29		0,91
	1994	2,99	2,46	0,11	0,27		0,02	0,16	0,36		1,37
	1995	3,10	1,75	0,12	0,22		0,01	0,11	0,37		0,78
	2014	2,56	2,75	0,08	0,18	9,72	0,01	0,07	0,18	0,07	1,41
	2015	6,08	5,91	0,21	0,29	14,23	0,01	0,13	0,34	0,12	1,80
	2016	19,99	17,07	0,58	0,59	18,35	0,03	0,25	0,43	0,17	2,23
	2017	3,82	4,73	0,12	0,17	13,67	0,01	0,08	0,14	0,08	0,84
	2018	6,70	5,91	0,20	0,26	25,82	0,02	0,15	0,26	0,15	2,63
	2019	5,11	7,48	0,15	0,10	54,77	0,01	0,11	0,25	0,10	1,36
	2020	2,22	3,41	0,07	0,05	8,94	0,01	0,06	0,30	0,12	1,71
Svanvik	1989	6,82	6,43	0,19	0,62		0,06	0,23	0,64		1,86
	1990	3,24	3,68	0,11	0,47		0,05	0,14	0,43		1,67
	1991	2,80	2,40	0,07	0,27		<0,02		0,29		0,87
	1992	2,90	4,20	0,08	0,40		<0,03	<0,17	0,35		0,97
	1993	3,10	3,70	0,12	0,32		0,02	0,14	0,27		0,60
	1994	4,63	4,14	0,14	0,47		0,02	0,11	0,46		1,66
	1995	4,93	4,23	0,17	0,45		0,03	0,12	0,51		1,58
	1996	5,31	4,98	0,17	0,30		0,01	0,11	0,21		0,77
	1997	3,34	3,89	0,11	0,36		0,02	0,05	0,20		0,65
	1998	4,67	5,13	0,14	0,45		0,02	0,08	0,27		0,96
	1999	3,24	4,04	0,11	0,47		0,02	0,09	0,26		2,72
	2000	4,86	5,08	0,15	0,52		0,03	0,06	0,51		1,54
	2001	5,14	4,58	0,16	0,57		0,04	0,10	0,61		2,20
	2002	3,43	3,34	0,10	0,36		0,01	0,05	0,33		1,85
	2003	2,63	2,77	0,09	0,18		0,02	0,07	0,64		1,71
	2004	11,20	8,81	0,29	0,26		0,02	0,13	0,38		1,60
	2005	21,36	21,59	0,62	0,64		0,05	0,16	0,63		1,33
	2006	9,87	11,95	0,32	0,42		0,04	0,09	0,33		3,07
	2007	15,33	13,22	0,39	0,60		0,08	0,21	0,42		0,98
	2008	5,35	3,74	0,16	0,19		0,02	0,10	0,13		0,61
	2009	12,27	9,19	0,33	0,63	3,73	0,04	0,25	0,44	0,14	0,93
	2010	3,23	2,89	0,11	0,17	4,57	0,02	0,11	0,23	0,12	1,16
	2011	5,43	8,97	0,18	0,31	7,33	0,06	0,12	0,25	0,09	1,25
2012	5,08	6,94	0,16	0,25	8,01	0,02	0,05	0,19	0,11	1,13	
2013	4,73	9,10	0,14	0,26	4,98	0,01	0,04	0,19	0,11	0,73	
2014	3,97	5,23	0,11	0,31	4,54	0,01	0,05	0,27	0,10	1,01	
2015	9,62	10,54	0,29	0,50	10,72	0,03	0,11	0,53	0,12	1,13	
2016	12,80	13,73	0,39	0,66	12,04	0,03	0,13	0,50	0,12	2,48	
2017	7,59	9,16	0,23	0,34	4,83	0,02	0,07	0,22	0,09	1,07	
2018	8,43	8,73	0,23	0,31	5,65	0,02	0,08	0,27	0,07	1,17	
2019	8,35	11,44	0,24	0,16	27,18	0,02	0,10	0,24	0,12	1,07	
2020	3,65	6,44	0,12	0,08	10,04	0,01	0,09	0,29	0,09	1,45	



Figur 13: Avsetning med nedbør av Ni og Cu (søyler, enhet mg/m²) i Karpdalen i vinterhalvårene fra 1988/89 til 2019/20 (øvre panel) og i sommerhalvårene fra 1989 til 2020 (nedre panel). Halvårsmiddelkonsentrasjonene av SO₂ er også vist (rød linje, enhet µg/m³).

Vedlegg D

Referanser og relevant stoff, forurensning i grenseområdene Norge - Russland

Hjemmesider

Her er det listet opp endel hjemmesider som er relevante for dette overvåkings-prosjektet (oppdatert pr. april 2021).

Miljødirektoratet (eng Norwegian Environment Agency):

<http://www.miljodirektoratet.no>

Klima- og miljødepartementet:

<http://www.regjeringen.no/nb/dep/kld.html?id=668>

NILU - Norsk institutt for luftforskning:

www.nilu.no

Luftkvalitet.info der SO₂ på Svanvik og i Karpdalen vises i nær sanntid (vises under Sør-Varanger):

<https://luftkvalitet.nilu.no>

Miljøstatus. Avsetning av svovel og nitrogen:

<http://www.miljostatus.no/tema/luftforurensning/sur-nedbor/>

Miljøstatus. Miljøgifter i mose:

<http://www.miljostatus.no/tema/kjemikalier/miljogifter-i-mose/>

Statsforvalteren i Troms og Finnmark:

<https://www.statsforvalteren.no/troms-finnmark/>

Nasjonalparksamarbeidet i Pasvik:

<http://www.pasvik-inari.net/>

Pasvik Zapovednik (russisk nasjonalpark):

<http://www.pasvik51.ru>

Pasvikprogrammet:

<http://www.pasvikmonitoring.org/>

Direktoratet for strålevern og atomsikkerhet (Statens strålevern):

<http://www.dsa.no/>

NIBIO Svanhøvd:

<https://nibio.no/om-nibio/adresser/nord-norge/svanhovd>
<http://www.svanhovd.no/>

Barentssekretariatet:

<https://www.barents.no/nb>

Barentsobserver (nettavis med mye relevant stoff om grenseområdene):

<https://thebarentsobserver.com/en>

Sett Nordfra (nettbasert nyhetsmagasin med nord-perspektiv):

<http://www.settnordfra.no/>

High North News (nyhetsmagasin drevet av High North Centre ved Universitet Nord i Bodø):

<http://www.highnorthnews.com/>

Miljøvernorganisasjoner:

<http://naturvernforbundet.no/>

<http://naturvernforbundet.no/finnmark/>

<http://www.nu.no>

<http://www.bellona.no/>

<http://www.bellona.ru/> (på russisk)

NorNickel (på russisk benevnt НОРНИКЕЛЯ, dvs. moderselskapet/kombinatet):

<https://www.nornickel.ru/> (russisk) og <https://www.nornickel.com> (engelsk)

Kola Bergverkskompani, på russisk benevnt Кольская ГМК / Kolskaya GMK, på engelsk benevnt Kola MMC / Kola Mining and Metallurgical Company, dvs det lokale selskapet:

<http://www.kolagmk.ru>

Finske meteorologiske institutt:

<http://ilmatieteenlaitos.fi/>

<http://sv.ilmatieteenlaitos.fi/> (svensk versjon)

Luftkvalitet nu (Finland):

<http://www.ilmanlaatu.fi/>

<https://sv.ilmatieteenlaitos.fi/luftkvalitet>

Russiske måleresultater:

http://www.kolgimet.ru/monitoring-zagrijaznenija-okruzhajushchei-sredy/sostojanie-i-zagrijaznenie-atmosfernogo-vozdukha/?no_cache=1

Litteratur

- Mangeårig prosjektleder Leif Otto Hagen og medforfattere har skrevet tilsammen 22 halvårs- og årsrapporter for dette prosjektet fra 1991 og fram til 2006. Av disse er kun den siste tatt med i referanselisten. Likeledes er studier fra før år 2000 utelatt. For tidligere studier, konsultér tidligere rapporter fra prosjektet.
- Aas, W., Eckhardt, S., Fiebig, M., Solberg, S., Yttri, K.E. (2020) Monitoring of long-range transported air pollutants in Norway. Annual Report 2019. Kjeller, NILU (Norwegian Environment Agency, M-1710|2020) (NILU report 4/2020).
- AMAP (2005) AMAP Assessment 2002: Heavy Metals in the Arctic. Oslo, Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP).
- Amundsen, P.-A., Kashulin, N.A., Terentjev, P. Gjelland, K.Ø., Koroleva, I.M., Dauvalter, V.A., Sandimirov, S. Kashulin, A., Knudsen, R. (2011) Heavy metal contents in whitefish (*Coregonus lavaretus*) along a pollution gradient in a subarctic watercourse. *Environ. Monit Assess.*, 182, 301-316, doi 10.1007/s10661-011-1877-1.
- Berglen, T.F., Sivertsen, B., Arnesen, K. (2008) Grenseområdene Norge-Russland. Luft- og nedbørkvalitet, april 2007-mars 2008. Kjeller, NILU (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 1037/2008. TA-2445/2008) (NILU OR, 68/2008).
- Berglen, T.F., Andresen, E., Arnesen, K., Hansen, T., Ofstad, T., Rode, A., Sivertsen, B., Uggerud, H.T., Vadset, M. (2009) Grenseområdene Norge-Russland. Luft- og nedbørkvalitet, april 2008-mars 2009. Kjeller, NILU (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 1054/2009. TA-2533/2009) (NILU OR, 27/2009).
- Berglen, T.F., Andresen, E., Arnesen, K., Kalvenes, Ø., Ofstad, T., Rode, A., Tønnesen, D.A., Uggerud, H.T., Vadset, M. (2010) Grenseområdene Norge-Russland. Luft- og nedbørkvalitet, april 2009-mars 2010. Kjeller, NILU (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 1082/2010. TA-2730/2010) (NILU OR, 35/2010).
- Berglen, T.F., Arnesen, K., Rode, A., Tønnesen, D. (2011) Grenseområdene Norge-Russland. Luft- og nedbørkvalitet, april 2010-mars 2011. Kjeller, NILU (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 1106/2011. TA 2838/2011) (NILU OR, 31/2011).
- Berglen, T.F., Andresen, E., Arnesen, K., Nilsson, L.O., Ofstad, T., Rode, A., Tønnesen, D., Vadset, M. (2012) Grenseområdene Norge-Russland. Luft- og nedbørkvalitet, april 2011-mars 2012. Kjeller, NILU (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 1128/2012. TA 2951/2012) (NILU OR, 25/2012).
- Berglen, T.F., Dauge, F., Andresen, E., Haugsbakk, I., Nilsson, L.O., Ofstad, T., Tønnesen, D., Vadset, M., Våler, R.L. (2013) Grenseområdene Norge-Russland. Luft- og nedbørkvalitet, april 2012 - mars 2013. Kjeller, NILU (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 1153/2013.) (Miljødirektoratet rapport, M-41/2013) (NILU OR, 42/2013).
- Berglen, T.F., Dauge, F., Andresen, E., Haugsbakk, I., Nilsson, L.O., Ofstad, T., Tønnesen, D., Vadset, M., Våler, R.L. (2014) Grenseområdene Norge-Russland. Luft- og nedbørkvalitet, april 2013 - mars 2014. Kjeller, NILU (Miljødirektoratet rapport, M-204/2014) (NILU OR, 33/2014).

- Berglen, T.F., Dauge, F., Andresen, E., Nilsson, L.O., Tønnesen, D., Vadset, M., Våler, R.L. (2015) Grenseområdene Norge-Russland. Luft- og nedbørkvalitet, april 2014 - mars 2015. Kjeller, NILU (Miljødirektoratet rapport, M-384/2015) (NILU OR, 21/2015).
- Berglen, T.F., Dauge, F., Andresen, E., Nilsson, L.O., Svendby, T.M., Tønnesen, D., Vadset, M., Våler, R.L. (2016) Grenseområdene Norge-Russland. Luft- og nedbørkvalitet, april 2015 - mars 2016. Kjeller, NILU (Miljødirektoratet rapport, M-567/2016) (NILU OR, 16/2016).
- Berglen, T.F., Dauge, F., Andresen, E., Svendby, T.M., Tønnesen, D., Vadset, M., Våler, R.L. (2017) Grenseområdene Norge-Russland. Luft- og nedbørkvalitet kalenderåret 2016. Kjeller, NILU (Miljødirektoratet rapport, M-808/2017) (NILU OR, 32/2017).
- Berglen, T.F., Dauge, F., Andresen, E., Tønnesen, D., Vadset, M. og Våler, R.L. (2018) Grenseområdene Norge-Russland. Luft- og nedbørkvalitet, årsrapport 2017. Kjeller, NILU (Miljødirektoratet rapport, M-1069/2018) (NILU OR, 14/2018).
- Berglen, T.F., Nilsen, A.-C., Våler, R.L., Vadset, M., Uggerud, H.T. og Andresen, E. (2019) Grenseområdene Norge-Russland. Luft- og nedbørkvalitet, årsrapport 2018. Kjeller, NILU (Miljødirektoratet rapport, M-1415/2019) (NILU rapport 15/2019).
- Berglen, T.F., Nilsen, A.-C., Våler, R.L., Vadset, M., Uggerud, H.T. og Andresen, E. (2020) Grenseområdene Norge-Russland. Luft- og nedbørkvalitet, årsrapport 2019. Kjeller, NILU (Miljødirektoratet rapport, M-1794/2020) (NILU rapport 18/2020).
- Bjerke, J.W., Tømmervik, H., Finne, T.E., Jensen, H., Lukina, N., Bakkestuen, V. (2006) Epiphytic lichen distribution and plant leaf heavy metal concentrations in Russian–Norwegian boreal forests influenced by air pollution from nickel-copper smelters. *Boreal Environ. Res.*, *11*, 441-450.
- Bohlin-Nizzetto, P., Aas, W. and Nikiforov, V. (2020) Monitoring of environmental contaminants in air and precipitation. Annual report 2019. Kjeller, NILU (Norwegian Environment Agency, M-1736|2020) (NILU report, 6/2020).
- Dauvalter, V., Rognerud, S. (2001) Heavy metal pollution in sediments of the Pasvik River drainage. *Chemosphere*, *42*, 9-18.
- Dauvalter, V.A., Kashulin, N.A., Sandimirov, S.S., Terentjev, P., Denisov, D., Amundsen, P.-A. (2011) Chemical composition of lake sediments along a pollution gradient in a subarctic watercourse. *J. Environ. Sci. and Health, Part A*, *46*, 1020-1033, doi: 10.1080/10934529.2011.584503.
- Engdahl, B.J., Velken, A.V.S., Berglen, T.F., Hodnebrog, Ø., Stordal, F. (2014) Utslipp, spredning og avsetning av SO₂ fra Nikel og Zapoljarnij. En WRF-Chem modellstudie. (Kjeller, NILU OR, 57/2014).
- European Commission (1996) Council Directive 96/62/EC of 27 September 1996 on ambient air quality assessment and management. (Rammedirektivet). *Off. J. Eur. Communities*, *L296*, *21/11/1996*, 0055-0063.
- European Commission (1999) Council Directive 1999/30/EC of 22 April 1999 relating to limit values for sulphur dioxide, nitrogen dioxide and oxides of nitrogen, particulate matter and lead in ambient air. *Off. J. Eur. Communities*, *L163*, *29/06/1999*, 0041-0060.

- EU (2005) Directive 2004/107/EC of the European Parliament and of the Council of 15 December 2004 relating to arsenic, cadmium, mercury, nickel and polycyclic aromatic hydrocarbons in ambient air. *Off. J. Eur. Union, L 23*, 3-16.
- Garmo, Ø. og Skancke, L.B. (2020) Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport – vannkjemiske effekter 2019. Oslo, Norsk institutt for vannforskning. Statlig program for forurensningsovervåking. (Miljødirektoratet rapport, M-1770/2020). (NIVA-rapport 7550-2020). Nedlastbar fra: <https://www.miljodirektoratet.no/publikasjoner/2021/februar-2021/overvaking-av-langtransportert-forurenset-luft-og-nedbør-arsrapport--vannkjemiske-effekter-2019/> [besøkt 20. april 2021]
- Grøntoft, T., Ferm, M. (2014) International co-operative programme on effects on materials, including historic and cultural monuments. Trend exposure programme 2011 - 2012. Environmental data report October 2011 to December 2012. Kjeller, NILU (UN/ECE International co-operative programme on effects on materials, including historic and cultural monuments. Report no. 75) (NILU OR, 23/2014).
- Grøntoft T. (2016) NILU-målinger i programmet ECE-ICP-materialer, 1987 - 2011. Måleresultater og trender for NILU-stasjonene i måleprogrammet ECE ICP-materialer under konvensjonen for langtransporterte luftforurensninger (CLRTAP), 1987 – 2011. Kjeller, NILU (NILU rapport 18/2016).
- Hagen, L.O. (1977) Landsoversikt over luftforurensningstilstanden i Norge, resultater av målingene i kommunene i perioden oktober 1973 - mars 1976. Med databilag. Lillestrøm, NILU (NILU OR, 14/77).
- Hagen, L.O., Henriksen, J.F., Johnsrud, M. (1989) Basisundersøkelse av luftforurensninger i Sør-Varanger 1988-1990. Framdriftsrapport nr. 1 pr. 1.7.1989. Lillestrøm, NILU (NILU OR, 46/89).
- Harmens, H., Norris, D.A., Steinnes, E., Kubin, E., Piispanen, J., Alber, R., Aleksiyenak, Y., Blum, O., Coşkun, M., Dam, M., De Temmerman, L., Fernández, J.A., Frolova, M., Frontasyeva, M., González-Miqueo, L., Grodzińska, K., Jeran, Z., Korzekwa, S., Krmar, M., Kvietskus, K., Leblond, S., Liiv, S., Magnússon, S.H., Mankovská, B., Pesch, R., Rühling, A., Santamaria, J.M., Schröder, W., Spiric, Z., Suchara, I., Thöni, L., Urumov, V., Yurukova, L., Zechmeister, H.G. (2010) Mosses as biomonitors of atmospheric heavy metal deposition: Spatial patterns and temporal trends in Europe. *Environ. Pollut.*, 158, 3144-3156.
- Harmens, H., Norris, D.A., Sharps, K., Mills, G., Alber, R., Aleksiyenak, Y., Blum, O., Cucu-Man, S.M., Dam, M., De Temmerman, L., Ene, A., Fernandez, J.A., Martinez-Abaigar, J., Frontasyeva, M., Godzik, B., Jeran, Z., Lazo, P., Leblond, S., Liiv, S., Magnusson, S.H., Mankovska, B., Karlsson, G.P., Piispanen, J., Poikolainen, J., Santamaria, J.M., Skudnik, M., Spiric, Z., Stafilov, T., Steinnes, E., Stihi, C., Suchara, I., Thoni, L., Todoran, R., Yurukova, L., Zechmeister, H.G. (2015) Heavy metal and nitrogen concentrations in mosses are declining across Europe whilst some "hotspots" remain in 2010. *Environ. Pollut.*, 200, 93-104.
- Høiskar, B.A.K., Haugen, R. (2005) Nettverket for overvåking av radioaktivitet i luft i Norge. Årsrapport 2004. Kjeller, NILU (NILU OR, 17/2005).
- Hønneland, G., Rowe, L. (2008) Fra svarte skyer til helleristninger. Norsk-russisk miljøvernssamarbeid gjennom 20 år. Trondheim, Tapir akademisk forlag.

- Jacobsen, A.R. (2006) Nikkel, jern og blod. Krigen i Nord 1939-1945. Oslo, Aschehoug.
- Jensen, H.K.B., Finne, T.E., Gwynn, J., Kiel Jensen, L. (2012). Forurensningsbelastning i humusprøver fra østlige og indre Finnmark: tungmetaller, radioaktive elementer, arsen, og PAH(16) og variasjoner i perioden 1995-2011. Trondheim, Norges geologiske undersøkelse (NGU Rapport, 2012.042).
- Jæger, Ø. (2011) Landsomfattende mark- og grunnvannsnnett – årsrapport 2010. Trondheim, Norges Geologiske undersøkelse (NGU Rapport, 2011.028).
- Jæger, Ø., Frengstad, B. (2015) Landsomfattende mark- og grunnvannsnnett – årsrapport 2013 og 2014. Trondheim, Norges geologiske undersøkelse (NGU Rapport, 2015.004).
- Kashulin, N.A., Terentyev, P.M., Amundsen, P-A., Dauvalter, V.A., Sandimirov, S.S., Kashulin, A.N. (2011) Specific Features of Accumulation of Cu, Ni, Zn, Cd, and Hg in Two Whitefish *Coregonus lavaretus* (L.) Morphs Inhabiting the Inari–Pasvik Lacustrine–Riverine System. *Aquat. Toxicol.*, 4, 383-392.
- Lappalainen, A., Tammi, J., Puro-Tahvanainen, A. (2007) The effects of nickel smelters on water quality and littoral fish species composition in small water courses in the border area of Finland, Norway and Russia. *Boreal Environ. Res.*, 12, 455-466.
- Mc Innes, H., Sivertsen, B., Arnesen, K. (2007) Grenseområdene i Norge og Russland. Luft- og nedbørkvalitet, april 2006-mars 2007. Kjeller, NILU (NILU OR, 43/2007).
- Miljøverndepartementet (2004) Forskrift om begrensning av forurensning (forurensningsforskriften). Oslo (FOR 2004-06-01 nr 931). Nedlastbar fra: <http://www.lovdata.no/cgi-wift/ldeles?doc=/sf/sf/sf-20040601-0931.html> [besøkt 23. april 2021].
- Mokrotovarova, O., Korotkova, T.D., Pavlova, T.V., Berglen, T.F., Berteig, A., Johannessen, T. (2015) Russian-Norwegian ambient air monitoring in the border areas. Oslo, Norwegian Environment Agency (Miljødirektoratet rapport, M-322/2015).
- Myking, T., Aarrestad, P.A., Derome, J., Bakkestuen, V., Bjerke, J.W., Gytarsky, M., Isaeva, L., Karaban, R., Korotkov, V., Lindgren, M., Lindroos, A.-J., Røsberg, I., Salemaa, M., Tømmervik, H., Vassilieva, N. (2009) Effects of air pollution from a nickel-copper industrial complex on boreal forest vegetation in the joint Russian-Norwegian-Finnish border area. *Boreal Environ. Res.*, 14, 279-296.
- Møller B, Améen E., Drefvelin J, Gäfvert T, Tazmini K., (2020) Overvåking av radioaktivitet i omgivelsene 2018. DSA-rapport 2020:3. Østerås, Direktoratet for strålevern og atomsikkerhet, 2020. Nedlastbar fra : https://dsa.no/publikasjoner/_attachment/inline/346bd1bd-05a7-4104-843e-8ac72a992b79:2b55cba4e81b55db30d143b14ee64623b18c3d8b/DSA-rapport%2003-2020%20Luftovervåkningsrapport%202018%20komplett%20NY.pdf [besøkt 23. april 2021].
- Nasjonalt folkehelseinstitutt (2013). *Luftkvalitetskriterier. Virkninger av luftforurensning på helse* (Rapport 2013:9). Oslo: Nasjonalt folkehelseinstitutt. Nedlastbar fra: www.fhi.no/globalassets/dokumenterfiler/rapporter/2013/luftkvalitetskriterier---virkninger-av-luftforurensning-pa-helse-pdf.pdf [besøkt 23. april 2021].

- Odasz-Albrigtsen, A.M., Tømmervik, H., Murphy, P. (2000) Decreased photosynthetic efficiency in plant species exposed to multiple airborne pollutants along the Russian-Norwegian Border. *Can. J. Bot.*, 78, 1021-1033.
- Pettersen, C. F., Berglen, T. F., Aronsen, H., Guttu, S., Chaus, O., Ustinova, A., Pavlova, T., Korotkova, T.D. (2017) Russian-Norwegian ambient air monitoring in the border areas – Updated report joint 2010-2015. Trondheim, Miljødirektoratet (Miljødirektoratet rapport, M-761/2017).
- Puro-Tahvanainen, A., Zueva, M., Kashulin, N., Sandimirov, S., Christensen, G.N., Grekelä, I. (2011) Pasvik water quality report. Environmental Monitoring Programme in the Norwegian, Finnish and Russian Border Area. Rovaniemi, Centre for Economic Development, Transport and the Environment for Lapland (ELY Report 7/2011).
- Rautio, P., Poikolainen, J. (2014) State of the terrestrial environment in the joint Finnish, Norwegian and Russian border area in 2011 on the basis of bioindicators - Final technical report of the Pasvik programme. In *Reports*, 21. Rovaniemi, Finland, Centre for Economic Development, Transport and the Environment for Lapland (Reports, 4/2014).
- Reinds, G.J., Groenenberg, J.E., W. de Vries, W. (2006) Critical loads of copper, nickel, zinc, arsenic, chromium and selenium for terrestrial ecosystems at a European scale. A preliminary assessment. Wageningen, Alterra (Alterra-rapport, 1355).
- Rognerud, S., Dauvalter, V., Fjeld, E., Skjelkvåle, B.L., Christensen, G., Kashulin, A. (2013) Spatial trends of trace-element contamination in recently deposited lake sediment around the Ni–Cu smelter at Nikel, Kola Peninsula, Russian Arctic. *Ambio*, 42, 13.
- Rowe, L., Pechenganikel: Soviet Industry, Russian Pollution, and the Outside World, Doctoral dissertation, University of Oslo, 2013, 339 p
- Sandanger, T.M., Anda, E., Berglen, T.F., Evenset, A., Christensen, G., Heimstad, E.S. (2013) Health and environmental impacts in the Norwegian border area related to local Russian industrial emissions. Knowledge status. Kjeller, NILU (NILU OR, 40/2013).
- Schartau, A.K., Fjellheim, A., Garmo, Ø.A., Halvorsen, G.A., Hesthagen, T.H., Saksgård, R., Skancke, L.B., Walseng, B., (2016) Effekter av langtransporterte forurensninger i norske innsjøer – forurensningstilstand og trender. Inkludert nye overvåkingsdata fra 2012-2014. Oslo, Norsk institutt for vannforskning Statlig program for forurensningsovervåking. (Miljødirektoratet rapport, M-503/2016).
- Statens forurensningstilsyn (2002) Air pollution effects in the Norwegian-Russian border area. A status report. Oslo, SFT (TA-1860/2002).
- Stebel, K., Christensen, G., Derome, J., Grekelä, I. (eds.) (2007) State of the environment in the Norwegian, Finnish, and Russian border area. Rovaniemi, Lapland Regional Environment Centre (The Finnish Environment, 6/2007).
- Steinnes, E., Berg, T., Uggerud, H.T. (2011a) Three decades of atmospheric metal deposition in Norway as evident from analysis of moss samples. *Sci. Total Environ.*, 412-413, 351-358.

- Steinnes, E., Berg, T., Uggerud, H.T., Pfaffhuber, K.A. (2011b) Atmosfærisk nedfall av tungmetaller i Norge. Landsomfattende undersøkelse i 2010 Kjeller, NILU (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 1109/2011. TA-2859/2011) (NILU OR, 60/2011).
- Symon, C. (2008) Pasviksprogrammet oppsummeringsrapport. Miljøtilstanden i grenseområdene mellom Norge, Finland og Russland. Vadsø, Fylkesmannen i Finnmark (Rapport, 1-2008).
- Tømmervik, H., Høgda, K.A., Solheim, I. (2003) Monitoring vegetation changes in Pasvik (Norway) and Pechenga in Kola Peninsula (Russia) using multi-temporal Landsat MSS/TM data. *Rem. Sens. Environ.*, 85, 370-388.
- Vannregionmyndigheten Finnmark (2009) Forvaltningsplan for Finnmark, vannområdene Tana, Neiden og Pasvik for perioden 2010-2015. Vadsø, Vannregionmyndigheten i Finnmark.
- World Health Organization (2006) WHO air quality guidelines global update 2005. Report on a Working Group meeting, Bonn, Germany, 18-20 October 2005. København, WHO.
- Ylikörkkö, J., Christensen, G., Kashulin, N., Denisov, D., Andersen, H.J., Jelkänen, E. (eds.) (2015) Environmental challenges in the joint border area of Norway, Finland and Russia. Rovaniemi, Finland, Centre for Economic Development, Transport and the Environment for Lapland (Reports, 41).
- Aamlid, D., Myking, T. (2010) Forest ecosystem monitoring in the Pasvik River valley and adjoining area. In: *John Derome (1947-2010) Memorial seminar, Rovaniemi 2010*. Vantaa, Finnish Forest Research Institute (Working papers, 180). pp. 19-20. Nedlastbar fra: www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2010/mwp180.pdf [besøkt 23.april 2021].
- Aamlid, D., Skogheim, I. (2001) The occurrence of *Hypogymnia physodes* and *Melanelia olivacea* lichens on birch stems in northern boreal forest influenced by local air pollution. *Nor. Geogr. Tidsskr.*, 55, 94-98.
- Aas, W., Fiebig, M., Solberg, S., Yttri, K.E. (2019) Monitoring of long-range transported air pollutants in Norway. Annual Report 2018. Kjeller, NILU (Norwegian Environment Agency, M-1395|2019) (NILU report 8/2019).

Eldre NILU-rapporter fra prosjektet

De eldste rapportene i programmet Norge - Russland er nå gjort tilgjengelig i fulltekst i NILUs åpne vitenarkiv, NILU Brage [besøkt mai 2021]. Ved spørsmål, vennligst send henvendelse til NILUs bibliotek (bibl@nilu.no).

Hagen, L O., Sivertsen, B., Arnesen, K., Innset, B. (1998) Overvåking av luft- og nedbørkvalitet i grenseområdene i Norge og Russland. April 1997-mars 1998. Kjeller, NILU (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 749/98. TA-1599/1998) (NILU OR, 70/98).
<https://hdl.handle.net/11250/2718528>

Hagen, L O., Sivertsen, B., Arnesen, K., Innset, B. (1997) Overvåking av luft- og nedbørkvalitet i grenseområdene i Norge og Russland. Oktober 1996 - mars 1997. Kjeller, NILU (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 719/97. TA-1504/1997) (NILU OR, 58/97).
<https://hdl.handle.net/11250/2718338>

Henriksen, J F., Mikhailov, A A. (1997) Atmospheric corrosion tests along the Norwegian-Russian border. Part II. Kjeller, NILU (NILU OR, 37/97).
<https://hdl.handle.net/11250/2718082>

Hagen, L O., Sivertsen, B., Arnesen, K., Bekkestad, T. (1997) Overvåking av luft- og nedbørkvalitet i grenseområdene i Norge og Russland april - september 1996. Kjeller, NILU (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 702/97. TA-1457/1997) (NILU OR, 32/97).
<https://hdl.handle.net/11250/2718145>

Hagen, L O., Sivertsen, B., Johnsrud, M., Bekkestad, T. (1996) Overvåking av luft- og nedbørkvalitet i grenseområdene i Norge og Russland oktober 1995 - mars 1996. Kjeller, NILU (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 683/97. TA-1401/1997) (NILU OR, 68/96).
<https://hdl.handle.net/11250/2718346>

Hagen, L O., Sivertsen, B., Johnsrud, M., Bekkestad, T. (1996) Overvåking av luft- og nedbørkvalitet i grenseområdene i Norge og Russland april - september 1995. Kjeller, NILU (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 665/96. TA-1351/1996) (NILU OR, 40/96).
<https://hdl.handle.net/11250/2717977>

Hagen, L O., Sivertsen, B., Johnsrud, M. (1996) Overvåking av luft- og nedbørkvalitet i grenseområdene i Norge og Russland. Tungmetaller i luft 1990-1995. Kjeller, NILU (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 658/96. TA-1334/1996) (NILU OR, 28/96).
<https://hdl.handle.net/11250/2718016>

Hagen, L O., Sivertsen, B., Johnsrud, M., Bekkestad, T. (1996) Overvåking av luft- og nedbørkvalitet i grenseområdene i Norge og Russland. Oktober 1994 - mars 1995. Kjeller, NILU (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 636/96. TA-1299/1996) (NILU OR, 1/96).
<https://hdl.handle.net/11250/2718544>

Hagen, L O., Sivertsen, B., Johnsrud, M. (1995) Overvåking av luft- og nedbørkvalitet i grenseområdene i Norge og Russland april - september 1994. Kjeller, NILU (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 617/95. TA-1238/1995) (NILU OR, 36/95).
<https://hdl.handle.net/11250/2718026>

- Hagen, L O., Sivertsen, B., Johnsrud, M. (1995) Overvåking av luft- og nedbørkvalitet i grenseområdene i Norge og Russland. Oktober 1993 - mars 1994. Kjeller, NILU (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 600/95 TA-1193/1995) (NILU OR, 1/95).
<https://hdl.handle.net/11250/2718313>
- Bekkestad, T., Knudsen, S., Johnsrud, M., Larsen, M. (1994) Modellberegninger av SO₂ og metallavsetning i grenseområdene Norge - Russland. Kjeller, NILU (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 605/95. TA-1203/1995) (NILU OR, 66/94).
<https://hdl.handle.net/11250/2718408>
- Sivertsen, B., Baklanov, A., Hagen, L O., Makarova, T. (1994) Air pollution in the border areas of Norway and Russia. Summary report April 1991 - March 1993. Presented by the Expert Group on Studies of Local Air Pollution Problems under the Joint Norwegian-Russian Comm. Kjeller, NILU (NILU OR, 56/94).
<https://hdl.handle.net/11250/2718296>
- Hagen, L O., Sivertsen, B., Aarnes, M J. (1994) Overvåking av luft- og nedbørkvalitet i grenseområdene i Norge og Russland. April-september 1993. Kjeller, NILU (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 566/94. TA-1087/1994) (NILU OR, 19/94).
<https://hdl.handle.net/11250/2718522>
- Hagen, L O., Sivertsen, B., Aarnes, M J. (1993) Overvåking av luft- og nedbørkvalitet i grenseområdene i Norge og Russland. Oktober 1992 - mars 1993. Lillestrøm, NILU (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 543/93. TA-1008/1993) (NILU OR, 55/93).
<https://hdl.handle.net/11250/2717967>
- Hagen, L O., Sivertsen, B., Aarnes, M J. (1993) Overvåking av luft- og nedbørkvalitet i grenseområdene i Norge og Russland. April-september 1992. Lillestrøm, NILU (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 526/93. TA-965/1993) (NILU OR, 21/93).
<https://hdl.handle.net/11250/2718020>
- Hagen, L O., Sivertsen, B. (1992) Overvåking av luft- og nedbørkvalitet i grenseområdene i Norge og Russland. Oktober 1991-mars 1992. Lillestrøm, NILU (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport nr: 505/92 TA 897/1992) (NILU OR, 82/92).
<https://hdl.handle.net/11250/2717840>
- Henriksen, J F., Mikhailov, A A., Mikhailovski, Y. (1992) Atmospheric corrosion tests along the Norwegian-Russian border. Lillestrøm, NILU (NILU OR, 54/92).
<https://hdl.handle.net/11250/2717972>
- Hagen, L O., Sivertsen, B. (1992) Overvåking av luft- og nedbørkvalitet i grenseområdene i Norge og Russland. April-september 1991. Lillestrøm, NILU (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 483/92. TA-827/1992) (NILU OR, 25/92).
<https://hdl.handle.net/11250/2718451>
- Sivertsen, B., Makarova, T., Hagen, L O., Baklanov, A A. (1992) Air pollution in the border areas of Norway and Russia. Summary report 1990-1991. Lillestrøm, NILU (NILU OR, 8/92).
<https://hdl.handle.net/11250/2717815>
- Sivertsen, B., Hagen, L O., Hellevik, O., Henriksen, J F. (1991) Luftforurensninger i grenseområdene Norge/Sovjetunionen januar 1990 - mars 1991. Lillestrøm, NILU (Statlig program for

forurensningsovervåking. Rapport 480/92. TA-815/1992) (NILU OR, 69/91).

<https://hdl.handle.net/11250/2718162>

Hagen, L O., Aarnes, M J., Henriksen, J F., Sivertsen, B. (1991) Basisundersøkelse av luftforurensninger i Sør-Varanger 1988-1991. Framdriftsrapport nr. 5 pr. 1.9.1991. Lillestrøm, NILU (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 473/91. TA-797/1991) (NILU OR, 67/91).

<https://hdl.handle.net/11250/2718066>

Hellevik, O., Sivertsen, B. (1991) Air quality in the border areas between Norway and USSR. Model description and preliminary modelling results. Lillestrøm, NILU (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 439/91. TA 730/1991) (NILU OR, 23/91).

<https://hdl.handle.net/11250/2718061>

NILU – Stiftelsen Norsk institutt for luftforskning

NILU – Stiftelsen Norsk institutt for luftforskning er en uavhengig stiftelse etablert i 1969. NILUs forskning har som formål å øke forståelsen for prosesser og effekter knyttet til klimaendringer, atmosfærens sammensetning, luftkvalitet og miljøgifter. På bakgrunn av forskningen leverer NILU integrerte tjenester og produkter innenfor analyse, overvåking og rådgivning. NILU er opptatt av å opplyse og gi råd til samfunnet om klimaendringer og forurensning og konsekvensene av dette.

NILUs verdier: Integritet – Kompetanse – Samfunnsnytte

NILUs visjon: Forskning for en ren atmosfære

NILU – Stiftelsen Norsk institutt for luftforskning
Postboks 100, 2027 KJELLER

E-post: nilu@nilu.no

<http://www.nilu.no>

ISBN: 978-82-425-3034-9

ISSN: 2464-3327



Norsk institutt for luftforskning
Norwegian Institute for Air Research