Nya insikter om övergödning från SKB:s miljöövervakning

Olle Hjerne & Anna Wahlstéen, SKB

De två stora byggprojekt som SKB planerar i Forsmark kommer att innebära omfattande sprängningar av berg. Det har väckt frågan om kväveutsläpp från sprängmedelsrester, och hur stor påverkan det kan få på Öregrundsgrepen. Den frågan har utretts grundligt, vilket lett till nya insikter om hur havsområdet fungerar.

Tack vare SKB:s omfattande platsundersökningar och miljöövervakning i Forsmarksområdet sedan början av 2000-talet är förutsättningarna ovanligt goda för att bedöma risken för övergödningseffekter.

Kväve från sprängningar

I samband med de två stora underjordiska byggprojekten som SKB planerar i Forsmark, kommer stora mängder berg att behöva sprängas ut. Kärnbränsleförvaret kommer att omfatta uppåt sex mil tunnlar och det totala uttaget beräknas till cirka 2 300 000 kubikmeter berg, huvudsakligen under några få år av den inledande uppförandefasen. Utbyggnaden av förvaret för lågaktivt avfall innebär i sin tur sex nya bergssalar med tillfartsramp och uttaget där beräknas bli knappt 1 300 000 kubikmeter berg under en period av tre år.

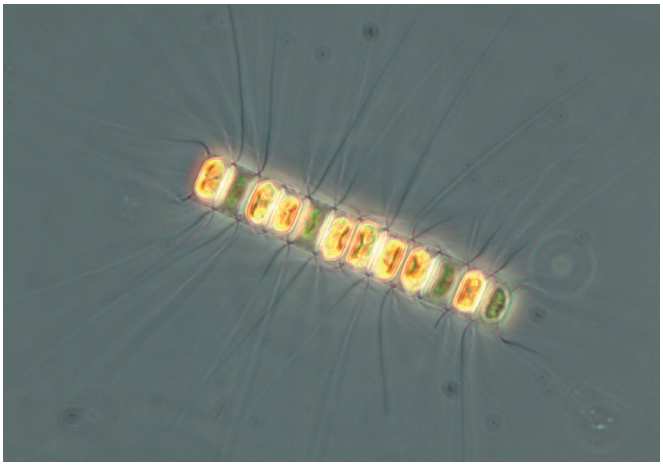
Vid sprängningsarbetena produceras bergmassor med kväveföroreningar i form av odetonerade sprängmedelsrester. Detta kväve kan hamna i havet via länshållningsvatten som pumpas upp från tunnlarna, eller genom lakvatten från bergupplag. För att minimera kväveutsläppen planeras för rening av lakvattnet, och möjligheterna att rena även de lägre halterna i länshållningsvattnet utreds.

Kväveutsläppet uppskattas till som mest cirka 20 ton under ett år, om de högsta årliga utsläppen från respektive byggprojekt skulle sammanfalla tidsmässigt. Det motsvarar cirka 2 procent av den totala mängden kväve som årligen tillförs Öregrundsgrepen från land och luft. Om tillförseln från de omkringliggande havsbassängerna tas med i beräkningarna motsvarar utsläppet 2 promille.

Fosforbegränsning i Bottenhavet

Kvävet i sprängmedlet utgörs av ammonium och nitrat

De omfattande undersökningarna i Öregrundsgrepen visar att åtminstone detta kustområde i Bottenhavet verkar vara kvävebegränsat under sommaren, tvärtemot den etablerade bilden av ett fosforbegränsat Bottenhav.



Kiselalgen *Chaetoceros wighamii* är en av alla arter växtplankton. Den förekommer även sommartid i Öregrundsgrepen.
Foto: Helena Höglander.

som båda är lättillgängliga näringsämnen för vegetation, och därmed skulle kunna orsaka övergödning. SKB har därför utrett vilka miljöeffekter som kan förväntas, och också försökt kvantifiera dem.

Ett första steg i det arbetet har varit att titta närmare på om lokala övergödningseffekter överhuvudtaget bör förväntas, genom att undersöka om produktionen av växtplankton och bottenvegetation verkligen är begränsad av tillgången på just kväve.

Generellt gäller att det under vintern är tillgången på ljus som begränsar produktionen medan det under tillväxtsäsongen oftast är kväve eller fosfor som begränsar produktionen av växtplankton och bottenvegetation. Vilket av dessa närsalter som är begränsande varierar i Östersjön. I Bottenhavet har produktionen genom åren ansetts vara i huvudsak fosforbegränsad. Enligt en dom i EU-domstolen 2009 finns därför ett undantag för områden norr om Norrtälje kommun från kravet på särskild kväverening av avloppsvatten från tätbebyggelse. Detta talar för att kväveutsläpp i Forsmark inte borde vara ett stort problem.

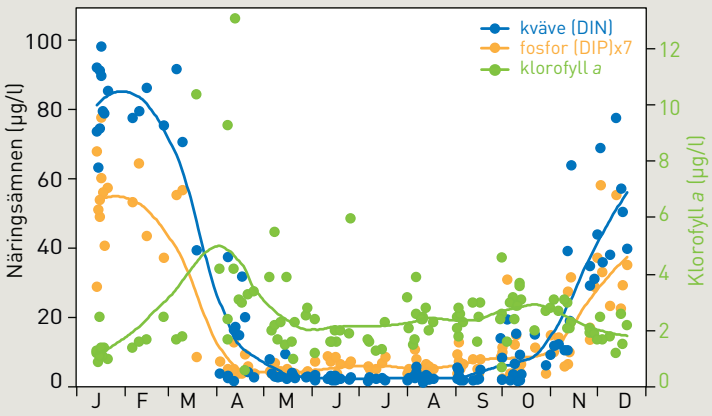
Samtidigt har en trend mot mer kvävebegränsning observerats i södra delen av Bottenhavet, vilket skulle kunna bero på en ökad tillförsel syrefattigt och fosforrikt bottenvatten från Egentliga Östersjön.

Kvävebegränsning på sommaren

Mot denna bakgrund har SKB genomfört en analys av hur kväve, fosfor och klorofyll varierar under säsongen i Asphällsfjärden precis utanför Forsmark. Till hjälp fanns 13 års data som samlats in i samband med platsundersökningar och den efterföljande miljöövervakningen.

Resultaten tyder på att det i kustområdet runt Forsmark är fosfor som begränsar produktionen av växtplankton under vår och höst, men att det under sommarperioden istället är kvävetillgången som verkar begränsa produktionen. Liknande resultat har erhållits från den finska Bottenhavskusten, både i försök där produktionen har mätts vid tillsats av kväve respektive fosfor, och från uppmätta närsaltskoncentrationer i vattnet. Detta mönster är i princip det omvända mot hur det ser ut söder om Ålands hav,

EN ÅRSCYKEL AV VÄXTPLANKTONPRODUKTION



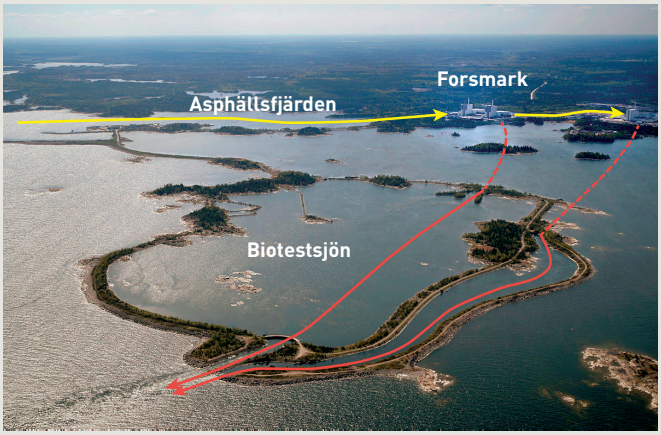
▲ Säsongsdynamiken i Asphällsfjärden under 2002-2014 för de lättillgängliga oorganiska fraktionerna av kväve (DIN) och fosfor (DIP), samt av klorofyll *a*. Heldragna kurvor är en hjälp, så kallade smoothing splines, för att lättare se årstidsdynamiken. Koncentrationerna av DIP är multiplicerade med 7 för att figuren ska spegla algernas upptag av näringsämnen. Den närsaltskurva som ligger lägst visar därför på ett relativt underskott av ämnet i relation till algernas behov.

Figuren visar att den ljusbegränsade produktionen av växtplankton under den mörka vinterperioden leder till låga klorofyllhalter och höga koncentrationer av närsalterna kväve och fosfor.

Under vårblomningen i mars-april ökar solinstrålningen och därmed klorofyllhalterna, samtidigt som halterna av närsalter minskar. När fosforn börjar ta slut avstannar blomningen, medan kväve fortfarande finns kvar i vattenmassan. Detta överensstämmer med den etablerade bilden att det är fosfor som begränsar produktionen i området.

På försommaren fortsätter kvävekoncentrationerna dock att minska medan fosforhalterna stiger en aning. Under sommaren råder således en brist på kväve snarare än fosfor.

Foto: Lasse Modin

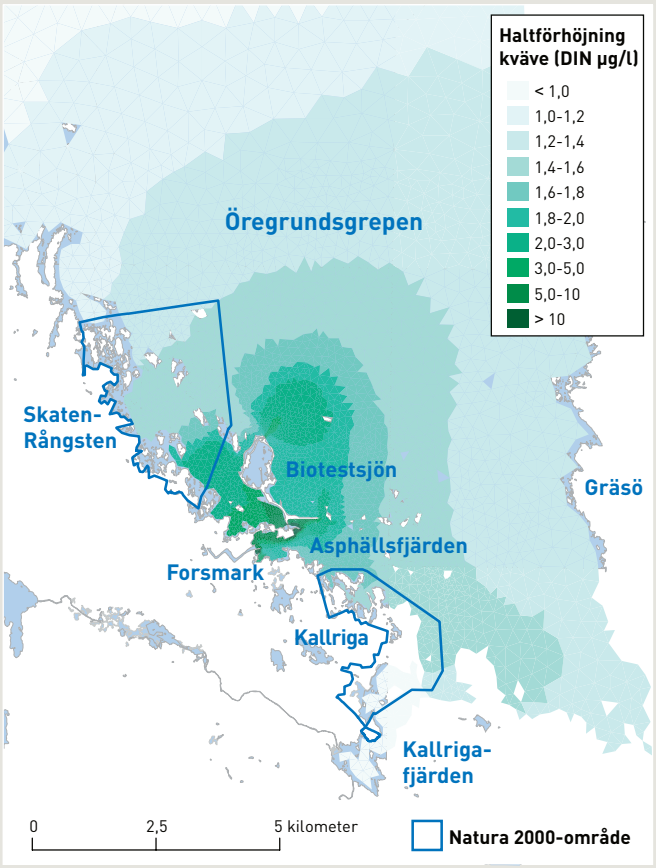


▲ Utsläppspunkterna för kvävet ligger i området där kylvattenintaget till Forsmarks kärnkraftverk sker. Här skapas en kraftig vattenström in genom Asphällsfjärden och kylvattenkanalen (gula pilar).

Efter att kylvattnet passerat kärnkraftsreaktorerna pumpas det uppvärmda vattnet i ledningar (röd streckad linje) ut i Öregrundsgrepen via Biotestsjön och den parallella utloppskanalen (röda pilar). Den starka kylvattenströmmen motsvarar, vid full drift, halva Dalälvens medelvattenföring och har en stor inverkan på den lokala vattenomsättningen.

Foto: Lasse Modin

▲ SKB:s experter Mats Tröjbom, Sara Nordén och Olle Hjerne på fältbesök i havsområdet runt Forsmark.



▲ Resultaten från en hydrodynamisk spridningsmodell visar hur kvävehalterna i Öregrundsgrepen som mest skulle kunna öka under sommaren. Beräkningarna baseras på ett årligt utsläpp av 20 ton kväve i de lättillgängliga formerna ammonium och nitrat (DIN).

Närmast utsläppspunkterna kan haltförhöjningen bli drygt 10 µg/l, men i Natura 2000-områdena liksom i större delen av området blir haltförhöjningen mindre än 3 µg/l. Dessa förhöjningar är sannolikt grovt överskattade. Delar av det utsläppta kvävet kommer snabbt att tas upp av växtplankton och därmed övergå till partikulärt organiskt kväve i vattenmassan och fortsätta spridas med vattenströmmarna som modellen visar. En stor del av kvävet kommer dock att tas upp av bottenvegetationen i området, vilket inte modellen tar hänsyn till.

Som jämförelse till de modellerade haltförhöjningarna är koncentrationen av totalkväve i vattenmassan ca 280 µg/l och det partikulärt bundna kvävet ca 40 µg/l i Öregrundsgrepen under sommaren.

Foto: Lasse Modin

där vårblomningen oftast är kvävebegränsad, medan sommarblomningen av kvävefixerande cyanobakterier kan vara fosforbegränsad.

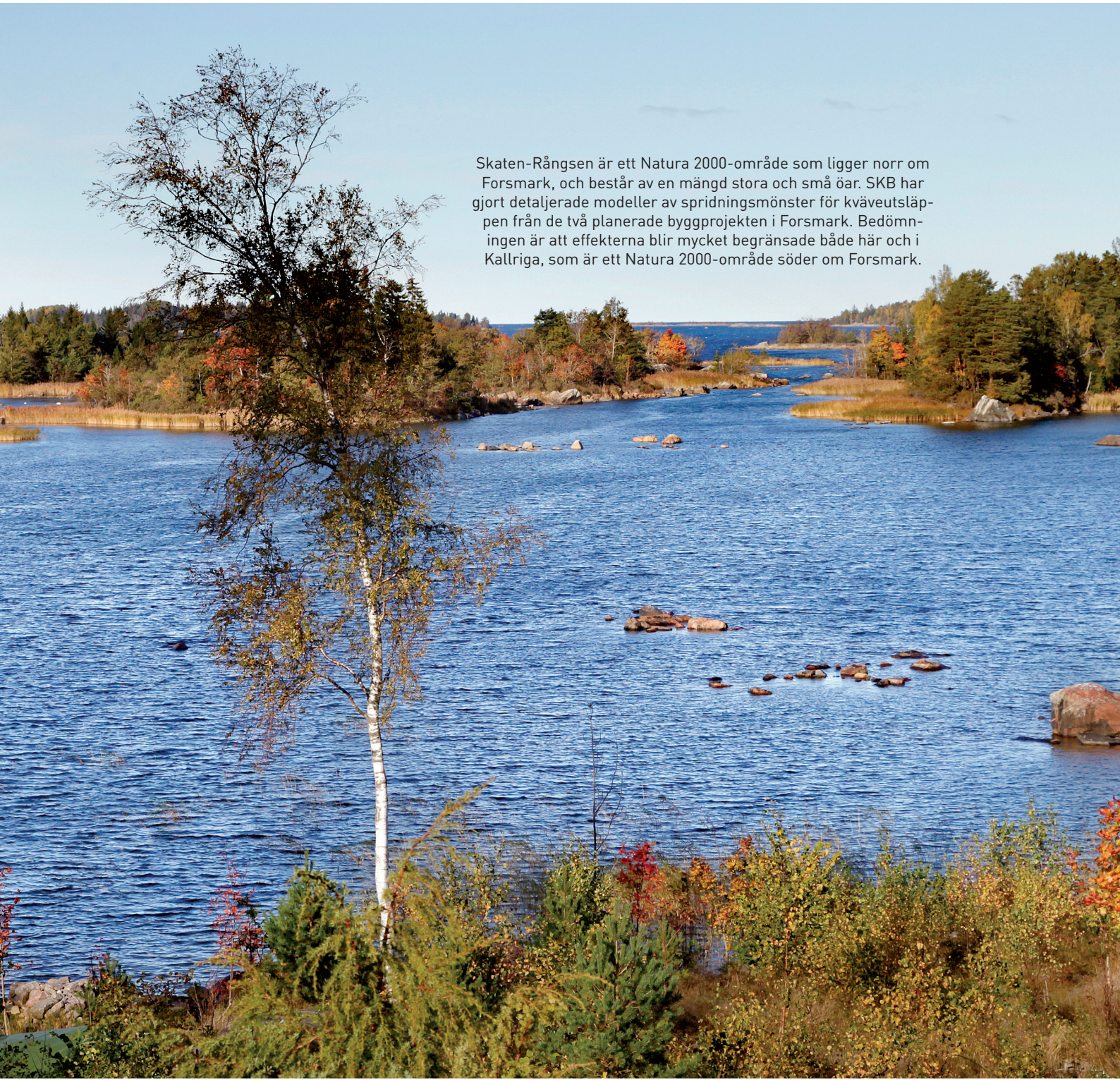
De nya resultaten innebär att det inte går att utesluta att kväveutsläpp i Forsmark skulle kunna orsaka lokala övergödningseffekter under sommaren. SKB har därmed gjort fördjupade studier av eventuella effekter av kväveutsläpp.

Liten påverkan av kväveutsläppen

Som mest beräknas byggprojekten släppa ut 20 ton kväve under ett år, men utsläppen förväntas bli betydligt lägre under resten av byggperioden. Knappt hälften av utsläppen skulle ske under sommaren då just kväve verkar begränsa produktionen av växtplankton i området. För att studera hur spridningen skulle kunna ske har en hydrodynamisk strömningsmodell för Öregrundsgrepen använts.

Resultaten från strömningsmodellen visar att det mesta kvävet snabbt kommer att sugas in i kärnkraftverkets kylvattenkanal och släppas ut via Biotestsjön och dess utlopp. Där kommer en snabb spridning och spädning att ske. Växtplankton och bottenvegetation förväntas snabbt ta upp detta kväve, och i synnerhet närmast utsläppspunkterna kommer snabbväxande fintrådiga alger sannolikt att ta upp stora delar av det.

Effekterna av kväveutsläppen på vattenkvaliteten i Öregrundsgrepen bedöms bli mycket begränsade. Inte hel-



Skaten-Rångsen är ett Natura 2000-område som ligger norr om Forsmark, och består av en mängd stora och små öar. SKB har gjort detaljerade modeller av spridningsmönster för kväveutsläppen från de två planerade byggprojekten i Forsmark. Bedömningen är att effekterna blir mycket begränsade både här och i Kallriga, som är ett Natura 2000-område söder om Forsmark.

ler i de två närliggande Natura 2000-områdena, Kallriga i söder och Skaten-Rångsen i norr, bedöms utsläppen kunna ha någon betydande effekt.

De tillfälligt förhöjda kväve- och klorofyllkoncentrationerna som förväntas under byggåren, ligger också långt under de permanent höga nivåer som associeras med sämre förutsättningar för ett artrikt och livskraftigt bottenvegetationssamhälle i liknande miljöer utmed Svealandskusten.

Med undantag för områdena närmast utsläppspunkterna, kommer de små förändringarna som förväntas av kväveutsläppen från de två byggprojekten sannolikt inte att vara möjliga att urskilja från den naturliga variationen.

Nya rön tack vare mycket data

De dataintensiva analyser som denna studie bygger på har varit möjliga tack vare den goda datatillgången som finns över det berörda området. Denna studie visar att övergödningsprocesser, där tillgång till ljus, fosfor och kväve är tre styrande faktorer, varierar i både tid och rum och att dessa processer i gränszonen mellan Bottenhavet i norr och Egentliga Östersjön i söder är mer komplexa än vi tidigare antagit.

LÄSTIPS

Läs hela rapporten: Hjerne, O. 2016. *Effekter av kväveutsläpp i Forsmark*. SKB R-16-11. Svensk Kärnbränslehantering AB.
www.skb.se/publikation/2485169/