

Undersökningstyp

(Manual för undersökning)

Torrdeposition med strängprovtagare, månadsmedelvärden

Version 1:2, 2020-10-16

Programområde: Luft
Handledning för miljöövervakning



Innehåll

Bakgrund och syfte med undersökningstypen	3
Samordning	3
Strategi	3
Tillämpning.....	4
Statistiska aspekter.....	4
Plats/stationsval	4
Mätprogram.....	5
Variabler	5
Frekvens och tidpunkter.....	6
Observations/provtagningsmetodik	6
Utrustningslista.....	8
Tillvaratagande av prov, analysmetodik.....	8
Fältprotokoll	8
Kvalitetssäkring	8
Databehandling, datavärd	8
Rapportering, utvärdering.....	9
Tids- och kostnadsuppskattning.....	9
Fasta kostnader	9
Analyskostnader.....	10
Tidsåtgång.....	10
Övrigt.....	10
Författare och kontaktpersoner	10
Referenser	11
Metodreferenslista	11
Rekommenderad litteratur	11
Uppdateringar, versionshantering.....	13
Bilaga 1. Fältprotokoll	14
Bilaga 2. Beräkning av havssaltskorrektur.....	15

Bakgrund och syfte med undersökningstypen

Resultaten från undersökningstypen har flera olika användningsområden:

- Resultaten från mätningar med strängprovtagare kan, tillsammans med krondroppsmätningar och mätningar på öppet fält, ge information om den partikelbundna torrdepositionen av olika ämnen till skog, i synnerhet för de ämnen som har en interaktion med trädskronorna.
- Deposition av kväve bidrar till risken för kväveupplagring i skogsmarken, vilket påverkar växtsamhällets sammansättning samt ökar risken för läckage av nitrat till ytvatten. Totaldepositionen av kväve till skog är mycket svår att beräkna utifrån traditionella krondroppsmätningar på grund av interaktioner med trädskronorna. Mätningar med strängprovtagare möjliggör beräkningar av torrdepositionen av kväve till skog vilket tillsammans med mätningar över öppet fält ger grund för att beräkna totaldepositionen av kväve till skog.
- Depositionen av baskatjoner motverkar försurning och beräkningar av torrdepositionen av dessa ämnen utifrån strängprovtagare kan därför möjliggöra att den kritiska belastningsgränsen för försurning av skogsmark kan bestämmas. Metodiken att korrekt beräkna totaldeposition av baskatjoner är ännu ej färdigställd i dagsläget.
- Resultaten av torrdeposition ger underlag för validering av beräkningsmodeller.

Undersökningstypen är av betydelse för övervakningen av hur det nationella miljö kvalitetsmålet *Bara naturlig försurning* samt *Ingen övergödning* uppfylls.

Enligt miljömålet *Bara naturlig försurning* ska miljöeffekterna av nedfall inte få överskrida gränsen för vad mark och vatten tål av försurande ämnen.

Resultat från undersökningstypen används för att utvärdera om miljömålet *Ingen övergödning* uppnås, alltså om utsläppen av bland andra olika kväveföreningar minskar.

Samordning

Mätningar av torrdeposition till skog måste kompletteras med samlokaliserade mätningar av krondropp och nederbördskemi på öppet fält. Om man gör mätningar av lufthalter bör även dessa synkroniseras med övriga mätningar på mätplatsen.

Strategi

Torrdepositionen är en del av det totala nedfallet från luften och den är som störst över skrovliga ytor såsom skog. Försurning av skogsmark leder till att marken förlorar utbytbara baskatjoner (kalium, kalcium och magnesium). Dessa joner är viktiga näringsämnen för träden. Torrdepositionen av kväve bidrar till risken för kväveupplagring i skogsmarken, vilket påverkar växtsamhällets sammansättning samt ökar risken för läckage av nitrat till ytvatten.

Ett skogsbruk med helträdsutnyttjande kan leda till försurning, om man inte genom askåterföring, eller genom att lämna kvar trädmateriäl som får brytas ner på platsen, ersätter de baskatjoner som förts bort i form av stamved och grenar. Baskatjoner tillförs även skogsmarken via vittring och förs bort genom avrinning.

Det är därför strategiskt viktigt att mäta torr- och våtdepositionen av olika ämnen till de ytor där avrinning, tillväxt, utbytbara baskatjoner i mark samt vittring studeras. Mätningar av torrdeposition med strängprovtagare är för närvarande främst ett komplement till krondroppsmätningar och nederbördskemiska mätningar på öppet fält varför provpunkten bör samlokaliseras med sådana mätningar. Provsamlas in kontinuerligt under en månad. Månadsprover ger tillräcklig information om hur halterna och depositionen varierar under året och mellan olika år.

Tillämpning

För närvarande (2020) är metodiken för att beräkna torrdepositionen utifrån samlokaliserade mätningar av krondropp, nederbörd på öppet fält samt mätningar med strängprovtagare endast färdigutvecklad vad gäller torrdepositionen av nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$) och ammonium ($\text{NH}_4\text{-N}$) till barrskog i Sverige (Karlsson et al., 2018, 2019). Metodiken kan även färdigställas för att beräkna torrdeposition svavel ($\text{SO}_4\text{-S}$) till barrskog. För att beräkna torrdeposition av nitrat, ammonium samt svavel till lövskog krävs en omfattande metodutveckling och eventuellt kompletterande mätningar, eftersom lövträdens blad skiljer sig avsevärt från barr vad gäller egenskaper som spelar roll för torrdeposition.

För att göra motsvarande beräkningar för baskatjoner krävs en utvecklingsinsats.

Statistiska aspekter

En studie på tio platser, främst i södra Sverige har visat på en stor geografisk variation, där andelen torrdeposition av totala depositionen minskar på ett systematiskt sätt från längst i sydväst mot nordost, uttryckt som summan av latitud och longitud (Karlsson et al., 2019). Man befärdar att depositionen av baskatjoner minskar med tiden som en följd av att man försöker minska utsläppen till luft av partiklar. En minskad deposition av baskatjoner skulle leda till ökad försurning. Det är därför väsentligt att mätningarna pågår under lång tid, minst 10 år, på samma mätplatser om en trend skall kunna påvisas. Alla delar av provtagningen (det vill säga mätningar av krondropp, nedfall med nederbörden på öppet fält samt mätningar med strängprovtagare) är väsentliga för jämförbarheten och kvaliteten. Därför är det viktigt att anvisningarna i provtagnings- och analysmetoden följs.

För att välja lämplig statistisk bearbetning eller metoder rekommenderas den handledning i "Dataanalys och hypotesprövning för statistikanvändare" (pdf 1,3 MB), som finns på Naturvårdsverkets webbplats. Se även en fristående webbplats med vägledning i miljöstatistik www.miljostatistik.se.

Plats/stationsval

Mätplatsen, som ska placeras i närheten av det skogsparti där man gör krondroppsmätningar, får inte påverkas av lokala utsläpp av förorenande partiklar och bör därför inte ligga i närheten av bilvägar, platser med förbränning som kan ge upphov till kontaminering av rök etc. På grund av att skogen mycket effektivt filtrerar partiklar sker merparten av torrdepositionen i vegetationens mest vindexponerade delar. Därför bör även strängprovtagaren placeras på en vindexponerad plats. Man får då även större mängder av olika ämnen att analysera.

Om en speciell plats ska övervakas för att studera den lokala belastningen eller åtgärd/uppföljning av åtgärd, kan mätning naturligtvis göras även där, men resultaten blir då inte representativa för mer än just den platsen.

Mätprogram

Variabler

Provtagning av strängprov görs kontinuerligt under månaden med byte i anslutning till månadsskifte och med parameterlista enligt nedanstående tabell.

<i>Företeelse</i>	<i>Determinand (Mätvariabel)</i>	<i>Metod- moment</i>	<i>Enhet</i>	<i>Prioritet</i>	<i>Frekvens och tid- punkter</i>	<i>Referens till prov- tagnings- metodik</i>	<i>Referens till analys- metod</i>
Provtagnings- -tillfälle	Datum (Startdatum, Slutdatum)						
Strängprov	Volym	Ofiltrerat	ml	1	Månad	1	-
	SO ₄ -S-halt Sulfat som svavel, halt	Filtrerat	mg S/l	1	Månad	1	2
	NO ₃ -N-halt Nitrat som kväve, halt	Filtrerat	mg N/l	1	Månad	1	2
	NH ₄ -N-halt Ammonium som kväve, halt	Filtrerat, konserverat	mg N/l	1	Månad	1	3
	Kvävehalt, Kjeldahl*	Filtrerat, konserverat	mg N/l	1	Månad	1	4
	DOC-halt Löst organiskt kol	Filtrerat, konserverat	mg/l	2	Månad	1	5

Fortsättning på tabellen ovan.

<i>Företeelse</i>	<i>Determinand (Mätvariabel)</i>	<i>Metod- moment</i>	<i>Enhet</i>	<i>Prioritet</i>	<i>Frekvens och tid- punkter</i>	<i>Referens till provtagnings- metodik</i>	<i>Referens till analys- metod</i>
Strängprov	Cl-halt Kloridhalt	Filtrerat	mg/l	1	Månad	1	2
	Na-halt Natriumhalt	Filtrerat	mg/l	1	Månad	1	6
	K-halt Kaliumhalt	Filtrerat	mg/l	1	Månad	1	6
	Ca-halt Kalciumhalt	Filtrerat	mg/l	1	Månad	1	6
	Mg-halt Magnesium- halt	Filtrerat	mg/l	1	Månad	1	6
	Mn-halt Manganhalt	Filtrerat	mg/l	2	Månad	1	6
	pH	Ofiltrerat	pH	1	Månad	1	7
	Alkalinitet	Ofiltrerat	mmol/l	1, (pH>5,4)	Månad	1	8
	Konduktivitet	Ofiltrerat	mS/m	1	Månad	1	9
	Ptot-halt Totalfosforhalt	Filtrerat	mg/l				6

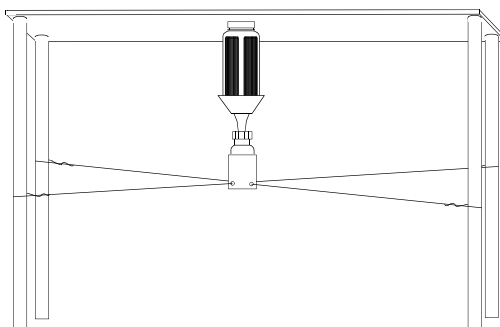
*Kjeldahl mäts i dagsläget ej på strängprovet

Frekvens och tidpunkter

Månadsmätningar bör göras, d.v.s. att prov samlas in månadsvis under hela året. Provtagningen bör ske på den måndag som är närmast månadsskiftet för att provet ska hinna skickas till laboratoriet under samma vecka utan att bli liggande på posten.

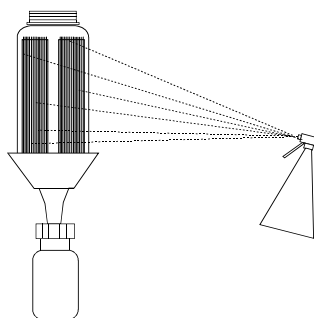
Observations/provtagningsmetodik

Strängprovtagaren monteras under ett svagt sluttande tak (se figur 1).



Figur 1. Strängprovtagare med tratt och flaska monterad under ett ca 1,5 x 1,2 m svagt sluttande tak.

I början på en provtagningsperiod skruvar man fast en rengjord strängprovtagare under taket. När provtagningsperioden är slut, gör man en uppskattning av volymen i flaskan genom att mäta höjden på vattennivån (dimdepositionen). Därefter sprayas strängarna med avjoniserat vatten på så sätt som visas i figur 2 (lakning), vilket ger en laklösning. Ur halterna i laklösningen kan torrdepositionen av olika ämnen till barrskog beräknas i relation till torrdepositionen av natrium. De absoluta värdena som sådana är här av mindre betydelse.



Figur 2. Lakning av strängarna sker genom att försiktigt spraya på avjoniserat vatten.

Betydelsen av strängprovtagarens utformning (trådtjocklek etc.) har inte testats. I väntan på att det undersöks rekommenderas därför de mått som beskrivs av Ferm m.fl. 2000. Hela provet skickas till laboratoriet för analys. Där filtreras provet och där bestäms även den totala vattenvolymen. När temperaturen är under 0 °C skruvas strängprovtagaren loss och fraktas i en hink med lock till någon lämplig uppvärmd lokal, där strängarna kan sprayas. En ny strängprovtagare monteras under taket när man gör bytet; en dubbel uppsättning provtagare behövs alltså vid kyla. Vid handhavandet av prover och provtagningsutrustning måste alla risker för kontaminering undvikas. Man får aldrig med händerna beröra provet eller de ytor som kommer i direkt kontakt med provet.

Provet ska förvaras mörkt och kallt (om möjligt i kylskåp) i väntan på analys. Transport- och lagringstider ska vara så korta som möjligt.

Det är inte vanligt med provtagning med kortare intervall än en månad, t.ex. en eller två veckor, men detta kan vara motiverat om det finns risk för att proverna annars kan förstöras. Det kan finnas risk för åverkan eller risk att provet på något sätt kontamineras.

UTRUSTNINGSLISTA

Strängprovtagare i polypropenplast med strängar av teflon Tratt (polypropen)
Flaska (polyeten)
Tak 2-skikts kanalplast (polypropen)
Hink med lock (vintertid) (polypropen)

Tillvaratagande av prov, analysmetodik

Använd analysmetodik framgår av tabell 1. För mer utförlig beskrivning av analysmetoderna hänvisas till 2-9 i Metodreferenslistan.

Vid ankomst till laboratoriet mäts pH och elektrisk ledningsförmåga (konduktivitet) i det obehandlade provet. Därefter filtreras provet inför vidare kemiska analyser.

Analys görs förutom som nämnts av pH och konduktivitet även av svavelhalt, kvävekomponenter, baskatjoner och klorid. Efter analys av ingående joner ska det göras en beräkning av jonbalans på provet samt en bedömning av balans mellan beräknad och uppmätt ledningsförmåga. Summan av analyserade positiva respektive negativa joner, räknat som ekvivalenter, bör vid korrekta analyser vara ungefär densamma. Ett visst överskott av positiva joner är vanligt eftersom karbonathalten inte ingår i analysen av negativa joner.

Fältprotokoll

Se Bilaga 1 för mer information.

Kvalitetssäkring

Det är viktigt att man avbryter provtagningen vid månadens slut, samtidigt med krondropps- och nederbördsproverna, för att korrekt kunna beräkna ett månadsmedelvärde.

Interkalibreringar av torrdepositionen har ännu inte genomförts. Analyserna ska göras vid ackrediterade laboratorier, där normala, rutinmässiga kvalitetskontroller av analyser och analysdata ger god kvalitet på själva analysdata. Andra faktorer som inverkar på resultatet är vad som hänt under själva provtagningsperioden och därefter vid hanteringen av provet.

Vid validering av data kan kontroll av till exempel samvariation mellan olika stationer eller samvariation mellan olika parametrar användas för bedömningar.

Det finns behov av nationella interkalibreringar av hela förfarandet, från provtagning till resultat. Dessa interkalibreringar skulle kunna omfatta såväl nationella som regionala och lokala mätningar.

Databehandling, datavärd

En genomgång och validering av data ska göras före inrapportering av data till datavärden. Dessa rutiner bör innehålla möjligheter att upptäcka både slumpvisa och systematiska fel. Uppenbart, eller med stor sannolikhet, felaktiga värden ska

strykas. Om inga felaktigheter kan konstateras vid kontroll av misstänkta värden bör de stå kvar, tillsammans med en kommentar.

De månadsvisa resultaten för ingående variabler, tillsammans med beskrivning av stationen samt information om vilka provtagnings- och analysmetoder som används, ska årligen lämnas till datavärden (om en överenskommelse har träffats om lagring av mätdata hos en datavärd).

Data från strängprovtagare kan i dagsläget ej skickas till datavärd då rutiner hos denne ej utvecklats för denna typ av data. Detta gör att mätresultat kan erhållas från IVL Svenska Miljöinstitutet när det gäller data inom Krondroppsnetet, se kontaktuppgifter på webbplatsen (<http://www.krondroppsnetet.ivl.se>).

Datavärden lagrar endast grunddata. Kontroll av datamaterialets kvalitet ska göras innan man lämnar in data till datavärden, men en enklare rimlighetskontroll bör göras hos datavärden genom jämförelse med tidigare data.

Datavärd för Luftkvalitet:

SMHI

Webb: www.smhi.se/datavardluft

E-post: datavardluft@smhi.se

Rapportering, utvärdering

Med vissa intervall bör data jämföras med andra mätningar och modellberäkningar för att bedöma osäkerheter som kan vara viktiga. Totalt nedfall av kväve presenteras bland annat på Krondroppsnetets hemsida, <http://www.krondroppsnetet.ivl.se> eller på Sveriges miljömåls hemsida som indikator för miljömålet *Ingen övergödning*, <https://www.sverigesmiljomal.se/miljomalen/ingen-overgodning/nedfall-av-kvave-till-barrskog/>

För indikatorn Nedfall av svavel för miljömålet *Bara naturlig försurning* används i dagsläget våtdeposition. Eventuellt kan det i framtiden bli relevant att i stället använda totaldeposition av svavel och då kommer strängprovtagare att användas för beräkning av totaldeposition av svavel. Totalt nedfall av svavel presenteras bland annat på Krondroppsnetets hemsida <http://www.krondroppsnetet.ivl.se>.

Om beräkning av icke-havssaltrelaterad deposition av sulfat ska ske se Bilaga 2 för metod.

Tids- och kostnadsuppskattning

Kostnaden för mätningarna beror i viss utsträckning på hur rationellt man kan genomföra provtagning och analys och om några samordningsvinster kan göras med andra provtagningar eller analyser.

Fasta kostnader

Provtagningsutrustningen kostar cirka 3 500 kr i materialkostnad. Till detta kommer eventuell arbetskostnad för tillverkning av ny provtagningsutrustning.

Utöver detta tillkommer kostnader för installation. Kostnader är angivna med 2020 års priser.

Analyskostnader

En årlig analyskostnad för månatliga mätningar med strängprovtagare är cirka 14 000 kr. Till det kommer en kostnad för provtagning som kan variera kraftigt beroende på om man samordnar med andra mätningar. Utöver detta tillkommer en kostnad för kvalitetssäkring, bearbetning och redovisning av grunddata på cirka 6 000 kr per år och mätplats. Kostnad för utvärdering och presentation av resultat i rapporter och på webbplatser och jämförelse med andra data ingår inte i denna kostnadsberäkning. Kostnader är angivna med 2020 års priser.

Tidsåtgång

Provbyte i fält tar ungefär en halvtimme till en timme. Utöver detta tillkommer restid, tid för förberedelse samt efterarbete.

Övrigt

Långsiktiga mätningar av depositionsutvecklingen i skogsbestånd som ingår i ett nationellt eller regionalt nät, där likartade bestånd ska jämföras, kräver någon form av avtal med markägaren.

Jämförelser mellan olika perioder och olika delar av landet underlättas av att mätningarna utförs på samma sätt.

Jämförelser mellan uppmätta och modellberäknade värden kan på sikt motivera en revidering av undersökningstypen.

Författare och kontaktpersoner

Delprogramansvarig, Naturvårdsverket:

Salar Valinia
Luftenheten
Naturvårdsverket
106 48 Stockholm
Tel: 010-698 14 65
E-post: salar.valinia@naturvardsverket.se

Programområdesansvarig Programområde Luft, Naturvårdsverket

Helena Sabelström
Luftenheten
Naturvårdsverket
106 48 Stockholm
Tel: 010-698 10 95
E-post: helena.sabelstrom@naturvardsverket.se

Författare samt Experter, IVL Svenska Miljöinstitutet:

Gunilla Pihl Karlsson

Tel: 010-788 67 58

E-post: gunilla.pihl.karlsson@ivl.se

Per Erik Karlsson

Tel: 010-788 67 57

E-post: pererik.karlsson@ivl.se

IVL Svenska Miljöinstitutet AB

Box 53021

400 14 Göteborg

Referenser

Metodreferenslista

1. Manual för provtagning erhålls från IVL Svenska Miljöinstitutet, www.ivl.se.
2. SS-EN ISO 10304-1:2009. Vattenundersökningar - Bestämning av lösta anjoner med jonkromatografi - Del 1: Bestämning av bromid, klorid, fluorid, nitrat, nitrit, fosfat och sulfat (ISO 10304-1:2007).
3. ISO 15923-1:2013. Water quality -- Determination of selected parameters by discrete analysis systems -- Part 1: Ammonium, nitrate, nitrite, chloride, orthophosphate, sulfate and silicate with photometric detection.
4. EPA 351.2. Method 351.2, Revision 2.0: Determination of Total Kjeldahl Nitrogen by Semi-Automated Colorimetry.
5. SS-EN 1484 utg 1. Vattenundersökningar - Riktlinjer för bestämning av totalt organiskt kol (TOC) och löst organiskt kol (DOC).
6. SS-EN 11885-2009. Vattenundersökningar - Bestämning av ett antal utvalda grundämnen genom atomemissionsspektrometri med induktivt kopplad plasma (ICP-AES) (ISO 11885:2007).
7. SS-EN ISO 10523:2012. Vattenundersökningar - Bestämning av pH-värde i vatten (ISO 10523:2008).
8. SS-EN ISO 9963-2 utg 1 mod. Vattenundersökningar - Bestämning av alkalinitet - Del 2: Bestämning av karbonatalkalinitet (ISO 9963-2:1994).
9. ISO 27888 utg 1. Vattenundersökningar - Bestämning av konduktivitet (ISO 27888:1985).

Rekommenderad litteratur

- Ferm, M., Westling, O., Hultberg, H. 2000. Atmospheric deposition of base cations, nitrogen and sulphur in coniferous forests in Sweden – a test of a new surrogate surface. *Boreal Environment Research* 5, 197-207.
- Karlsson, P.E., Pihl Karlsson, G., Hellsten, S., Akselsson, C. 2018. Utveckling av en indikator för totalt nedfall av kväve till barrskog inom miljö kvalitetsmålet Ingen övergödning. IVL Rapport C286.
- Karlsson, P.E., Pihl Karlsson, G., Hellsten, S., Akselsson, C., Ferm, M., & Hultberg, H. 2019. Total deposition of inorganic nitrogen to Norway spruce

forests – Applying a surrogate surface method across a deposition gradient in Sweden. *Atmospheric Environment* 217. 116964
<https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2019.116964>

Uppdateringar, versionshantering

Version 1:0 2003-12-15 Ny undersökningstyp

Version 1:1 2013-03-25. IVL (Gunilla Pihl Karlsson) uppdaterade undersökningstypen och Naturvårdsverket (programansvarig, teknisk redaktör och samordnare för metoder) inom miljöövervakningen godkände uppdateringen.

Version 1:2, 2020-10-16. Ändring enligt ny mall samt allmän uppdatering av tidigare inaktuella uppgifter. Uppdatering av analysmetoder har skett samt även uppdatering till aktuella uppgifter för användning av data inom miljömålet *Ingen övergödning*. Allmän genomgång av text så den blir mer korrekt utifrån dagens situation.

Bilaga 1. Fältprotokoll

I fältprotokollet antecknas datum, provplats, koordinater enligt gällande koordinatsystem, mängd i provflaska före spray (mm vätska på botten i flaskan), sprayvätskans sats ("batch") samt meddelande om iakttagelser eller avvikelser. Fältpersonalens namn och i förekommande fall företagsnamn, se exempel nedan.

Bilaga 1. Fältprotokoll

Startdatum _____

Stoppdatum _____

Namn på provplats _____

Mängd i provflaska före spray (mm vätska på botten i flaskan) _____

Volym i flaska (vikt utan provflaska) _____

Anmärkningar, iakttagelser eller
avvikelser _____

Fältpersonalens namn och signatur _____

Fältpersonalens kontaktuppgifter:

Bilaga 2. Beräkning av havssaltskorrektion

Havssalt: sammansättning, g/kg

Cl	18,980
Na	10,561
Mg	1,272
S	0,884
Ca	0,400
K	0,380

I första hand används Na för havssaltskorrektion.

$$[\text{SO}_4\text{-S}] = [\text{SO}_4\text{-S}]_{\text{tot}} - 0,0837[\text{Na}]_{\text{tot}}$$

$$[\text{Ca}] = [\text{Ca}]_{\text{tot}} - 0,0379[\text{Na}]_{\text{tot}}$$

$$[\text{Mg}] = [\text{Mg}]_{\text{tot}} - 0,1204[\text{Na}]_{\text{tot}}$$

$$[\text{K}] = [\text{K}]_{\text{tot}} - 0,0360[\text{Na}]_{\text{tot}}$$

$$[\text{Cl}] = [\text{Cl}]_{\text{tot}} - 1,797[\text{Na}]_{\text{tot}}$$

OBSERVERA att enheten måste vara densamma, mg/l

$[\text{SO}_4\text{-S}]_{\text{tot}}$, $[\text{Na}]_{\text{tot}}$, $[\text{Ca}]_{\text{tot}}$, $[\text{Mg}]_{\text{tot}}$, $[\text{K}]_{\text{tot}}$, $[\text{Cl}]_{\text{tot}}$ är halter uppmätta i provet.