

En vurdering af de geokemiske forhold i de grønlandske byers vandressourceoplunde og deres indflydelse på kvaliteten af råvandet – revideret

Agnete Steenfelt



En vurdering af de geokemiske forhold i de grønlandske byers vandressourceoplande og deres indflydelse på kvaliteten af råvandet – revideret

Agnete Steenfelt

Indhold

| | |
|---|----|
| Resumé..... | 3 |
| Indledning..... | 4 |
| Kemisk sammenhæng mellem bjergarter, bæksedimenter og overfladevand..... | 4 |
| Baggrundsinformation om overfladevandets kemi | 5 |
| Kemisk sammensætning af vand | 5 |
| EU's drikkevandsdirektiv..... | 7 |
| Parameter | 7 |
| Naturligt overfladevand som drikkevand | 8 |
| Hovedtræk af geologien omkring de grønlandske byer | 9 |
| Geologisk og geokemisk karakterisering af grønlandske vandressourcer | 10 |
| Vurderingsmaterialet..... | 10 |
| Geologiske kort | 10 |
| Bæksedimentanalyser og ledningsevne målinger af bækvand..... | 10 |
| Bjergartsanalyser | 11 |
| Generelle betragtninger | 11 |
| Vandressource | 12 |
| Vurdering af de enkelte byers vandressourcer..... | 13 |
| Geologisk terminologi | 13 |
| Ittoqqortoormiit (1)..... | 15 |
| Tasiilaq (2) | 17 |
| Nanortalik (3)..... | 19 |
| Qaqortoq (4)..... | 22 |
| Narsaq (5) | 25 |
| Paamiut (6)..... | 29 |
| Nuuk (7)..... | 32 |
| Maniitsoq (8) | 35 |
| Sisimiut (9) | 38 |
| Kangerlussuaq (10)..... | 41 |
| Kangaatsiaq (11)..... | 44 |
| Aasiaat (12)..... | 47 |
| Qasigiannuit (13)..... | 50 |
| Ilulissat (14)..... | 54 |
| Qeqertarsuaq (15)..... | 57 |
| Uummannaq (16) | 61 |
| Upernavik (17)..... | 64 |
| Qaanaaq (18)..... | 68 |
| Den geokemiske vurdering i relation til oplysninger fra Nukissiorfiit | 71 |
| Konklusion..... | 71 |
| Anbefalinger | 72 |
| Bidragydere til rapporten | 73 |
| Referencer | 73 |

Resumé

Kvaliteten af vandet i de grønlandske byers vandressourcer vil for uorganiske komponenters vedkommende overvejende være bestemt af geologiske og geokemiske forhold i ressourcerne oplande. Dette gælder, såfremt påvirkning fra menneskelig aktivitet kan udelukkes. Hidtidige erfaringer fra Grønland sammenholdt med erfaringer fra Finland er brugt til at vurdere, hvilken vandkvalitet, man kan forvente i de grønlandske ressourcer.

Rapporten indeholder en sammenstilling af geologiske og geokemiske data for hver enkelt af 18 grønlandske byer og på basis heraf en vurdering af kvaliteten af vandressourcerne. De anvendte data stammer fra GEUS' databaser vedrørende tidligere udførte projekter. Rapporten omhandler kun naturligt forekommende uorganiske komponenter i vandet og vurderer ikke organiske forbindelser, radioaktivitet eller stoffer tilført gennem menneskelig aktivitet.

Seksten af byerne ligger i områder domineret af silicium-rige (sure) bjergarter, og deres vandressourcer forventes at have svagt surt til neutralt vand med meget små mængder af opløste stoffer. To byer, Narsaq og Qeqertarsuaq, er beliggende i basiske bjergarter og forventes at have neutralt til basisk vand med lidt større mængde af opløste stoffer.

I forhold til EU's drikkevandsdirektiv fra 1998, kan der nogle steder være problemer med surhedsgrad og koncentrationen af jern og aluminium, og vandressourcen i Narsaq bør kontrolleres for en række stoffer. I øvrigt forventes grundstofkoncentrationerne at ligge under direktivets grænseværdier. Generelt anbefales det at føre løbende kontrol med pH (surhedsgrad) og elektrisk ledningsevne i råvandet i drikkevandsreservoirerne og supplere med mere omfattende analyser, hvis ledningsevnen skulle vise sig at være høj.

Indledning

De grønlandske byers vandforsyning er baseret på søer og elve nær byerne. Den samlede vandressource for hver by omfatter oplandet eller oplandene omkring de valgte søer og elve. Oplandene er afgrænset af spærrezoner for at beskytte vandressourcerne mod forurening. Såfremt påvirkning fra menneskelige aktiviteter kan udelukkes, vil kvaliteten af vandet være bestemt af de naturgivne forhold omkring vandreservoirerne.

Denne rapport er en revideret udgave af en rapport (Steenfelt 2001b) udarbejdet af Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse (GEUS) for Direktoratet for Miljø og Natur (DMN), og finansieret af Grønlands Hjemmestyre gennem Sektorprogram for Renovering med en miljø- og energiforbedrende effekt i Grønland 2000-2003. Projektbeskrivelsen er vedlagt i et Appendiks. DMN har ønsket at få belyst den naturbetingede kvalitet af byernes vandressourcer i relation til EU's drikkevandsdirektiv af 3. nov. 1998 (1998/83/EF).

Rapporten indeholder en gennemgang af uorganisk-kemiske data, der kan bruges til at vurdere kvaliteten af elv og søvand generelt i Grønland og inden for spærrezonerne for hver af byerne. Der er taget særligt hensyn til de metaller og komponenter, som af EU-direktivet behandles som henholdsvis "uønskede" og "toksiske" stoffer. Rapporten omhandler ikke organiske forbindelser eller radioaktivitet. Den beskæftiger sig udelukkende med den naturlige tilstand, da det ikke ligger inden for dette projekts rammer at belyse en eventuel menneskeskabt forurening af vandløb og søer.

Kemisk sammenhæng mellem bjergarter, bæksedimenter og overfladevand

Vandet i bække, elve og søer i Grønland er langt overvejende overfladevand stammende fra regn eller smeltning af sne og is. Bidrag fra grundvand kan ikke udelukkes, men anses for at være minimale. Som udgangspunkt er regn- og smeltevand fattigt på opløste stoffer, men ved kontakt med fast fjeld, løsmasser eller jord bliver vandet efterhånden rigere på disse stoffer. Hvad og hvor meget, der går i opløsning, afhænger af en række faktorer, såsom den kemiske sammensætning af de omgivende materialer, deres mineralogi, kornstørrelse, forvitringsgrad, og permeabilitet, varigheden af vandets ophold i kontakt med omgivelserne, samt vandets temperatur. Vandets kemi i en given sø vil afspejle den kemiske sammensætning af bjergarter og løsmasser i oplandet for søen, men på grund af de mange faktorer, der spiller ind, er der ikke nogen simpel sammenhæng.

Erfaringerne fra GEUS' geokemiske studier i Grønland er, at den jord, der dannes ved forvitrings, og det materiale, der aflejres i bække, kemisk set ikke er ændret meget fra det faste fjeld. Men erfaringen med vandløbskemi fra Grønland og fra andre steder i verden er, at de fysiske forhold, kornstørrelse, porøsitet, permeabilitet og forvitringsgrad, samt mineralsammensætningen af forvitringsprodukterne, betyder meget for, hvor meget, der går i opløsning. Generelt gælder, at jo finere kornstørrelse og jo større permeabilitet, der er i det materiale vandet siver igennem, jo mere går der i opløsning.

Kemiske analyser af bæksedimenter fra Grønland giver oplysning om den totale koncentration af hvert enkelt grundstof. Men et givet grundstof er ofte indeholdt i flere mineraler med forskellig grad af opløselighed i vand. Derfor er der ofte ikke proportionalitet mellem mængden af et grundstof i et bæksediment og det tilhørende bækvand. Generelt gælder dog, at hvis et givet grundstof ikke findes i nævneværdige mængder i en vandressources oplands bjergarter, vil vandet være fattigt på dette grundstof. Hvis der, derimod, er forhøjede koncentrationer af et givet grundstof i bjergarterne eller løsmasserne, og dermed også i områdets bæksedimenter, giver dette muligvis forhøjede indhold, også i vandet. Hvor meget, der går i opløsning afhænger, som sagt, af ovennævnte faktorer, men også af vandets temperatur og brintionkoncentration, eller surhedsgrad, som måles i pH. Surhedsgraden bestemmes af bjergarternes/løsmassernes kemi samt af mængden og typen af vegetation. I Europa er regnvand surt på grund af forurening, men i Grønland må det antages at regn og sne er nær neutralt.

Baggrundsinformation om overfladevandets kemi

De få geokemiske data for naturligt vand på Grønland, der er til rådighed for nærværende vurdering, er beskrevet her sammen med finske vanddata. Sidstnævnte er de mest velegnede til at få kendskab til sammensætningen af bækvand i geologiske formationer, der ligner dem, der findes i Vest og Sydgrønland. Klimaet i den nordlige del af Finland minder også om det grønlandske. Det kan derfor forventes, at mange grønlandske vandløb ligner de finske i kemisk henseende.

I forbindelse med GEUS' geokemiske kortlægning i Vest- og Sydgrønland er der foretaget målinger af den elektriske ledningsevne på vandprøver fra mere end 5000 bække. Resultaterne indgår i 'Open File' rapporter fra Grønlands Geologiske Undersøgelse, og henvisninger til disse kan findes i Steenfelt (1999). Ledningsevnen er et mål for mængden af opløst stof i vandet, men giver ikke oplysning om enkelte komponenter. Kemiske analyser for et stort antal sporgrundstoffer er dog foretaget på 208 bækvandprøver fra to områder i det nordlige Vestgrønland mellem 71°N og 73°30'N. Koncentrationerne af 43 sporgrundstoffer blev målt med Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS; udført af Geological Survey of Canada). Resultatet er ikke publiceret, men viser, at en stor del af variationen i den kemiske sammensætning af bæk vandet kan tilskrives indflydelsen fra de forskellige bjergartstyper i de undersøgte områder.

Finlands Geologiske Undersøgelse (Geologian Tutkimuskeskus) har samlet og analyseret vand- og sedimentprøver fra bække og elve på 1162 lokaliteter fordelt over hele landet (Lahermo *et al.* 1996) som et led i den geokemiske kortlægning.

Kemisk sammensætning af vand

Tabel 1 (side 6) viser gennemsnitsværdier for resultaterne i det finske analyseprogram. De målte parametre er typiske for en moderne vandanalyse. Et antal fysiske parametre er bestemt foruden koncentrationerne af en række hovedkomponenter, anioner og kationer, og et stort antal sporgrundstoffer.

| Parameter | Enhed | Detektionsgrænse | Median |
|--|---------|------------------|--------|
| pH (surhedsgrad) | | | 5,91 |
| EC (ledningsevne) | µS/cm | | 44 |
| Alk (alkalinitet) | mmol/l | | 0,2 |
| Colour (farve) | mg Pt/l | | 80 |
| Anioner | | | |
| Cl ⁻ (klorid) | mg/l | 1 | 1,4 |
| F ⁻ (fluorid) | mg/l | 0,05 | 0,08 |
| HCO ³⁻ (hydrogenkarbonat) | mg/l | | 12,2 |
| NO ₃ ⁻ (nitrat) | mg/l | 1 | 0,5 |
| SO ₄ ²⁻ (sulfat) | mg/l | 1 | 3,5 |
| SiO ₂ (silicium) | mg/l | | 7,3 |
| Kationer | | | |
| Ca (kalcium) | mg/l | 5 | 4,06 |
| Fe (jern) | mg/l | 5 | 0,68 |
| K (kalium) | mg/l | 0,08 | 0,7 |
| Mg (magnesium) | mg/l | 0,16 | 1,39 |
| Na (natrium) | mg/l | 0,4 | 2,1 |
| Sporgrundstoffer | | | |
| Ag (sølv) | µg/l | 0,01 | <0,01 |
| Al (aluminium) | µg/l | 0,1 | 95 |
| As (arsen) | µg/l | 0,05 | 0,36 |
| B (bor) | µg/l | 0,5 | 2,78 |
| Ba (barium) | µg/l | 0,04 | 10 |
| Be (beryllium) | µg/l | 0,1 | <0,1 |
| Bi (bismuth) | µg/l | 0,03 | <0,03 |
| Br (brom) | µg/l | 0,5 | <0,5 |
| Cd (cadmium) | µg/l | 0,02 | <0,02 |
| Co (kobolt) | µg/l | 0,02 | 0,17 |
| Cr (krom) | µg/l | 0,2 | 0,5 |
| Cu (kobber) | µg/l | 1 | 0,64 |
| Li (litium) | µg/l | 0,3 | 1,02 |
| Mn (mangan) | µg/l | 0,02 | 29 |
| Mo (molybdæn) | µg/l | 0,03 | 0,15 |
| Ni (nikkel) | µg/l | 0,06 | 0,52 |
| Pb (bly) | µg/l | 0,03 | 0,23 |
| Sb (antimon) | µg/l | 0,02 | 0,028 |
| Se (selen) | µg/l | 1 | 0,067 |
| Sr (strontium) | µg/l | 0,1 | 22,4 |
| Tl (tellurium) | µg/l | 0,015 | <0,015 |
| U (uran) | µg/l | 0,01 | 0,073 |
| V (vanadium) | µg/l | 0,02 | 0,53 |
| Zn (zink) | µg/l | 0,1 | 3,6 |

Tabel 1. Kemisk sammensætning af bækvand i Finland. Gennemsnitlige koncentrationer for ca. 1160 vandprøver (Lahermo et al. 1996). Anioner er bestemt med kromatografi, mens kationer og sporgrundstoffers koncentrationer er målt ved hjælp af analysemetoderne ICP-ES og ICP-MS ("Inductively Coupled Plasma - Emission Spectrometry, - Mass Spectrometry").

Koncentrationen af hovedkomponenterne rapporteres i milligram per liter, mg/l (hvilket svarer til ppm – en enhed der ofte bruges ved rapportering af kemiske analyser), mens sporgrundstoffernes koncentrationer måles i mikrogram per liter, µg/l (svarende til ppb). Der går 1000 µg

på et milligram. Når det drejer sig om analyser af fast stof, opgives koncentrationer af hovedkomponenter i %, og sporgrundstoffer i mg/kg (eller ppm), hvilket er næsten det samme som mg/l, eftersom en liter vand vejer ca. 1 kg. Enheden for ledningsevne er mikro Siemens per centimeter ($\mu\text{S}/\text{cm}$). Enheden for alkalinitet er millimol per liter.

EU's drikkevandsdirektiv

Rådet for de Europæiske Fællesskaber udstedte i 1980 et direktiv 80/778/EØF af 15. juli 1980 om kvaliteten af drikkevand. Direktivet indeholder grænser for en række parametre, der inddeles i A) Organoleptiske parametre (farve, turbiditet, Jacksonenheder, lugt, og smag), B) Fysisk-kemiske parametre, C) Parametre for uønskede stoffer, D) Parametre for toksiske stoffer og E) Mikrobiologiske parametre. Et nyt direktiv, 98/83/EF, udstedtes den 3. nov. 1998 og i dette er nogle af grænseværdierne korrigerede. De nyeste værdier for de parametre, som nærværende rapport kan tage stilling til, er vist i Tabel 2. TMK er tilladt maksimal koncentration. Hvor felterne er tomme, har direktivet ikke oplyst nogen værdi. Direktivet er offentliggjort i EF-Tidende nr. L330 af 05/12/1998 s. 0032 – 0054, og et trykt eksemplar kan bestilles hos Schultz (<http://www.schultz.dk>).

| Parameter | Enhed | TMK | Parameter | Enhed | TMK |
|-----------------------------|-------------------------|------|-------------------------|------------------------|------|
| pH minimum | | 6,5 | Cu (kobber) | $\mu\text{g}/\text{l}$ | 2000 |
| pH maksimum | | 9,5 | Zn (zink) | $\mu\text{g}/\text{l}$ | 5000 |
| | | | P (fosfor) | $\mu\text{g}/\text{l}$ | 5000 |
| ledningsevne | $\mu\text{S}/\text{cm}$ | 2500 | fluorid | $\mu\text{g}/\text{l}$ | 1500 |
| klorid | mg/l | 250 | Co (kobolt) | $\mu\text{g}/\text{l}$ | |
| sulfat | mg/l | 250 | Ba (barium) | $\mu\text{g}/\text{l}$ | |
| Si (silicium) | mg/l | | Ag (sølv) | $\mu\text{g}/\text{l}$ | 10 |
| Ca (kalcium) | mg/l | | Toksiske stoffer | | |
| Mg (magnesium) | mg/l | 50 | As (arsen) | $\mu\text{g}/\text{l}$ | 10 |
| Na (natrium) | mg/l | 200 | Be (beryllium) | $\mu\text{g}/\text{l}$ | |
| K (kalium) | mg/l | 12 | Cd (cadmium) | $\mu\text{g}/\text{l}$ | 5 |
| Al (aluminium) | mg/l | 0,2 | CN (cyanid) | $\mu\text{g}/\text{l}$ | 50 |
| CO ₂ (kuldioxid) | mg/l | | Cr (krom) | $\mu\text{g}/\text{l}$ | 50 |
| Uønskede stoffer | | | Hg (kviksølv) | $\mu\text{g}/\text{l}$ | 1 |
| nitrat | mg/l | 50 | Ni (nikkel) | $\mu\text{g}/\text{l}$ | 20 |
| nitrit | mg/l | 0,1 | Pb (bly) | $\mu\text{g}/\text{l}$ | 10 |
| ammonium | mg/l | 0,5 | Sb (antimon) | $\mu\text{g}/\text{l}$ | 5 |
| Fe (jern) | $\mu\text{g}/\text{l}$ | 200 | Se (selen) | $\mu\text{g}/\text{l}$ | 10 |
| Mn (mangan) | $\mu\text{g}/\text{l}$ | 50 | V (vanadium) | $\mu\text{g}/\text{l}$ | |

Tabel 2. Grænseværdier for koncentrationen af uorganisk-kemiske komponenter i drikkevand angivet som tilladt maksimal koncentration (TMK), ifølge EU's drikkevandsdirektiv 80/778/EØF og revisioner ifølge 98/83/EF af 3. nov. 1998.

Tabel 2 viser, at der mangler grænseværdier for en del af de stoffer, som indgår i moderne vandanalyser. I vurderingen af kvaliteten af de grønlandske drikkevandsressourcer tages der mest hensyn til stofferne i denne tabel.

Naturligt overfladevand som drikkevand

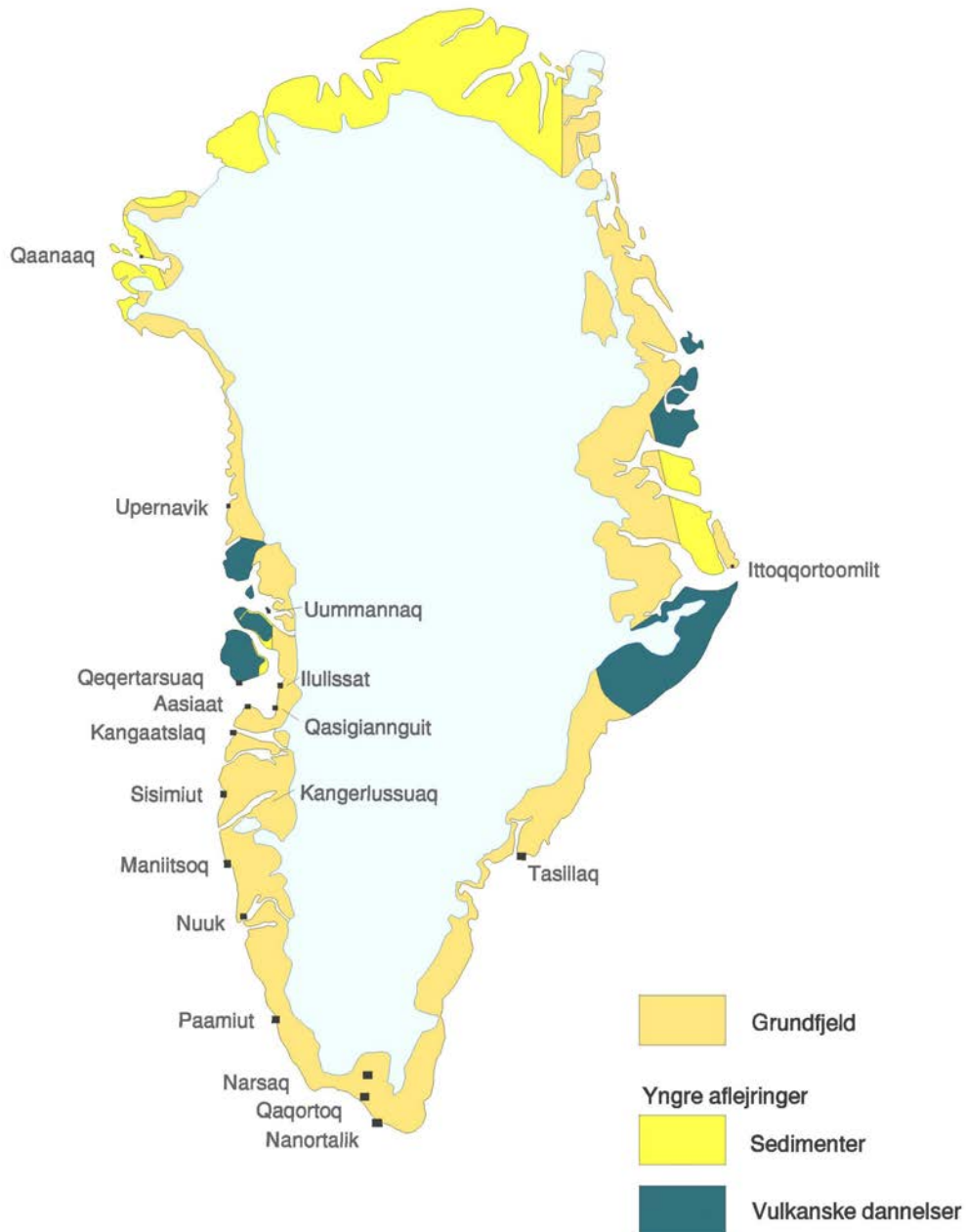
Tabel 3 sammenstiller EU's drikkevandskrav med de højeste koncentrationer, målt i de finske vandprøver, og i grønlandske vandprøver fra det nordlige Vestgrønland.

| Parameter | Enhed | EU direktiv | Finland | | Nordlige Vestgrønland | | | |
|--|-------|-------------|------------|--------------|-----------------------|------|------|--------------|
| | | | TMK | Median | 98% | Max. | Min. | Median |
| pH minimum | | 6,5 | | | | | | |
| pH maksimum | | 9,5 | 5,91 | 6,72 | | | | |
| ledningsevne | µS/cm | | 44 | 325 | 351,0 | 5,2 | 34,6 | 197,4 |
| klorid | mg/l | 250 | 1,4 | 25,6 | | | | |
| sulfat | mg/l | 250 | 3,5 | 57,8 | | | | |
| fluorid | mg/l | 1500 | | | | | | |
| SiO ₂ (silicium) | mg/l | | 7,7 | 17,9 | | | | |
| Ca (kalcium) | mg/l | | 4,06 | 27,2 | | | | |
| Mg (magnesium) | mg/l | 50 | 1,39 | 11 | | | | |
| Na (natrium) | mg/l | 200 | 2,1 | 26,1 | | | | |
| K (kalium) | mg/l | 12 | 0,7 | 5,83 | | | | |
| Al (aluminium) | mg/l | 0,2 | 0,095 | 0,532 | 2,3 | 0,0 | 0,03 | |
| HCO ₃ ⁻ (hydrogenkarbonat) | mg/l | | 12,2 | 88,4 | | | | |
| nitrat | mg/l | 50 | | | | | | |
| nitrit | mg/l | 0,1 | | | | | | |
| ammonium | mg/l | 0,5 | | | | | | |
| <i>Uønskede stoffer</i> | | | | | | | | |
| Fe (jern) | µg/l | 200 | 680 | 3600 | 2081,0 | 0,0 | 17,0 | 397,7 |
| Mn (mangan) | µg/l | 50 | 29 | 216 | 198,3 | 0,0 | 0,7 | 79,0 |
| Cu (kobber) | µg/l | 3000 | 0,64 | 3,71 | 94,0 | 0,1 | 0,6 | 12,0 |
| Zn (zink) | µg/l | 5000 | 3,6 | 22,7 | 153,1 | 0,6 | 3,7 | 60,3 |
| P (fosfor) | µg/l | 5000 | | | | | | |
| fluorid | µg/l | 1500 | 80 | 990 | | | | |
| Co (kobolt) | µg/l | | 0,17 | 3,87 | 22,7 | 0,0 | 0,0 | 6,9 |
| Ba (barium) | µg/l | | 10 | 39 | 163,4 | 0,2 | 2,2 | 64,5 |
| Ag (sølv) | µg/l | 10 | 0 | 0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| <i>Toksiske stoffer</i> | | | | | | | | |
| As (arsen) | µg/l | 10 | 0,36 | 2,36 | 1,0 | 0,0 | 0,0 | 0,30 |
| Be (beryllium) | µg/l | | 0 | 0,228 | 0,3 | 0,0 | 0,0 | 0,11 |
| Cd (cadmium) | µg/l | 5 | 0 | 0,077 | 4,4 | 0,0 | 0,0 | 1,19 |
| cyanid | µg/l | 50 | | | | | | |
| Cr (krom) | µg/l | 50 | 0,5 | 1,61 | 4,1 | 0,0 | 0,1 | 1,11 |
| Hg (kviksølv) | µg/l | 1 | | | | | | |
| Ni (nikkel) | µg/l | 20 | 0,52 | 10,4 | 133,0 | 0,0 | 0,3 | 34,9 |
| Pb (bly) | µg/l | 10 | 0,23 | 1,13 | 4,1 | 0,0 | 0,2 | 1,6 |
| Sb (antimon) | µg/l | 5 | 0,028 | 0,093 | 0,3 | 0,0 | 0,0 | 0,1 |
| Se (selen) | µg/l | 10 | 0,067 | 0,153 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| V (vanadium) | µg/l | | 0,53 | 2,1 | 8,5 | 0,0 | 0,0 | 4,1 |

Tabel 3. Kemisk sammensætning af bækvand i Finland (1162 prøver, Lahermo et al. 1996) og i nordlige del af Vestgrønland (208 prøver, GEUS upublicerede data) sammen med direktivet for drikkevandskvalitet for EU (se Tabel 2). De fremhævede tal markerer hvor det naturlige vand overskrider de fastsatte grænseværdier for drikkevand. TMK = tilladt maksimal koncentration. 98%=98'ende percentil, hvormed menes at 98% af de målte koncentrationer ligger under den viste værdi (og dermed har 2% af prøverne større koncentrationer). De grønlandske prøver er analyseret med ICP-MS på Geological Survey of Canada.

Tallene viser, at kun få af komponenterne optræder i koncentrationer, der ligger omkring eller over de tilladte værdier. Det gælder de højeste koncentrationer af jern (Fe) og mangan (Mn) i en del af både finske og grønlandske prøver, aluminium (Al) i en del finske prøver, og aluminium og nikkel (Ni) i enkelte grønlandske prøver.

Hovedtræk af geologien omkring de grønlandske byer



Figur 1. Stærkt forenklet geologisk kort over Grønland

Hovedparten af Grønland består af såkaldt grundfjeld, dvs. geologiske formationer, der har været gennem en eller flere perioder med jordskorpebevægelser medførende bjergkædedannelser og indtrængen af magmaer. Erosion og landhævninger har resulteret i, at grundfjeldet nu fremtræder som et kompleks af foldede magmatiske og sedimentære bjergarter, der har undergået metamorfose og er blevet krystallinske, dvs. hårde, erosionsbestandige og med lav porøsitet og permeabilitet. Det meste af grundfjeldet er mellem 3,8 og 1,5 milliarder år gammelt. Det domineres af bjergarten ortognejs, her blot benævnt gnejs, som er en metamorfoseret udgave af bjergarter dannet ved størkning af magma, men det omfatter også indslag af suprakrustaler, dvs. metamorfoserede sedimenter og vulkanske formationer. Mange steder i grundfjeldet ses mørke gange, doleritgange, dannet ved indtrængen af basisk magma.

De fleste byer ligger i områder med grundfjeld, men omkring Narsaq, Qeqertarsuaq og Qaanaaq findes geologiske formationer, som ikke tilhører grundfjeldet. Ved Narsaq er der tale om ca. 1,2 milliarder år gamle basiske til sure, natrium- og kaliumrige magmabjergarter, både vulkanske lavaer og bjergarter, som er størknet på dybet. Ved Qeqertarsuaq er det ca. 50 millioner år gamle vulkanske formationer, basalt-lava og tuf, og ved Qaanaaq er det ca. 1,2 milliarder år gamle sandsten. Fælles for de yngre formationer er, at de har ringere grad af sammenhængskraft end grundfjeld, hvilket medfører, at de forvitrer og nedbrydes hurtigere. De har som regel også større porøsitet og permeabilitet.

Geologisk og geokemisk karakterisering af grønlandske vandressourcer

Vurderingsmaterialet

Geologiske kort

Den geologiske kortlægning af Grønland varetages af GEUS (før 1995 af Grønlands Geologiske Undersøgelse, GGU). Kortlægningen udføres primært i skalaerne 1:500 000 og 1:100 000 i faste serier. Kortlægningen i førstnævnte skala er næsten afsluttet (de sidste kortblade er under udgivelse), mens dækningen i 1:100 000 er langt mindre fremskredet. De geologiske kortudsnit i denne rapport stammer dels fra udgivne kort, dels fra manuskriptkort fra GEUS' kortarkiv. Kortene viser udbredelsen af de dominerende bjergartsformationer i og uden for vandressourceoplandene. Ved vurderingen af de geologiske data må der tages forbehold for eventuelle små formationer eller tektoniske svaghedszoner, der ikke er kortlagte, og som kan bidrage til vandressourcernes kemiske sammensætning. I beskrivelsen af de geologiske forhold støtter forfatteren sig desuden på egen og kollegers viden om disse.

Bæksedimentanalyser og ledningsevne målinger af bækvand

GEUS udfører geokemisk kortlægning af Grønland ved hjælp af analysedata fra bæksedimentprøver indsamlet systematisk med en tæthed på 1 prøve per 20 til 30 km². I Sydgrønland er prøvetætheden noget højere, gennemsnitligt 1 prøve per 5 til 6 km². GEUS har i 2001 udgivet et atlas for Vest- og Sydgrønland med geokemiske kort for 43 hoved- og sporgrundstoffer

(Steenfelt 2001). Bæksedimentprøverne er blevet sigtet, og kornstørrelsesfraktionen under 0,1 mm er analyseret for en lang række grundstoffer, hvilket har involveret flere analysemetoder (se Steenfelt 1999). Der har ikke altid været prøvemateriale til at alle slags analyser, hvilket ses i tabellerne R3 til R18, hvor analyseresultater vedrørende de stoffer, som er omfattet af EU-direktivet er opført. Der er bæksedimentdata i nærheden af de fleste byer, hvilket fremgår af tabellerne og af kortudsnittene (Fig. P3 til P18) med prøvelokaliteter. Undtagelser er Ittoqqortoormiit og Tasiilaq.

Der er målt ledningsevne på vandprøver indsamlet på bæksedimentlokaliteter under den geokemiske kortlægning af Vest- og Sydgrønland. I områder omkring Kangerlussuaq, hvor det topografiske relief er ringe, er der mange småsøer og meget få bække. Sediment- og vandprøver er i stedet samlet ved bredden af nogle af småsøerne, og det er konstateret, at ledningsevnen i vandet fra disse søer er på samme niveau som i de omkringliggende bække. Der skal gøres opmærksom på, at mængden af opløst stof, og dermed ledningsevnen, varierer med årstiden. Erfaringsmæssigt er den større, når vandføringen er lille, f. eks. om vinteren. De målte ledningsevner er derfor kun vejledende, men de giver en god ide om størrelsesordenen og en mulighed for at sammenligne forholdene byerne imellem. I vandprøverne fra Sydgrønland er der desuden målt koncentrationen af uran, men ikke af deres radioaktivitet.

Bjergartsanalyser

GEUS' database over kemiske analyser omfatter også bjergartsprøver indsamlet i Grønland og analyseret som led i arbejdet med geologisk kortlægning og malmeftersøgning. De opførte analyser er udtrukket fra databasen.

Generelle betragtninger

I Tabel 4 (side 13) er der givet en summarisk karakteristik af hvert af vandressourceoplandene med hensyn til dominerende geologisk formation bedømt fra geologiske kort, geokemisk karakter af denne formation bedømt fra eksisterende analyser og generel viden, samt bjergformationernes forventede vandopløselighed bedømt ud fra formationens kornstørrelse, forvitringbestandighed og porøsitet. De målte ledningsevner for bækvand er summarisk gengivet for de områder, hvor målinger er foretaget.

| Vandressource | Dominerende bjergart i oplandet | Målt ledningsevne, sommer ¹ | Forventet koncentration af opløst stof | Forventet eller målt surhedsgrad ² |
|------------------|---------------------------------|--|--|---|
| | | µS/cm | | |
| Ittoqqortoormiit | gnejs | | lav | svagt sur |
| Tasiilaq | diorit | | lav | neutral |
| Nanortalik | metasediment | 50-100 | middel | *sur |
| Qaqortoq | granit | 50-100 | middel | *svagt sur |
| Narsaq | syenit | 50-100 | middel | *basisk |
| Paamiut | gnejs | < 50 | lav | svagt sur |
| Nuuk | gnejs | < 50 | lav | svagt sur |
| Maniitsoq | gnejs+dolerit | < 50 | lav | svagt sur |
| Sisimiut | gnejs+amfibolit | < 50 | lav | neutral |
| Kangerlussuaq | gnejs+amfibolit | < 50 | lav | neutral |
| Kangaatsiaq | gnejs | < 25 | lav | svagt sur |
| Aasiaat | gnejs | 50-100 | middel | svagt sur |
| Qasigiannugit | gnejs | < 50 | lav | svagt sur |
| Qeqertarsuaq | basalt+gnejs | | middel | basisk |
| Ilulissat | gnejs | < 25 | lav | svagt sur |
| Uummannaq | gnejs | | lav | svagt sur |
| Upernavik | gnejs | < 50 | lav | svagt sur |
| Qaanaaq | sedimenter | | lav | neutral |

¹Ledningsevnen varierer i løbet af året.

²Sur: pH<6,5; svagt sur: 6,5<pH<6,8; neutral: 6,8<pH<7,2; basisk: pH>7,2.

*Målinger af pH foretaget 1979 i bække og elve (Olesen 1984).

Tabel 4. *Generel geologisk og geokemisk beskrivelse af grønlandske byers vandressource-oplande.*

Tabel 5 (side 14) viser kemien af finske vandløb sat i relation til geologiske forhold, og denne kan bruges til sammenligning og yderligere grundlag for at forudsige vandkvaliteten i de grønlandske vandressourcer. Generelt kan det udtrykkes, som følger. Reservoirer med oplande beliggende i gnejs vil have relativt små mængder af opløst stof (lav ledningsevne), og vandet vil være relativt surt. Som led i den geokemiske kortlægning af Sydgrønland (Armour-Brown *et al.* 1982), er der i 1979 foretaget pH-målinger på over 2000 vandløb (Olesen 1984). Resultatet viste at pH varierede fra 4,7 til 8,2, men var typisk omkring 6,5 i områder med gnejs og granit. I Finland er pH under 6 i gnejsområder, men det er tænkeligt, at sur regn og nåletræsvegetation forårsager, at vandet bliver surere i Finland end i Grønland over samme type af bjergarter. Det skønnes derfor, at pH vil være mellem 6 og 7 i grønlandske vandressourcer beliggende i gnejsområder. Ressourcer i områder domineret af suprakrustale bjergarter forventes at have relativt mere opløst stof (højere ledningsevne) og svagt surt til neutralt vand (pH lidt under 7), afhængig af mængden af basiske indslag i suprakrustalerne. Vandressourcer, hvis oplande er domineret af basiske formationer (karbonater, umetamorfoseret basalt, alkaline bjergarter m.m.), forventes at have højeste grad af opløselighed og indeholde relativt basisk vand (pH 7,2 til 7,5).

| | Enhed | Gnejs | Rapakivi granit | Lyse sk. | Mørke sk. |
|--|---------|-------------|--------------------|-------------|-------------|
| n (nitrogen) | | 596 | 14 | 230 | 59 |
| pH (surdhedsgrad) | | 5,75 | 5,87 | 5,95 | 6,37 |
| EC (ledningsevne) | µS/cm | 32 | 34 | 47 | 55 |
| Alkalinitet | mmol/l | 0,16 | 0,21 | 0,21 | 0,39 |
| Farve | mg Pt/l | 90 | 65 | 70 | 60 |
| SO ₄ ²⁻ (sulfat) | mg/l | 2,3 | 6 | 3,4 | 3,5 |
| Cl ⁻ (klorid) | mg/l | 1 | 1,9 | 4,5 | 0,7 |
| F ⁻ (fluorid) | mg/l | 0,06 | 0,96 | 0,07 | 0,03 |
| SiO ₂ (silicium) | mg/l | 6,9 | 5,1 | 6,55 | 7,8 |
| Ca (kalcium) | mg/l | 2,97 | 5,37 | 4,47 | 6,22 |
| Mg (magnesium) | mg/l | 1,11 | 1,32 | 1,51 | 1,7 |
| Na (natrium) | mg/l | 1,84 | 2,91 | 2,09 | 1,84 |
| K (kalium) | mg/l | 0,48 | 1,02 | 0,45 | 0,56 |
| Fe (jern) | mg/l | 0,71 | 0,55 | 0,63 | 0,56 |
| Al (aluminium) | µg/l | 0,11 | 0,12 | 0,07 | 0,03 |
| Mn (mangan) | µg/l | 25 | 30 | 24 | 19 |
| Zn (zink) | µg/l | 3,4 | 3,6 | 3,3 | 2 |
| Cr (krom) | µg/l | 0,52 | 0,32 | 0,43 | 0,45 |
| Co (kobolt) | µg/l | 0,15 | 0,11 | 0,15 | 0,1 |
| V (vanadium) | µg/l | 0,5 | 0,33 | 0,41 | 0,37 |
| Mo (molybdæn) | µg/l | 0,13 | 0,35 | 0,15 | 0,13 |
| As (arsen) | µg/l | 0,3 | 0,55 | 0,28 | 0,3 |
| B (bor) | µg/l | 2,04 | 5,11 | 2,56 | 1,83 |
| U (uran) | µg/l | 0,06 | 0,16 | 0,05 | 0,06 |

Tabel 5. *Sammenhængen mellem geologi og vandkvalitet i Finland. Fra Lahermo et al. (1996). sk=suprakrustaler; Rapakivi er en speciel type granit rig på bl. a. kalium, aluminium og fluor; EC=ledningsevne; n= antal prøver. Fremhævede tal viser hvor værdierne overskrider EU-direktivets grænseværdier.*

Vurdering af de enkelte byers vandressourcer

Geologisk terminologi

I gennemgangen af de geologiske forhold omkring byerne er der anvendt nogle geologiske termer, som forklares her:

intrusiver: magmaer, som er trængt op i jordskorpen, men som er størknet under jordoverfladen, f. eks. granit (sur), syenit (alkalin), gabbro (basisk).

dolerit: mørk basisk vulkansk bjergart, som optræder i gange

granit: lys, silicium-rig bjergart dannet ved størkning af magma

pegmatit: lys, grovkrystallinsk, silicium-rig bjergart, som optræder i gange.

metamorfose: omdannelse, rekrySTALLISATION, som foregår, når bjergartsformationer bliver pres-set ned i jordskorpen under bjergkædefoldninger.

gnejs: metamorfoseret lys bjergart af magmatisk eller sedimentær oprindelse

suprakrustaler: metamorfoserede formationer oprindeligt aflejret på jordoverfladen, dvs. blander af sedimenter og vulkanske dannelser aflejret i havet eller på land.

metasediment: metamorfoseret sedimentær aflejring

amfibolit: metamorfoseret mørk basisk bjergart af vulkansk oprindelse

For hver by er der vist de fundne analyseresultater for prøver af bæksedimenter, bjergarter og bækvand samlet inden for eller i omegnen af vandressourceoplandene som led i GEUS' geokemiske og geologiske kortlægning. Desuden er der et geologisk kort og et prøvelokalitetskort. Byerne er nummereret og tabeller med resultater (R3 til R18) og figurer (geologiske kort, G1 til G18, og prøvekort, P3 til P18) har samme nummer som byen. Vandressourceoplandenes omrids, som de er vist på begge typer af kort, er omtrentlige og forenkede.

I tabellerne R3 til R18 er der, udover grundstoffer, som er nævnt i direktivet, medtaget alle hovedgrundstoffer (udtrykt som oxider og angivet i %) samt uran. Mængdeforholdene af hovedgrundstofferne siger noget om surhedsgrad og alkalinitet. Et højt indhold af silicium (SiO_2) indikerer, at en bjergart er sur, højt indhold af calcium (CaO), at den er basisk, mens højt indhold af natrium (Na_2O) eller kalium (K_2O) indikerer, at bjergarten er alkalisk. Glødetab bestemmes, når prøvematerialet bliver smeltet som led i analysen for hovedgrundstoffer ved hjælp af røntgenfluorescens-metoden. Glødetabet er, generelt betragtet, et mål for prøvens indhold af organisk materiale. Sporelementkoncentrationer er bestemt under anvendelse af en eller flere af følgende metoder: røntgenfluorescens spektrometri, neutronaktivering, atom absorptions spektrometri. Nærmere oplysninger om analysemetoderne kan findes i Steenfelt (1999, 2001).

EU's drikkevandsdirektiv indeholder ingen grænseværdier for uran. Reimann *et al.* (1998) citerer en kanadisk informationskilde for en grænseværdi for uran i drikkevand på 20 $\mu\text{g/l}$, og en amerikansk informationskilde for en grænse på 100 $\mu\text{g/l}$. De målte værdier af uranindhold i bækvand er maksimalt op imod 1 $\mu\text{g/l}$, og ligger dermed betydeligt under de nævnte grænseværdier. GEUS har ingen oplysninger om radioaktiviteten af bækvand eller søvand.

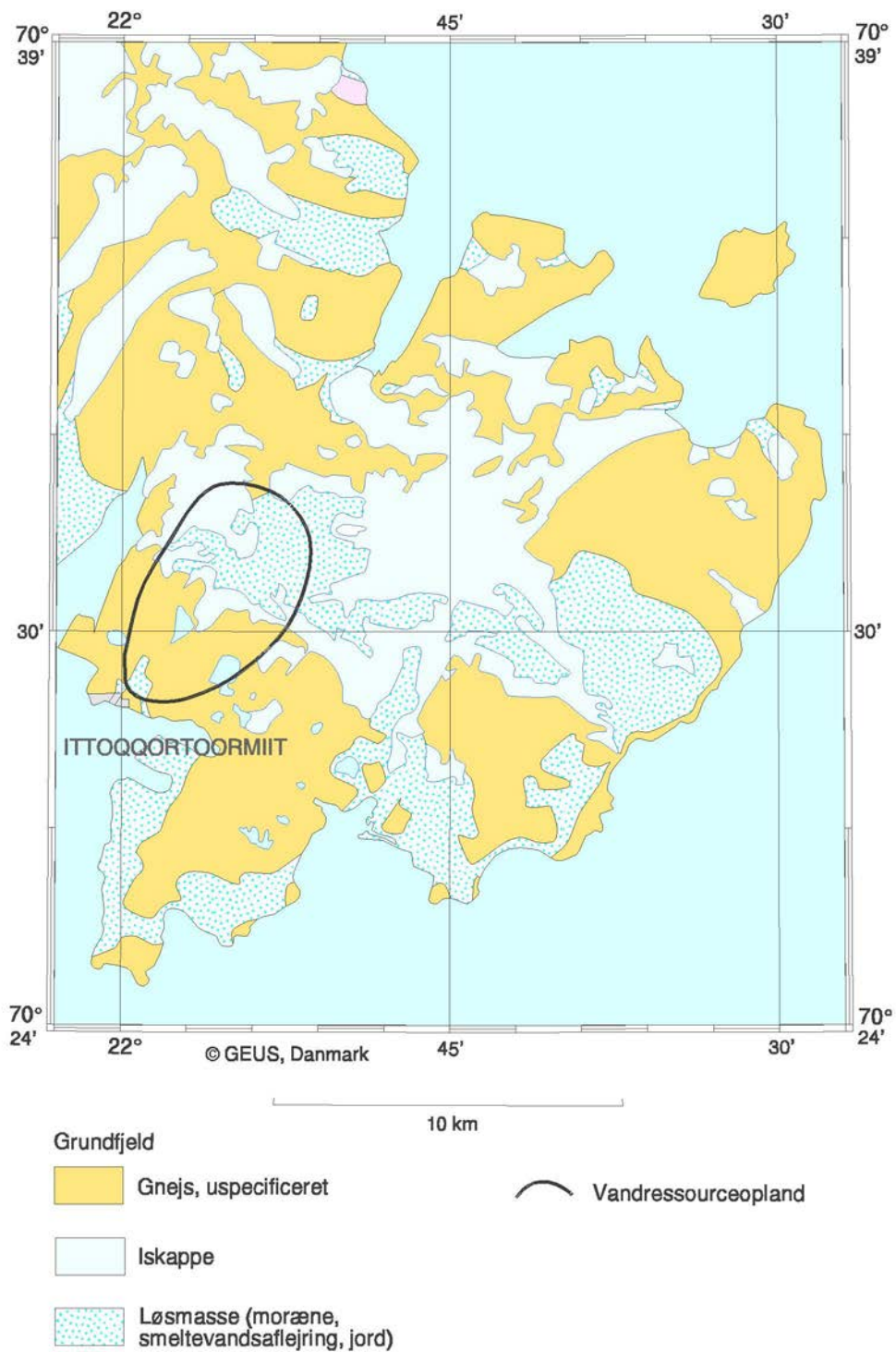
Ittoqqortoormiit (1)

Geologisk-geokemiske forhold: Hovedbjergarten er silicium-rig gnejs. Der er en del løsmasse-aflejringer, som formodes at bestå af nedbrudt gnejs eventuelt tilsat istransporteret materiale fra egnen vest for byen. Geologien lige vest for Ittoqqortoormiit omfatter bjergarter med lignende kemiske sammensætninger som gnejsen, og bidrag fra disse forventes ikke at kunne ændre vurderingen af kvaliteten af vandressourcen. Der er ikke samlet bæksedimenter i denne del af Grønland, og der er ikke udført kemisk analyse af gnejsen.

Forventet kvalitet af byens råvand: Det forventes, at vandet i bække og søer har pH mellem 6,5 og 6,8, at mængden af opløst stof er lille (ledningsevnen er lav), og at der ikke vil være indhold af uønskede eller toksiske stoffer i koncentrationer, der kommer i nærheden af de tilladte værdier ifølge EU direktivet.

Anbefaling til løbende analytisk kontrol: pH, ledningsevne.

Vandressourceopland - ITTOQQORTOORMIIT



Figur G1. *Geologien omkring Ittoqqortoormiit.*

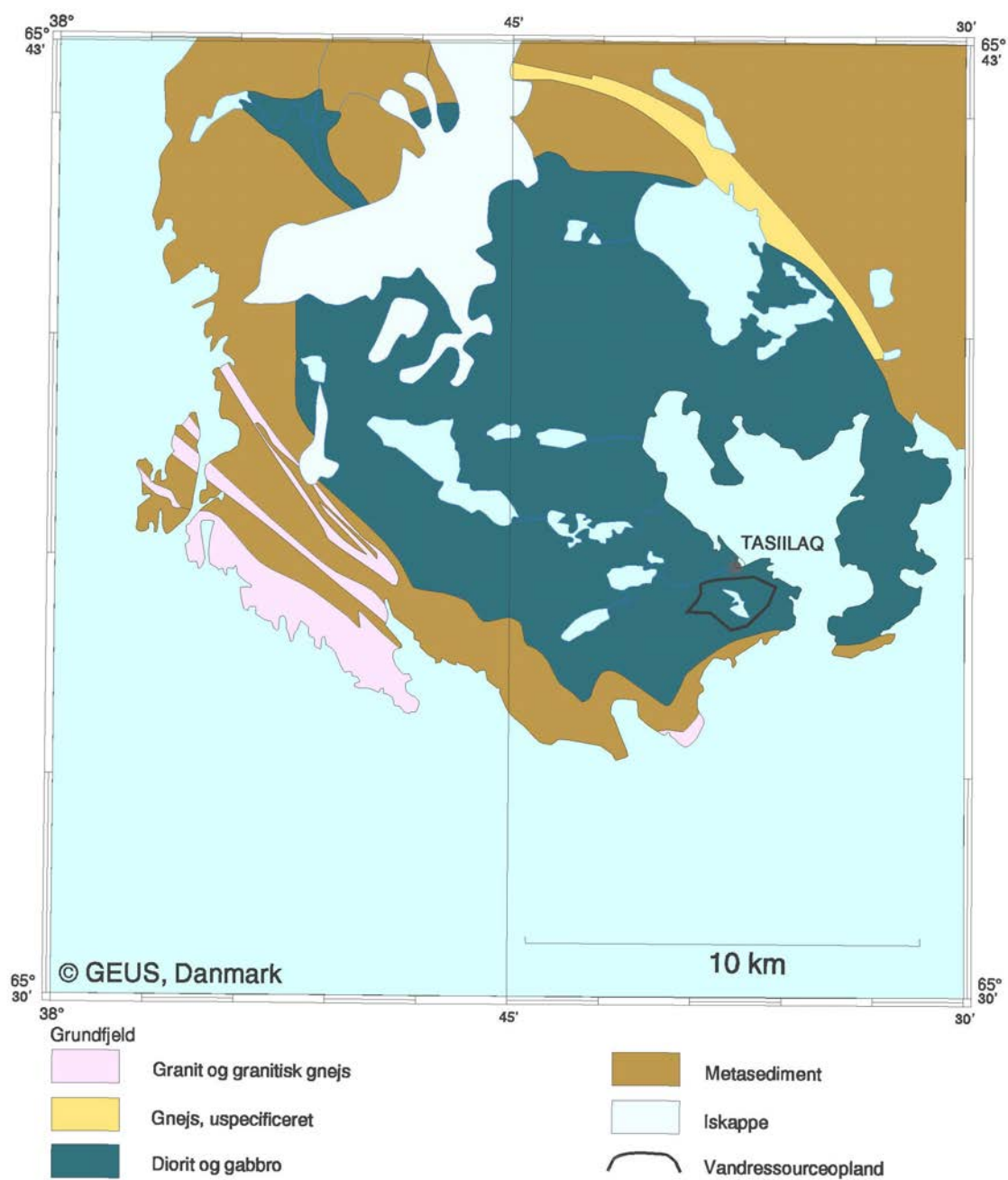
Tasiilaq (2)

Geologisk-geokemiske forhold: Hovedbjergarten omkring vandreservoiret er diorit, en slags gnejs, der er mørkere og mere basisk end den dominerende gnejs i grundfjeldet. GEUS har ingen analyser af dioritten, og der er ingen bæksedimentdata fra dette område.

Forventet kvalitet af byens råvand: Det skønnes, at ledningsevnen for vandet er lav, og at vandet har pH nær 7. Vandressourcens koncentrationer af uønskede og toksiske stoffer ventes at ligge under de grænser, der er sat i EU's drikkevandsdirektiv.

Anbefaling til løbende analytisk kontrol: pH, ledningsevne.

Vandressourceopland - TASIILAQ



Figur G2. *Geologien omkring Tasiilaq.*

Nanortalik (3)

Geologisk-geokemiske forhold: Den dominerende bjergartsformation er metasediment. Kemien af bæksedimenter fra lokaliteter beliggende udenfor vandressourceoplandet, men i samme geologiske formation viser, at der indenfor formationen kan optræde zoner, som er beriget i jern, arsen og/eller uran. Der er kendte jernsulfidforekomster på den nærliggende ø Sermer-sooq, og der kan være lignende forekomster inden for Nanortaliks vandressourceopland, som ikke er kortlagt. Der er målt ledningsevne og pH samt koncentration af uran i vandprøver taget på bæksedimentlokaliteter. De viser relativt surt vand med middelhøj ledningsevne. Nogle af de målte pH værdier er lidt lavere end den minimumværdi på 6,5, som drikkevandsdirektivet angiver.

Forventet kvalitet af byens råvand: Vand med en del opløste stoffer, med risiko for at pH kan være lidt under 6,5, og at koncentrationen af jern kan være lidt over 200 µg/l.

Anbefaling til løbende analytisk kontrol: pH, ledningsevne. Hvis ledningsevnen i vandreservoirret er væsentligt højere end de målte værdier i bækkene fra området (Tabel R3) må det yderligere anbefales at analysere drikkevandet for sulfat (SO₄²⁻), jern (Fe), arsen (As).

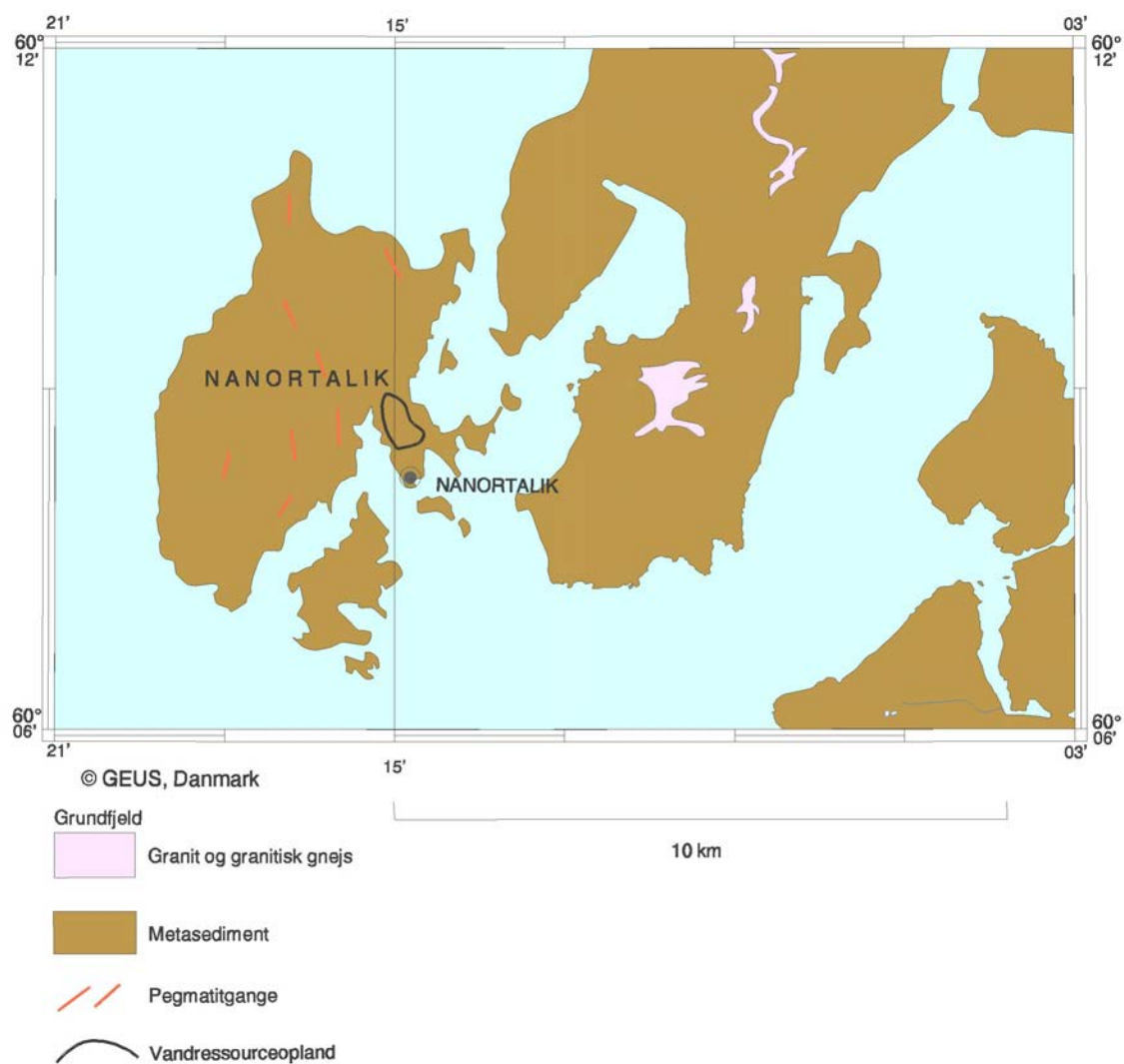
Nanortalik

| GEUS-nr. | SiO ₂ | TiO ₂ | Al ₂ O ₃ | FeO | Fe ₂ O ₃ | MnO | MgO | CaO | Na ₂ O | K ₂ O | P ₂ O ₅ | glødetab |
|----------|------------------|------------------|--------------------------------|-----|--------------------------------|------|------|------|-------------------|------------------|-------------------------------|----------|
| | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % |
| 281986 | 59,12 | 0,63 | 12,45 | | 4,61 | 0,09 | 2,16 | 4,24 | 2,44 | 1,91 | 0,18 | 11,79 |
| 281987 | | 0,68 | | | 5,28 | 0,03 | | 1,34 | | 1,36 | | |
| 281988 | | 0,80 | | | 6,18 | 0,05 | | 2,24 | | 2,08 | | |
| 281989 | | 0,75 | | | 5,73 | 0,05 | | 2,38 | | 1,92 | | |
| 282121 | | 0,70 | | | 6,99 | 0,05 | | 2,29 | | 1,66 | | |
| 282122 | | 0,82 | | | 18,31 | 0,07 | | 1,02 | | 1,26 | | |
| 282123 | | 1,00 | | | 9,36 | 0,10 | | 3,65 | | 1,79 | | |
| 282124 | | 0,60 | | | 7,81 | 0,05 | | 2,41 | | 0,96 | | |
| 282125 | | 1,55 | | | 8,22 | 0,13 | | 2,90 | | 1,46 | | |
| 282126 | | 0,65 | | | 9,94 | 0,06 | | 1,68 | | 1,90 | | |

| GEUS-nr. | As | Ba | Co | Cr | Cu | Ni | Pb | Sb | U | V | Zn | Vandprøver | | |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------|-----|------|
| | | | | | | | | | | | | EC | pH | U |
| | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | µS/cm | | µg/l |
| 281986 | 8 | 340 | 11 | 128 | 28 | 38 | | 0,5 | 6,2 | 111 | 86 | 42 | 6,6 | 0,27 |
| 281987 | | | | | 17 | 9 | 5 | | 31,7 | | 70 | 122 | 6,1 | 0,41 |
| 281988 | | | | | 18 | 31 | 11 | | 20,0 | | 77 | 60 | 6,4 | 0,36 |
| 281989 | 38 | 160 | 10 | 53 | 18 | 15 | 9 | 0,4 | 17,2 | | 84 | 61 | 6,4 | 0,38 |
| 282121 | | | | 0 | 19 | 15 | 12 | | 28,1 | | 65 | | | |
| 282122 | | | | 399 | 154 | 10 | 22 | | 63,4 | | 255 | | | |
| 282123 | 13 | 200 | 23 | 130 | 29 | 54 | 30 | 1,5 | 24,1 | | 80 | 74 | 6,4 | 0,14 |
| 282124 | | | | | 29 | 15 | 6 | | 32,0 | | 53 | 80 | 6,3 | 0,41 |
| 282125 | | | | | 21 | 33 | 35 | | 156,0 | | 123 | 78 | 6,6 | 0,78 |
| 282126 | 310 | 350 | 8 | 64 | 47 | 17 | 28 | <0,2 | 20,1 | | 169 | 73 | 6,5 | 0,19 |

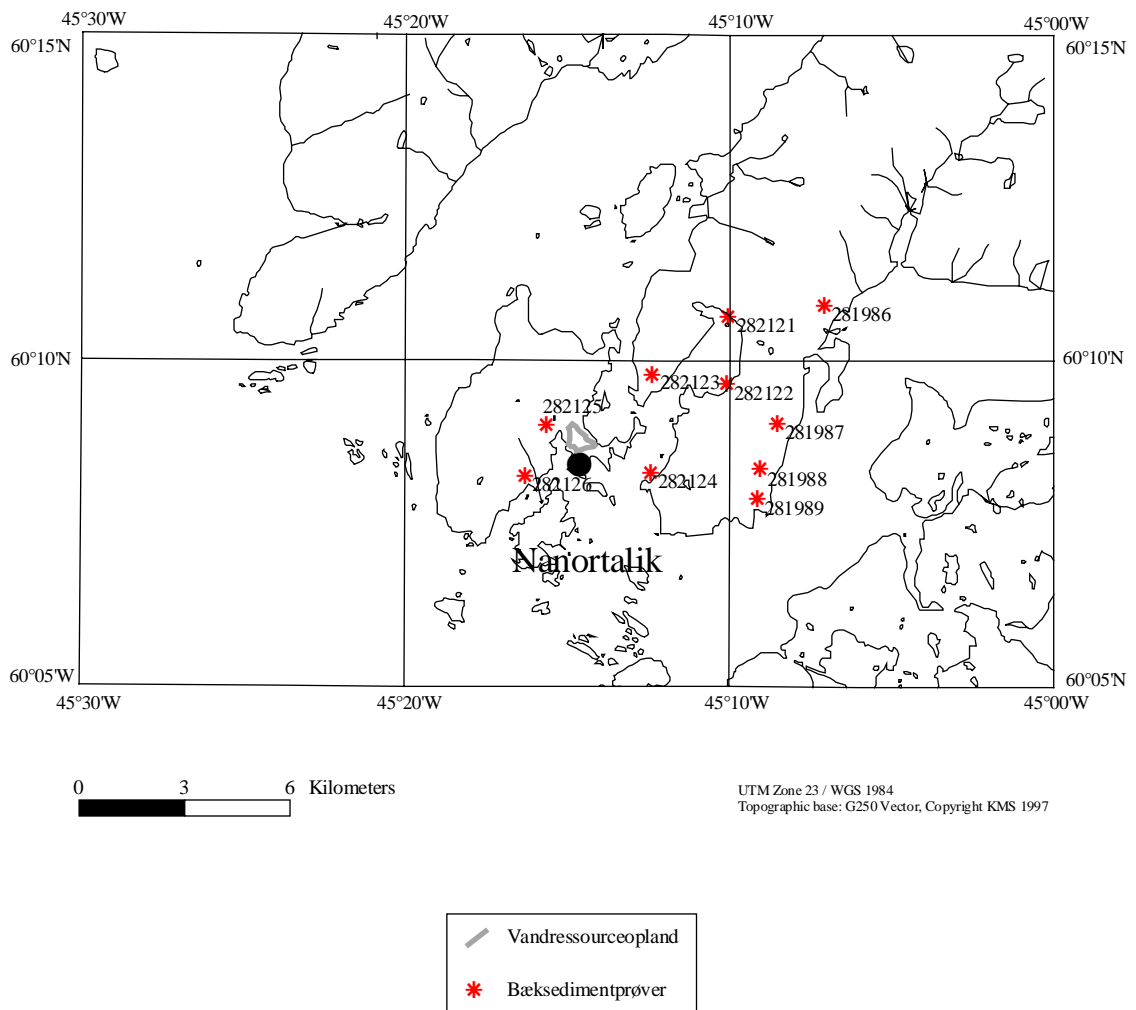
Tabel R3. Koncentration af hoved- og sporgrundstoffer i bæksedimenter ('X-ray fluorescence' og 'neutron activation' metoder) samt ledningsevne (EC), pH og urankoncentration i bækvand.

Vandressourceopland - NANORTALIK



Figur G3. *Geologien omkring Nanortalik.*

Vandressourceopland - NANORTALIK



Figur P3. Lokalteter for bæksedimenter i tabel R3.

Qaqortoq (4)

Geologisk-geokemiske forhold: Byen ligger i og omgivet af granit opkaldt efter byen, Julianehåbsgranit. Granitten indeholder en del små mørke basiske legemer og er gennemskåret af en mørk basiske dolerit gange, hvilket vil kunne påvirke vandet i basisk retning. Analyserne af bækvand, bæksedimenter og bjergartsprøver viser, at vandet i bækkene lige uden for vandressourceoplandet er svagt surt med middelhøj ledningsevne og lavt uranindhold. Prøven 289533 er en Julianehåbsgranit, mens prøven 110001 er en dolerit. Koncentrationerne af sporgrundstoffer er lave.

Forventet kvalitet af byens råvand: Vand med pH på 6,5 til 6,8, hvori det skønnes, at koncentrationerne af opløste stoffer i vandressourcen er under alle grænseværdier angivet i EU's drikkevandsdirektiv.

Anbefaling til løbende analytisk kontrol: pH, ledningsevne.

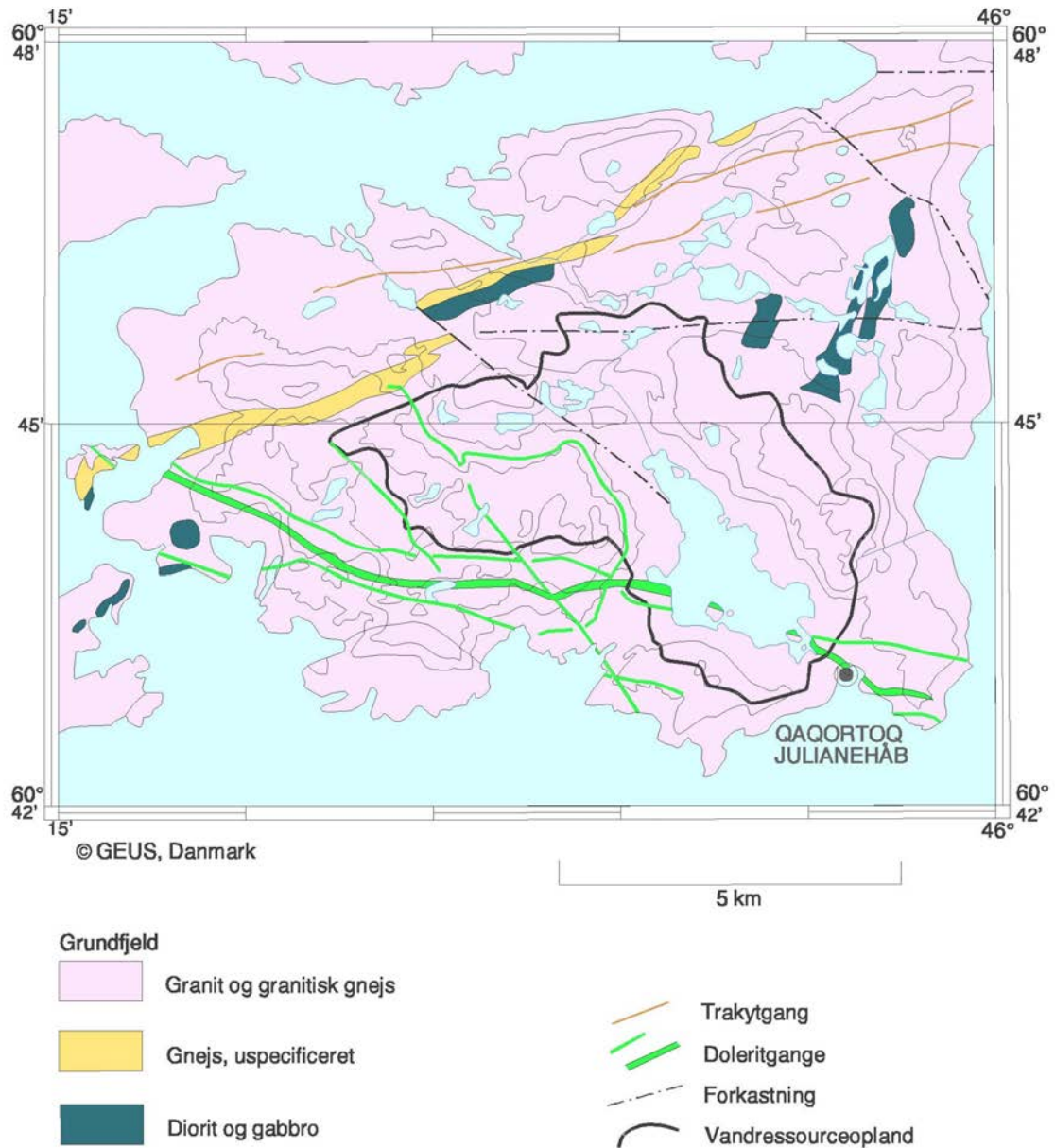
Qaqortoq

| GEUS-nr. | SiO ₂ | TiO ₂ | Al ₂ O ₃ | FeO | Fe ₂ O ₃ | MnO | MgO | CaO | Na ₂ O | K ₂ O | P ₂ O ₅ | glødetab |
|----------|------------------|------------------|--------------------------------|------|--------------------------------|------|------|------|-------------------|------------------|-------------------------------|----------|
| | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % |
| 280793 | 61,39 | 0,74 | 13,36 | | 5,60 | 0,11 | 0,89 | 2,01 | 3,87 | 3,29 | 0,27 | 7,90 |
| 280794 | | | | | | | | | | | | |
| 280795 | 54,31 | 0,92 | 13,56 | | 6,80 | 0,14 | 2,12 | 2,83 | 3,33 | 2,65 | 0,39 | 12,20 |
| 280796 | | | | | | | | | | | | |
| 281639 | 49,17 | 0,66 | 12,37 | | 6,16 | 0,14 | 1,48 | 2,64 | 3,03 | 2,64 | 0,45 | 20,18 |
| | | | | | | | | | | | | |
| 289533 | 68,31 | 0,40 | 15,24 | | 3,61 | 0,07 | 1,33 | 3,26 | 3,89 | 3,63 | 0,16 | 0,38 |
| 110001 | 46,43 | 3,24 | 14,30 | 6,17 | 7,29 | 0,22 | 5,64 | 9,23 | 3,10 | 1,35 | 0,670 | 1,82 |

| GEUS-nr. | | | | | | | | | | | | Vandprøver | | |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------|-----|------|
| | As | Ba | Co | Cr | Cu | Ni | Pb | Sb | U | V | Zn | EC | pH | U |
| | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | µS/cm | | µg/l |
| 280793 | 4 | 730 | 8 | 18 | 16 | 20 | 19 | 0,5 | 12,3 | 28 | 138 | 72 | 6,7 | 0,15 |
| 280794 | 8 | 560 | 39 | 47 | | | 24 | 0,4 | 22,8 | | | 71 | 6,6 | 0,09 |
| 280795 | 8 | 830 | 22 | 75 | 73 | 39 | 11 | 1,1 | 12,4 | 64 | 95 | 74 | 6,5 | 0,1 |
| 280796 | 2 | 620 | 57 | 40 | | | 19 | 0,4 | 24,9 | | | 77 | 6,6 | 0,01 |
| 281639 | <2 | 380 | 13 | 33 | 43 | 25 | 14 | <0,2 | 15,8 | 57 | 114 | 126 | 6,7 | 0,3 |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| 289533 | <2 | 994 | 9 | 64 | 2 | 8 | 23 | 0,3 | 6,2 | 52 | 54 | | | |
| 110001 | | 802 | | 43 | 56 | 32 | | | | 332 | 134 | | | |

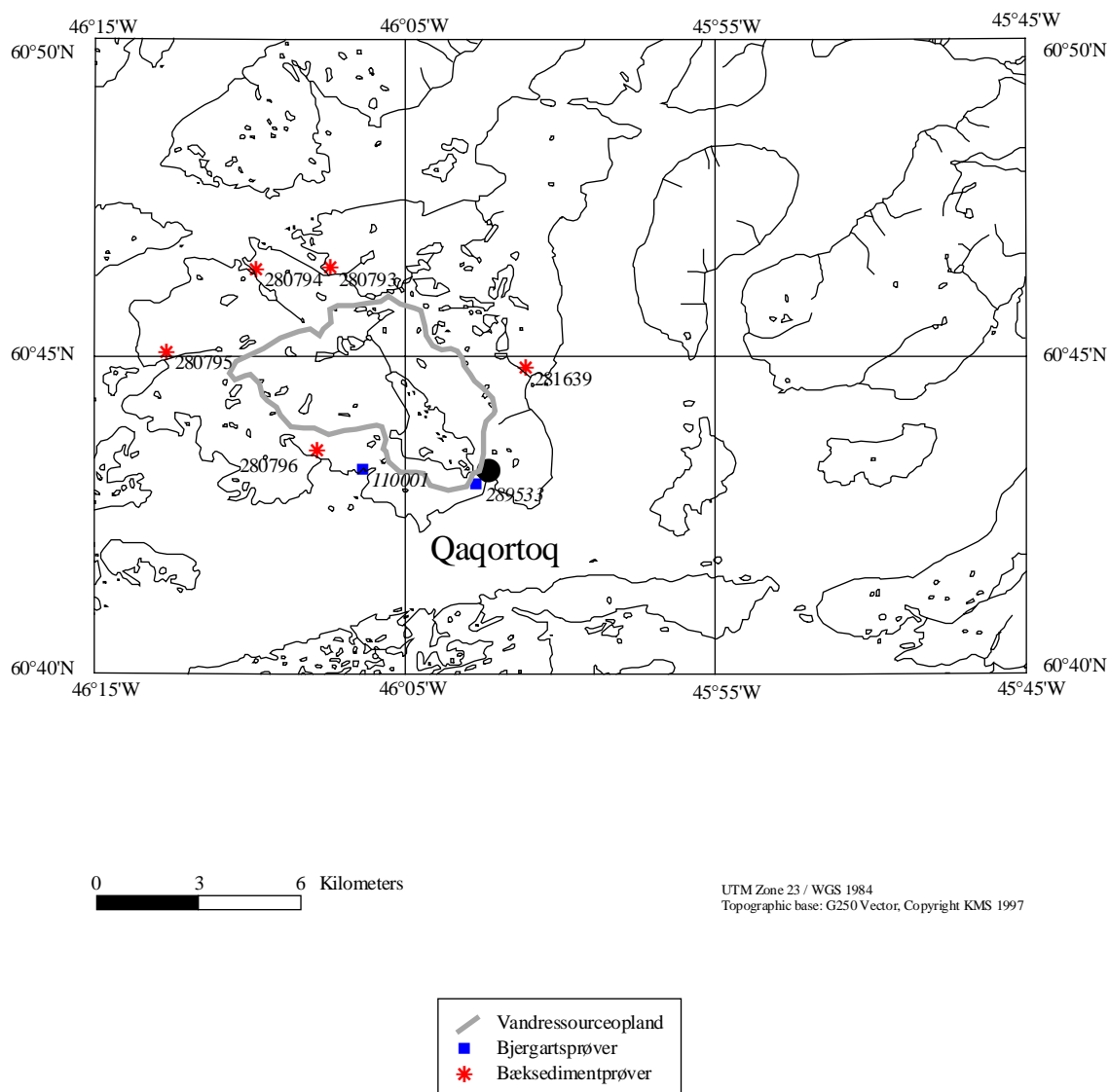
Tabel R4. Koncentration af hoved- og sporgrundstoffer i bæksedimenter, bjergarter (i kursiv) samt ledningsevne (EC), pH og urankoncentration i bækvand.

Vandressourceopland - QAQORTOQ



Figur G4. Geologien omkring Qaqortoq.

Vandressourceopland - QAQORTOQ



Figur P4. Lokalteter for bæksedimenter og bjergarter i tabel R4.

Narsaq (5)

Geologisk-geokemiske forhold: Byens samlede vandressourceoplande (dvs. inklusiv Taseq) er beliggende i et kompliceret geologisk område med kemisk meget forskellige bjergarter, lige fra ultrabasiske (meget basiske), over basiske til alkaline (rige på natrium og kalium) og sure bjergarter. De basiske (inklusive alkaline) bjergarter dominerer, hvilket illustreres af bæksedimenterne, der har lave indhold af silicium og høje indhold af natrium og kalium (tabel R5 side 27). Også jernindholdet er ret højt i både bjergarter og bæksedimenter. Blandt sporgrundstofferne bemærkes høje indhold af uran og zink, mens andre grundstoffer såsom kobber, krom og nikkel er lave. Dominansen af basiske bjergarter medfører, at de indsamlede og undersøgte vandprøver har svagt basisk karakter. Ledningsevnerne er middelhøje, som forventet. De specielle bjergarter omkring Taseq betegnes nefelinsyenitter. De er sjældne og er karakteriseret af høje koncentrationer af mange sporgrundstoffer såsom beryllium, litium, klor, fluor, natrium, kalium, mangan, niob, uran, thorium, zink og zirkonium. Den vestlige del af vandressourceoplandet ligger i basalt og gabbro, som har lave koncentrationer af ovennævnte grundstoffer.

Forventet kvalitet af byens råvand: Vand med pH lidt over 7, og en del opløste stoffer. Det kan ikke forudsiges med sikkerhed, om de høje koncentrationer af grundstofferne i de letnedbrydelige alkaline bjergarter vil medføre, at vandet i Taseq og elvene vest kan have høje koncentrationer af stoffer som klorid, fluorid, jern, mangan, arsen, antimon, bly, uran, zink, cadmium, og beryllium.

Anbefaling til løbende analytisk kontrol: pH, ledningsevne, fluorid. Det anbefales, at der foretages analyser, som mindst inkluderer målinger af ovennævnte komponenter og grundstoffer. Hvis det viser sig, at der er grundstofkoncentrationer i nærheden af eller over grænseværdierne i EU' drikkevandsdirektiv, bør drikkevandet naturligvis også kontrolleres løbende for disse stoffer. Selv om bækkene i det bynære ressourceopland løber i bjergarter med lavere koncentrationer af ovennævnte komponenter end området omkring Taseq, anbefales en analyse for disse komponenter. Der kunne være en underjordisk forbindelse mellem vandreservoarerne, eller underjordiske forekomster af de samme nefelinsyenitter nærmere Narsaq.

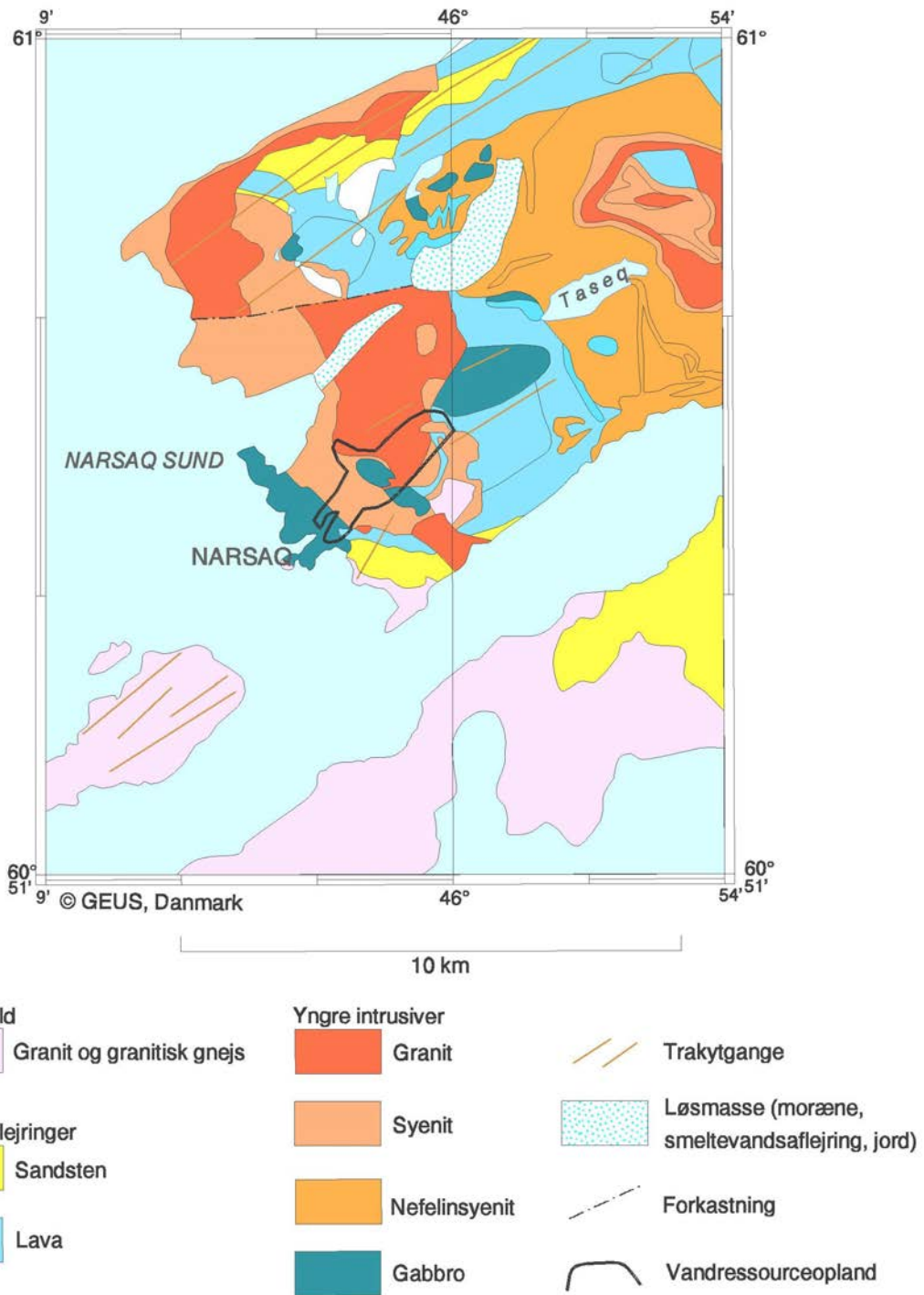
Narsaq

| GEUS-nr. | SiO ₂ | TiO ₂ | Al ₂ O ₃ | FeO | Fe ₂ O ₃ | MnO | MgO | CaO | Na ₂ O | K ₂ O | P ₂ O ₅ | glødetab |
|----------|------------------|------------------|--------------------------------|------|--------------------------------|------|------|-------|-------------------|------------------|-------------------------------|----------|
| | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % |
| 280931 | 61,85 | 1,03 | 13,79 | | 5,13 | 0,11 | 1,29 | 2,85 | 3,92 | 3,29 | 0,45 | 5,17 |
| 280932 | 51,78 | 1,16 | 14,39 | | 9,91 | 0,23 | 1,05 | 2,55 | 4,86 | 2,71 | 0,44 | 9,39 |
| 280935 | 44,67 | 0,74 | 18,68 | | 10,23 | 0,29 | 0,80 | 2,11 | 4,81 | 2,29 | 0,36 | 12,88 |
| 280938 | 56,18 | 0,93 | 14,27 | | 6,61 | 0,12 | 1,38 | 2,15 | 3,61 | 3,37 | 0,35 | 9,74 |
| 280945 | 48,78 | 0,99 | 14,87 | | 7,98 | 0,22 | 1,18 | 2,33 | 3,78 | 2,50 | 0,47 | 15,19 |
| 280947 | 45,81 | 0,91 | 15,70 | | 6,94 | 0,18 | 1,06 | 2,06 | 3,25 | 2,24 | 0,46 | 19,83 |
| 282186 | 47,63 | 0,78 | 17,18 | | 11,23 | 0,37 | 1,27 | 2,73 | 5,82 | 2,45 | 0,53 | 8,88 |
| 282189 | 49,02 | 0,84 | 16,61 | | 10,20 | 0,32 | 1,32 | 2,57 | 5,90 | 2,52 | 0,56 | 8,50 |
| 244145 | | 0,10 | | | 6,49 | 0,80 | | 0,11 | | 3,31 | | |
| 244146 | | 0,45 | | | 6,52 | 0,34 | | 0,36 | | 0,27 | | |
| 244150 | | 0,30 | | | 12,80 | 0,26 | | 0,56 | | 5,66 | | |
| 244154 | | 0,33 | | | 7,76 | 0,78 | | 0,99 | | 0,24 | | |
| 244155 | | 0,42 | | | 6,00 | 0,12 | | 0,36 | | 1,04 | | |
| 244156 | | 0,45 | | | 2,36 | 0,05 | | 0,69 | | 2,10 | | |
| 244158 | | 3,74 | | | 12,97 | 0,29 | | 12,37 | | 2,39 | | |
| 244159 | | 0,33 | | | 5,29 | 0,11 | | 0,41 | | 4,13 | | |
| 244162 | | 0,35 | | | 3,99 | 0,03 | | 0,42 | | 5,08 | | |
| 179921 | 72,78 | 0,44 | 10,70 | 1,53 | 4,39 | 0,09 | 0,09 | 0,61 | 3,11 | 4,49 | 0,02 | 0,97 |
| 219603 | 57,21 | 1,29 | 16,59 | 4,30 | 1,97 | 0,13 | 1,28 | 3,57 | 4,83 | 5,68 | 0,5 | 2,16 |

| GEUS-nr. | | | | | | | | | | | | Vandprøver | | |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------|-----|------|
| | As | Ba | Co | Cr | Cu | Ni | Pb | Sb | U | V | Zn | EC | pH | U |
| | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | µS/cm | | µg/l |
| 280931 | 2 | 673 | 8 | 2 | 18 | 21 | 9 | 0,8 | 6,4 | 20 | 104 | 127 | 7,4 | 0,32 |
| 280932 | 9 | 449 | 6 | 5 | 20 | 35 | 37 | 0,6 | 21,0 | 25 | 598 | 63 | 7,3 | 0,18 |
| 280935 | 25 | 442 | 8 | 12 | 17 | 48 | 12 | 1,5 | 63,0 | 24 | 1120 | | | |
| 280938 | 4 | 703 | 9 | 15 | 22 | 27 | 6 | 0,4 | 11,0 | 36 | 256 | 73 | 7,2 | 0,32 |
| 280945 | 7 | 504 | <5 | 8 | 20 | 34 | 25 | 0,5 | 49,0 | 26 | 924 | | | |
| 280947 | 21 | 434 | 10 | 7 | 25 | 42 | 46 | <0,2 | 86,0 | 28 | 635 | 68 | 7,1 | 0,48 |
| 282186 | <2 | | 13 | 71 | 15 | 64 | 34 | 2,3 | 49,0 | 46 | 1191 | 71 | 7,1 | 0,77 |
| 282189 | 19 | | 10 | 74 | 18 | 51 | 58 | 1,3 | 55,0 | 43 | 1116 | | | |
| 244145 | | | | 173 | 15 | 27 | 25 | | 19,2 | | 804 | | | |
| 244146 | | | | <50 | 26 | 33 | 55 | | 62,6 | | 1646 | | | |
| 244150 | | | | 225 | 97 | 63 | 125 | | 42,4 | | 420 | | | |
| 244154 | | | | 224 | 23 | 26 | 12 | | 112,0 | | 1880 | | | |
| 244155 | | | | <50 | 18 | 29 | 19 | | 17,0 | | 346 | | | |
| 244156 | | | | <50 | 10 | 44 | 58 | | 46,5 | | 911 | | | |
| 244158 | | | | 168 | 130 | 193 | 1336 | | 4,2 | | 703 | | | |
| 244159 | | | | <50 | 13 | 32 | 43 | | 9,2 | | 193 | | | |
| 244162 | | | | <50 | 22 | 40 | 43 | | 21,2 | | 147 | | | |
| 179921 | | 75 | | | | 3,2 | | | | 2 | | | | |
| 219603 | | 3530 | | | 9 | 1,9 | 6,7 | | | 15 | 76 | | | |

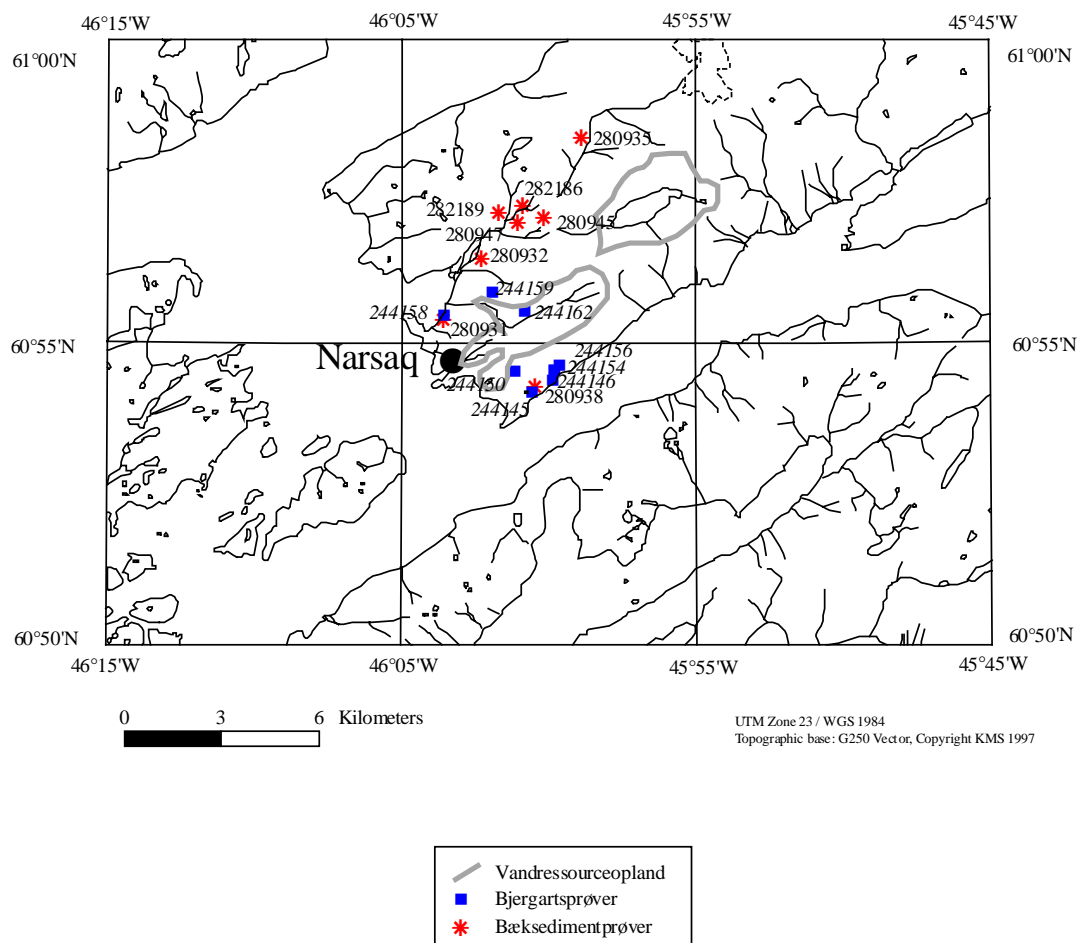
Tabel R5. Koncentration af hoved- og sporgrundstoffer i bæksedimenter, bjergarter (i kursiv) samt ledningsevne (EC), pH og urankoncentration i bækvand.

Vandressourceopland - NARSAQ



Figur G5. Geologien omkring Narsaq.

Vandressourceopland - NARSAQ



Figur P5. Lokalteter for bæksedimenter og bjergarter i tabel R5.

Paamiut (6)

Geologisk-geokemiske forhold: Byen og vandressourceoplandet er beliggende i gnejs. Bæk-sedimentprøver samlet i gnejsen omkring oplandet viser en kemisk sammensætning med relativt lave indhold af alle uønskede og potentielt skadelige stoffer, som defineret i EU's drikkevandsdirektiv.

Forventet kvalitet af byens råvand: Det forventes, at vandet vil have pH på 6,5 til 6,8, og at koncentrationerne af opløste stoffer i vandet vil være meget lave.

Anbefaling til løbende analytisk kontrol: pH, ledningsevne.

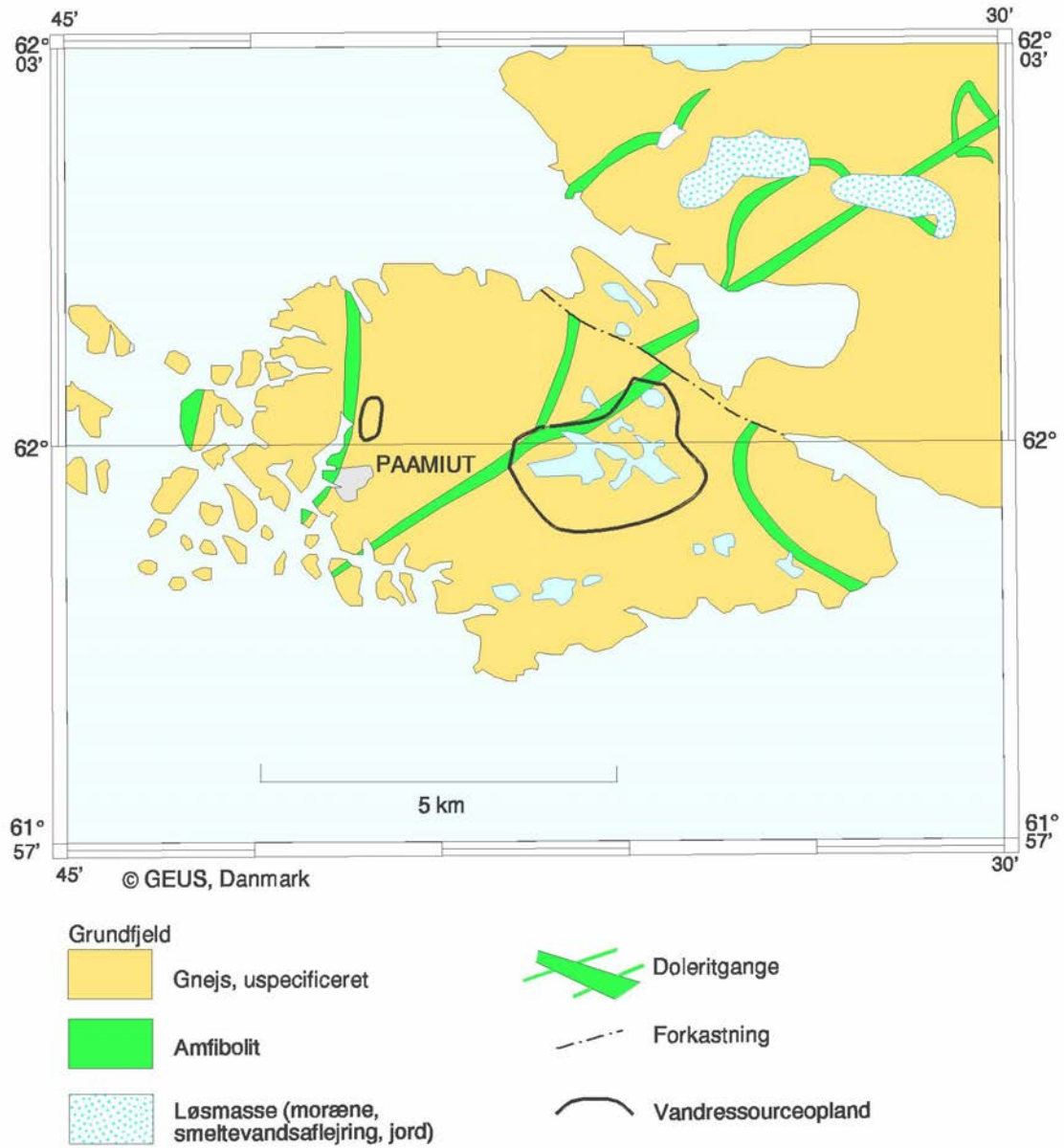
Paamiut

| GEUS-nr. | SiO ₂ | TiO ₂ | Al ₂ O ₃ | FeO | Fe ₂ O ₃ | MnO | MgO | CaO | Na ₂ O | K ₂ O | P ₂ O ₅ | glødetab |
|----------|------------------|------------------|--------------------------------|-----|--------------------------------|------|------|------|-------------------|------------------|-------------------------------|----------|
| | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % |
| 381471 | 65,97 | 0,70 | 12,90 | | 5,23 | 0,10 | 3,76 | 4,37 | 3,35 | 1,29 | 0,16 | 2,00 |
| 381472 | 67,95 | 0,46 | 13,51 | | 3,38 | 0,06 | 1,29 | 3,42 | 3,90 | 1,57 | 0,14 | 4,25 |
| 381497 | 57,79 | 0,79 | 13,21 | | 5,60 | 0,09 | 2,57 | 4,24 | 3,26 | 1,35 | 0,17 | 10,49 |
| 381690 | 65,66 | 0,73 | 13,85 | | 4,61 | 0,09 | 1,66 | 4,12 | 3,78 | 1,56 | 0,24 | 3,25 |
| 381691 | 59,14 | 0,66 | 13,08 | | 4,80 | 0,09 | 1,69 | 3,63 | 3,32 | 1,35 | 0,21 | 11,75 |

| GEUS-nr. | Vandprøver | | | | | | | | | | | EC | |
|----------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | As | Ba | Co | Cr | Cu | Ni | Pb | Sb | U | V | Zn | | |
| | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | µS/cm |
| 381471 | <2 | 318 | 32 | 284 | 22 | 125 | 7 | <0,2 | 1,3 | 102 | 36 | 21 | |
| 381472 | <2 | 465 | 16 | 106 | 17 | 21 | 11 | 0,3 | 0,8 | 81 | 24 | 20 | |
| 381497 | <2 | 361 | 18 | 126 | 62 | 43 | 17 | <0,2 | 2,4 | 111 | 53 | 16 | |
| 381690 | <2 | 420 | 17 | 94 | 25 | 23 | 16 | <0,2 | <0,1 | 95 | 40 | 29 | |
| 381691 | 2 | 396 | 22 | 107 | 27 | 33 | 9 | <0,2 | 2,7 | 87 | 43 | 24 | |

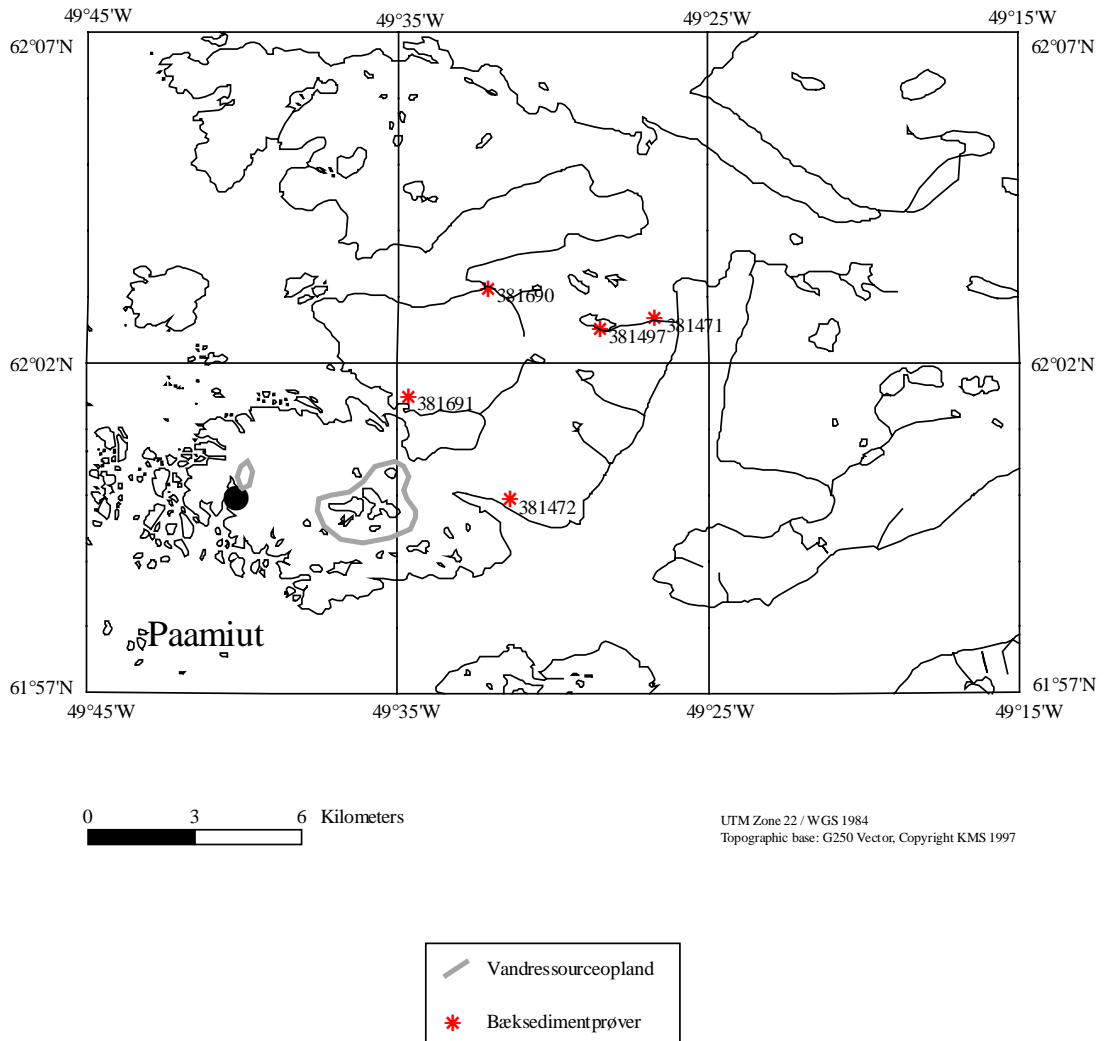
Tabel R6. Koncentration af hoved- og sporgrundstoffer i bæksedimenter ('X-ray fluorescence' og 'neutron activation' metoder) samt ledningsevne (EC) i bækvand.

Vandressourceopland - PAAMIUT



Figur G6. *Geologien omkring Paamiut.*

Vandressourceopland - PAAMIUT



Figur P6. Lokalteter for bæksedimenter i tabel R6.

Nuuk (7)

Geologisk-geokemiske forhold: Den dominerende bjergart i oplandene for Nuuk's vandressourcer er såkaldt Nuuk gnejs, opkaldt efter byen. Der er ikke fundet en analyse af en prøve af Nuuk-gnejsen taget inden for oplandsområdet, men bæksedimentprøven 330275 afspejler bjergartens kemiske sammensætning. Nuuk gnejsen indeholder spredte legemer af basiske bjergarter. På østsiden af Store Malene forekommer langstrakte zoner med suprakrustaler, amfibolit og metasediment, og pegmatit. De ligger dog mest uden for vandressourceoplandet. Kemien af bæksediment 330276 og bjergartsprøverne repræsenterer de suprakrustale bjergarter. Det ses, at de suprakrustale bjergarter giver et blandet basisk/jernrigt og lidt mere aluminiumrigt indslag.

Forventet kvalitet af byens råvand: Det skønnes, at den generelle karakter af vandet vil være bestemt af gnejsen, og at vandet derfor vil have pH på 6,5 til 6,8. Det forventes, at ledningsevnen er lav, og koncentrationen af uønskede og potentielt skadelige stoffer skønnes lav. Hvis de overvejende basiske suprakrustale bjergarter har indflydelse, vil det gøre vandet mindre surt og dermed gavne vandkvaliteten.

Anbefaling til løbende analytisk kontrol: pH, ledningsevne samt eventuelt aluminium og jern.

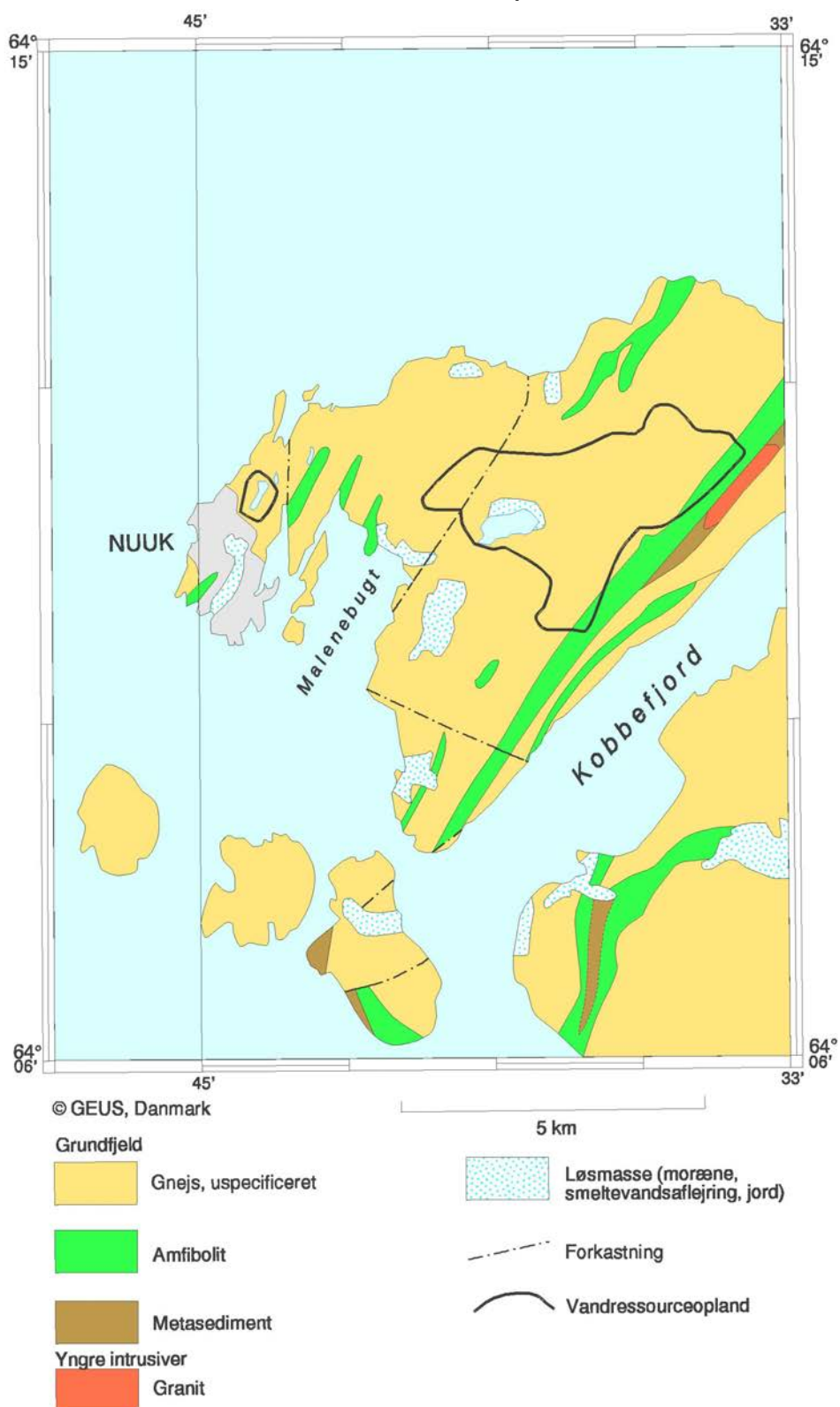
Nuuk

| GEUS-nr. | SiO ₂ | TiO ₂ | Al ₂ O ₃ | FeO | Fe ₂ O ₃ | MnO | MgO | CaO | Na ₂ O | K ₂ O | P ₂ O ₅ | glødetab |
|------------|------------------|------------------|--------------------------------|------|--------------------------------|------|------|-------|-------------------|------------------|-------------------------------|----------|
| | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % |
| 330275 | 62,61 | 0,60 | 14,32 | | 5,70 | 0,10 | 3,26 | 4,94 | 2,96 | 1,70 | 0,35 | 2,83 |
| 330276 | 55,05 | 1,06 | 16,69 | | 9,66 | 0,14 | 2,97 | 3,44 | 2,51 | 2,35 | 0,41 | 5,08 |
| 289278 | 69,41 | 0,13 | 17,24 | 0,97 | 0,36 | 0,03 | 0,44 | 3,27 | 5,48 | 1,84 | 0,04 | 0,11 |
| 329822-930 | 49,70 | 0,90 | 14,72 | 7,52 | 3,51 | 0,18 | 7,50 | 10,02 | 1,37 | 0,52 | 0,15 | 2,32 |
| 329935-961 | 65,11 | 0,48 | 13,03 | 3,81 | 1,65 | 0,07 | 7,04 | 1,16 | 0,70 | 1,98 | 0,07 | 1,78 |

| GEUS-nr. | | | | | | | | | | | | Vandprøver |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------|
| | As | Ba | Co | Cr | Cu | Ni | Pb | Sb | U | V | Zn | EC |
| | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | µS/cm |
| 330275 | | 561 | | 155 | | 100 | | | | 84 | | 27 |
| 330276 | | 762 | | 43 | | 63 | | | | 85 | | 45 |
| 289278 | | 411 | 21 | 11 | 3 | 4 | 15 | | <0,1 | 12 | 23 | |
| 329822-930 | 0,49 | 56 | 49 | 591 | | 192 | | <0,2 | 0,6 | | | |
| 329935-961 | 0,56 | 102 | 15 | 13 | | 44 | | 0,8 | 3,0 | 79 | 121 | |

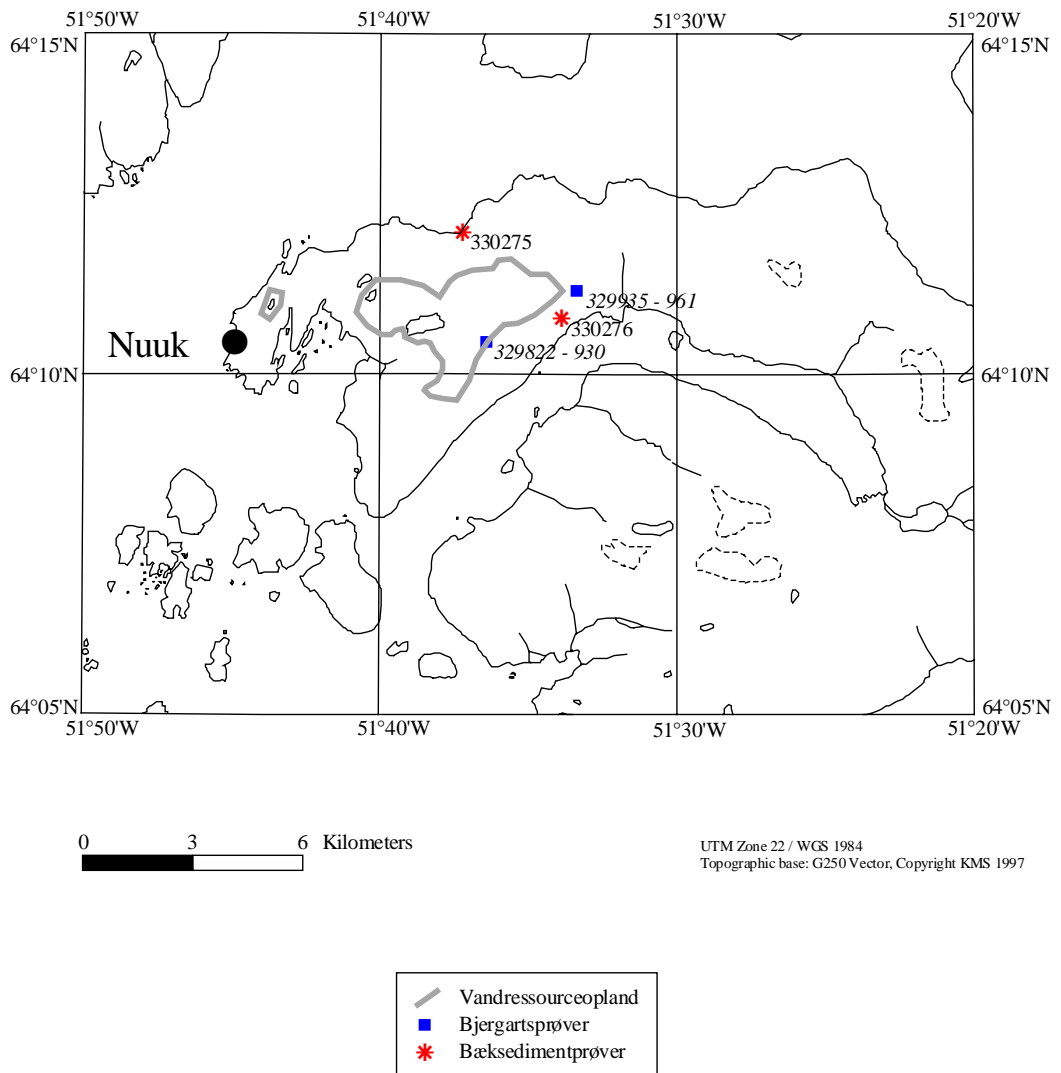
Tabel R7. Koncentration af hoved- og sporgrundstoffer i bæksedimenter, bjergarter (i kursiv) samt ledningsevne (EC) i bækvand. Analysemetoder for bæksedimenter og bjergarter: 'X-ray fluorescence' og 'neutron activation'.

Vandressourceopland - NUUK



Figur G7. *Geologien omkring Nuuk*

Vandressourceopland - NUUK



Figur P7. Lokalteter for bæksedimenter og bjergarter i tabel R7.

Maniitsoq (8)

Geologisk-geokemiske forhold: Vandressourcernes opland domineres af gnejs. Gnejsen indeholder mindre enheder af suprakrustale bjergarter og er skåret af dolerit, en basisk vulkansk gang. Selv om gnejsen vil have den dominerende indflydelse på vandets kemiske sammensætning, viser det forholdsvis høje indhold af jern, magnesium, calcium, krom og nikkel i bæksedimenterne nord for vandressourceoplandet, at basiske bjergarter gør sig gældende i forvittringsmaterialet. De målte ledningsevner er lave.

Forventet kvalitet af byens råvand: Det skønnes, at ledningsevnen i vandressourcen vil være lav ligesom de målte værdier i bækvand uden for oplandet, og pH omkring til lidt under 7 (neutralt vand). Ingen af sporgrundstofferne ventes at have højere koncentrationer end grænseværdierne i drikkevandsdirektivet.

Anbefaling til løbende analytisk kontrol: pH, ledningsevne, jern hvis ledningsevnen er høj.

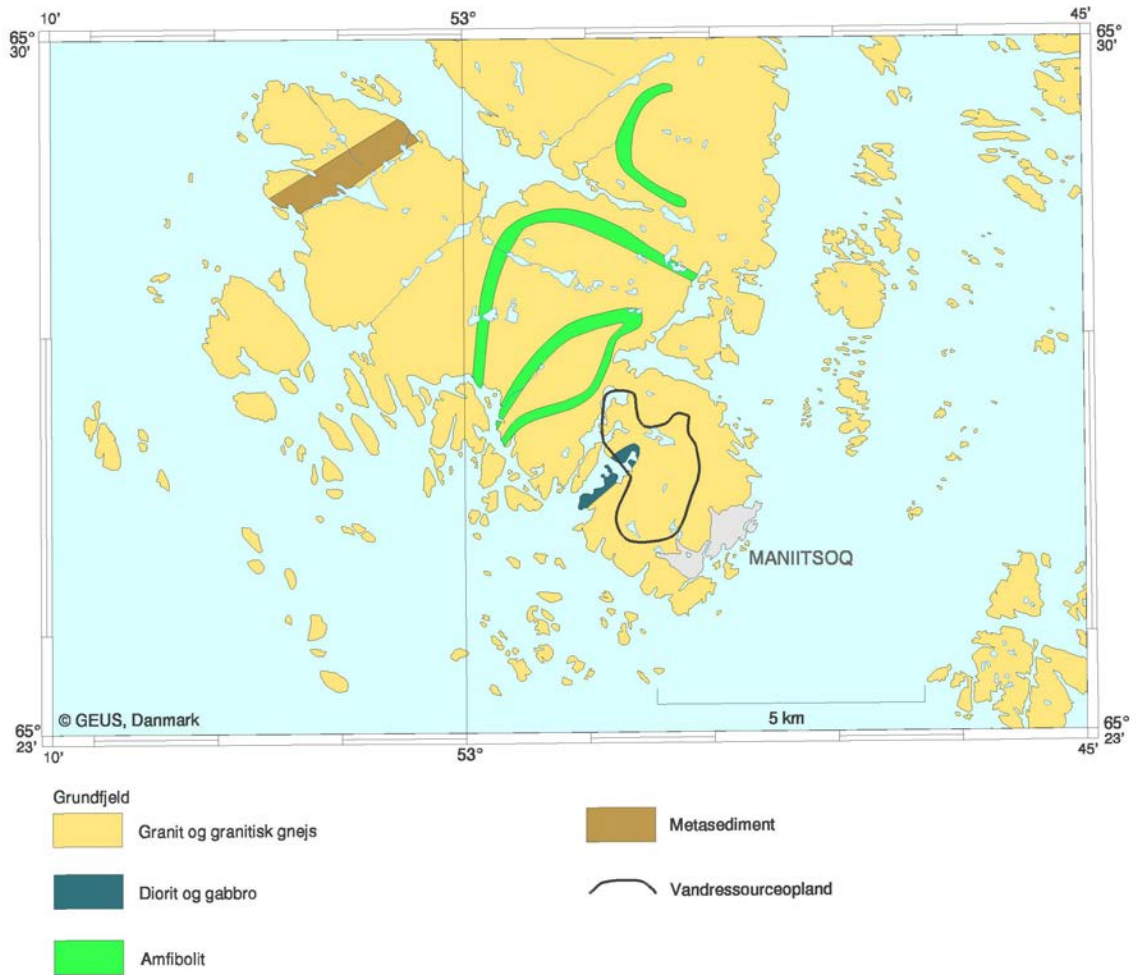
Maniitsoq

| GEUS-nr. | SiO ₂ | TiO ₂ | Al ₂ O ₃ | FeO | Fe ₂ O ₃ | MnO | MgO | CaO | Na ₂ O | K ₂ O | P ₂ O ₅ | glødetab |
|----------|------------------|------------------|--------------------------------|-----|--------------------------------|------|------|------|-------------------|------------------|-------------------------------|----------|
| | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % |
| 381885 | 58,19 | 0,87 | 12,99 | | 6,70 | 0,11 | 3,19 | 3,97 | 2,89 | 1,27 | 0,28 | 8,83 |
| 381886 | 62,48 | 0,56 | 13,79 | | 5,41 | 0,10 | 2,53 | 4,06 | 3,49 | 1,38 | 0,11 | 5,83 |
| 381887 | 55,45 | 0,57 | 14,35 | | 8,07 | 0,14 | 5,55 | 4,38 | 2,82 | 1,44 | 0,22 | 6,72 |
| 381888 | | | | | | | | | | | | |
| 381889 | 54,60 | 1,09 | 14,56 | | 8,09 | 0,16 | 3,66 | 3,95 | 2,93 | 1,64 | 0,28 | 8,62 |

| GEUS-nr. | Vandprøver | | | | | | | | | | | |
|----------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | As | Ba | Co | Cr | Cu | Ni | Pb | Sb | U | V | Zn | EC |
| | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | µS/cm |
| 381885 | <2 | 370 | 25 | 198 | 32 | 84 | 17 | 0,3 | 2,9 | 101 | 116 | 81 |
| 381886 | <2 | 450 | 20 | 135 | 15 | 34 | | <0,2 | 2,0 | 78 | 59 | 30 |
| 381887 | 3 | 450 | 38 | 390 | 104 | 257 | 18 | <0,2 | <0,1 | 114 | 111 | 23 |
| 381888 | <2 | 440 | 28 | | | | | | 4,0 | | | 34 |
| 381889 | <2 | 430 | 38 | 273 | 53 | 91 | | <0,2 | 2,3 | 133 | 103 | 26 |

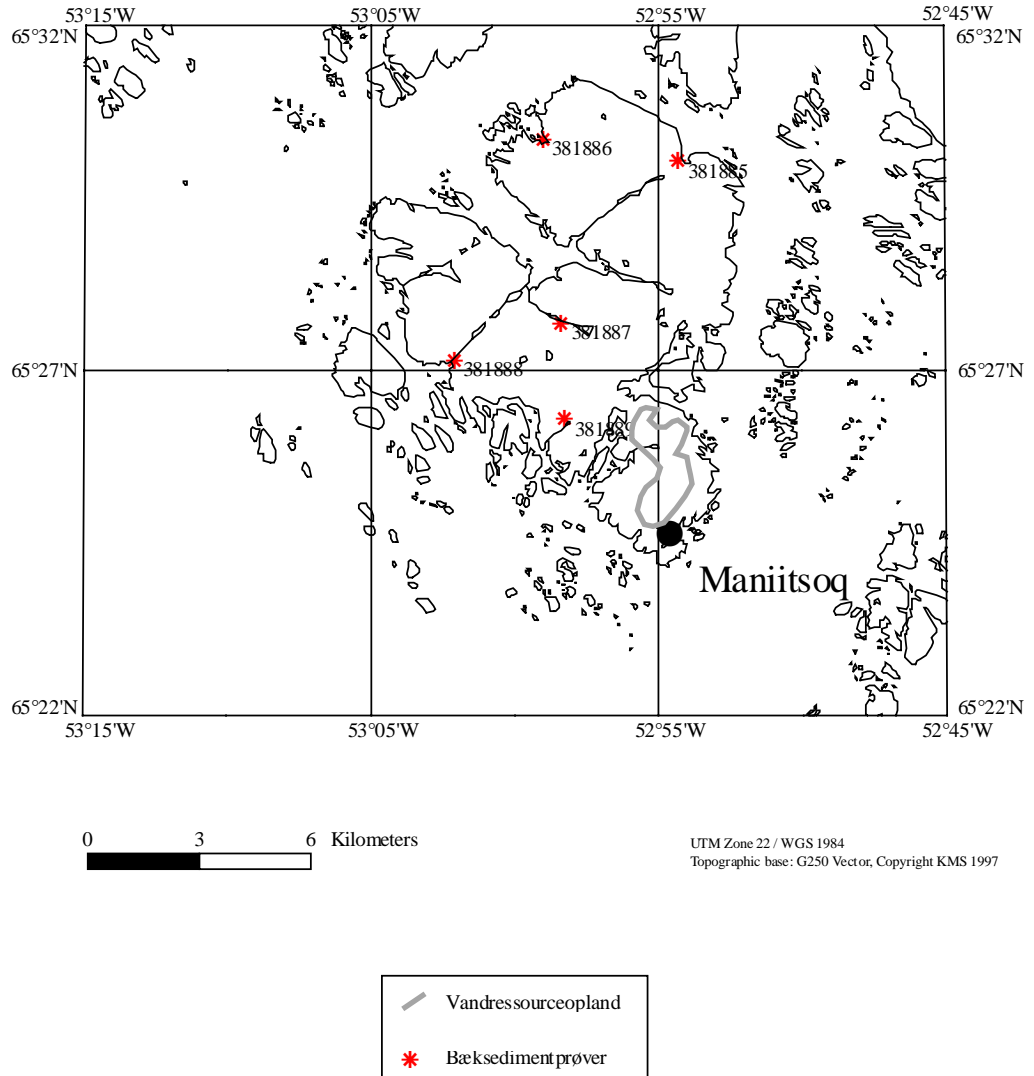
Tabel R8. Koncentration af hoved- og sporgrundstoffer i bæksedimenter (analyseret med 'X-ray fluorescence' og 'neutron activation' metoder) samt ledningsevne (EC) i bækvand.

Vandressourceopland - MANIITSOQ



Figur G8. *Geologien omkring Maniitsoq.*

Vandressourceopland - MANIITSOQ



Figur P8. Lokalteter for bæksedimenter i tabel R8.

Sisimiut (9)

Geologisk-geokemiske forhold: Området omkring Sisimiut er ikke kortlagt geologisk i detalje. Det vides, at området hovedsageligt består af to komponenter, nemlig gnejs (heraf prøven 415646, som er taget i den østlige del af kortudsnittet) og nogle smalle zoner af suprakrustale formationer. Suprakrustalbjergarterne har indflydelse på kemien af bæksedimenterne, der bliver rigere på jern, calcium, krom, kobber og zink end gnejsen er. Lige øst for Sisimiut, inde i vandressourceoplandet, findes en mindre forekomst af granit. Sidstnævnte er repræsenteret ved prøven 407121. De målte ledningsevner i vandprøver fra bækkene er lave.

Forventet kvalitet af byens råvand: Det formodes, at vandet vil pH på omkring eller lige under 7, at ledningsevnen vil være lav, og at koncentrationerne af uønskede og toksiske stoffer vil være lavere end drikkevandsdirektivet.

Anbefaling til løbende analytisk kontrol: pH, ledningsevne.

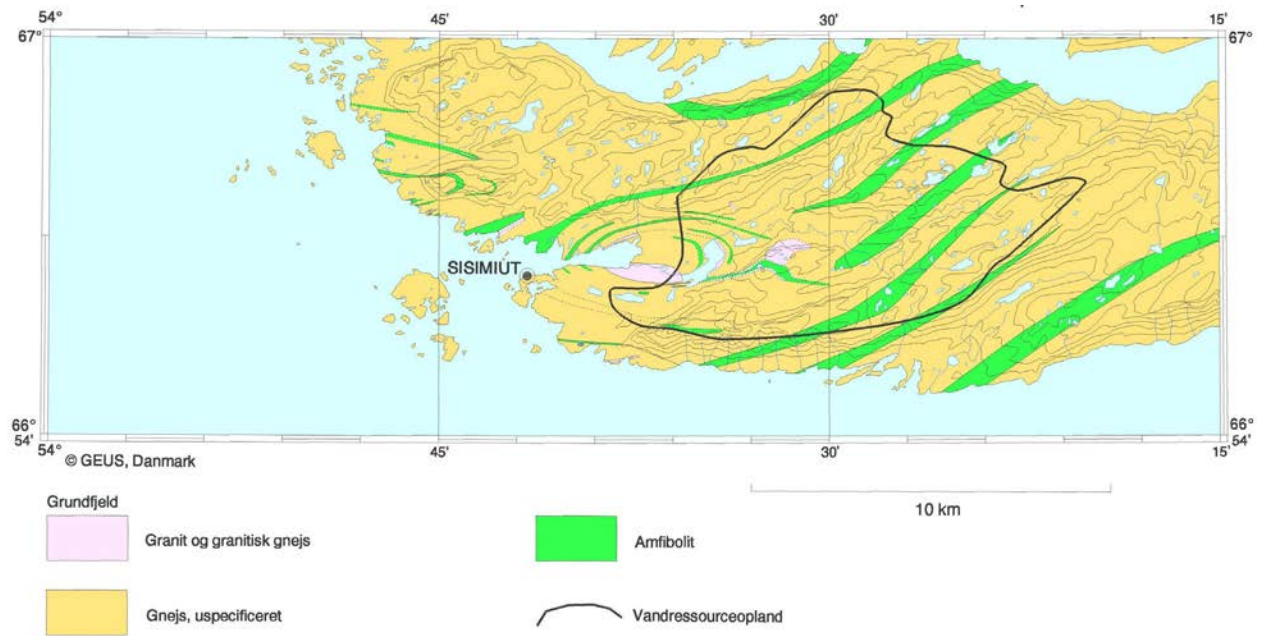
Sisimiut

| GEUS-nr. | SiO ₂ | TiO ₂ | Al ₂ O ₃ | FeO | Fe ₂ O ₃ | MnO | MgO | CaO | Na ₂ O | K ₂ O | P ₂ O ₅ | glødetab |
|----------|------------------|------------------|--------------------------------|------|--------------------------------|------|------|-------|-------------------|------------------|-------------------------------|----------|
| | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % |
| 380525 | 53,40 | 1,14 | 13,90 | | 8,58 | 0,14 | 3,13 | 5,56 | 3,20 | 1,28 | 0,47 | 8,25 |
| 380526 | | | | | | | | | | | | |
| 380536 | 52,10 | 1,02 | 13,70 | | 9,64 | 0,16 | 4,12 | 5,83 | 2,81 | 1,14 | 0,56 | 7,15 |
| 380537 | | | | | 11,34 | | | 7,00 | 3,06 | | | |
| 380538 | | | | | | | | | | | | |
| 380539 | | | | | 10,07 | | | 7,00 | 3,48 | | | |
| 380540 | | | | | 9,49 | | | 11,19 | 3,21 | | | |
| 380667 | | | | | | | | | | | | |
| 380668 | | | | | 11,12 | | | 5,60 | 3,01 | | | |
| 407121 | 76,79 | 0,14 | 11,74 | 0,64 | 0,70 | 0,01 | 0,07 | 0,60 | 2,93 | 5,18 | 0,03 | 0,31 |
| 415646 | 54,86 | 0,98 | 16,56 | | 8,66 | 0,13 | 5,06 | 7,89 | 3,82 | 1,40 | 0,31 | |

| GEUS-nr. | Vandprøver | | | | | | | | | | | |
|----------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | As | Ba | Co | Cr | Cu | Ni | Pb | Sb | U | V | Zn | EC |
| | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | µS/cm |
| 380525 | 2 | 808 | 30 | 120 | 78 | 45 | | 0,5 | <0,1 | 127 | 103 | 40 |
| 380526 | | 908 | 38 | 183 | 78 | 72 | | | | 206 | 127 | 45 |
| 380536 | <2 | 745 | 34 | 100 | 62 | 61 | | <0,2 | 1,2 | 136 | 116 | 35 |
| 380537 | <2 | 870 | 33 | 190 | | <10 | | <0,2 | <0,1 | | 230 | 38 |
| 380538 | | 862 | 36 | 161 | 99 | 94 | | | | 158 | 124 | 38 |
| 380539 | <2 | 1100 | 33 | 120 | | 0 | | <0,2 | 1,9 | | 160 | 37 |
| 380540 | 2 | 1000 | 27 | 110 | | 0 | | 0,8 | <0,1 | | 130 | 49 |
| 380667 | | 731 | 42 | 136 | 85 | 59 | | | | 192 | 135 | 38 |
| 380668 | <2 | 720 | 31 | 140 | | 0 | | <0,2 | <0,1 | | 140 | 43 |
| 407121 | <2 | 534 | 15 | 26 | 6 | 0 | 24 | <0,2 | <0,1 | 9 | 36 | |
| 415646 | | 935 | | 58 | 15 | 39 | | | | 205 | 97 | |

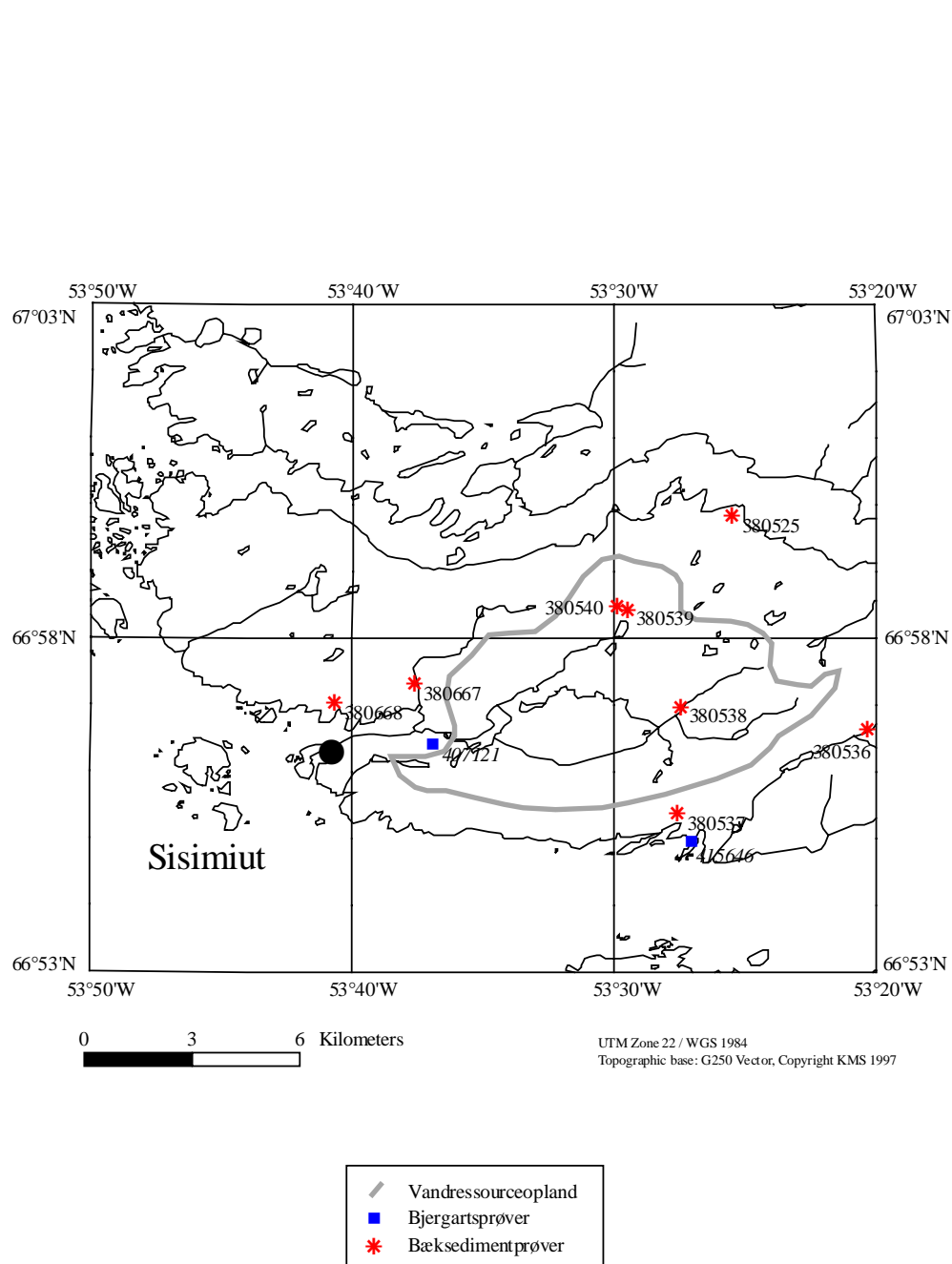
Tabel R9. Koncentration af hoved- og sporgrundstoffer i bæksedimenter, bjergarter (i kursiv) samt ledningsevne (EC) i bækvand. Analysemetoder: 'X-ray fluorescence' og 'neutron activation'.

Vandressourceopland - SISIMIUT



Figur G9. *Geologien omkring Sisimiut.*

Vandressourceopland - SISIMIUT



Figur P9. Lokalteter for bæksedimenter og bjergarter i tabel R9.

Kangerlussuaq (10)

Geologisk-geokemiske forhold: Det geologiske kort viser gnejs over hele vandressourceoplandet. Forekomsten af amfibolit (omdannet basisk vulkansk bjergart) med metasediment findes lige nord for vandressourceoplandet. Desuden findes en del tynde amfibolitgange, som ikke er vist på det geologiske kort. Bæksedimentprøver er taget inden for og rundt om oplandet. Deres kemi afspejler gnejsens kemi, og der er ingen specielt høje koncentrationer af sporgrundstoffer. De målte ledningsevner er generelt lave eller lidt højere end i andre gnejsområder. En enkelt prøve, 306538 er taget i en lille sø. Søsedimentet viser intet usædvanligt, men ledningsevnen i den tilsvarende vandprøve, 440 µS/cm er langt højere end normalt. Der er målt fluorid i vandprøven, og dette er også meget højt, 700 µg/l. Typisk er fluoridkoncentrationen i vestgrønlandske bække under 100 µg/l. Forhøjet fluorid er også fundet i søer umiddelbart nord og vest for Kangerlussuaq, men det kan ikke afgøres uden nærmere undersøgelser, om dette er et naturbetinget eller afspejler forurening. De målte fluoridkoncentrationer er dog langt under drikkevandsdirektivets grænseværdi for fluorid på 1500 µg/l. Som nævnt i afsnittet om 'bæksedimentanalyser og ledningsevne målinger af bækvand' (side 10) afviger søer som regel ikke fra bække, hvad angår ledningsevne, men her er der muligvis tale om en undtagelse.

Forventet kvalitet af byens råvand: Vand med pH på lidt under 7 og med lavt indhold af opløst stof. Visse af småsøerne inden for vandressourceoplandet kan have højere ledningsevne og dermed større mængde opløst stof. Det forventes, at koncentrationerne af komponenter og grundstoffer er under grænseværdierne i EU's drikkevandsdirektiv.

Anbefaling til løbende analytisk kontrol: pH, ledningsevne, fluorid. Hvis ledningsevnen er høj anbefales det at udføre en totalanalyse af vandet.

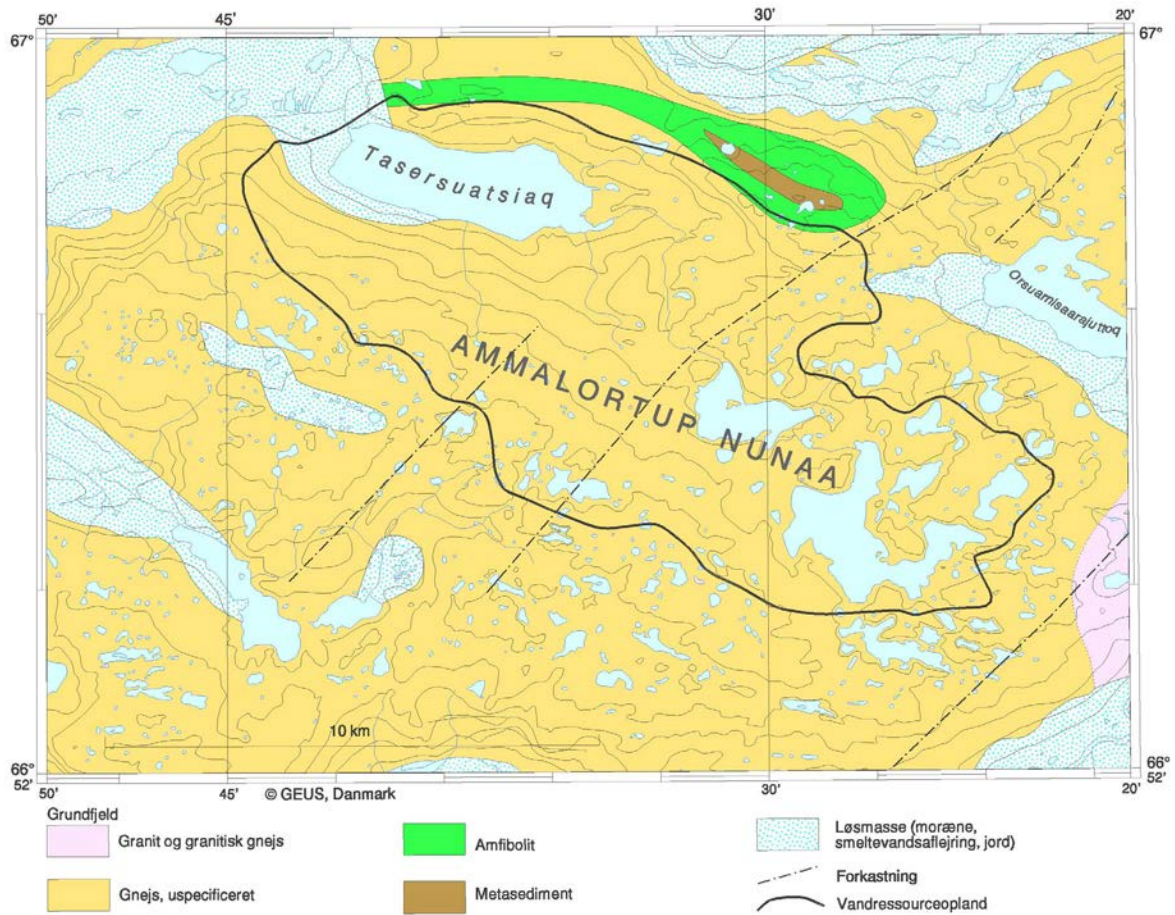
Kangerlussuaq

| GEUS-nr. | SiO ₂ | TiO ₂ | Al ₂ O ₃ | FeO | Fe ₂ O ₃ | MnO | MgO | CaO | Na ₂ O | K ₂ O | P ₂ O ₅ | glødetab |
|----------|------------------|------------------|--------------------------------|-----|--------------------------------|------|------|------|-------------------|------------------|-------------------------------|----------|
| | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % |
| 306527 | 65,52 | 0,39 | 14,10 | | 4,35 | 0,07 | 1,98 | 4,47 | 3,71 | 1,60 | 0,12 | 2,90 |
| 306528 | 58,24 | 0,44 | 11,92 | | 4,19 | 0,08 | 2,01 | 4,21 | 3,00 | 1,33 | 0,19 | 13,70 |
| 306529 | 61,30 | 0,56 | 13,39 | | 5,85 | 0,11 | 2,53 | 4,72 | 3,31 | 1,60 | 0,22 | 5,79 |
| 306535 | 61,82 | 0,93 | 13,59 | | 7,02 | 0,14 | 2,58 | 4,99 | 3,32 | 1,51 | 0,17 | 3,13 |
| 306537 | 61,91 | 0,67 | 13,30 | | 5,89 | 0,11 | 2,46 | 4,77 | 3,31 | 1,53 | 0,14 | 5,00 |
| 306538 | 64,32 | 0,69 | 13,90 | | 6,36 | 0,12 | 2,82 | 5,23 | 3,46 | 1,56 | 0,19 | 0,75 |
| 306548 | 61,24 | 0,84 | 13,51 | | 6,02 | 0,11 | 2,45 | 4,86 | 3,19 | 1,52 | 0,19 | 5,22 |

| GEUS-nr. | Vandprøver | | | | | | | | | | | EC |
|----------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | As | Ba | Co | Cr | Cu | Ni | Pb | Sb | U | V | Zn | |
| | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | µS/cm |
| 306527 | <2 | 545 | 10 | 124 | 13 | 30 | 11 | <0,2 | <0,1 | 75 | 40 | 54 |
| 306528 | <2 | 411 | 15 | 147 | 56 | 42 | 9 | <0,2 | <0,1 | 61 | 34 | 63 |
| 306529 | <2 | 480 | 18 | 200 | 22 | 55 | 11 | 0,2 | <0,1 | 89 | 47 | 52 |
| 306535 | <2 | 486 | 16 | 174 | 22 | 43 | 12 | 0,2 | 1,1 | 101 | 59 | 32 |
| 306537 | <2 | 513 | 20 | 199 | 24 | 46 | 14 | <0,2 | <0,1 | 104 | 45 | 48 |
| 306538 | <2 | 462 | 37 | 130 | 13 | 61 | 9 | <0,2 | <0,1 | 108 | 105 | 440 |
| 306548 | <2 | 411 | 15 | 147 | 26 | 42 | 9 | <0,2 | <0,1 | 61 | 34 | 27 |

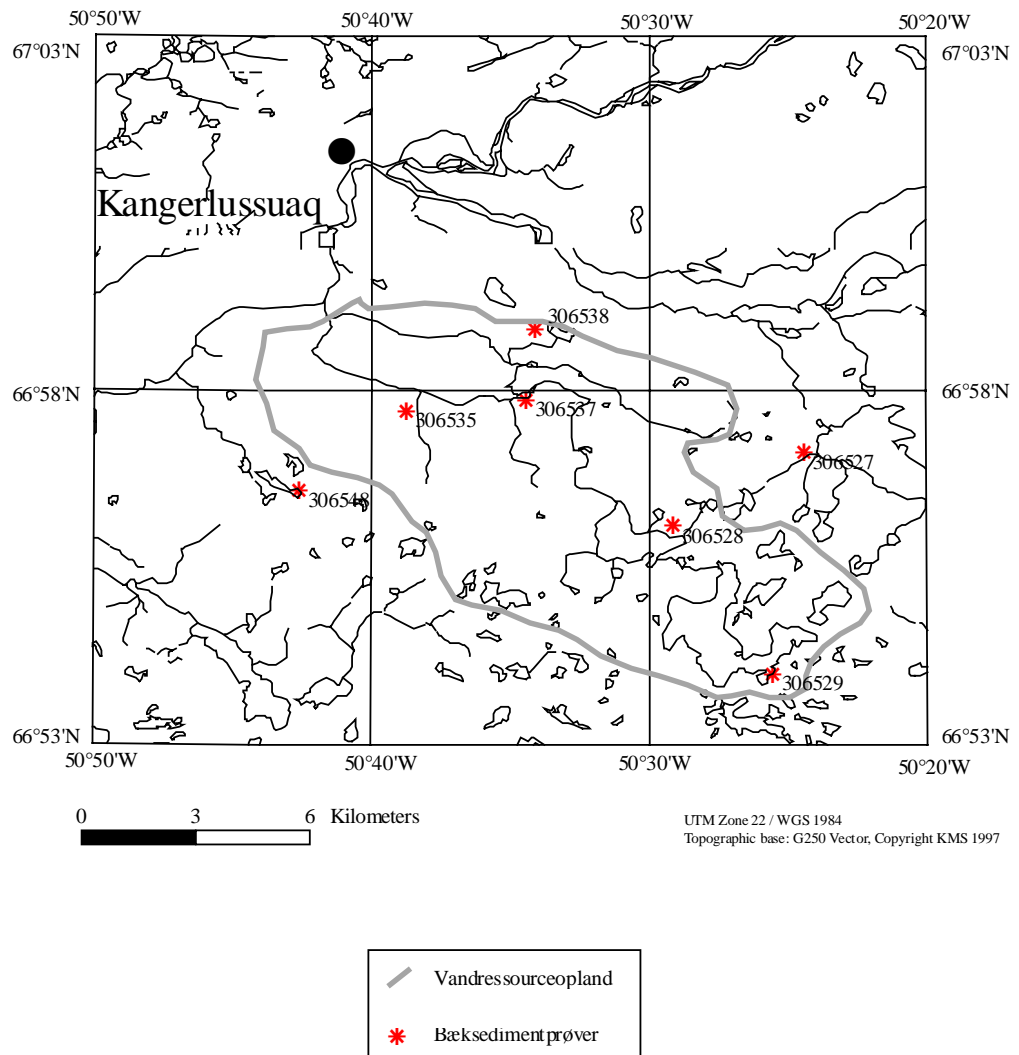
Tabel R10. Koncentration af hoved- og sporgrundstoffer i bæksedimenter ('X-ray fluorescence' og 'neutron activation' analysemetoder) samt ledningsevne (EC) i bækvand.

Vandressourceopland - KANGERLUSSUAQ



Figur G10. Geologien syd for Kangerlussuaq. Kangerlussuaq ligger umiddelbart N for kortudsnittet.

Vandressourceopland - KANGERLUSSUAQ



Figur P10. Lokalteter for bæksedimenter i tabel R10.

Kangaatsiaq (11)

Geologisk-geokemiske forhold: Byen ligger omgivet af gnejs. Gnejsen indeholder enklaver af amfibolit, som er mørke og mere basiske bjergarter foruden mange tynde amfibolitgange, der ikke er vist på kortet. Bæksedimenterne er samlet øst for byen. Deres kemi er typisk for bæksedimenter i gnejsområder i store dele af Vestgrønland, og ingen af de viste grundstoffer har usædvanligt høje koncentrationer. De to bjergartsprøver repræsenterer den sure del af gnejsen, hvilket ses af det høje indhold af silicium (SiO₂).

Forventet kvalitet af byens råvand: Ud fra geologi og kemi må det forventes, at vandet har pH på 6,5 til 6,8, og at mængden af opløst stof i vandressourcen er ringe og med lave koncentrationer af uønskede eller toksiske stoffer. De meget lave ledningsevner målt i bækkene øst for byen, er muligvis målt i en situation med stor afstrømning, og byens vandreservoir kan godt have lidt højere værdier.

Anbefaling til løbende analytisk kontrol: pH, ledningsevne.

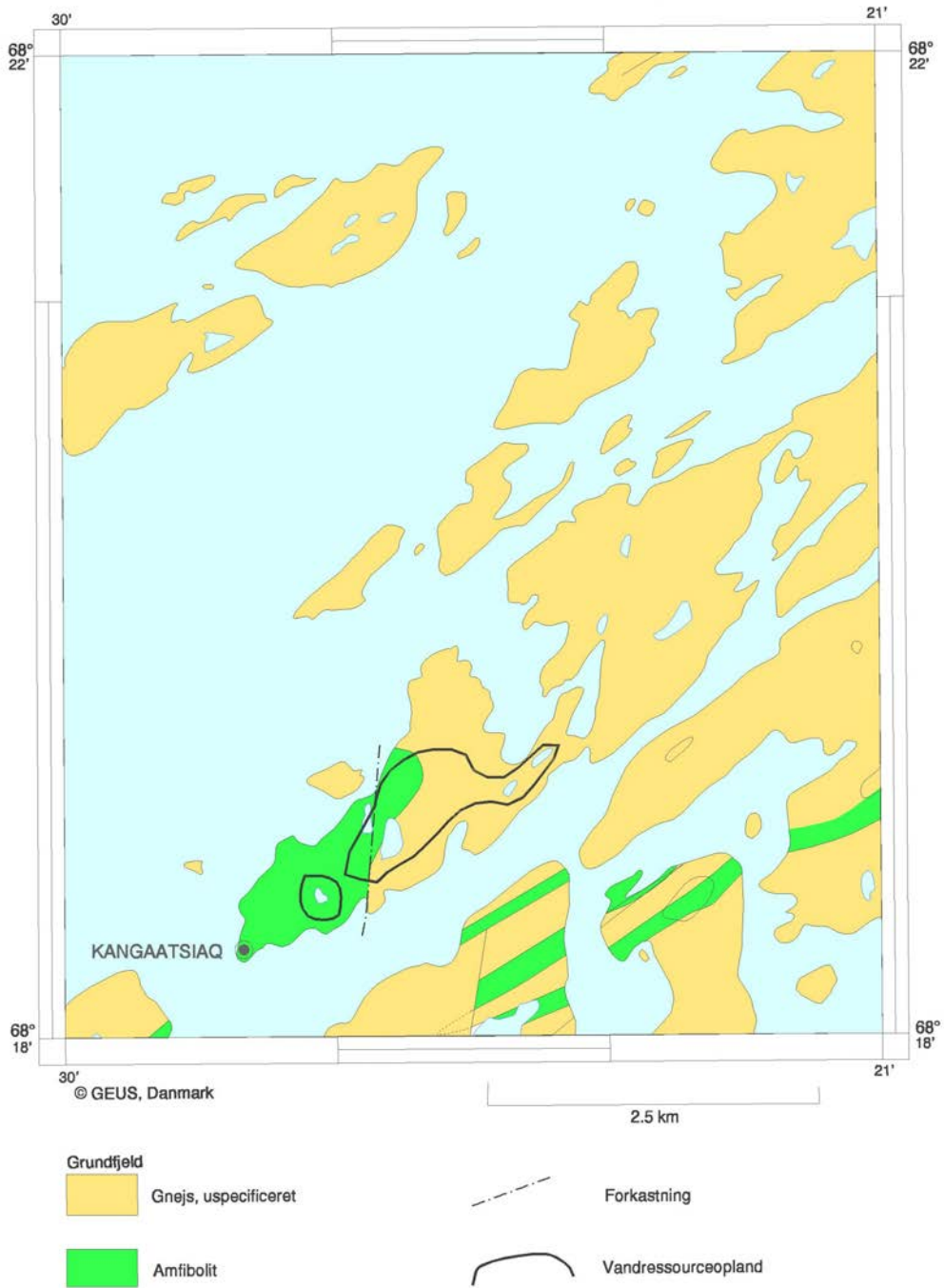
Kangaatsiaq

| GEUS-nr. | SiO ₂ | TiO ₂ | Al ₂ O ₃ | FeO | Fe ₂ O ₃ | MnO | MgO | CaO | Na ₂ O | K ₂ O | P ₂ O ₅ | glødetab |
|----------|------------------|------------------|--------------------------------|-----|--------------------------------|------|------|------|-------------------|------------------|-------------------------------|----------|
| | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % |
| 382013 | 52,50 | 0,42 | 11,99 | | 3,76 | 0,06 | 1,84 | 3,20 | 2,57 | 1,52 | 0,14 | 21,64 |
| 382014 | 60,56 | 0,44 | 13,24 | | 4,64 | 0,07 | 1,92 | 3,69 | 3,08 | 1,48 | 0,16 | 10,59 |
| 382015 | 59,99 | 0,50 | 13,91 | | 5,13 | 0,08 | 2,19 | 3,48 | 2,99 | 1,75 | 0,18 | 9,33 |
| 382016 | 60,49 | 0,47 | 13,73 | | 4,76 | 0,08 | 2,03 | 3,95 | 3,18 | 1,54 | 0,18 | 9,35 |
| 382017 | 64,02 | 0,51 | 15,06 | | 5,18 | 0,08 | 2,21 | 3,88 | 3,30 | 1,85 | 0,16 | 3,70 |
| 382018 | 64,42 | 0,50 | 14,80 | | 5,06 | 0,08 | 2,23 | 3,87 | 3,27 | 1,92 | 0,16 | 3,79 |
| 382019 | 64,43 | 0,37 | 14,04 | | 4,12 | 0,06 | 1,62 | 3,86 | 3,38 | 1,60 | 0,17 | 6,24 |
| 382020 | 59,76 | 0,47 | 13,53 | | 5,13 | 0,08 | 2,00 | 3,93 | 3,20 | 1,53 | 0,21 | 9,77 |
| | | | | | | | | | | | | |
| 415622 | 70,80 | 0,29 | 15,19 | | 2,05 | 0,02 | 0,92 | 2,86 | 4,03 | 2,94 | 0,17 | |
| 415623 | 72,03 | 0,33 | 14,29 | | 2,03 | 0,02 | 0,80 | 2,40 | 3,17 | 4,09 | 0,17 | |

| GEUS-nr. | Vandprøver | | | | | | | | | | | EC |
|----------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | As | Ba | Co | Cr | Cu | Ni | Pb | Sb | U | V | Zn | |
| | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | µS/cm |
| 382013 | 5 | 398 | 15 | 57 | 115 | 39 | 9 | <0,2 | 7,2 | 80 | 59 | 23 |
| 382014 | <2 | 395 | 15 | 64 | 32 | 19 | 10 | <0,2 | 2,6 | 91 | 56 | 16 |
| 382015 | 3 | 428 | 18 | 76 | 39 | 26 | 15 | <0,2 | 1,8 | 107 | 68 | 19 |
| 382016 | <2 | 418 | 18 | 68 | 28 | 21 | 13 | 0,2 | 1,6 | 101 | 56 | 28 |
| 382017 | <2 | 456 | 17 | 89 | 31 | 33 | 13 | <0,2 | 2,2 | 102 | 62 | 14 |
| 382018 | 3 | 454 | 17 | 83 | 26 | 28 | 15 | <0,2 | 1,6 | 102 | 66 | 13 |
| 382019 | 3 | 416 | 12 | 59 | 22 | 9 | 11 | <0,2 | 1,4 | 84 | 42 | 11 |
| 382020 | <2 | 413 | 17 | 77 | 51 | 30 | 13 | <0,2 | 3,1 | 96 | 49 | 12 |
| | | | | | | | | | | | | |
| 415622 | | 1028 | | <20 | <20 | 23 | | | | 27 | 53 | |
| 415623 | | 936 | | <20 | <20 | 17 | | | | 15 | 48 | |

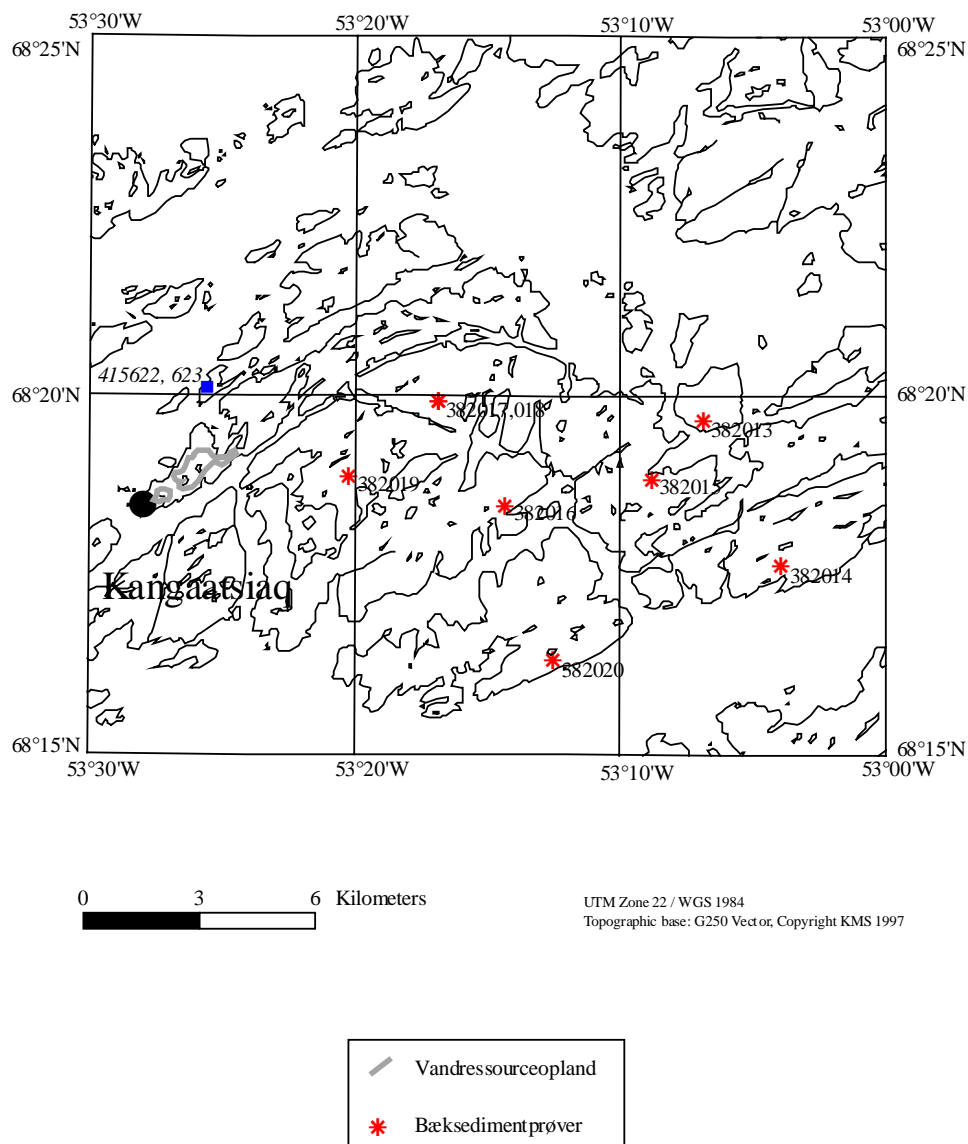
Tabel R11. Koncentration af hoved- og sporgrundstoffer ('X-ray fluorescence' og 'neutron activation' analysemetoder) i bæksedimenter, bjergarter (i kursiv) samt ledningsevne (EC) i bækvand.

Vandressourceopland - KANGAATSIAQ



Figur G11. Geologien omkring Kangaatsiaq.

Vandressourceopland - KANGAATSIAG



Figur P11. Lokalteter for bæksedimenter i tabel R11.

Aasiaat (12)

Geologisk-geokemiske forhold: Byen, vandressourcen og omegnen udgøres næsten udelukkende af lys grå, forholdsvis silicium-rig gnejs. Der er ingen analysedata fra bjergartsprøver, men en del data fra prøver af sedimenter og vand samlet i bække vest og syd for byen. Bæksedimenterne bekræfter en ensartet kemi med lave indhold af jern og mangan samt af sporgrundstoffer. De målte ledningsevner er lidt højere end forventet, men stadig meget lave i forhold til drikkevandsdirektivet.

Forventet kvalitet af byens råvand: Svagt surt vand med lavt indhold af opløst stof og ingen sporgrundstoffer med højere koncentrationer end grænseværdierne i EU's drikkevandsdirektiv. Vandressourceoplandets beliggenhed tæt på havet, og lavt over havniveau kan betyde, at det er udsat for tilskud af vindtransporteret salt.

Anbefaling til løbende analytisk kontrol: pH, ledningsevne.

Aasiaat

| GEUS-nr. | SiO ₂ | TiO ₂ | Al ₂ O ₃ | FeO | Fe ₂ O ₃ | MnO | MgO | CaO | Na ₂ O | K ₂ O | P ₂ O ₅ | glødetab |
|----------|------------------|------------------|--------------------------------|-----|--------------------------------|------|------|------|-------------------|------------------|-------------------------------|----------|
| | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % |
| 381966 | 63,77 | 0,36 | 12,64 | | 2,54 | 0,05 | 1,18 | 3,33 | 3,52 | 1,45 | 0,14 | 10,70 |
| 381968 | 61,16 | 0,42 | 13,32 | | 4,25 | 0,06 | 1,75 | 3,42 | 3,26 | 1,59 | 0,16 | 10,21 |
| 381969 | 64,37 | 0,41 | 13,49 | | 3,72 | 0,07 | 1,50 | 3,45 | 3,49 | 1,68 | 0,17 | 7,36 |
| 381970 | 59,27 | 0,40 | 12,79 | | 4,09 | 0,06 | 1,60 | 3,32 | 3,11 | 1,42 | 0,19 | 13,59 |
| 381971 | 68,47 | 0,55 | 14,32 | | 3,11 | 0,07 | 1,53 | 3,84 | 3,79 | 1,78 | 0,19 | 2,52 |
| 381991 | 63,68 | 0,47 | 14,14 | | 4,51 | 0,10 | 1,87 | 3,49 | 3,40 | 1,75 | 0,15 | 6,41 |
| 381992 | 63,67 | 0,39 | 13,37 | | 5,10 | 0,06 | 1,53 | 3,51 | 3,49 | 1,65 | 0,19 | 7,06 |
| 381993 | 67,53 | 0,41 | 13,64 | | 3,38 | 0,06 | 1,45 | 3,65 | 3,66 | 1,69 | 0,15 | 4,20 |
| 381994 | 68,48 | 0,46 | 13,68 | | 3,02 | 0,06 | 1,42 | 3,57 | 3,56 | 1,67 | 0,15 | 3,78 |

| GEUS-nr. | Vandprøver | | | | | | | | | | | EC |
|----------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | As | Ba | Co | Cr | Cu | Ni | Pb | Sb | U | V | Zn | |
| | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | µS/cm |
| 381966 | <2 | 352 | 10 | 69 | 9 | 10 | 11 | <0,2 | 5,4 | 61 | 30 | 82 |
| 381968 | <2 | 407 | 12 | 70 | 16 | 17 | 12 | <0,2 | 9,2 | 82 | 42 | 56 |
| 381969 | <2 | 424 | 13 | 97 | 13 | 17 | 12 | <0,2 | 2,2 | 85 | 36 | 69 |
| 381970 | <2 | 374 | 13 | 52 | 25 | 15 | 13 | 0,3 | 6,4 | 88 | 42 | 60 |
| 381971 | <2 | 436 | 10 | 79 | <5 | 6 | 14 | <0,2 | 2,1 | 79 | 32 | 79 |
| 381991 | <2 | 455 | 21 | 86 | <5 | 21 | 10 | <0,2 | 3,8 | 95 | 50 | 57 |
| 381992 | <2 | 387 | 10 | 60 | <5 | 11 | 16 | <0,2 | 1,4 | 83 | 31 | 58 |
| 381993 | <2 | 402 | 12 | 82 | <5 | 12 | 13 | 0,2 | 1,8 | 73 | 29 | 52 |
| 381994 | <2 | 417 | 11 | 91 | <5 | 9 | 10 | <0,2 | 2,2 | 68 | 27 | 48 |

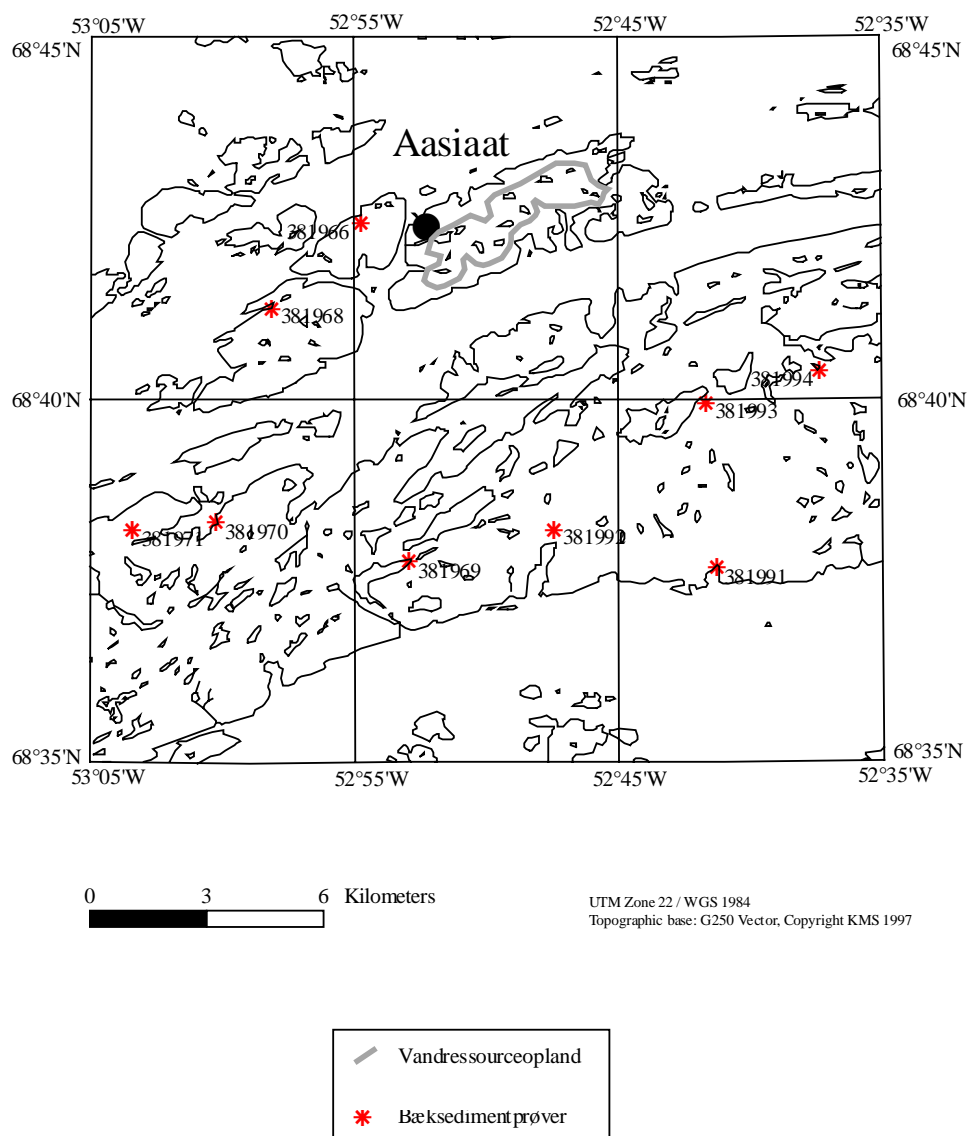
Table R12. Koncentration af hoved- og sporgrundstoffer i bæksedimenter ('X-ray fluorescence' og 'neutron activation' analysemetoder) samt ledningsevne (EC) i bækvand.

Vandressourceopland - AASIAAT



Figur G12. Geologien omkring Aasiaat.

Vandressourceopland - AASIAAT



Figur P12. Lokalteter for bæksedimenter i tabel R12.

Qasigiannguit (13)

Geologisk-geokemiske forhold: Den dominerende bjergart i det meget store vandressourceopland er lys gnejs. De tre bjergartsprøver i tabellen er taget umiddelbart nord for det viste kortudsnit i samme type af gnejs. Analyserne viser, at det drejer sig om en silicium-rig gnejs med lave indhold af jern og mangan samt sporgrundstoffer. Kemien af bæksedimenterne samlet indenfor og rundt om vandressources opland har samme karaktertræk som gnejsprøverne. De zoner med suprakrustale bjergarter, både metasediment og amfibolit, der findes i kanten af vandressourceoplandet, har ingen mærkbar indflydelse på kemien af bæksedimenterne. De målte værdier for ledningsevne i bækvand fra området er lave, som forventet.

Forventet kvalitet af byens råvand: Vand med pH på 6,5 til 6,8 og lavt indhold af opløst stof. Ingen sporgrundstoffer ventes at have højere koncentrationer end grænseværdierne i EU's drikkevandsdirektiv.

Anbefaling til løbende analytisk kontrol: pH, ledningsevne.

Qasigiannguit

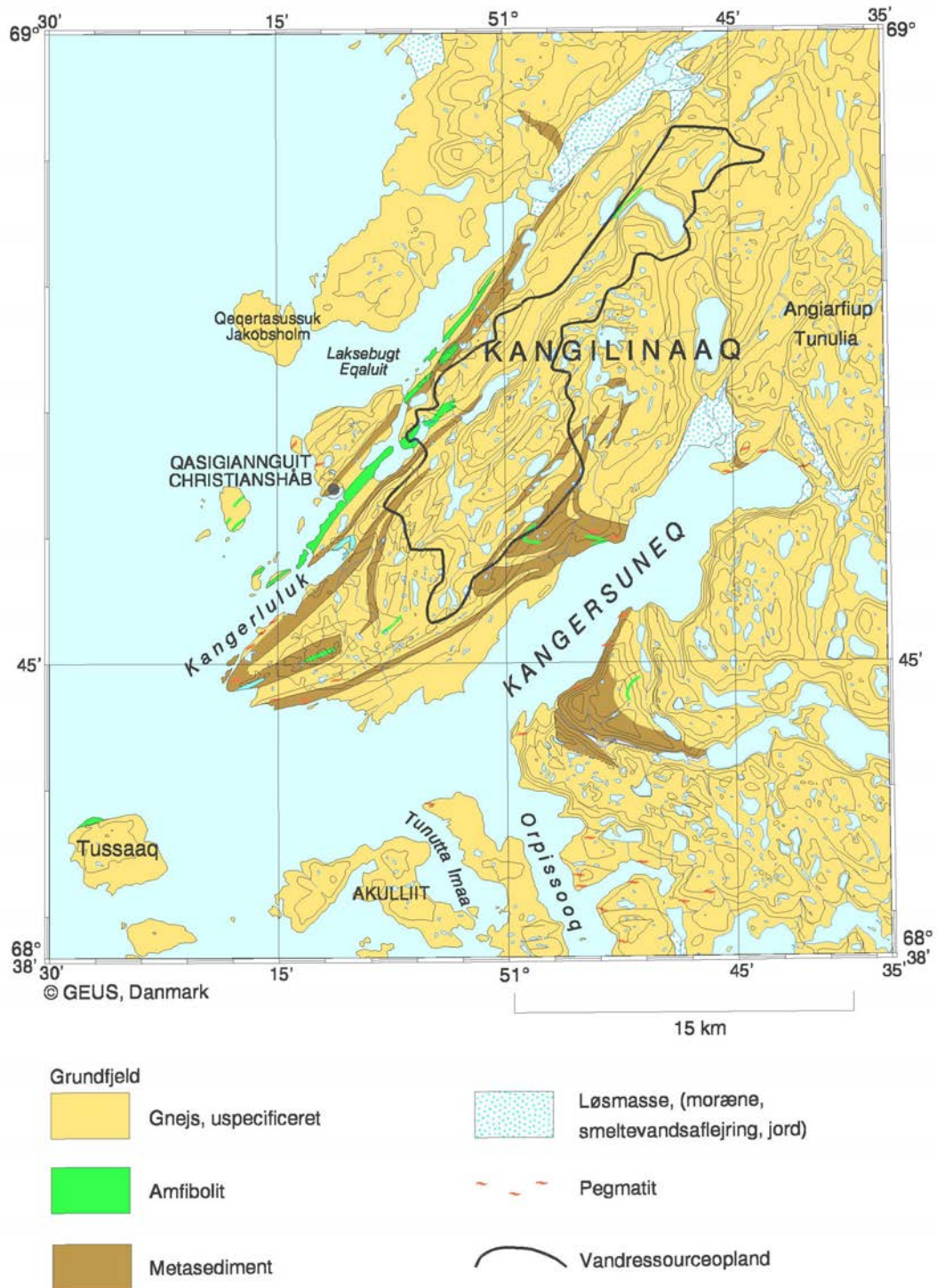
| GEUS-nr. | SiO ₂ | TiO ₂ | Al ₂ O ₃ | FeO | Fe ₂ O ₃ | MnO | MgO | CaO | Na ₂ O | K ₂ O | P ₂ O ₅ | glødetab |
|----------|------------------|------------------|--------------------------------|-----|--------------------------------|------|------|------|-------------------|------------------|-------------------------------|----------|
| | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % |
| 330915 | 64,62 | 0,42 | 13,73 | | 3,04 | 0,07 | 1,23 | 3,45 | 3,55 | 1,53 | 0,18 | 7,86 |
| 330916 | 67,05 | 0,40 | 13,91 | | 2,91 | 0,08 | 1,21 | 3,34 | 3,74 | 1,61 | 0,17 | 5,28 |
| 330953 | 70,36 | 0,42 | 13,86 | | 2,53 | 0,05 | 0,97 | 3,50 | 3,99 | 1,65 | 0,15 | 2,30 |
| 330954 | 69,98 | 0,39 | 14,07 | | 2,41 | 0,05 | 1,00 | 3,40 | 4,03 | 1,69 | 0,16 | 2,57 |
| 330955 | 67,94 | 0,40 | 13,55 | | 2,76 | 0,06 | 1,10 | 3,31 | 3,81 | 1,70 | 0,17 | 4,80 |
| 330960 | 70,14 | 0,42 | 13,82 | | 2,11 | 0,04 | 0,90 | 3,44 | 3,98 | 1,67 | 0,17 | 2,86 |
| 330961 | 67,63 | 0,37 | 13,79 | | 3,23 | 0,05 | 1,17 | 3,33 | 3,77 | 1,74 | 0,15 | 4,86 |
| 330963 | 70,41 | 0,28 | 14,17 | | 1,89 | 0,04 | 0,86 | 3,23 | 4,14 | 1,69 | 0,12 | 2,43 |
| 330964 | 68,95 | 0,38 | 14,09 | | 2,60 | 0,04 | 1,12 | 3,29 | 3,94 | 1,70 | 0,12 | 3,60 |
| 330965 | 64,64 | 0,37 | 13,69 | | 3,23 | 0,07 | 1,30 | 3,31 | 3,62 | 1,70 | 0,17 | 7,69 |
| 330966 | 63,82 | 0,40 | 13,36 | | 3,32 | 0,07 | 1,32 | 3,30 | 3,44 | 1,50 | 0,16 | 9,14 |
| | | | | | | | | | | | | |
| 360925 | 72,62 | 0,08 | 15,16 | | 1,21 | 0,02 | 0,3 | 2,64 | 4,69 | 2,26 | 0,03 | 0,40 |

Tabellen fortsættes næste side

| Qasigiannguut | | | | | | | | | | | | Vandprøver |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------|
| GEUS-nr. | As | Ba | Co | Cr | Cu | Ni | Pb | Sb | U | V | Zn | EC |
| | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | µS/cm |
| 330915 | | | | | | | | | | | | 46 |
| 330916 | | | | | | | | | | | | 36 |
| 330953 | <1 | 429 | 12 | 68 | 10 | 7 | | <0,2 | 1,2 | 46 | 26 | 18 |
| 330954 | <1 | | 10 | | | | | <0,2 | 2,2 | | | 19 |
| 330955 | 1 | 465 | <10 | 89 | 15 | 13 | | <0,2 | 5,7 | 51 | 47 | 20 |
| 330960 | <1 | 453 | <10 | 75 | <7 | <7 | | <0,2 | 2,1 | 45 | 21 | 29 |
| 330961 | 1 | | <10 | | | | | <0,2 | 6,1 | | | 18 |
| 330963 | <1 | 433 | <10 | 51 | 7 | <7 | | <0,2 | 2,3 | 35 | 20 | 38 |
| 330964 | <1 | | <10 | | | | | <0,2 | 3,9 | | | 29 |
| 330965 | <1 | | 14 | | | | | <0,2 | 4,6 | | | 22 |
| 330966 | 1 | | 19 | | | | | <0,2 | 3,2 | | | 30 |
| 360925 | <1 | 625,9 | 1 | 13 | 8 | 6 | 15 | <0,2 | <0,5 | 7,1 | 42,3 | |

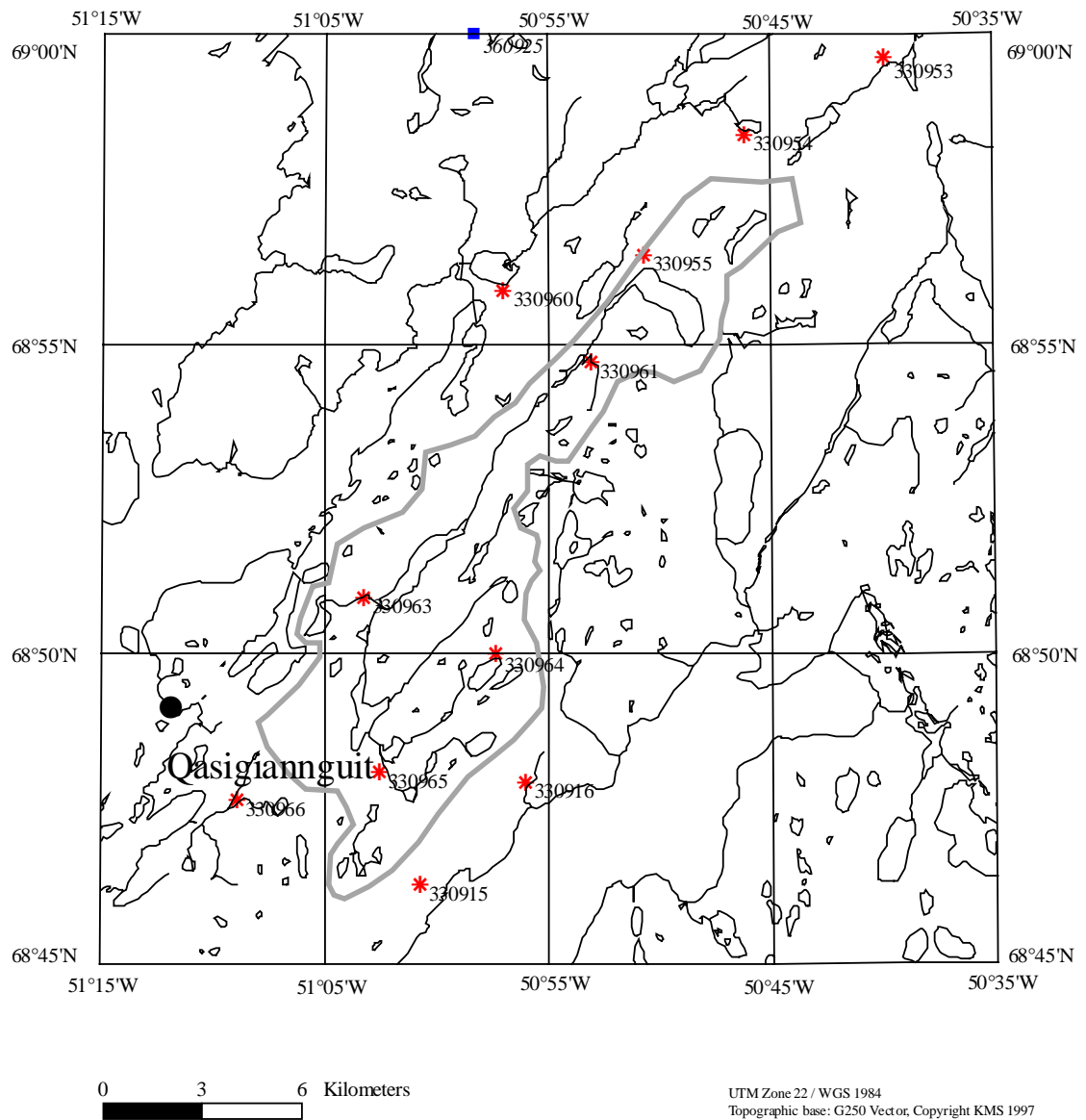
Tabel R13. Koncentration af hoved- og sporgrundstoffer ('X-ray fluorescence' og 'neutron activation' analysemetoder) i bæksedimenter, bjergarter (i kursiv) samt ledningsevne (EC) i bækvand.

Vandressourceopland - QASIGIANNGUIT



Figur G13. Geologien omkring Qasigiannuit.

Vandressourceopland - QASIGIANNGUIT



Figur P13. Lokalteter for bæksedimenter og bjergarter i tabel R13.

Ilulissat (14)

Geologisk-geokemiske forhold: Vandressourceområdet er beliggende i et område med to forskellige typer af gnejs, hvoraf den ene har kemisk sammensætning som granit. Der er samlet seks prøver af gnejerne, og de er kemisk set meget ens. De har lave indhold af jern, mangan og sporgrundstoffer. De to bæksedimentprøver har samme kemiske karakter som bjergartsprøverne. Den målte ledningsevne er lav.

Forventet kvalitet af byens råvand: Vand med pH på 6,5 til 6,8 og lavt indhold af opløst stof. Ingen sporgrundstoffer ventes at have højere koncentrationer end grænseværdierne i EU's drikkevandsdirektiv.

Anbefaling til løbende analytisk kontrol: pH, ledningsevne.

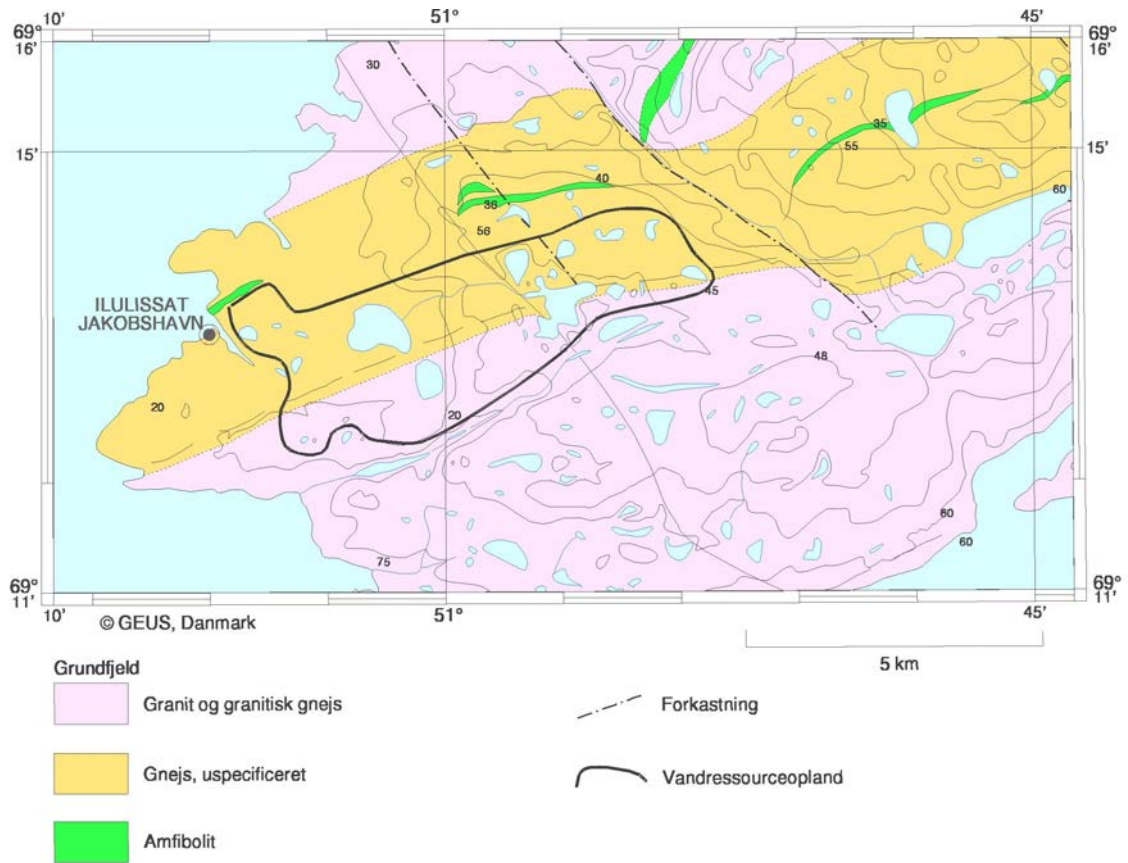
Ilulissat

| GEUS-nr. | SiO ₂ | TiO ₂ | Al ₂ O ₃ | FeO | Fe ₂ O ₃ | MnO | MgO | CaO | Na ₂ O | K ₂ O | P ₂ O ₅ | glødetab |
|----------|------------------|------------------|--------------------------------|-----|--------------------------------|------|------|------|-------------------|------------------|-------------------------------|----------|
| | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % |
| 330638 | 67,69 | 0,64 | 13,67 | | 3,94 | 0,07 | 1,22 | 3,31 | 3,39 | 2,03 | 0,15 | 3,80 |
| 330639 | 55,53 | 0,42 | 12,42 | | 4,22 | 0,13 | 1,37 | 2,95 | 2,72 | 1,46 | 0,29 | 17,77 |
| 360939 | 69,39 | 0,29 | 15,18 | | 2,58 | 0,05 | 0,63 | 2,49 | 4,59 | 2,97 | 0,07 | 0,40 |
| 360940 | 67,63 | 0,37 | 15,20 | | 3,65 | 0,05 | 1,12 | 3,05 | 4,37 | 3,04 | 0,16 | 0,30 |
| 360941 | 69,32 | 0,38 | 15,43 | | 3,19 | 0,03 | 0,94 | 2,68 | 4,77 | 2,57 | 0,13 | 0,40 |
| 360942 | 69,39 | 0,28 | 15,12 | | 2,99 | 0,04 | 0,89 | 2,28 | 3,79 | 4,05 | 0,12 | 0,20 |
| 360943 | 70,23 | 0,26 | 14,41 | | 2,25 | 0,02 | 0,57 | 1,56 | 3,20 | 5,34 | 0,08 | 0,60 |
| 360944 | 68,37 | 0,33 | 15,43 | | 2,88 | 0,05 | 0,94 | 2,87 | 4,56 | 2,75 | 0,14 | 0,40 |

| GEUS-nr. | | | | | | | | | | | | Vandprøver |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------|
| | As | Ba | Co | Cr | Cu | Ni | Pb | Sb | U | V | Zn | EC |
| | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | µS/cm |
| 330638 | | 655 | | 59 | | 35 | | | | 55 | 41 | 22 |
| 330639 | | 576 | | 49 | | 42 | | | | 56 | 73 | 22 |
| 360939 | <2 | 534 | 5 | 21 | 3 | 10 | 29 | <0,2 | 1,5 | 22 | 72 | |
| 360940 | <2 | 1086 | 9 | 18 | 1 | 9 | 13 | <0,2 | <0,5 | 41 | 75 | |
| 360941 | <2 | 767 | 6 | 12 | 12 | 9 | 14 | <0,2 | <0,5 | 36 | 73 | |
| 360942 | <2 | 1321 | 7 | 17 | 2 | 8 | 18 | <0,2 | <0,5 | 30 | 69 | |
| 360943 | <2 | 1473 | 3 | 14 | 7 | 8 | 18 | <0,2 | <0,5 | 17 | 60 | |
| 360944 | <2 | 975 | 6 | 22 | 5 | 11 | 16 | <0,2 | <0,5 | 34 | 74 | |

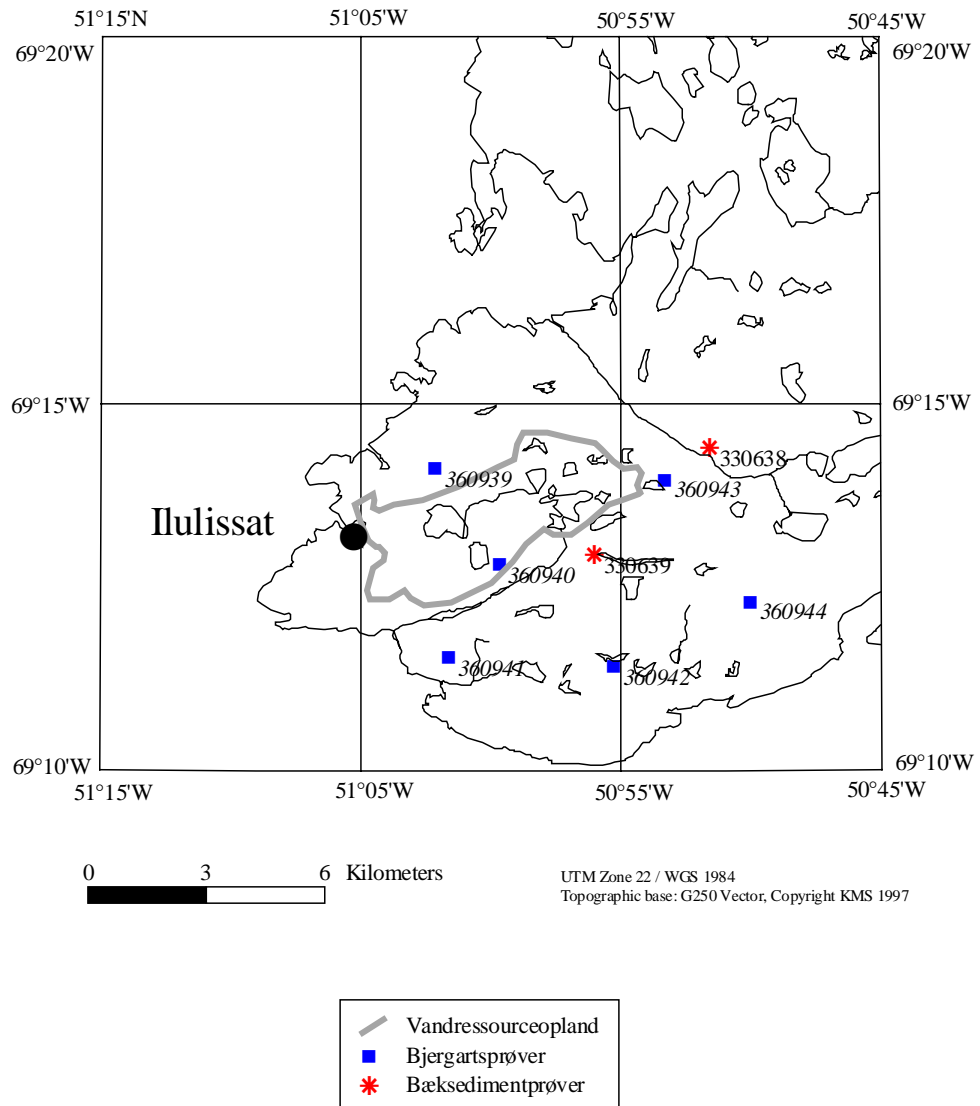
Tabel R14. Koncentration af hoved- og sporgrundstoffer ('X-ray fluorescence' og 'neutron activation' analysemetoder) i bæksedimenter, bjergarter (i kursiv) samt ledningsevne (EC) i bækvand.

Vandressourceopland - ILULISSAT



Figur G14. Geologien omkring Ilulissat.

Vandressourceopland - ILULISSAT



Figur P14. Lokalteter for bæksedimenter og bjergarter i tabel R14.

Qeqertarsuaq (15)

Geologisk-geokemiske forhold: Byen ligger på gnejs, men oplandet for dets vandressource strækker sig op i de lag af lavaer og tuf (vulkansk aske), der opbygger bjergene nord for byen. Lavaerne består af bjergarten basalt, dvs. de har basisk sammensætning. Lavaer og tuf nedbrydes hurtigt, og stoffer vil blive opløst i det vand, der løber ned mod byen. Som dokumentation af basaltens kemi er der vist gennemsnitlige koncentrationer for 16 prøver taget i lavalagene på Skarvefjeld nordøst for byen. Den basiske sammensætning viser sig ved relativt lave indhold af silicium og høje indhold af magnesium og calcium. Også indholdet af jern, mangan, krom, kobber, nikkel og vanadium er højt sammenlignet med gnejs. Der er ikke samlet bæksedimenter på Disko, men basaltlagene på Disko fortsætter mod nord til Svartenhuk nord for Uummanaq, hvorfra der er data på bæksedimenter og bækvand (Tabel R15b, side 59). Disse data viser, som forventet, at bæksedimenterne kemisk ligner bjergartsprøverne fra Qeqertarsuaq, og at ledningsevnen er højere end i gnejsområder. Vandanalyserne dokumenterer dog også at jern, mangan, krom, nikkel og vanadium findes i lave koncentrationer i vandet, selv om indholdene er forholdsvis høje i bjergarter og sedimenter.

Forventet kvalitet af byens råvand: Neutralt til basisk vand (pH omkring eller over 7) med en del opløst stof, dog uden at grænseværdierne i EU's drikkevandsdirektiv overstiges.

Anbefaling til løbende analytisk kontrol: pH, ledningsevne. Hvis ledningsevnen bliver høj, anbefales det at analysere for jern, mangan og nikkel.

Qeqertarsuaq

| GEUS-nr. | SiO ₂ | TiO ₂ | Al ₂ O ₃ | FeO | Fe ₂ O ₃ | MnO | MgO | CaO | Na ₂ O | K ₂ O | P ₂ O ₅ | glødetab |
|----------------------------|------------------|------------------|--------------------------------|------|--------------------------------|------|------|-------|-------------------|------------------|-------------------------------|----------|
| | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % |
| 327011-327066 (16 samples) | 50,16 | 3,92 | 14,67 | 2,04 | 13,60 | 0,25 | 8,88 | 11,11 | 2,92 | 0,51 | 0,46 | 2,80 |

| GEUS-nr. | As | Ba | Co | Cr | Cu | Ni | Pb | Sb | U | V | Zn |
|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg |
| 327011-327066 (16 samples) | | 134,3 | 41 | 506,7 | 354,9 | 133,6 | 3,9 | | | 562 | 131 |

Tabel R15a. Koncentration af hoved- og sporgrundstoffer i bjergartsprøver analyseret med XRF (X-ray fluorescence spectrometry).

Svartenhuk bæksediment

| GEUS-nr. | SiO ₂ | TiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | MnO | MgO | CaO | Na ₂ O | K ₂ O | P ₂ O ₅ | glødetab |
|----------|------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|-------|-------|-------------------|------------------|-------------------------------|----------|
| | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % |
| 501393 | 41,60 | 1,26 | 8,95 | 12,25 | 0,17 | 15,88 | 8,64 | 0,76 | 0,15 | 0,1 | 9,86 |
| 501398 | 41,76 | 1,42 | 7,93 | 13,24 | 0,19 | 16,11 | 9,29 | 0,68 | 0,13 | 0,1 | 8,33 |
| 501400 | 42,16 | 1,55 | 8,69 | 13,03 | 0,19 | 14,01 | 9,8 | 0,75 | 0,21 | 0,11 | 8,43 |
| 501404 | 42,68 | 1,48 | 8,6 | 12,82 | 0,18 | 15,67 | 8,72 | 0,7 | 0,14 | 0,06 | 9,07 |
| 501407 | 42,57 | 1,35 | 9,06 | 12,6 | 0,18 | 14,96 | 8,8 | 0,74 | 0,15 | 0,08 | 9,61 |
| 501416 | 46,63 | 1,1 | 13,57 | 9,43 | 0,18 | 6,93 | 9,24 | 2,86 | 1,15 | 0,09 | 7,52 |
| 501418 | 44,43 | 1,92 | 13,1 | 13,08 | 0,19 | 6,23 | 8,04 | 1,27 | 0,32 | 0,15 | 10,88 |
| 501422 | 44,00 | 2,44 | 11,07 | 14,6 | 0,21 | 7,83 | 10,21 | 1,26 | 0,26 | 0,15 | 7,54 |
| 501424 | 44,73 | 2,49 | 12,45 | 14,81 | 0,22 | 6,06 | 8,11 | 1,47 | 0,42 | 0,21 | 9,47 |
| 501427 | 42,82 | 1,86 | 8,22 | 14,31 | 0,2 | 14,24 | 9,46 | 0,73 | 0,1 | 0,11 | 7,18 |

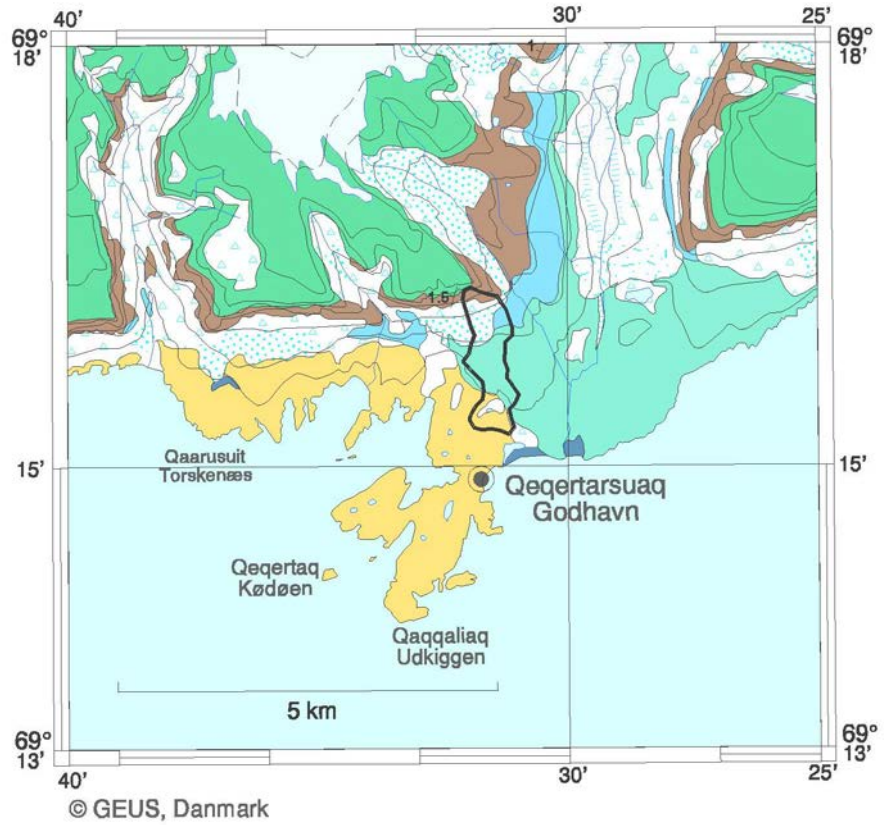
| GEUS-nr. | As | Ba | Co | Cr | Cu | Ni | Sb | U | V | Zn |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l |
| 501393 | 2,3 | 0 | 70 | 1600 | 114 | 626 | 0 | 0 | 278 | 77,9 |
| 501398 | 0 | 0 | 69 | 2200 | 111 | 581 | 0 | 0 | 278 | 77,9 |
| 501400 | 0 | 0 | 68 | 2500 | 117 | 476 | 0 | 0 | 328 | 82,8 |
| 501404 | 0 | 0 | 70 | 1600 | 119 | 616 | 0 | 0 | 297 | 75,5 |
| 501407 | 3,1 | 0 | 67 | 1400 | 121 | 556 | 0 | 0 | 299 | 77,9 |
| 501416 | 0 | 0 | 72 | 1600 | 131 | 384 | 0 | 0 | 348 | 85,2 |
| 501418 | 0 | 120 | 61 | 510 | 156 | 164 | 0 | 0 | 385 | 93,6 |
| 501422 | 0 | 83 | 61 | 510 | 179 | 128 | 0 | 0 | 406 | 105 |
| 501424 | 0 | 110 | 64 | 290 | 195 | 106 | 0 | 0,9 | 301 | 109 |
| 501427 | 0 | 0 | 84 | 2600 | 142 | 510 | 0 | 0 | 349 | 90 |

Svartenhuk bækvand


| GEUS-nr. | Ti | Al | Fe | Mn | As | Ba | Co | Cr | Cu | Ni | Pb | Sb | U | V | Zn | Cd | EC |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|-------|-------|
| | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µS/cm |
| 502393 | 1,3 | 39 | 34 | 0,7 | <0,1 | 0,2 | 0 | 0,8 | 0,5 | 0,6 | 0,06 | 0,01 | 0,081 | 3,9 | <0,5 | <0,05 | 100 |
| 502398 | 1,2 | 36 | 26 | 0,6 | <0,1 | <0,2 | 0 | 0,8 | 0,3 | 0,5 | 0,03 | 0 | 0,02 | 5,1 | <0,5 | <0,05 | 84 |
| 502400 | 1,2 | 22 | 23 | 0,4 | <0,1 | 0,2 | 0 | 0,4 | 0,6 | 0,4 | 0,12 | 0 | 0,013 | 3 | 0,6 | <0,05 | 96 |
| 502402 | 1,8 | 67 | 56 | 1,7 | <0,1 | 0,9 | 0,06 | 0,6 | 0,9 | 0,8 | 0,2 | 0 | 0,04 | 3,8 | <0,5 | <0,05 | 97 |
| 502404 | 0,7 | 17 | 14 | 0,3 | <0,1 | 0,3 | 0 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,24 | 0 | 0,012 | 3,2 | 0,9 | <0,05 | 58 |
| 502407 | 0,7 | 11 | 7 | 0,2 | <0,1 | 0,3 | 0 | 0,4 | 0,3 | 0,2 | 0,14 | 0,04 | 0,009 | 3,7 | <0,5 | <0,05 | 71 |
| 502416 | 0 | 4 | 0 | 0 | <0,1 | <0,2 | 0 | 0,1 | 0,6 | 0 | 0,14 | 0 | 0,057 | 1,5 | 2,3 | <0,05 | 73 |
| 502418 | 1,7 | 26 | 34 | 2,3 | <0,1 | 0,3 | 0 | 0 | 0,9 | 0,2 | 0,09 | 0,01 | 0,01 | 0,6 | 1,8 | <0,05 | 94 |
| 502420 | 0,8 | 17 | 30 | 0,6 | <0,1 | 0,7 | 0 | 0,2 | 0,6 | 0 | 0,13 | 0 | 0,008 | 0,4 | 2,6 | <0,05 | 55 |
| 502422 | 0,6 | 11 | 11 | 0,2 | <0,1 | 0,2 | 0 | 0,1 | 1 | 0 | 0,23 | 0 | 0,008 | 3,8 | 2,3 | <0,05 | 59 |
| 502424 | 0 | 9 | 8 | 0,7 | <0,1 | 1,9 | 0 | 0 | 1 | 0,2 | 0,26 | 0,03 | 0,013 | 0,8 | 1,6 | <0,05 | 37 |
| 502427 | 0,7 | 35 | 17 | 0,7 | <0,1 | 0,7 | 0 | 0,3 | 0,6 | 0,3 | 0,25 | 0,02 | 0,011 | 2,7 | 2,8 | <0,05 | 60 |
| EU TMK | | | 200 | 50 | 10 | | | 50 | 2000 | 20 | | 5 | | | 5000 | 5 | 2500 |

Tabel R15b. Sediment- og vandprøver fra bække i det sydlige Svartenhuk, hvor de geologiske formationer svarer til dem, der findes rundt om Qeqertarsuaq. EC=ledningsevne. Sedimentprøver analyseret med XRF (X-ray fluorescence spektrometry), INA (instrumental neutron activation) og ICP-ES (inductively coupled plasma emission spectrometry). Vandprøver analyseret med ICP-MS (inductively coupled plasma mass spectrometry). EU TMK er EU's tilladte maksimale koncentrationer.

Vandressourceopland - QEQERTARSUAQ



Grundfjeld

 Gnejs, uspecificeret

 Iskappe

Yngre aflejringer

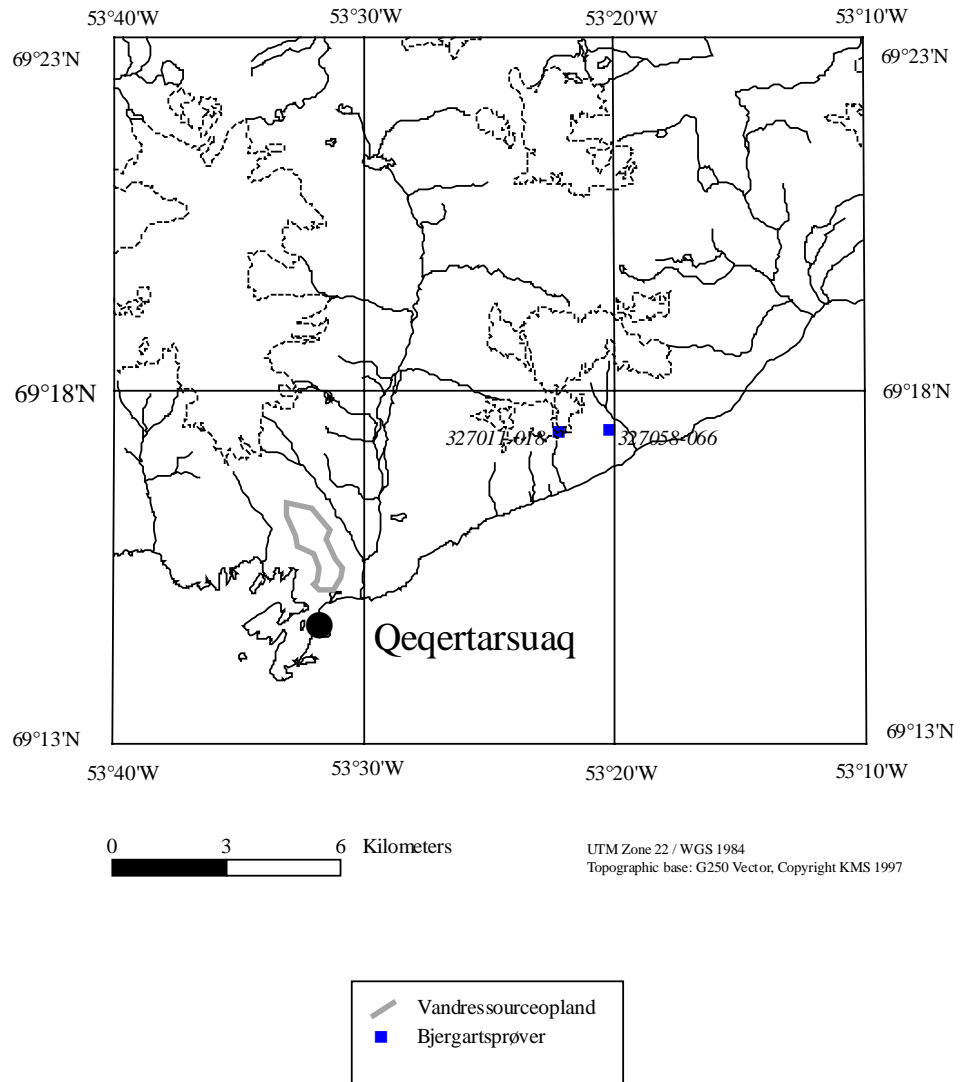
 Lava

 Løsmasse (moræne, smeltevandsafleiring, jord)

 Vandressourceopland

Figur G15. *Geologien omkring Qeqertarsuaq.*

Vandressourceopland - QEQERTARSUAQ



Figur p15. Lokalteter for bjergarter i tabel R15a.

Uumannaq (16)

Geologisk-geokemiske forhold: Byen ligger på en ø af silicium-rig gnejs med tynde bånd af amfibolit, som bl. a. ses højt oppe på bjergvæggen nord for byen. Der er ikke fundet analyse-data på bjergarter eller bæksedimenter fra øen, men den samme type gnejs findes på Storø øst for Uumannaq, og herfra er fire bæksedimentanalyser valgt ud til at illustrere de kemiske forhold. Værdierne er typiske for den silicium-rige gnejs, som har lave indhold af jern og mangan samt af sporgrundstoffer. Der er ingen vandprøvedata nær Uumannaq. De omtalte vandprøver fra det nordlige Vestgrønland (side 5, tabel 3) er samlet nord for 71°N.

Forventet kvalitet af byens råvand: Vand med pH på 6,5 til 6,8 og med lavt indhold af opløst stof og ingen sporgrundstoffer med højere koncentrationer end grænseværdierne i EU's drikkevandsdirektiv.

Anbefaling til løbende analytisk kontrol: pH, ledningsevne.

Uumannaq

| GEUS-nr. | SiO ₂ | TiO ₂ | Al ₂ O ₃ | FeO | Fe ₂ O ₃ | MnO | MgO | CaO | Na ₂ O | K ₂ O | P ₂ O ₅ | glødetab |
|----------|------------------|------------------|--------------------------------|-----|--------------------------------|------|------|------|-------------------|------------------|-------------------------------|----------|
| | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % |
| 501329 | 65,50 | 0,61 | 14,31 | | 5,23 | 0,07 | 2,07 | 3,54 | 3,84 | 2,26 | 0,32 | 1,64 |
| 501345 | 64,61 | 0,56 | 13,26 | | 5,56 | 0,07 | 2,62 | 2,89 | 3,41 | 2,27 | 0,26 | 3,45 |
| 501346 | 68,72 | 0,40 | 14,42 | | 4,14 | 0,05 | 1,70 | 2,89 | 4,19 | 2,47 | 0,22 | 0,90 |
| 501551 | 64,50 | 0,54 | 14,04 | | 5,98 | 0,08 | 2,32 | 3,34 | 3,87 | 2,44 | 0,23 | 1,24 |

| GEUS-nr. | As | Ba | Co | Cr | Cu | Ni | Pb | Sb | U | V | Zn |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg |
| 501329 | <2 | 660 | 12 | 81 | 23 | 35 | 18 | <0,2 | 4,3 | 64 | 49 |
| 501345 | <2 | 680 | 13 | 100 | 35 | 52 | 23 | <0,2 | 6,8 | 65 | 58 |
| 501346 | <2 | 700 | 9 | 58 | 21 | 31 | 25 | <0,2 | 4,7 | 46 | 41 |
| 501551 | <2 | 640 | 11 | 93 | 23 | 39 | 27 | <0,2 | 6,9 | 69 | 50 |

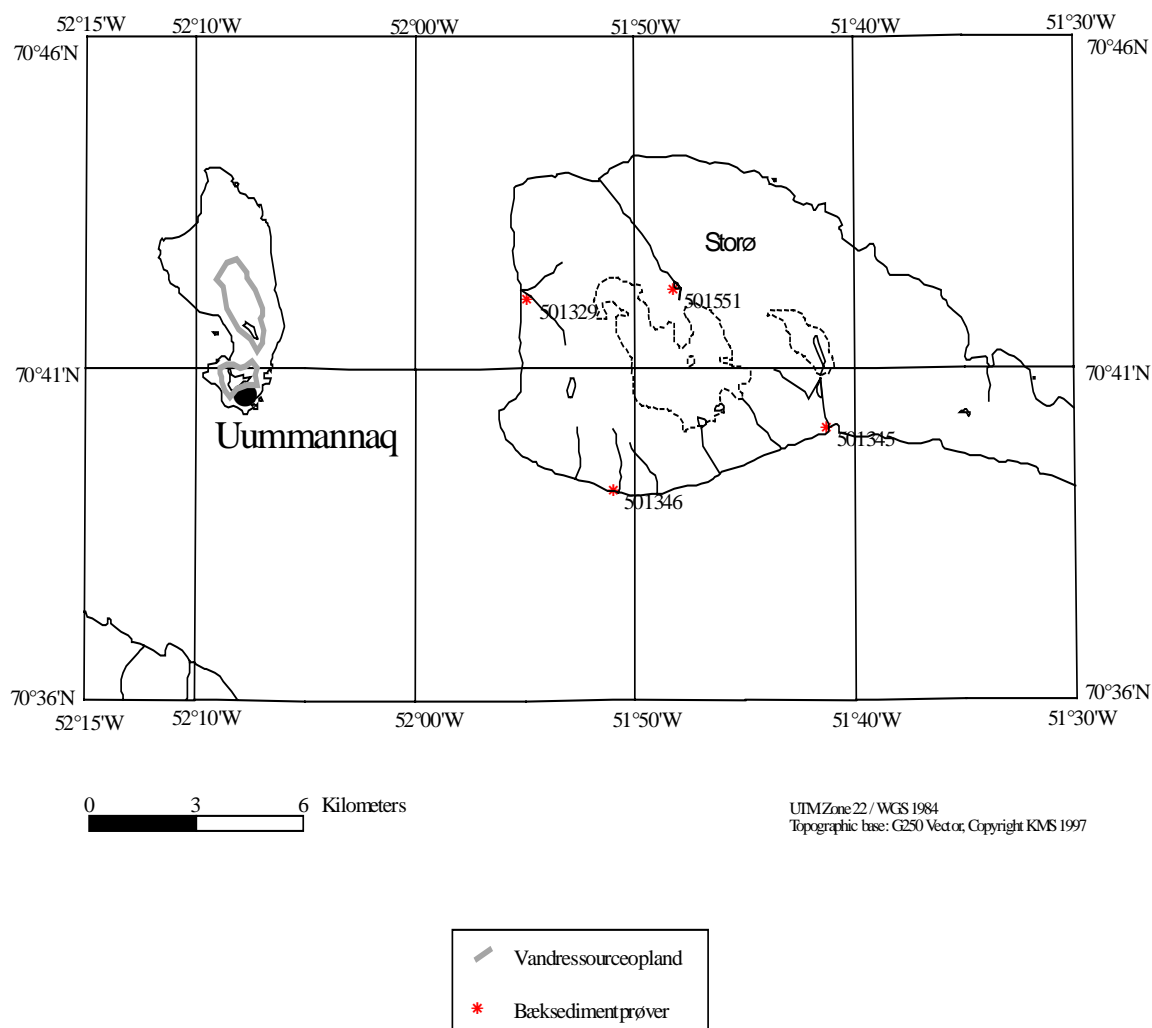
Tabel R16. Koncentration af hoved- og sporgrundstoffer i bæksedimenter fra Storø ('X-ray fluorescence' og 'neutron activation' analysemetoder).

Vandressourceopland - UUMMANNAQ



Figur G16. *Geologien omkring Uummannaq.*

Vandressourceopland - UUMMANNAQ



Figur P16. Lokalteter for bæksedimenter i tabel R16.

Upernavik (17)

Geologisk-geokemiske forhold: Geologisk set ligger Upernavik i et område, hvor gnejs og suprakrustalbjergerarter veksler, og hvor der også er granitiske bjergarter. Der er et ret lille vandressourceopland beliggende i gnejs. Der er ingen prøver fra oplandet, men fra de omkringliggende øer er der analyserede bjergarter og bæksedimenter (Tabel R17a) samt af bækvand (Tabel R17b). Bæksedimenterne repræsenterer overvejende gnejskemien, men de relativt høje indhold af jern, krom, kobber og nikkel tyder på indflydelse fra suprakrustalerne.

Forventet kvalitet af byens råvand: Vand med pH på 6,5 til 6,8 og lavt indhold af opløst stof. Ingen sporgrundstoffer forventes at have højere koncentrationer end grænseværdierne i EU's drikkevandsdirektiv.

Anbefaling til løbende analytisk kontrol: pH, ledningsevne.

Upernavik

| GEUS-nr. | SiO ₂ | TiO ₂ | Al ₂ O ₃ | FeO | Fe ₂ O ₃ | MnO | MgO | CaO | Na ₂ O | K ₂ O | P ₂ O ₅ | glødetab |
|----------|------------------|------------------|--------------------------------|-----|--------------------------------|------|------|------|-------------------|------------------|-------------------------------|----------|
| | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % |
| 501601 | 54,32 | 0,93 | 15,01 | | 7,24 | 0,08 | 1,96 | 2,14 | 2,20 | 2,88 | 0,32 | 12,82 |
| 501609 | 60,04 | 1,20 | 14,60 | | 7,92 | 0,09 | 2,41 | 2,37 | 2,23 | 2,81 | 0,32 | 5,53 |
| 501611 | 60,61 | 1,33 | 15,80 | | 8,47 | 0,10 | 2,24 | 3,55 | 2,76 | 3,42 | 0,54 | 0,62 |
| 501619 | 58,11 | 0,91 | 16,58 | | 10,86 | 0,08 | 3,30 | 2,09 | 2,01 | 2,73 | 0,11 | 3,10 |
| 501620 | 62,29 | 1,38 | 14,71 | | 8,45 | 0,11 | 2,48 | 2,14 | 2,26 | 2,96 | 0,21 | 2,73 |
| 500701 | | 1,12 | 14,53 | | 7,22 | 0,09 | 1,77 | 2,85 | 2,20 | 3,51 | 0,40 | |
| 500702 | | 0,98 | 14,10 | | 5,65 | 0,07 | 1,38 | 3,16 | 2,35 | 3,71 | 0,39 | |
| | | | | | | | | | | | | |
| 457501 | | 0,38 | 2,25 | | 12,40 | 0,05 | 1,74 | 0,32 | 0,05 | 0,24 | 0,02 | |
| 457502 | | 1,00 | 18,03 | | 12,84 | 0,35 | 3,52 | 2,80 | 1,78 | 1,24 | 0,08 | |
| 457503 | | 0,25 | 1,19 | | 5,09 | 0,01 | 0,12 | 0,03 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | |
| 457504 | | 0,75 | 18,42 | | 15,73 | 0,05 | 4,64 | 2,20 | 2,33 | 4,57 | 0,08 | |

| GEUS-nr. | As | Ba | Co | Cr | Cu | Ni | Pb | Sb | U | V | Zn | Cd |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | |
| 501601 | 2,9 | 589 | 39 | 81 | 115 | 132 | 38 | <0,2 | 4,0 | 93 | 135 | 0,6 |
| 501609 | 2,3 | 733 | 29 | 114 | 70 | 96 | 31 | <0,2 | 4,1 | 107 | 127 | <0,5 |
| 501611 | 7,9 | 1143 | 13 | 80 | 23 | 22 | 36 | <0,2 | 4,0 | 93 | 127 | 0,6 |
| 501619 | 2,2 | 661 | 28 | 164 | 141 | 101 | 32 | 0,3 | 2,8 | 138 | 134 | 0,5 |
| 501620 | 2,5 | 641 | 22 | 100 | 48 | 62 | 32 | <0,2 | 3,7 | 106 | 115 | 0,6 |
| 500701 | 2 | 1100 | 19 | 69 | 30 | 42 | 30 | <0,2 | 2,8 | 83 | 109 | <0,5 |
| 500702 | 3 | 1100 | 12 | 43 | 25 | 27 | 32 | <0,2 | 3,4 | 68 | 88 | <0,5 |
| | | | | | | | | | | | | |
| 457501 | <2 | 150 | 15 | 263 | 6 | 4 | 5 | 0,3 | 1,3 | 114 | 34 | |
| 457502 | <2 | 340 | 40 | 208 | 51 | 60 | 7 | <0,2 | <0,5 | 141 | 63 | |
| 457503 | <2 | <50 | 22 | 930 | 3 | 117 | <5 | <0,2 | <0,5 | 72 | 40 | |
| 457504 | <2 | 610 | 50 | 233 | 448 | 161 | 43 | <0,2 | 1,4 | 192 | 130 | |

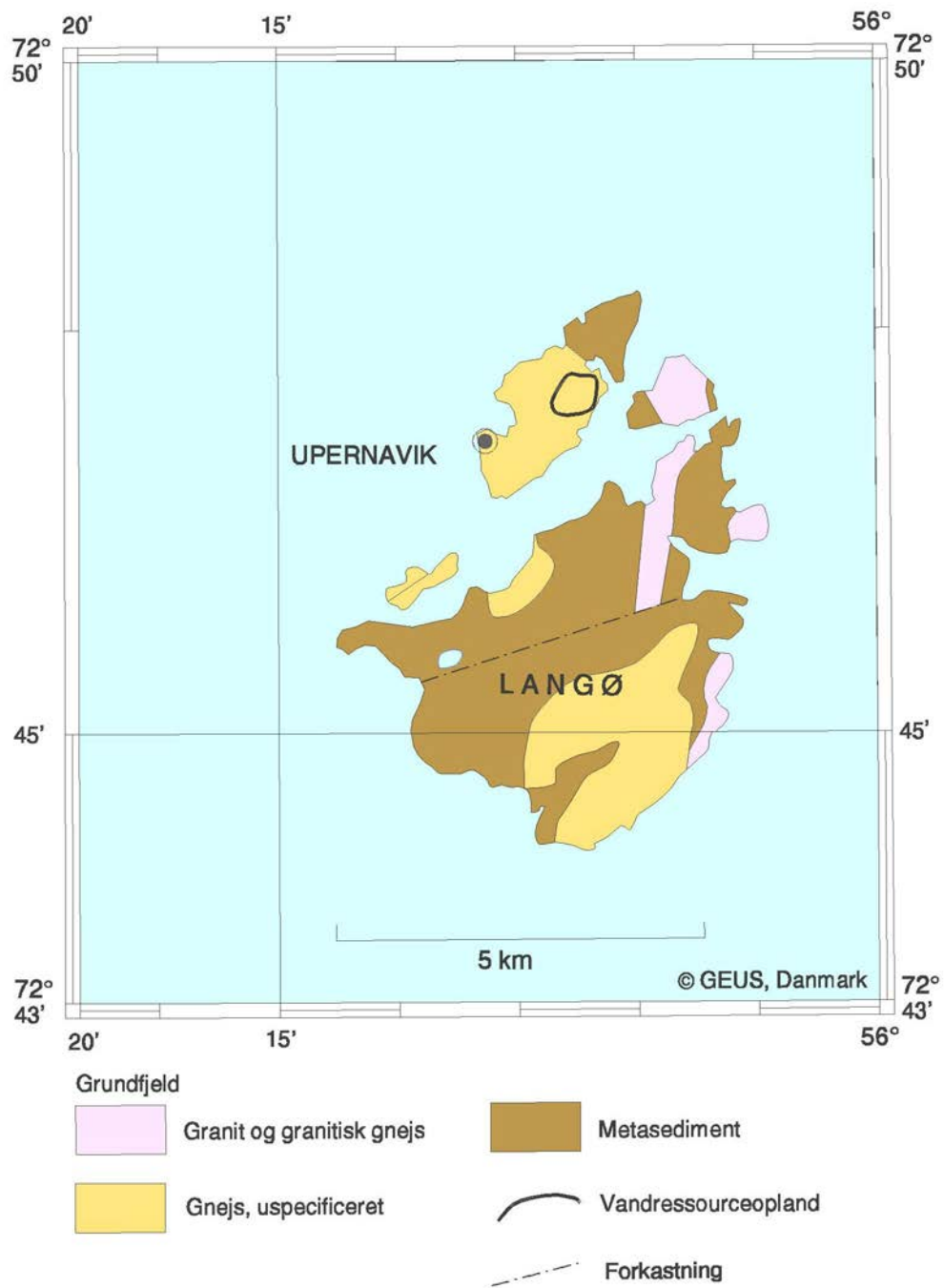
Tabel R17a. Koncentration af hoved- og sporgrundstoffer ('X-ray fluorescence', 'ICP-ES' og 'neutron activation' analysemetoder) i bæksedimenter og bjergarter (i kursiv).

Upernavik vandprøver

| GEUS-nr. | Ti | Al | Fe | Mn | As | Ba | Co | Cr | Cu | Ni | Pb | Sb | U | V | Zn | Cd | EC |
|----------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------------|-------|
| | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µS/cm |
| 502601 | 0,0 | 7 | 0 | 0,2 | 0,0 | 0,4 | 0,27 | 0,0 | 0,4 | 1,7 | 0,18 | 0,00 | 0,00 | 0,0 | 4,7 | 0,00 | 35 |
| 502608 | 0,0 | 23 | 13 | 0,1 | 0,0 | 0,7 | 0,00 | 0,1 | 0,5 | 0,5 | 0,35 | 0,00 | 0,01 | 0,0 | 5,5 | 0,00 | 19 |
| 502609 | 0,0 | 16 | 11 | 0,6 | 0,0 | 0,6 | 0,25 | 0,2 | 0,7 | 1,8 | 0,22 | 0,01 | 0,01 | 0,0 | 2,6 | 0,00 | 38 |
| 502610 | 0,0 | 7 | 11 | 1,6 | 0,0 | 0,4 | 0,00 | 0,0 | 0,2 | 0,0 | 0,60 | 0,00 | 0,00 | 0,0 | 2,5 | 0,00 | 12 |
| 502611 | 0,7 | 21 | 7 | 0,8 | 0,0 | 0,4 | 0,21 | 0,0 | 0,4 | 0,9 | 0,13 | 0,03 | 0,02 | 0,0 | 2,9 | 0,00 | 13 |
| 502612 | 0,0 | 6 | 0 | 0,4 | 0,0 | 0,3 | 0,00 | 0,0 | 0,2 | 0,0 | 0,66 | 0,01 | 0,00 | 0,0 | 4,2 | 0,00 | 11 |
| 502613 | 0,0 | 12 | 0 | 0,3 | 0,0 | < 0,2 | 0,00 | 0,0 | 0,2 | 0,0 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,0 | 3,2 | 0,00 | 10 |
| 502619 | 1,0 | 46 | 24 | 3,3 | 0,0 | 0,5 | 1,49 | 0,1 | 1,1 | 5,0 | 0,12 | 0,00 | 0,00 | 0,0 | 3,0 | 0,00 | 24 |
| 502620 | 0,0 | 11 | 0 | 0,0 | 0,0 | 0,5 | 0,15 | 0,0 | 0,7 | 1,0 | 0,08 | 0,02 | 0,01 | 0,0 | 6,2 | 4,39 | 42 |
| EU TMK | | 200 | 200 | 50 | 10 | | | 50 | 2000 | 20 | | 5 | | | 5000 | 5 | 2500 |

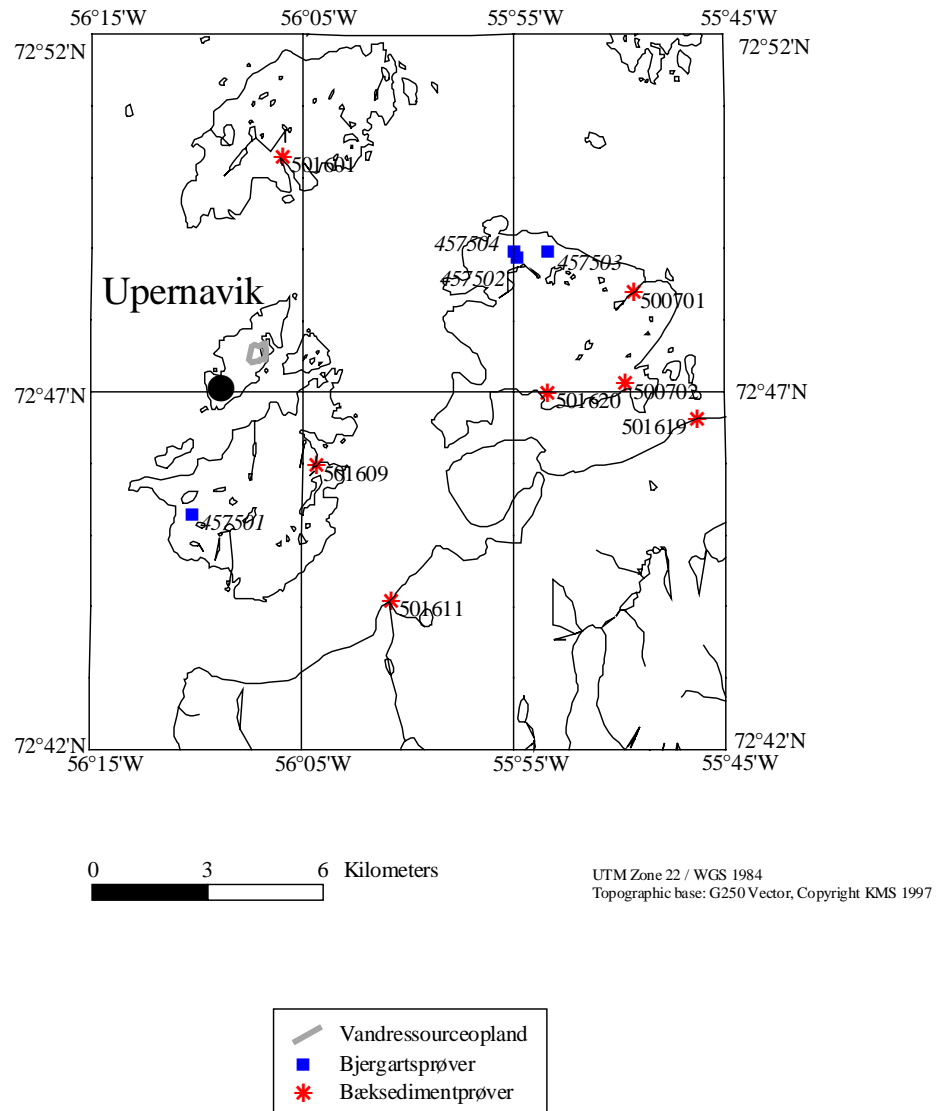
Tabel R17b. Koncentration af hoved- (Al, Fe) og sporgrundstoffer samt ledningsevne (EC) i vandprøver taget fra bække i omegnen af Upernavik. Vandprøvernes tre sidste cifre svarer til bæksedimentprøvernes tre sidste cifre, se tabel R17a og Fig. P17. En enkelt prøve har en Cd (kadmium) koncentration tæt på EU's grænseværdi (EU TMK).

Vandressourceopland - UPERNAVIK



Figur G17. Geologien omkring Upernavik.

Vandressourceopland - UPERNAVIK



Figur P17. Lokalteter for bæksedimenter i tabel R17a og bækvand tabel R17b.

Qaanaaq (18)

Geologisk-geokemiske forhold: Vandet i byens vandelv stammer fra smeltning af en gletsjer, og om sommeren får den bidrag fra regn. Vandet løber igennem en formation af kvartsrige sandsten med spredte tynde lag af skifer. Formationen er ikke metamorfoseret, og den forvitret og eroderes forholdsvis let. Der er ikke kemiske analyser af sandstenen eller skiferen. Bæksedimentprøver er indsamlet i sommeren 2001, og prøverne omkring Qaanaaq har meget høje indhold af SiO₂ og lave indhold af de øvrige grundstoffer (Steenfelt *et al.* 2002). Det kan tænkes, at lerkomponenter, kalk og eventuelt jernholdige forbindelser, som kan observeres som pletter i sandstenen, vil blive opløst og bidrage til vandets kemi, men koncentrationer af sporgrundstoffer forventes i øvrigt at være meget lave. Der blev ikke samlet vandprøver i Qaanaaq området.

Forventet kvalitet af byens råvand: Neutralt, eventuelt svagt surt, vand med lavt indhold af opløst stof. Koncentrationerne af uønskede og toksiske stoffer forventes at ligge langt under grænseværdierne i EU's drikkevandsdirektiv.

Anbefaling til løbende analytisk kontrol: pH, ledningsevne.

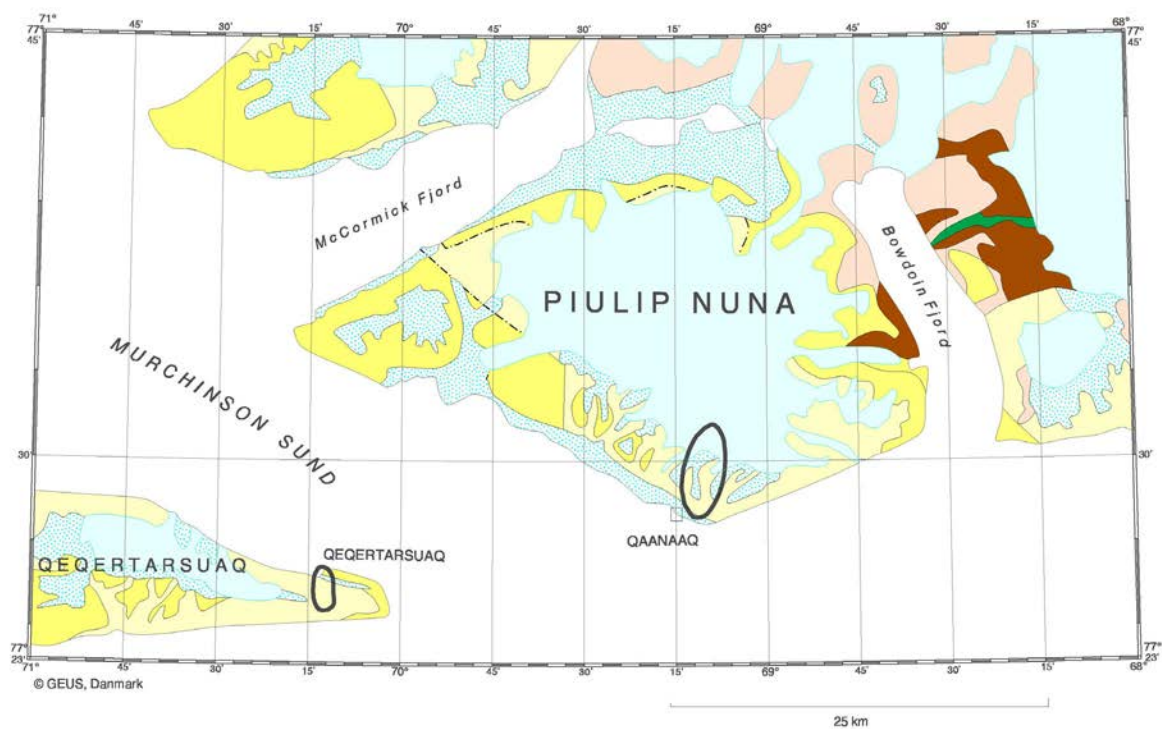
Qaanaaq

| GEUS-nr. | SiO ₂ | TiO ₂ | Al ₂ O ₃ | FeO | Fe ₂ O ₃ | MnO | MgO | CaO | Na ₂ O | K ₂ O | P ₂ O ₅ | glødetab |
|----------|------------------|------------------|--------------------------------|-----|--------------------------------|------|------|------|-------------------|------------------|-------------------------------|----------|
| | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % |
| 506181 | 83.24 | 0.74 | 8.98 | | 2.19 | 0.08 | 0.64 | 0.15 | 0.17 | 4.03 | 0.06 | 2.22 |
| 506182 | 81.42 | 1.75 | 7.01 | | 4.91 | 0.1 | 0.82 | 0.65 | 0.43 | 2.6 | 0.08 | 1.35 |
| 506183 | 71.67 | 1.23 | 14.93 | | 6.06 | 0.07 | 1.71 | 0.48 | 0.49 | 3.77 | 0.11 | 6.10 |
| 506136 | 87.35 | 0.79 | 5.83 | | 4.36 | 0.02 | 0.34 | 0.14 | 0.08 | 1.3 | 0.06 | 1.75 |
| 505926 | 81.46 | 1.01 | 9.91 | | 1.38 | 0.04 | 0.42 | 0.28 | 0.33 | 4.54 | 0.12 | 2.03 |
| 506184 | | | | | | | | | | | | |

| GEUS-nr. | As | Ba | Co | Cr | Cu | Ni | Pb | Sb | U | V | Zn |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg |
| 506181 | 1.6 | 830 | 9 | 49 | 26 | 11 | 19 | 0.5 | 4 | 39 | 16 |
| 506182 | 2.5 | 1300 | 13 | 68 | 27 | 13 | 23 | 0 | 8 | 86 | 29 |
| 506183 | 5.5 | 780 | 22 | 84 | 46 | 31 | 25 | 0 | 2.7 | 94 | 53 |
| 506136 | 2.9 | 220 | 5 | 50 | 12 | 13 | 5 | 0.3 | 6 | 56 | 7 |
| 505926 | 5.9 | 980 | 16 | 38 | 9 | 7 | 19 | 0.4 | 6.3 | 23 | 16 |
| 506184 | 7 | 550 | 22 | 120 | 32 | 30 | 24 | 1 | 3.5 | 88 | 68 |

Tabel R18. Koncentration af hoved- og sporgrundstoffer i bæksedimenter ('X-ray fluorescence', 'ICP-ES' og 'neutron activation' analysemetoder).

Vandressourceopland - QAANAAG



Figur G18. Geologien omkring Qaanaaq.

Vandressourceopland - QAANAAQ

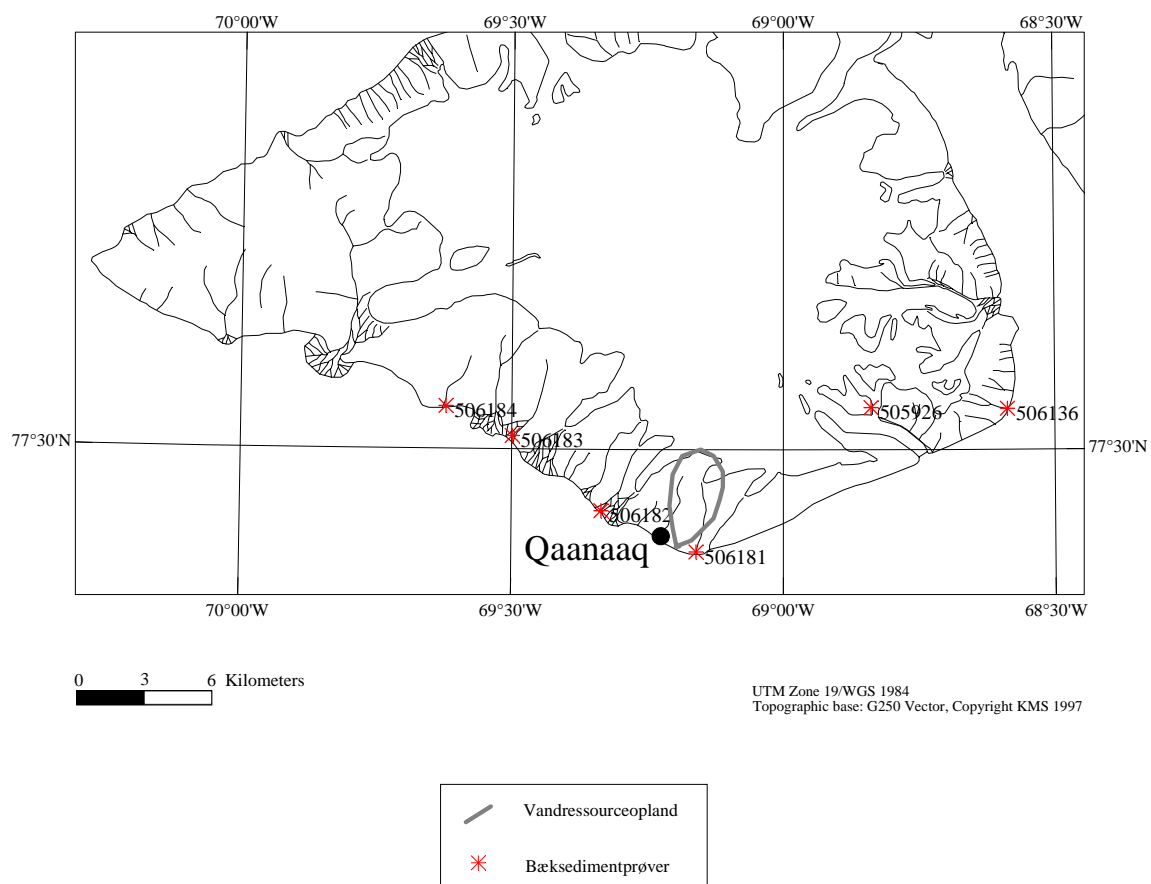


Fig. P18. Lokalteter for bæksedimenter i tabel R18.

Den geokemiske vurdering i relation til oplysninger fra Nukissiorfiit

DMN har indhentet kommentarer til den tidligere version af nærværende rapport fra Nukissiorfiit (Grønlands Energiforsyning). Nukissiorfiit anser, at råvandets målte kvalitet generelt stemmer overens med det, der er forventet ifølge de geokemiske vurderinger, men der er enkelte afvigelser, citeret herunder i kursiv med kommentarer.

Qeqertarsuaq, hvor vandet forventes at være neutralt eller svag basisk. I henhold til vandanalyserne er vandet stærkt basisk med pH omkring 10.

Hvis det meget basiske vand har en naturlig årsag, kan det skyldes bidrag fra opløste karbonat- og zeolitminerale. Karbonater dannes ved forvitring af lavaer og tuffer, zeolitter findes som hulrumsudfyldninger i lavaerne. I bækvand fra tilsvarende basaltiske lavaområder i Skotland er pH målt til 7.95 (Reijo Salminen, FOREGS geochemistry, personlig oplysning 2004), så den meget lave pH-værdi målt i Qeqertarsuaq virker overraskende lav.

Ilulissat, Qasigiannguit, Paamiut og Qaqortoq, hvor indholdet af jern forventes at være lavt. I henhold vandanalyserne ligger jern over den nuværende vejledende grænseværdi.

Aasiaat, hvor indholdet af jern forventes at være lavt. I henhold til vandanalyserne ligger jern over nuværende højest grænseværdi.

Ovenstående vandanalyser er efter vandbehandling på vandværkerne.

Aasiaat vil således ligge over parameter værdien for jern i EU's drikkevandsdirektiv.

Det kan oplyses, at generelt falder pH (suredsgraden) i løbet af vinteren og er lavest før flom.

Det fremgår ikke af kommentarerne fra Nukissiorfik, hvordan de anvendte udtryk 'vejledende grænseværdi' og 'højeste grænseværdi' er relateret til EU's grænseværdier, eller hvad grænseværdierne er i tal. Jerns opløselighed stiger med faldende pH, så hvis vandet i de nævnte ressourceområder er surere end forventet, kan det naturlige jernindhold også være højere end forventet. Der kan også være tale om indvirkning af jernsulfid-holdige skifre der hyppigt findes som smalle bånd i gnejsen. Da vandanalyserne er udført efter transport og vandbehandling, kan det ikke udelukkes, at der kan være tale om 'unaturlig' jerntilførsel.

Konklusion

De eksisterende målinger af elektrisk ledningsevne og pH i vandløb fra store dele af Vest og Sydgrønland viser, at der er sammenhæng mellem arten af de dominerende bjergarter i et område og kemien af områdets bækvand.

På basis af gennemgangen af eksisterende geologiske og geokemiske data er den generelle vurdering, at vandet i de fleste grønlandske byers reservoirer ikke indeholder uønskede eller potentielt skadelige uorganiske kemiske forbindelser i koncentrationer, der overskrider EU's drikkevandsdirektiv 1998/83. Det bemærkes dog, at denne rapport refererer til ledningsevne-målinger udført om sommeren, og der er ikke i GEUS fundet data til at belyse situationen om vinteren, hvor vandsøerne er under is. I nedenstående reservoirer skønnes det, eller er det oplyst af Nukissiorfiit, at koncentrationer af et eller flere grundstoffer kan være så høje, at det er tilrådeligt at foretage nærmere undersøgelser af vandkvaliteten.

| <i>Vandressourceopland</i> | <i>Bør undersøges for</i> |
|----------------------------|---------------------------|
| Nanortalik | Sulfat, Fe, As |
| Qaqortoq | Fe |
| Narsaq | totalanalyse |
| Paamiut | Fe |
| Nuuk | Fe, Al |
| Kangerlussuaq | Fluorid |
| Aasiaat | Fe |
| Qasigianguit | Fe |
| Qeqertarsuaq | pH, anioner |

Det understreges, at den udførte vurdering ikke har haft mulighed for eller ambition om at beskæftige sig med naturligt forekommende radioaktivitet eller effekten af forurening fra menneskelig aktivitet f.eks. vindbårne stoffer fra afbrænding eller anden støvende virksomhed.

Anbefalinger

For at kontrollere om der i de enkelte vandressourcer skulle være ukendte bidrag fra vand med store mængder opløst stof (grundvand eller vand som har strømmet igennem sprækkezoner eller ukendte malmforekomster), anbefales det at foretage løbende målinger af pH og ledningsevnen (elektrisk ledningsevne) i vandet i vandressourceoplandet (vandsøen eller vandelven), såvel som af vandværksvandet. Derved skabes der mulighed for at vurdere variationerne i den naturgivne vandkvalitet og den eventuelle påvirkning forårsaget af transport og vandbehandling. Hvis pH kommer over eller under EU's grænseværdier, og/eller hvis ledningsevnen overstiger 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$, anbefales det at analysere vandet for især jern, mangan, aluminium og nikkel.

Bidragydere til rapporten

Seniorforsker Agnete Steenfelt har været projektleder og forfatter. Korttegner Margareta Christoffersen har fremstillet de geologiske kort, og laboratoriefuldægtig Inge Rytved har udført datasøgninger og fremstillet prøvelokalitetskortene.

Referencer

- Armour-Brown, A., Tukiainen, T. & Wallin, B. 1982: The South Greenland uranium exploration programme. Final report, 95 pp. Unpublished report, Grønlands Geologiske Undersøgelse.
- Lahermo, P., Väänänen, P., Tarvainen, T. & Salminen R. 1996: Geochemical atlas of Finland, part 3: Environmental geochemistry – stream waters and sediments, 149 pp. Espoo: Geological Survey of Finland.
- Olesen, B.L. 1984: Geochemical mapping of South Greenland, 132 pp., 40 maps. Unpublished Ph.D. thesis, Department of Mineral Industry, Technical University of Denmark, Lyngby.
- Reimann, C., Äyräs, M., Chekushin, V., Bogatyrev, I., Boyd, R., Caritat, P. de, Dutter, R., Finne, T.E., Halleraker, J-H., Jæger, Ø., Kashulina, G., Lehto, O., Niskavaara, H., Pavlov, V., Räisänen, M.I., Strand, T. & Volden, T. 1998: Environmental geochemical atlas of the central Barents region, 745 pp. Trondheim: Geological Survey of Norway.
- Steenfelt, A. 1999: Compilation of data sets for a geochemical atlas of West and South Greenland based on stream sediment surveys 1977 to 1997. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse Rapport **1999/41**, 33 pp., 14 tabs, 52 figs.
- Steenfelt, A. 2001a: Geochemical atlas of Greenland - West and South Greenland. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse Rapport 2001/46, 39 pp., 1 CD-ROM.
- Steenfelt, A. 2001b: En vurdering af de geokemiske forhold i de grønlandske byers vandresourc oplande i relation til indflydelsen på kvaliteten af råvandet. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse Rapport **2001/116**, 72 pp.
- Steenfelt, A., Dawes, P.R., Krebs, J.D. & Thomassen, B. 2002: Geochemical mapping of the Qaanaaq region, 77°10' to 78°10'N, North-West Greenland. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse Rapport **2002/65**, 29 pp., 48 maps.