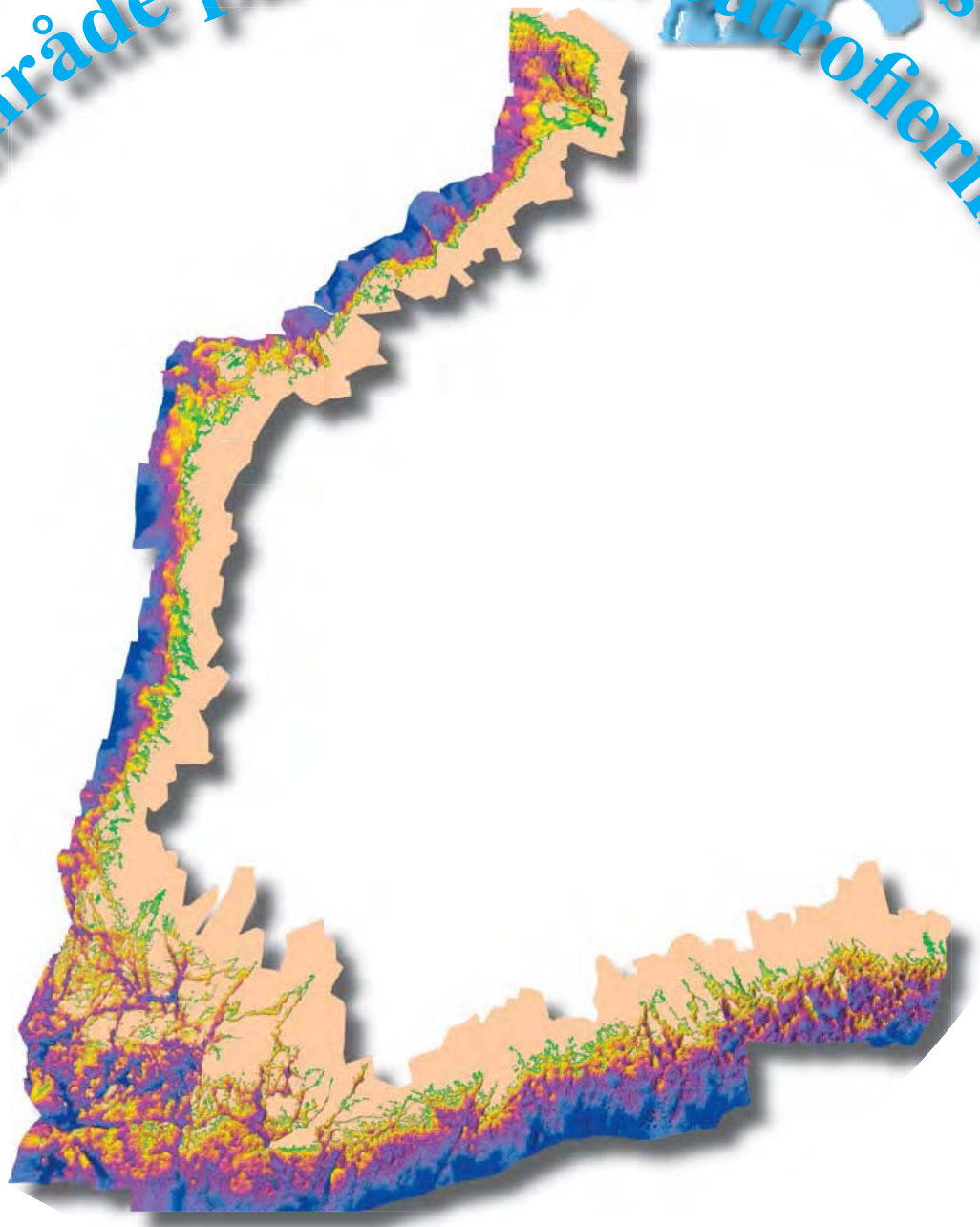
Itä-Uudenmaan ja Porvoonjoen
vesien- ja ilmansuojeluyhdistys r.y.
Jokikatu 17, 06100 PORVOO

Föreningen vatten- och luftvård
för Östra Nyland och Borgå å r.f.
Ågatan 17, 06100 BORGÅ

Klassificering av Finlands kustområde på basen av eutrofieringsrisk



Föreningen vatten- och luftvård för
Östra Nyland och Borgå å r.f.
Mikael Henriksson, Tero Myllyvirta
2006

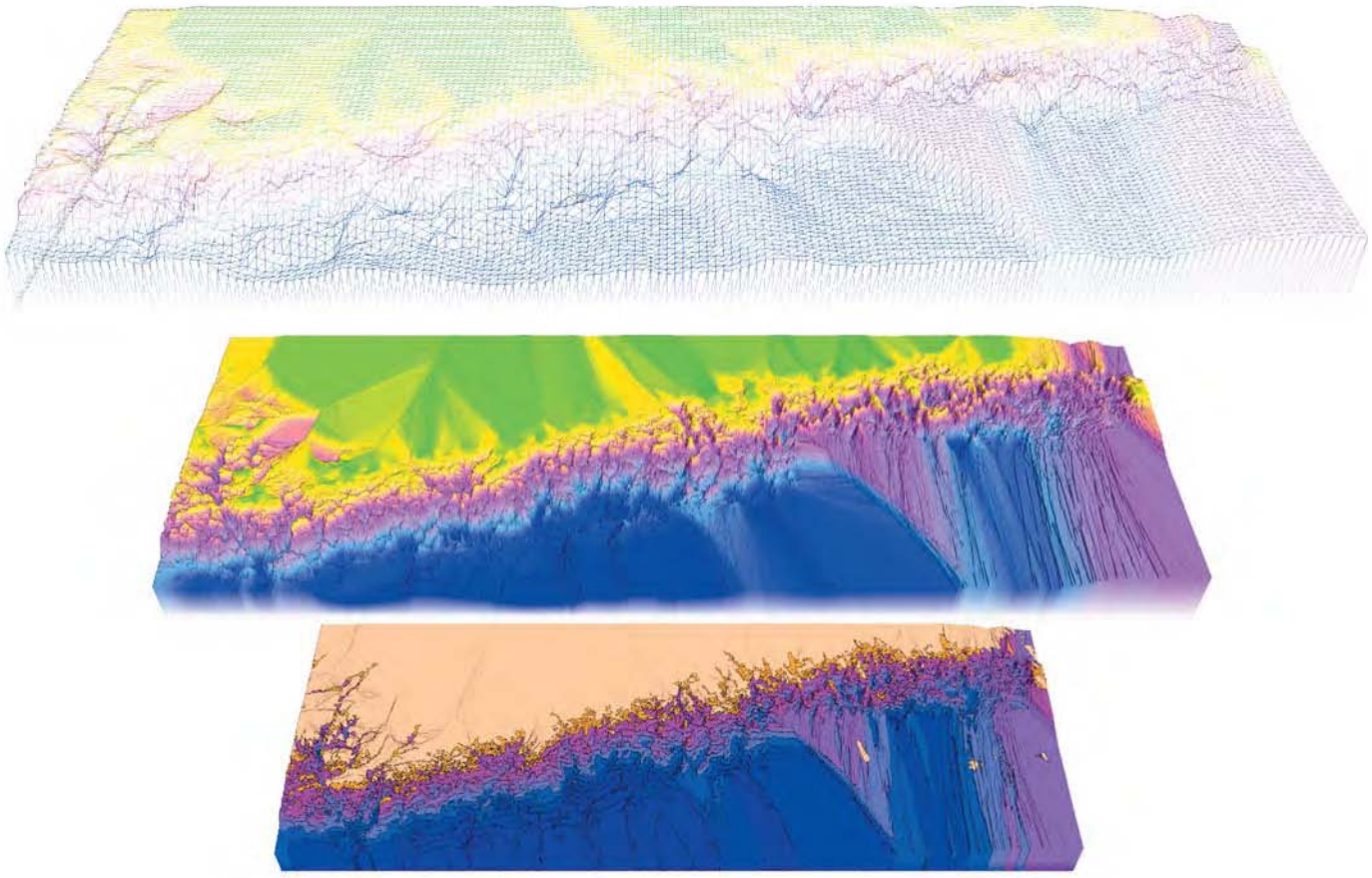
Klassificering av Finlands kustområde på basen av eutrofieringsrisk

Varning!

För kartmaterialet i rapporten gäller copyright enligt © *MKL 80/721/2002 och 402/721/2004.*

Olaglig kopiering av kartmaterialet är straffbart enligt lagen om upphovsmannarätt (8.7.1961/404).

Kustmodellerna i rapporten är gjorda av vår förening och baserar sig delvis på Sjöfartsverkets material och kopiering av modellerna är förbjudet.



Föreningen vatten- och luftvård för
Östra Nyland och Borgå å r.f.
Mikael Henriksson, Tero Myllyvirta
2006

Är inte havet som ett levande väsen? Det har sina vredesutbrott och sina godlynta stunder... Det är intressant att studera dess byggnad. Det har puls, artärer, spasmer. ...det finns ett lika reelt blodomlopp hos havet som hos djuren.

Jules Verne 1870

Havet är en stor varelse som ibland är på gott humör och ibland på dåligt humör. Det är alldeles omöjligt för oss att veta varför. Vi ser ju bara ytan. Men om vi tycker om havet så gör det ingenting...

Tove Jansson 1965

Innehållsförteckning

Förord 1

1. Inledning 2

2. Material och Metoder 4
- 2.1. Bakgrund 4
- 2.2. Kustmodellerna 5
- 2.3. Provtagningar 5
- 2.4. Provtagningsmetodik 6
- 2.5. Uppskattning av eutrofieringsrisk 7
- 2.6. Klassificering av provstationerna 8

3. Resultat och diskussion 10
- 3.1. Kustmodellerna - Borgå-Pernå som exempelområde 11
- 3.2. Regionala resultat 13
  - Finska viken 14
    - Område 1. Vederlax, Fredrikshamn, Kotka 15
    - Område 2. Pyttis, Strömfors, Lovisa, Pernå 19
    - Område 3. Borgå, Sibbo, Helsingfors 23
    - Område 4. Esbo, Kyrkslätt, Sjundeå, Ingo 27
  - Skärgårdshavet och Hangö området 31
    - Område 5. Ekenäs, Hangö, Kimito 32
    - Område 6. Korpo, Nagu, Houtskär, S:t Karins, Pargas, Sagu, Åbo, Nådendal, Rimito, Velkua, Masku, Merimasku, Villnäs, Gustavs, Pikis, Reso, Salo 36
  - Bottenhavet 41
    - Område 7. Nystad, Pyhäranta, Raumo, Euraåminne, Luvia 42
    - Område 8. Björneborg, Sastmola, Kristinestad, Kaskö Närpes 46
  - Kvarken 50
    - Område 9. Korsnäs, Malax, Korsholm, Vasa, Maxmo Vörå 51
  - Bottenviken 56
    - Område 10. Nykarleby, Jakobstad, Larsmo, Karleby, Kelviå, Lochteå, Himanka 57
    - Område 11. Kalajoki, Pyhäjoki, Brahestad 61
    - Område 12. Siikajoki, Karlö, Lumijoki, Limingo, Oulunsalo, Uleåborg, Haukipudas, Ii, Kuivaniemi, Simo, Kemi, Torneå, Haparanda 65

4. Slutsatser 70
- 4.1. Eutrofieringsrisk och geomorfologi 70
- 4.2. Eutrofieringsrisk, geomorfologi och vattenutbyte 70
- 4.3. Eutrofieringsrisk, geomorfologi, vattenutbyte och belastning 71
  - 4.3.1. Lokal belastning 71
  - 4.3.2. Fjärrtransporterad belastning 73
- 4.4. Havseffekt / kusteffekt 74
- 4.5. Geomorfologi och 3D-teknik i undersökningar av vattendrag 75
- 4.6. Minskning av eutrofieringsrisken 76

5. Litteraturförteckning 77

Förord

Projektet ”Klassificering av Finlands kustområde på basen av eutrofieringsrisk” är slutfört. Projektets utgångspunkt var antagandet att kustens geomorfologi (kustens geologiska form) är avgörande för vattnets och bottnarnas tillstånd. Tanken grundar sig i en år 2001 färdigställd jämförande undersökning av Finlands och Estlands kuster (se figuren på sida 3).

Med hjälp av forskningsresor utmed kusten, som gjordes tre på varandra följande år (varje resa omfattade hela undersökningsområdet från Finlands östgräns till västgränsen och till Haparanda) och datorgenererade modeller, lokaliserades geomorfologiska formationer som är synnerligen känsliga för syrebrist, belastning och eutrofiering. På basen av provtagningar vars syfte var att utreda bottnarnas tillstånd, är geomorfologins roll t.o.m. större än i utgångsantagandet.

Projektet har producerat ett omfattande forskningsmaterial och vi känner nu bättre till var problemområdena vid Finlands kust förekommer och hur eutrofieringsrisken varierar mellan de olika kustavsnitten. För att åskådliggöra kustens eutrofieringsrisk har som resultat av projektet, producerats en serie modeller, som omfattar Finlands kustområde. Kustmodellerna beskriver havsbottnens former och visualiserar undervattensformationer som ökar eutrofieringsrisken.

På grund av att eutrofieringsrisken varierar starkt mellan olika kustavsnitt bör åtgärderna för att minska belastningen vara i relation till känsligheten för eutrofiering.

Vi tackar alla parter som deltagit i projektet och som gjort projektet möjligt att genomföra. Tack vare er har man fått en ny infallsvinkel på problematiken kring vårt kustområde och i synnerhet kring de så kallade döda bottnarna och förloppen som leder till en spiral av ökande eutrofiering. Ett nytt och fräscht grepp som för oss ett steg närmare problemens lösning och en förbättring av kustens tillstånd.

Ett särskilt tack går till FK Mikael Pihlström, Susanna Lindgren och Lauri Myllyvirta för deras insats inom projektet.

Projektet har finansierats av Svenska litteratursällskapet i Finland r.f. med medel ur Ingrid, Margit ja Henrik Höijers donationsfond, Kymijoen vesi ja ympäristö r.y., Borgå vatten, Haparanda kommun i Sverige, samt följande av Finlands kustkommuner: Borgå, Brahestad, Ekenäs, Euraåminne, Finnby, Fredrikshamn, Hangö, Haukipudas, Himanka, Ingå, Jakobstad, Kalajoki, Karleby, Kaskö, Kelviå, Korsholm, Kotka, Kuivaniemi, Kyrkslätt, Larsmo, Lochteå, Lovisa, Lumijoki, Malax, Masku, Merimasku, Nykarleby, Nystad, Nådendal, Närpes, Oulunsalo, Pattijoki, Pernå, Pikis, Pyttis, Reso, Rimoto, Sagu, Salo, Sibbo, Siikajoki, Sjundeå, S:t Karins, Strömfors, Vanda, Vasa, Veckelax, Velkua och Vederlax.

Borgå 11.4 2006

Tero Myllyvirta

Tero Myllyvirta
Verksamhetsledare 040-5112216

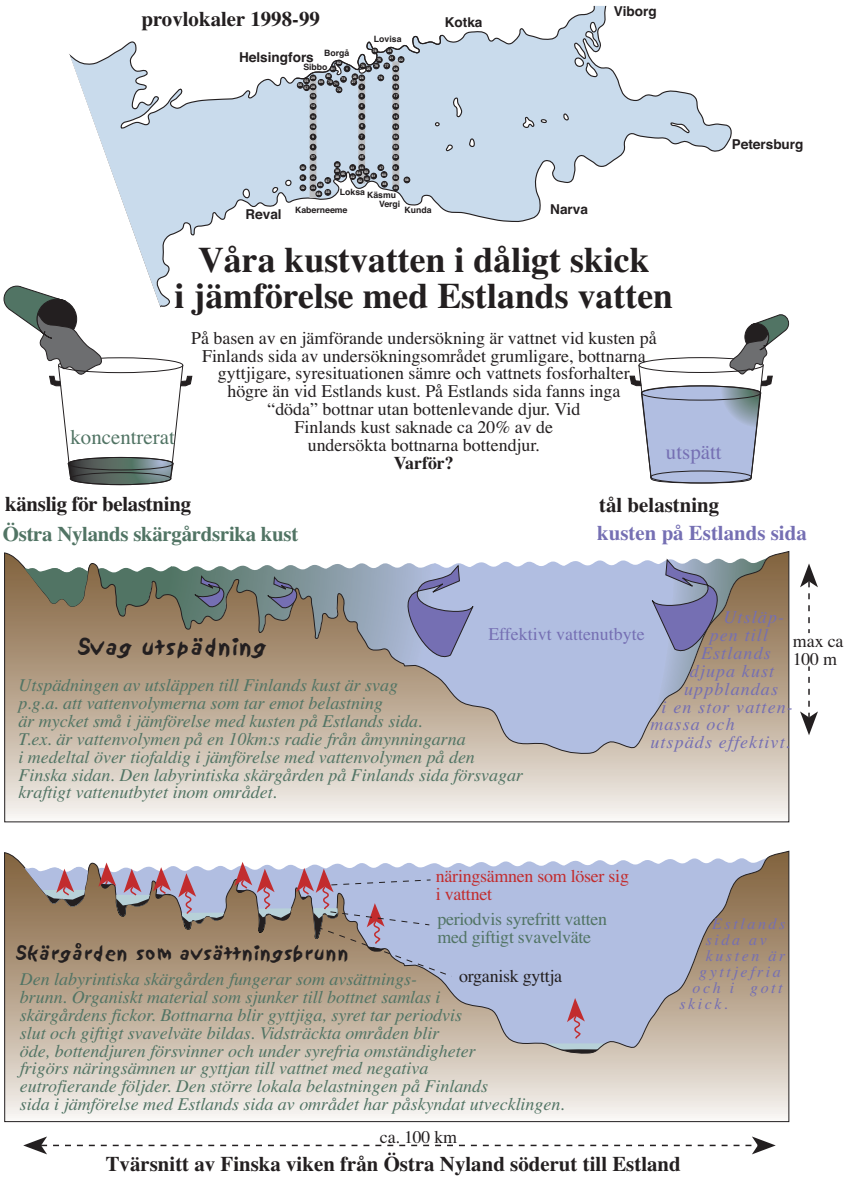
1. Inledning

Med ett områdes eutrofiering avser man att produktionen av organiskt material ökar. Den ökande mängden organiskt material medför ofta (lite paradoxalt) att organismsamhället utarmas och diversiteten minskar. Naturen blir ensidigare, djur- och växtarter försvinner och den biologiska mångfalden minskar. Under omständigheterna vid Finlands kust är de mest synliga effekterna av eutrofieringen ökningen av kraftiga algblomningar, en tilltagande trådalgproduktion, nedsatt siktdjup samt förändringar i strandvegetationens, fiskbeståndets och bottenfaunans artsammansättning.

Den allvarligaste följden av Östersjöns eutrofiering är kanske ändå bottnarnas försämrade syreläge som ser ut att sträcka sig till allt grundare kustområden. Bottnarnas syrebrist är speciellt problematisk för att den allt allmännare syrebristen frigör allt större mängder näringsämnen ur bottnarnas sediment till vattnet och i och med denna s.k. interna belastningen förstärks eutrofieringen således ytterligare. På grund av att de internt belastande områdena intar en nyckelposition vid bedömning av ett områdes eutrofieringsrisk var *målet för det här forskningsprojektet att klassificera Finlands kustområden på basen av hur känsliga de är för syrebrist och för den interna belastning som uppstår som följd av syrebrist*.

Utgångspunkten för det här arbetet är att kustens känslighet för eutrofiering är areellt kraftigt varierande på grund av att olika regioner har mycket olika karaktär. Tanken grundar sig i en jämförande undersökning av Finlands och Estlands kuster som blev färdig år 2001 (se figuren på följande sida). Inom vissa områden är lokala belastningseffekter inte mätbara ens i utsläppsplatsernas omedelbara närhet p.g.a. att kustens form och topografiska förhållanden (geomorfologi) möjliggör en effektiv omblandning och utspädning. Inom andra områden accentueras eutrofieringens effekter på grund av den geomorfologiska karaktären, trots att områdena är avlägsna från utsläppskällor. Inom projektet har

Stora skillnader i geomorfologin:

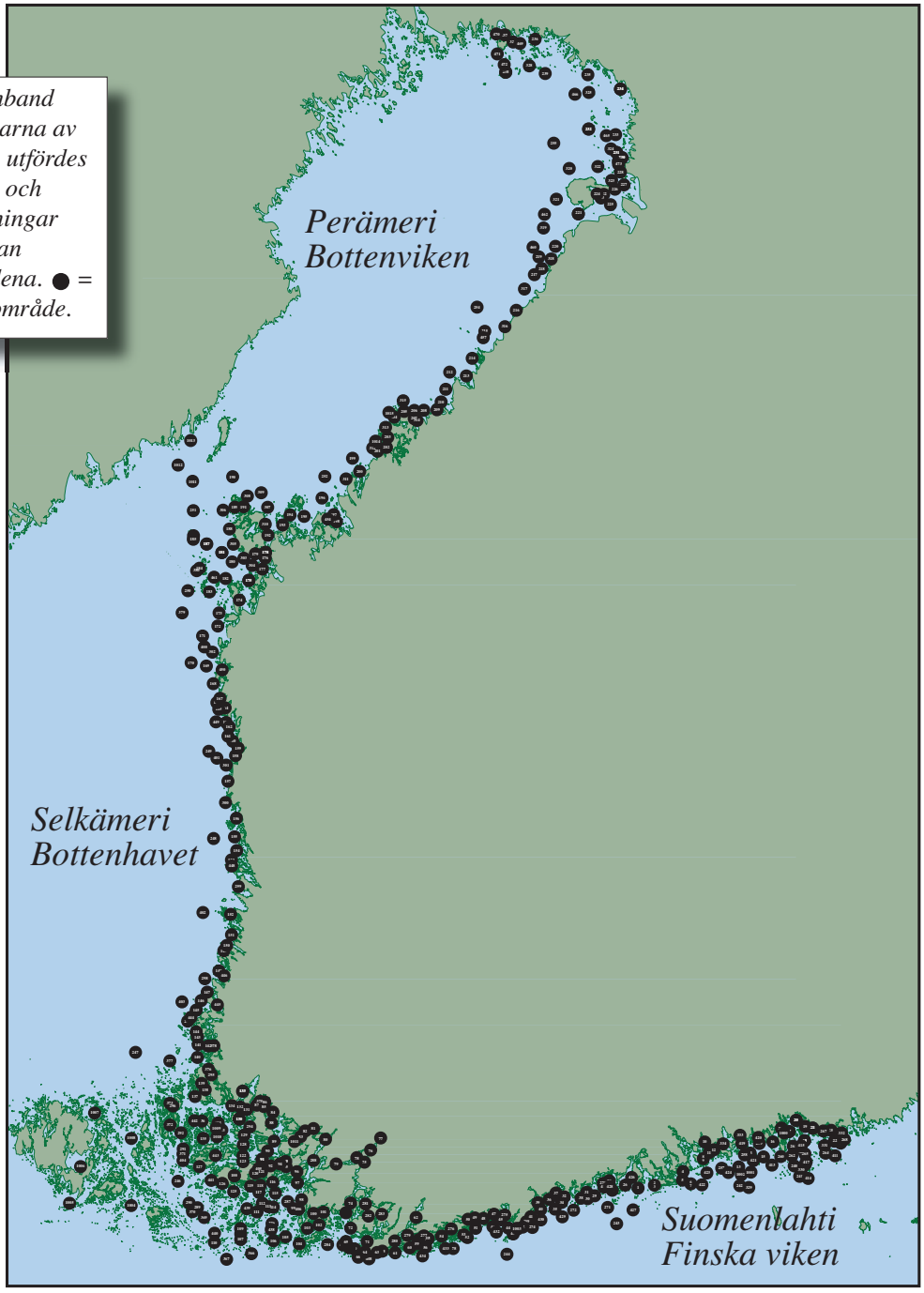


Myllyvirta & Henriksson 2001

därför provtagningsstationer utplacerats heltäckande och i alla skärgårdszoner och för det mesta har inte närheten av belastningskällor betonats särskilt.

Som ett centralt verktyg för att kartlägga och klassificera kustens eutrofieringsrisk utnyttjas förutom omfattande provtagningar, tredimensionellt visualiserande modeller som beskriver kustens geomorfologi. Modellerna som utarbetas inom projektet, omfattar hela den Finländska kusten och de ger möjligheter att konkret visa var de eutrofieringskänsliga kustområdena som är känsliga för intern belastning är belägna.

Modellernas tolkning och tillförlitlighet förbättrades genom att vidareutveckla modellerna och kombinera dem med analysresultaten från fältundersökningarna. Slutresultatet är att med modellernas hjälp, inte bara kunna konstatera den rådande situationen utan även extrapolera och uppskatta situationen inom stora områden från vilka provtagningsresultat inte finns att tillgå.



Figur 1. *I samband med karteringarna av kustområdena utfördes år 2002, 2003 och 2004 provtagningar vid de på kartan märkta områdena.* ● = *provtagningsområde.*

2. Material och metoder

2.1. Bakgrund

Syrebrist i det bottennära vattnet och härav beroende intern belastning är i en central roll med tanke på ett områdes eutrofieringsrisk. Om eutrofieringen av ett kustområde når den nivå, då allt större bottenarealer belastar vattnen internt, accelererar områdets eutrofiering.

Effektiviteten av vattenutbytet i det bottennära vattnet och mängden organiskt material som samlas till bottnet, är avgörande för uppkomsten av syrebrist och intern belastning. I de fall då syreförbrukningen som förorsakas av nedbrytningen av det organiska materialet, är så kraftig att tillförseln av ersättande syre från ytnära syrerika vattenlager

är otillräcklig för att kompensera syreförbrukningen, uppkommer syrebrist och den interna belastningen startar. Vattenutbytet mellan de botten- och ytnära vattenlagren regleras långt av kustens geomorfologi.

Vid sidan av syrebrist förorsakas intern belastning också av andra, såväl abiotiska som biotiska faktorer. *I det här arbetet fokuseras på av syrebrist förorsakad intern belastning på grund av att det är ett fenomen som har stor betydelse för kustvattnens tillstånd.*

2.2. Kustmodellerna

I det här arbetet har Finlands kustområde granskats och de olika delområdenas eutrofieringsrisk har uppskattats, huvudsakligen på grund av hur känsliga för uppkomst av syrebrist och intern belastning de olika områdena är. För att hitta och visualisera geomorfologiska formationer som förorsakar känslighet för syrebrist, utvecklades en serie tredimensionellt beskrivande digitala modeller av kusten. De digitala kustmodellerna grundar sig på djupuppgifter och på kustens morfometriska särdrag. Interpoleringsmetoder som använts vid utvecklandet av dem, har valts med avseende på att det i modellerna, möjligast väl skall gå att urskilja geomorfologiska formationer som förhindrar vattenutbytet och som är väsentliga för uppkomst av syrebrist.

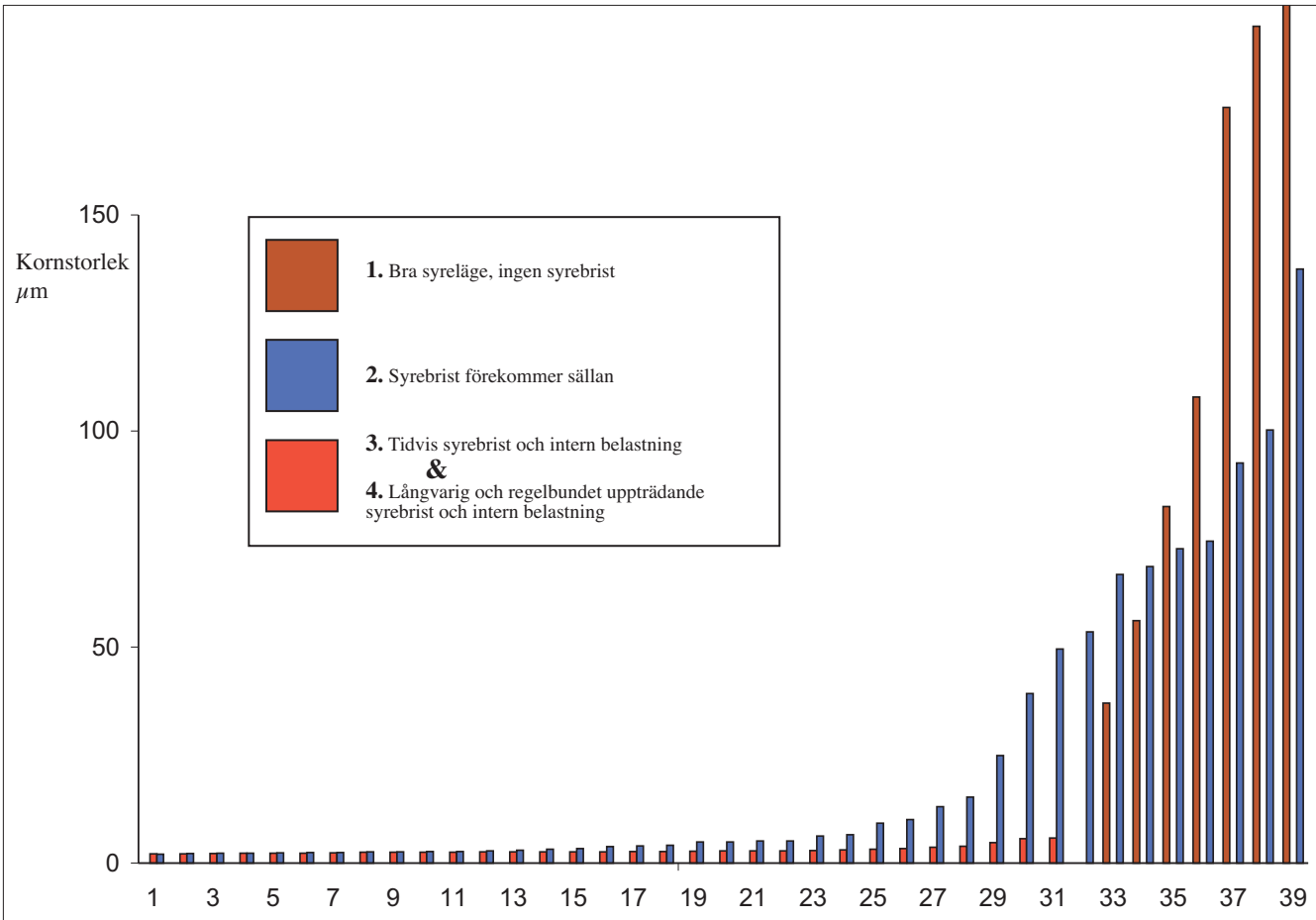
2.3. Provtagningar

Som stöd för kustmodellerna utfördes provtagningar på ort och ställe. Syftet med provtagningarna var långt att utreda känsligheten för syrebrist och benägenheten till intern belastning hos de formationer som kustmodellerna beskriver. På grund av att syrebrist ofta är tillfällig, undersöktes förutom det bottennära vattnets syre- och fosfortillstånd, även parametrar som beskriver bottensedimentet. I någon mån beaktades även bottenfaunans tillstånd.

Provtagningarna som utfördes åren 2002, 2003 och 2004, omfattade alla hela undersökningsområdet och utfördes under perioden maj - september respektive år. Provarealerna är ofta belägna inom områden från vilka tidigare mätresultat praktiskt taget saknas (t. ex. avlägset från betydande utsläppskällor) men där man på basen av kustens geomorfologi kan dra slutsatsen, att det kan förekomma problem (figur 1 på sida 4).

Avsikten med provtagningarna var att utveckla kustmodellernas tillförlitlighet för att lokalisera problematiska, för syrebrist känsliga områden, samt områden med mindre känslighet för syrebrist och mindre risk för intern belastning.

Förutom de areellt omfattande provtagningarna togs täta provtagningsserier vid intensivstationer belägna i Östra Nylands skärgårdsområde. Provtagningarna utfördes liksom provtagningarna som omfattade hela kusten, under perioden maj - september år



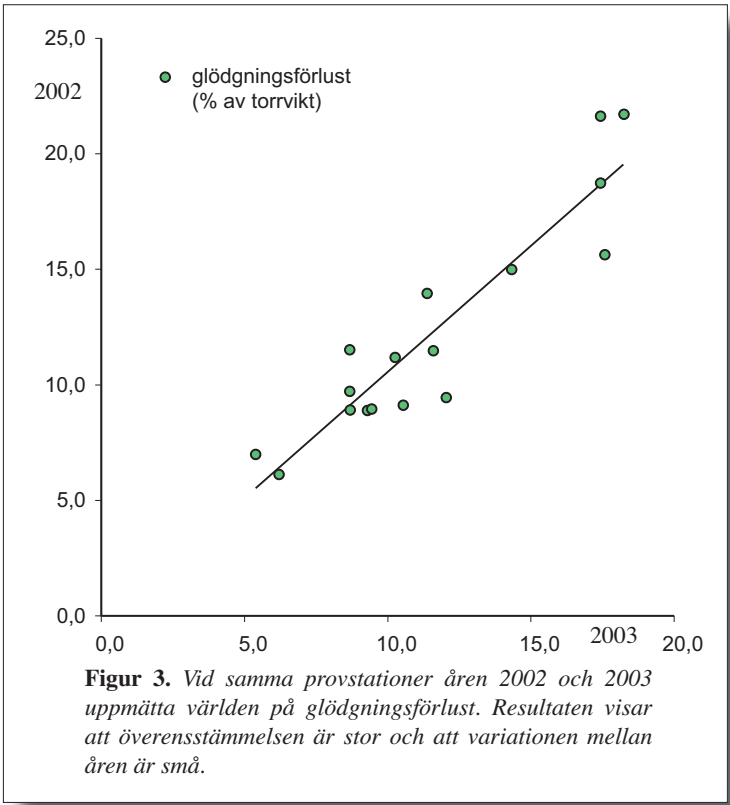
Figur 2. *Kornstorlek 0 - 150 µm, ordnad från minsta till största per serie. I den röda serien är de "sämsta" kategorierna 3 och 4 sammanslagna. Den blåa serien omfattar kategori 2 och den bruna kategori 1. M.a.o. ett accumulationsbotten i dåligt skick (kategorierna 3 och 4) är aldrig grovkornigt. Ett "bättre" botten (kategori 2) kan vara fin- eller grovkornigt. De till kategori 1 hörande bottnarna är ofta lera-sand, erosionsbottnar och utan undantag grovkorniga.*

2002, 2003 och 2004. Avsikten med intensivprovtagningen var att med på ort och ställe utförda undersökningar, följa syrebristens och den interna belastningens dynamik vid områden av olika karaktär. Intensivbevakningens resultat utnyttjades vid tolkningen av de övriga kustområdenas resultat.

2.4. Provtagningsmetodik

Provtagningsstationernas bottenfauna (macrozoobenthos), bottensediment och det bottennära vattnets tillstånd undersöktes. Temperatur- och syreprofiler uppmättes med syresond (Ysi 52 dissolved oxygen meter eller YSI 600XLM-M). Vattenprov för totalfosforanalyser (VYL-32) togs med Ruttner-hämtare och sedimentprover med Limnos-rörhämtare. Sedimentets genomskärningsprofil beskrevs och sedimentpelarna fotograferades. pH och redox-potentialen mättes vid sedimentytan och vid behov i vattenmassan. Bottenfaunan (macrozoobenthos) i Limnosproven räknades och artbestämdes.

Av sedimentproverna tillvaratogs och djupfrystes prov av sedimentpelarens översta (0-1cm) del för mätning av glödgningsförlust, vattenhalt och kornstorlek (SFS 3008/1990). Ur 80 prov som representerade djupa bassänger analyserades sedimentets fosforfraktioner (P_{spa}) och järnhalt (Fe_{cdb}) (Ruttenberg 1992, Anderson och Delaney 2000). Tjugo



Figur 3. *Vid samma provstationer åren 2002 och 2003 uppmätta världen på glödgningsförlust. Resultaten visar att överensstämmelsen är stor och att variationen mellan åren är små.*

sedimentprov analyserades gaskromatografiskt på lättare grundämnen med EA 1110 CHNS-analysator (Lindgren & Reijonen 2005). Sedimentproverna är bevarade för eventuella tillägsanalyser. I samband med provtagningarna uppmättes siktdjupet vid stationerna.

2.5. Uppskattning av eutrofieringsrisk

Vid bedömningen av områdenas eutrofieringsrisk har i synnerhet beaktats benägenheten till uppkomst av syrebrist på bottnarna. Därför har bottnarna delats in i fyra kategorier på basen av hur känsliga för syrebrist de är. Känslighet för syrebrist och eutrofiering, har ett direkt samband på så sätt att syrebrist förorsakar intern belastning, förstärker effekterna av yttre belastning och gör att eutrofieringen accelererar. Geomorfologiska faktorer har en nyckelställning beträffande uppkomst av syrefria förhållanden, vattenutbyte och områdenas eutrofinivå.

Kategorierna vid provstationernas klassificering var:

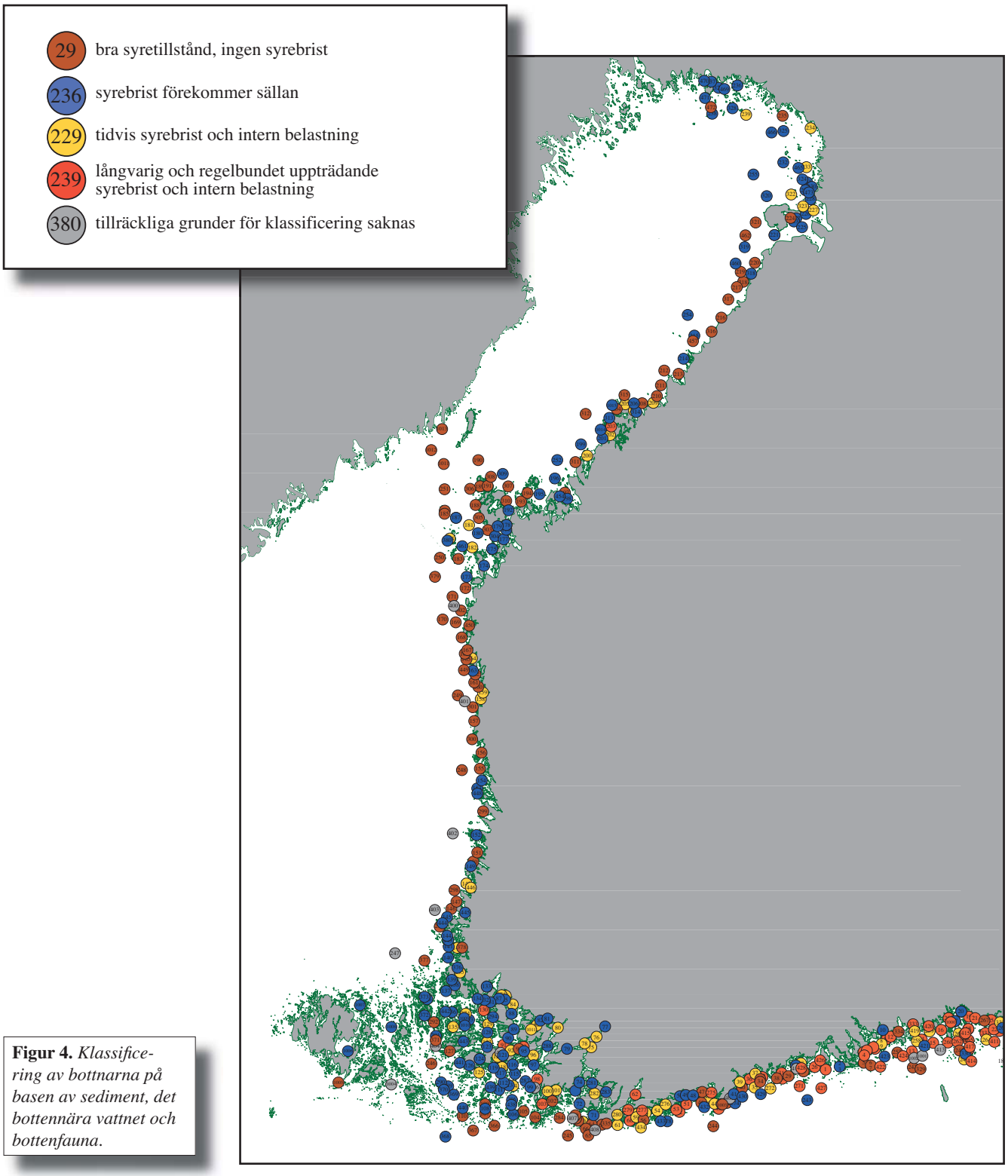
1. Bra syretillstånd, ingen syrebrist: En kraftig bottenerosion håller de bottennära vattenskikten syresatta även under extrema, syrebrist gynnande väderleksomständigheter.

2. Syrebrist förekommer sällan: De bottennära vattenskiktens syreläge blir dåligt när ovanligt långa och lugna värmeperioder råder.

3. Tidvis syrebrist och intern belastning: Det bottennära vattnets syre tar slut under stabila väderleksperioder då vindar och vattenströmmar inte blandar om vattenmassan.

4. Långvarig och regelbundet uppträdande syrebrist och intern belastning: Under ett till väderleksomständigheterna, genomsnittliga år tar syret i det bottennära vattnet slut under vattnets stagnationsperioder.

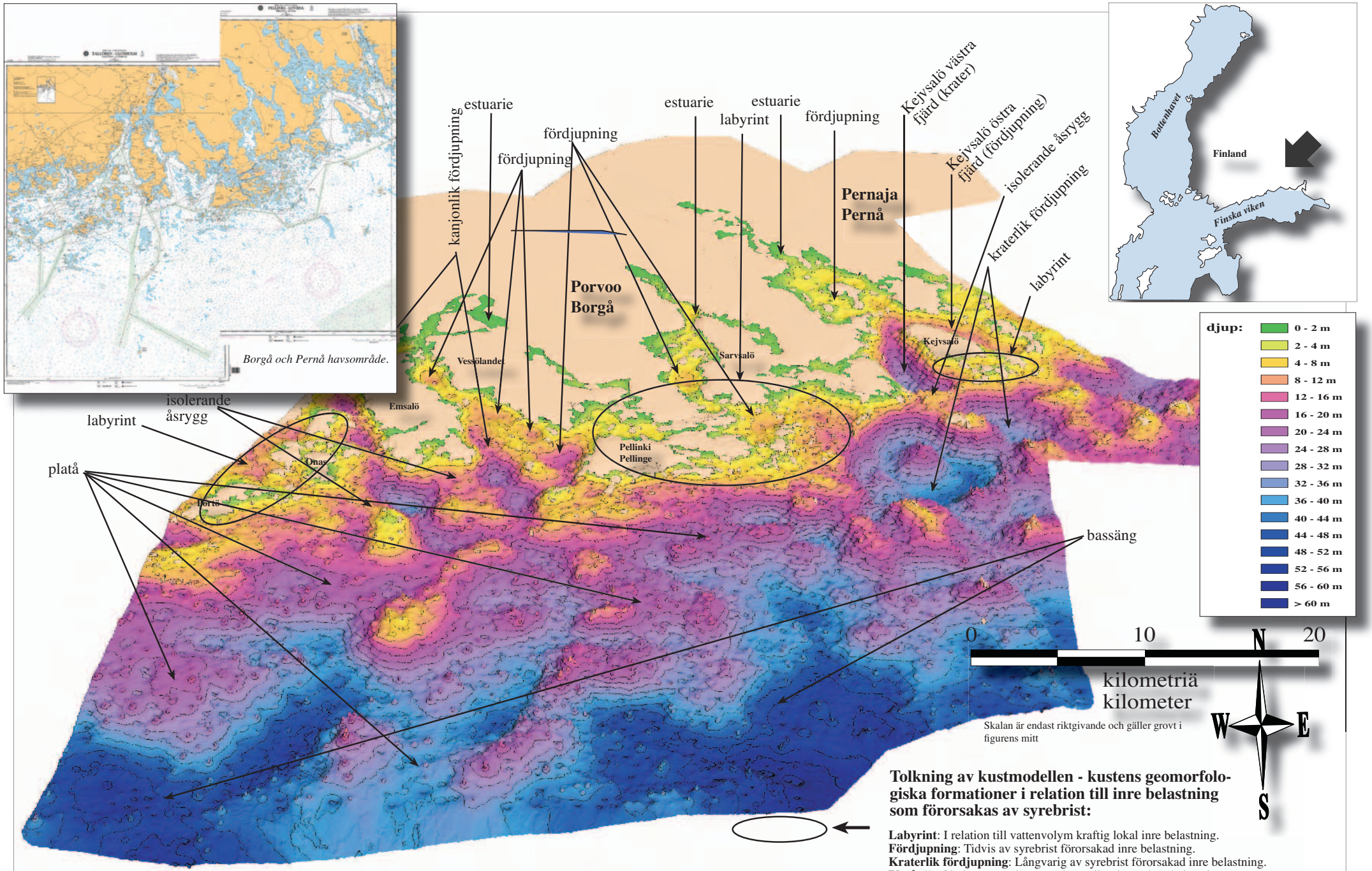
Bedömningen av eutrofieringsriskens storlek i de olika delområdena som presenteras i den områdesvisa granskningen, grundar sig i hur allmänt bottnar som klassificerats som känsliga för syrebrist förekommer. Koncentrationer av dåliga bottnar (kontrollprovtagningar) tillsammans med den information som kustmodellerna ger, är i nyckelposition med avseende på områdenas eutrofieringsrisk.



Figur 4. *Klassificering av bottnarna på basen av sediment, det bottennära vattnet och bottenfauna.*

2.6. Klassificering av provstationerna

Syrebrist är inget bestående tillstånd i det bottennära vattnet och därför grundar sig klassificeringen av bottnarna inte bara i bottnarnas syretillstånd utan även i parametrar som beskriver bottensedimentet. Parametrar som beskriver bottensedimentet och som beaktats i klassificeringen är glödgningsförlust (som beskriver sedimentets innehåll av organiskt material samt vattenhalt) och kornstorlek (figur 2). Dessa parametrar beskriver bottnarnas ofta mycket föränderliga syretillstånd och internt belastande omständigheter, men själv hålls de relativt stabila (kuva 3).

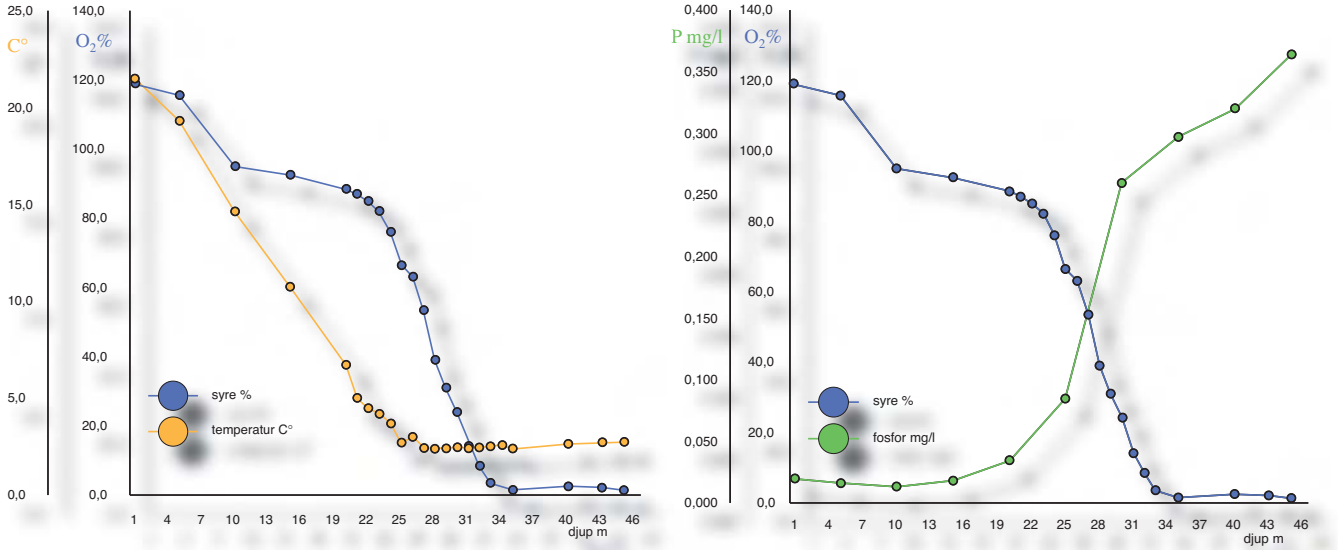


Figur 5. *Exempel på kustmodell. Modellen beskriver geomorfologin inom Borgå och Pernå kustområden.*

© MKL 80/721/2002 och 402/721/2004

Tolkning av kustmodellen - kustens geomorfologiska formationer i relation till inre belastning som förorsakas av syrebrist:

Labyrint: I relation till vattenvolym kraftig lokal inre belastning.
Fördjupning: Tidvis av syrebrist förorsakad inre belastning.
Kraterlik fördjupning: Långvarig av syrebrist förorsakad inre belastning.
Platå: Kraftig bottenerosion, anoxi ovanligt, ingen inre belastning, merparten av områdets yta.
Estuarie: Kraftigt sötvattentryck, sällan av syrebrist förorsakad inre belastning.
Kanjonlik fördjupning: Ofta kraftiga bottennära strömmar, relativt liten potential för av syrebrist förorsakad inre belastning.



Figur 6 och 7. *Temperatur, syremättnad och totalfosfor vid Kejvsalö västra fjärd i juli 2003. En tydlig skiktning beträffande temperatur och syre har uppstått (figuren till vänster). Det syrefria skiktet var som mest 13 meter tjockt börjande på 33 m djup. Provtagningsstationens totaldjup är 46 m. På ca 30 m djup förekom även en kraftig haloklin.*

Totalfosforhalterna i det syrefria skiktet var i medeltal 0,33 mg/l (figuren till höger). Samtidigt var totalfosforhalterna vid ytan (på 1 m djup) i medeltal 0,02 mg/l. Det syrefria vattenskiktets totalfosforhalter var således 16,5 gånger högre i jämförelse med ytvattnet. De höga fosforhalterna i de underliggande vattenskikten är tecken på en kraftig lokal inre belastning.

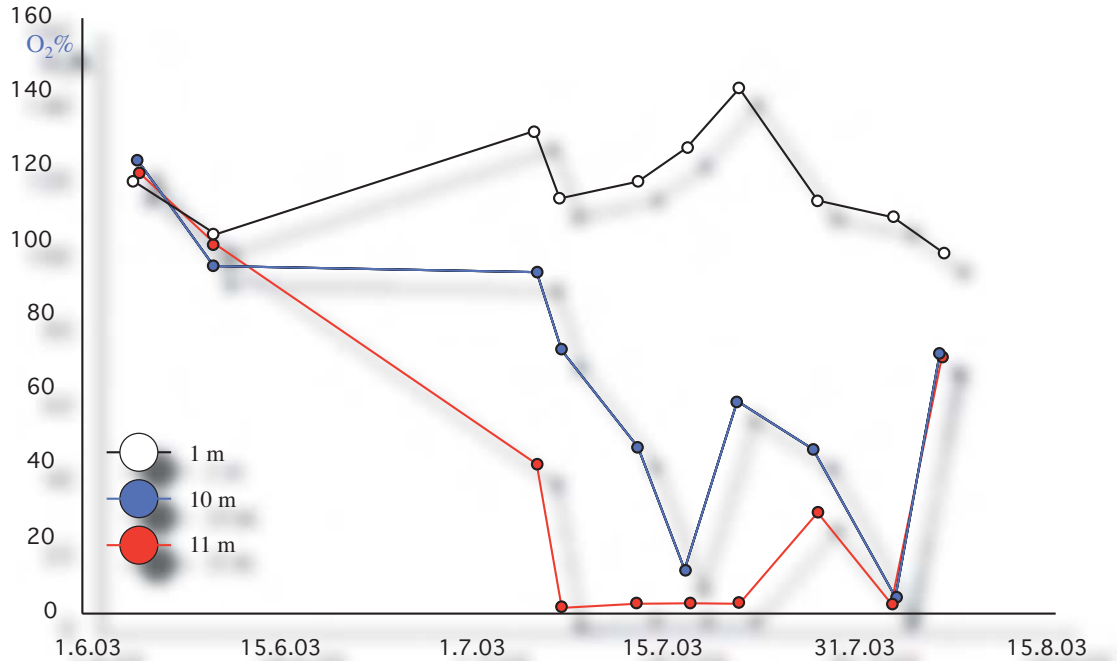
Profilerna grundar sig i medelvärdet av fem mätningar under tiden 4 - 31.7 2003.

Utöver de här parametrarna som ger exakt numeriska värden på bottensedimentets beskaffenhet, har vid klassificeringen också beaktats parametrar som i allmänare ordalag beskriver bottensedimentet. Dessa är: Sedimentets beskaffenhet (lera, gyttja, sand etc.), sedimentets färg (förekomst av oxiderat grå eller reducerat svart svavelvätehaltig sulfidgyttja etc.) och det mjuka sedimentlagrets tjocklek. Också bottenfaunans förekomst eller avsaknad och i någon mån även bottenfaunans riklighet har beaktats. Bottenfaunans artsammansättning har beaktats endast vid behov av tilläggsinformation i gränsfall.

Av de kemiska parametrar som beskriver vattnet och bottensedimentet har, förutom syreläget, även fosforhalt använts som mått på intern belastning. Vid stationernas klassificering, har i synnerhet beaktats skillnaderna mellan det ytnära och det bottennära vattnets fosforhalter. I de fall då det bottennära vattnets fosforhalter var mer än fyra gånger högre än halterna i det ytnära vattnet, har det betraktats som ett tecken på intern belastning.

3. Resultat och diskussion

På basen av provtagningarna förekommer det inom hela den Finländska kusten områden som är känsliga för syrebrist och av syrebrist förorsakad inre belastning, samt områden, där risken för syrebrist och därav följande eutrofiering är mindre. Bottnarnas tillstånd var sämst i Finska viken (figur 4). Övriga koncentrationer av bottnar i dåligt skick påträffades i Skärgårdshavet, Kvarken och Karleby skärgård samt i Bottenvikens innersta del. Med undantag av nämnda områden är Bottenhavet och Bottenvikens kuster de delar av



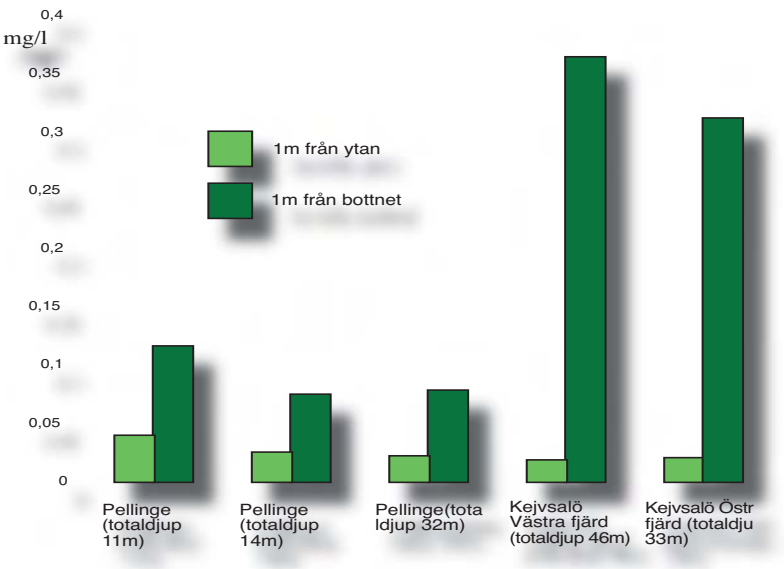
Figur 8. *Vattnets syrehalt i Pellinge labyrintiska skärgårdsområde i juni - augusti 2003. Provtagningsstationens totaldjup är 11 m.*

År 2003 hade syrehalterna sjunkit betydligt vid medlet av juli. Vid den här tidpunkten närmade sig syrehalterna noll vid 10 m djup (1 m ovanför sedimentytan). Omedelbart invid sedimentytan (40 cm över sedimentytan) var vattnet praktiskt taget syrefritt under nästan hela juli och inga bottenlevande djur påträffades.

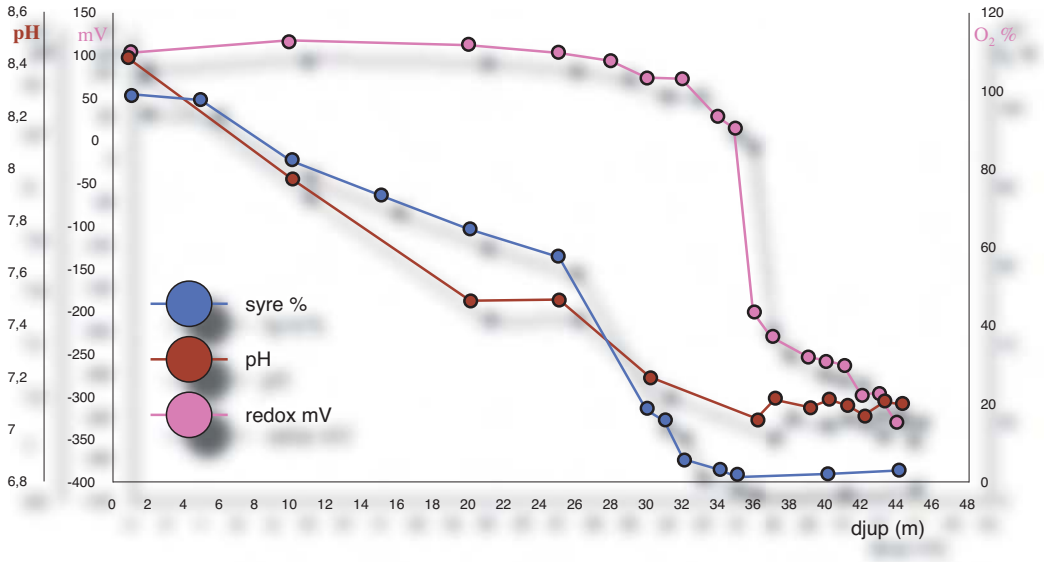
den finska kusten som är i bäst skick. Tillståndet hos de kustområden som är i dåligt skick är långt en följd av områdenas geomorfologiska särdrag som gynnar intern belastning och eutrofiering.

3.1. Kustmodellerna - Borgå-Pernå som exempel område

Undersökningens arbetshypotes var att kustens geomorfologi är i nyckelposition för eutrofieringsrisken hos ett kustområde p.g.a. att det som en följd av geomorfologiska karakteristika, uppstår accumulationsbottnar där organiskt material ansamlas och där vattenutbytet är kraftigt begränsat. Sådana bottnar är känsliga för syrebrist och intern belastning.



Figur 9. *Medelvärden för det yt- och bottennära vattnets totalfosforhalt vid några intensivområden i juli 2003. I jämförelsen ingår Pellinge labyrintiska skärgård och Kejvsalö västra fjärd, som till sin geomorfologi är en kraterlik fördjupning med tydlig haloklin. I Kejvsalö västra fjärd är vattnet kraftigt skiktat, de syrefria perioderna är långa och de underliggande vattenskiktens fosforhalter är mångfaldiga i jämförelse med det ytnära vattnet. I Pellinge omblandas vattenmassorna effektivare, de syrefria perioderna är kortare och fosfor accumuleras inte i samma utsträckning i det bottennära vattnet.*



Figur 10. *Vattnets syremättnad, pH och redoxpotential vid Kejvsalö västra fjärds kraterlika fördjupning.*

Med hjälp av modellerna som visualiserar kustens geomorfologi, kan man särskilja till sin natur olika typer av områden och geomorfologiska formationer (jmfr. figur 5). För att uppskatta områdenas känslighet för syrebrist särskiljs bottnar med liten benägenhet att accumulera organiskt material från egentliga depositionsbottnar, där syrefria omständigheter är sannolikare. Dessa är ofta fördjupningar av olika slag.

Fördjupningarna är emellertid till sina geomorfologiska särdrag och till sin känslighet för syrebrist, av mycket varierande slag. Genom att studera modellerna kan man t.ex. sluta sig till att Kejvsalö västra fjärd på Pernå kommuns havsområde, är avsevärt mer känslig för syrebrist än Kejvsalö östra fjärd (figur 6). Provtagningarna bekräftar att fördjupningarna i Kejvsalö västra fjärd samlar organiskt material, medan fördjupningarna i Kejvsalö östra fjärd är under påverkan av en kraftig bottenerosion. I fråga varande, geografiskt sett närbelägna men till sin geomorfologiska karaktär mycket olika områden, reagerar olika t.ex. på ökande belastning och därför måste de geomorfologiska särdragen beaktas t.ex. vid planering av en eventuell användning av områdena.

Fördjupningar i stil med Kejvsalö västra fjärd som är känsliga för syrebrist, framträder relativt tydligt med hjälp av modellerna (fig. 5). I den här typen av **kraterlika** fördjupningar bildas ofta en tydlig skiktning av vattenmassan beträffande temperatur och i många fall även beträffande salthalt (figur 6 och 10). På grund av svaga omblandningsförhållanden är de syrefria perioderna långa och till stor utsträckning oberoende av väderleksförhållanden. Till följd av de syrefria periodernas långvarighet ökar fosforhalterna i de underliggande vattenskikten och den lokala belastningen som förorsakas av att näringsämnen lösgör sig ur bottensedimenten, är kraftig (figur 8 och 9).

De västerut och österut från Emsalö på Borgå stads havsområde belägna fördjupningarna är **kanjonlika** till sin geomorfologi (fig. 5). På basen av provtagningarna är kanjonlika fördjupningar inte lika känsliga för syrebrist som kraterlika fördjupningar, beroende på kraftiga bottennära vattenströmmar. Den här typen av fördjupningar är typiska för den Åboländska skärgården.

Området omedelbart söderut från Kejvsalö, Pellinge området och Onas-Pörtö områ-

det, är mosaiker av holmar, fördjupningar och grundare områden (fig. 5). Den här typen av **labyrinter** är i många fall till stora delar isolerade beträffande vattenströmmar och relativt skyddade för vind och vågeffekter och är därför i hög grad känsliga för syrebrist. I jämförelse med kraterlika fördjupningar är de syrefria perioderna korta och väderleksberoende (figur 8). Tillfällig syrebrist uppkommer i synnerhet under lugna och varma perioder och om lugna förhållanden råder länge kan de syrefria områdena sträcka sig även till grunda vatten (under 10 m djup). I allmänhet är vattnet inte tydligt skiktat beträffande temperatur eller salthalt och vid tilltagande vindstyrka blandas vattenmassorna och bottnarna syresätts.

Innerskärgårdens **estuarier** (i exempel-området i fig. 5 havsområdena vid mynningarna av Forsby å, Ilby å, Borgå å och Svartså) är ofta effektivt ventilerade ända ner till det bottennära vattnet och syrebrist förekommer i allmänhet inte. Till följd av att estuarierna är grunda och att åarna förorsakar kraftiga vattenströmmar transporteras en del av materialet som kommer med åarna till havsområdena. Om det i de utanför liggande havsområdena förekommer geomorfologiska formationer, som samlar upp det sjunkande materialet, leder det till ökad risk för syrebrist och intern belastning.

Också de negativa effekterna av algproduktionen som de näringsrika åvattnena (och andra landbaserade belastningskällor) förorsakar, drabbar känsliga områden som ofta finns på långt avstånd från deltaområdena. Den ökande mängden dött algmaterial som algproduktionen leder till, samlas till geomorfologiskt känsliga områden, där det leder till ökad syrekonsumtion och ökad intern belastning av havsbottnarna.

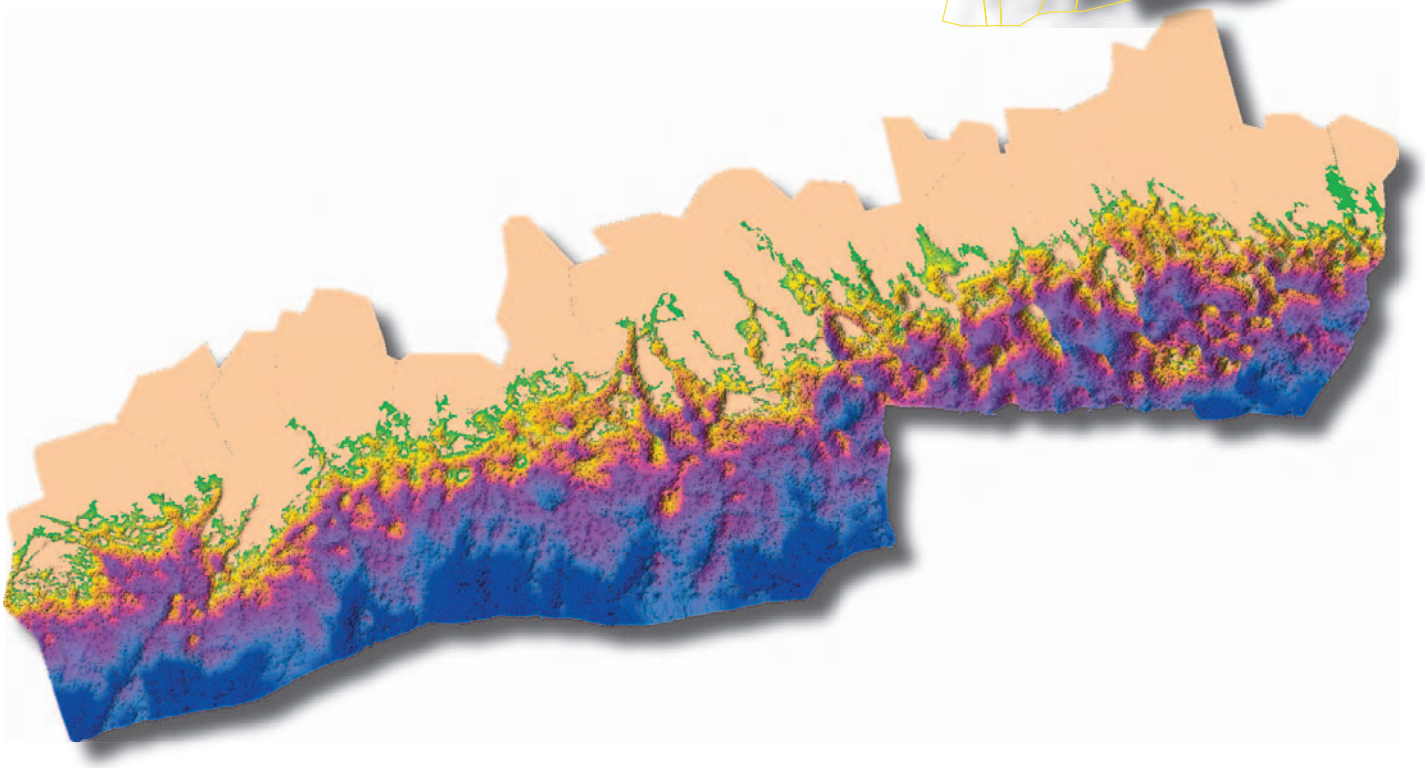
Merparten av exempel områdets bottnar är **erosionsbottnar** till vilka det inte samlas organiskt, syreförbrukande material och som sällan är utsatta för syrebrist och potentialen för inre belastning är liten.

3.2. Regionala resultat

På följande sidor granskas undersökningsområdet delområdesvis. Indelningen i delområden har gjorts på basen av praktiska orsaker. I granskningen ingår 12 modeller som beskriver geomorfologin hos kusten i de olika delområdena av Finlands kust. I textdelen tolkas modellerna enbart kortfattat, för till följd av den geomorfologiska diversiteten skulle en detaljerad verbal tolkning bli altför ordrik och invecklad. Modellernas uppgift är trots allt, att visuellt åskådliggöra problemområden och deras lägen.

Läsaren kan bilda sig en bättre uppfattning om ett visst kustområdes geomorfologiska särdrag, genom att jämföra området i fråga med modellen av det utförligare (i bildtexten och kap. 3.2) tolkade exempel området i figur 5. T.ex. geomorfologiska särdrag som labyrintisk skärgård och kraterlik fördjupning kan förorsaka stor känslighet för syrebrist (se bildtexten i fig. 5).

Finska viken

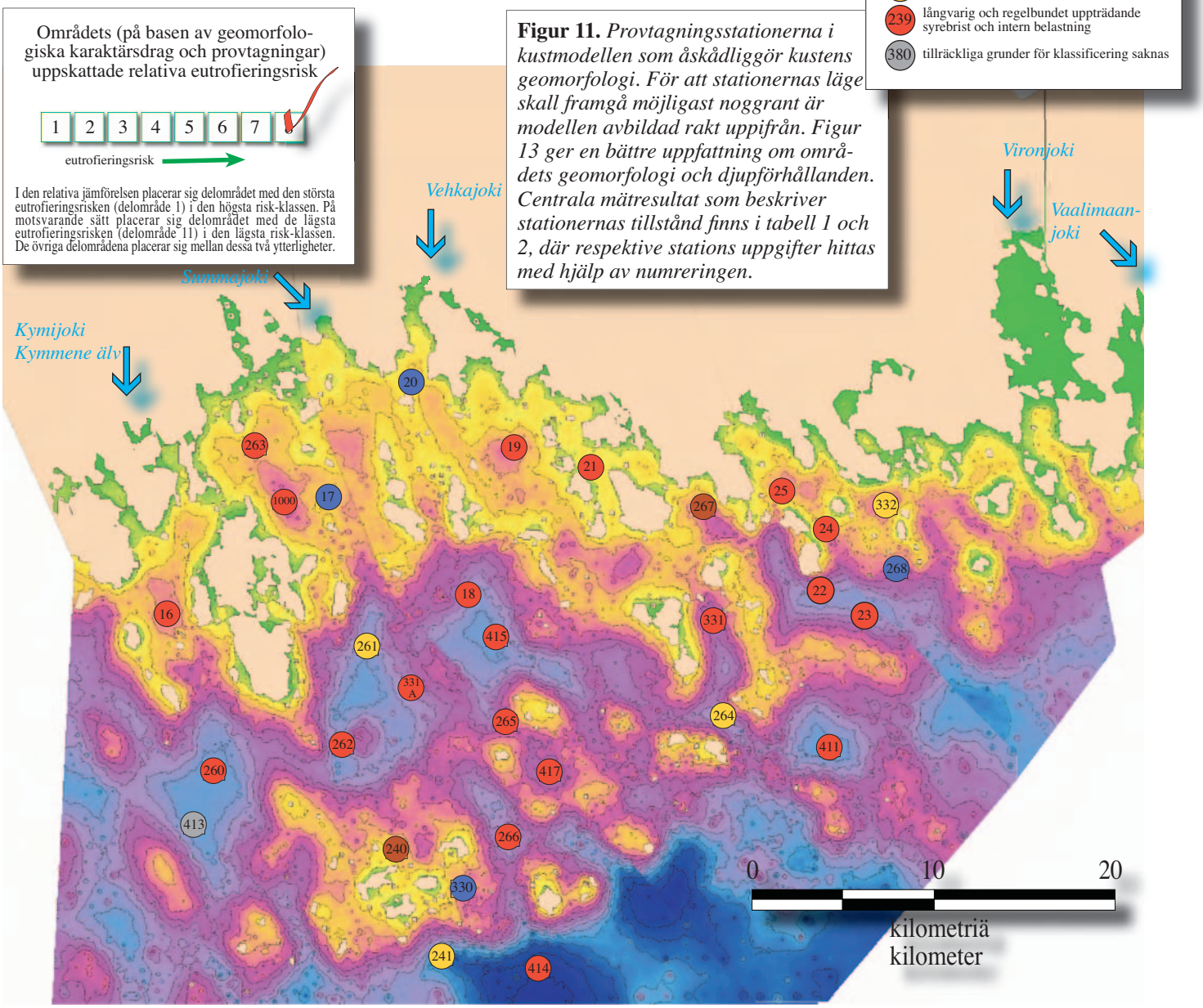


Område 1. Vederlax, Fredrikshamn, Kotka

Östra Finska viken är ett av Östersjöns mest belastade och eutrofierade områden (Aura m.fl.. 2001, Kauppila m.fl.. 2001, Pitkänen 2004). Den interna belastningen i området har konstaterats vara kraftig (Pitkänen och Välipakka 1997, Pitkänen m.fl.. 2001). Mycket tyder på att bottnarnas tillstånd har försämrats och att bottendjurens förekomst minskat sedan början av 1990-talet (Mankki 2000, Valkama och Anttila-Huhtinen 2000, Haahti och Kangas 2004, Jaala 2005, Lönnroth 2005).

På basen av kustmodellen är området i sin helhet, av alla delområden, det som är mest känsligt för syrebrist och påföljande inre belastning. Mellan fastlandet och områdets yttersta delar finns flera zoner med branta och tydligt avgränsade kraterlika djupområden. Den breda skärgårdszonen och de rikliga djupområdena förhindrar effektivt utbytet av det bottennära vattnet och följaktligen uppstår syrebrist lätt.

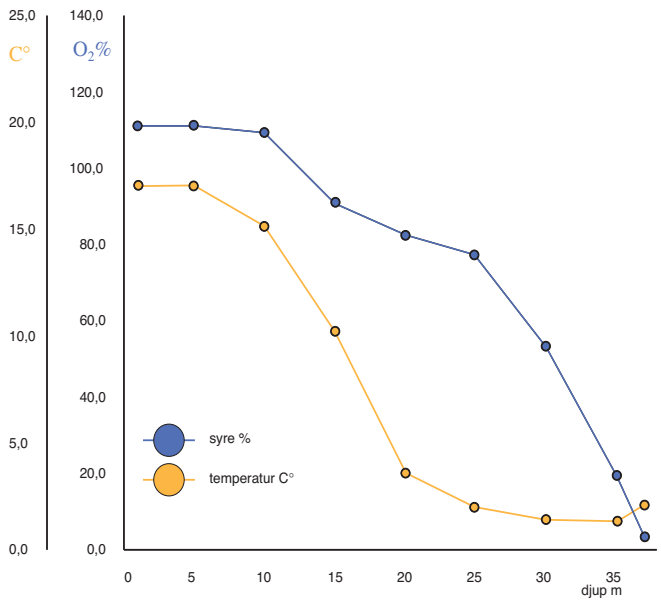
Provtagningarna bekräftar att djupområdenas bottenbeskaffenhet huvudsakligen är finkornig och vattenhaltig organisk gyttja, vilket visar



Figur 11. *Provtagningsstationerna i kustmodellen som åskådliggör kustens geomorfologi. För att stationernas läge skall framgå möjligast noggrant är modellen avbildad rakt uppifrån. Figur 13 ger en bättre uppfattning om områdets geomorfologi och djupförhållanden. Centrala mätresultat som beskriver stationernas tillstånd finns i tabell 1 och 2, där respektive stations uppgifter hittas med hjälp av numreringen.*

att djupområdena effektivt samlar upp till bottnarna sjunkande näringsrikt material. Provtagningar som utfördes under flere år i rad visar att **långa, regelbundet under stagnationsperioderna återkommande syrefria och internt belastande** perioder är allmänna i områdets kraterlika fördjupningar. När syreläget försämras löser sig näringsämnena i vattnet och det bottennära vattnets totalfosforhalter är ofta tiofaldiga jämfört med halterna i det ytnära vattnet. En ond internt belastande cirkel har kommit i gång i området och vid sidan om en kraftig yttre belastning belastas området internt under vattnets stagnationsperioder.

Också i skärgårdens inre delar är bottnarna ofta organisk sulfidgyttja och under lugna väderläksförhållanden förekommer



Figur 12. *Syreläget 8.7 2003 vid provstation 18. Vattnets totaldjup vid stationen är 37,5 m. Vid samma tidpunkt var det bottennära vattnets totalfosforhalt (0,21 mg/l) över tiofaldig i jämförelse med det ytnära vattnets halt (0,022 mg/l) vilket tyder på en kraftig intern belastning.*

station no.	djup m	bottenfauna	kornstorlek	lera	silt	sand	glödgningsförlust	organiskt material	temperatur C°	syre-% ytan	syre-% bottnet	fosfor ytan	fosfor bottnet	P-aut.	P-detr.	P-org.	P.tot.
16	20.8	0	-	-	-	-	16.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	31.1	0	-	-	-	-	10.1	-	3.2	119	65	0.014	0.15	-	-	-	-
18	37.5	0	2.555	40.00	60.00	0	17.6	18.2124	1.4	111	4	0.022	-	0,152	0,715	1,164	2.067
19	17.2	0	-	-	-	-	16.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	15.7	+	3.366	35.08	64.92	0	8.6	8.1133	8.5	116	42	0.02	0.12	0,080	0,608	1,057	1,745
21	11.7	0	2.698	39.22	60.78	0	17.4	19.1048	7.5	107	3	0.023	0.21	0,184	0,434	1,210	1,828
22	37.1	0	2.738	38.20	61.80	0	17.4	20.8035	2.3	113	15	0.018	0.20	0,134	0,502	0.916	1,552
23	41.0	0	-	-	-	-	20.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24	26.9	0	-	-	-	-	13.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	16.6	0	-	-	-	--	21.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
240	22.0	-	-	-	-	0	-	-	3.9	115	64	0.017	0.084	-	-	-	-
241	51.1	0	-	-	-	-	-	-	3.0	118	10	0.017	0.14	-	-	-	-
260	43.8	0	2.404	42.73	57.27	0	9.2	13.8435	1.7	116	35	0.016	0.2	0,158	0,480	0,872	1,511
261	59.0	+	2.562	40.14	59.86	0	15.6	15.1556	1.2	130	45	0.017	0.14	0,221	0,379	1,041	1,641
262	43.8	0	2.556	40.75	59.25	0	18.8	17.1222	1.1	125	49	0.13	0.12	0,177	0,884	1,123	2,184
263	16.2	+	2.670	39.55	60.45	0	12.1	13.2507	10.1	113	70	0.021	0.027	0,359	1,170	0,883	2,413
264	37.8	+	2.279	44.40	55.60	0	20.4	23.5214	2	113	52	-	-	0,191	0,200	0,861	1,253
265	36.5	0	2.796	37.88	62.12	-	21.7	21.8549	1.5	132	22	0.018	0.16	0,119	0,517	0,982	1,618
266	41.2	-	-	-	-	-	-	-	2.4	114	29	0.015	0.13	-	-	-	-
267	21.0	0	-	-	-	-	-	-	2.3	108	66	-	-	-	-	-	-
268	27.0	-	-	-	-	-	-	-	1.9	107	34	-	-	-	-	-	-
330	26.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
331	30.0	0	2.891	36.79	63.21	0	17.3	18.2081	2.1	118	77	0.018	0.12	0,099	0,436	1,022	1,557
331A	30.5	0	2.516	40.72	59.28	0	22.0	19.2777	1.9	112	55	0.017	0.53	0,101	0,342	0,779	1,222
332	21.0	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
411	38.0	0	-	-	-	-	12.1	-	2.3	115	-	0.025	0.080	-	-	-	-
413	44.5	0	-	-	-	-	2.2	-	1.8	117	-	0.028	0.081	-	-	-	-
414	52.5	0	-	-	-	-	14.2	-	2.3	116	-	0.026	0.095	-	-	-	-
415	37.0	0	-	-	-	-	22.6	-	2.3	114	-	0.029	0.11	-	-	-	-
417	30.0	0	-	-	-	-	-	-	2.5	111	-	0.027	0.075	-	-	-	-
1000	19.5	0	-	-	-	-	14.8	-	6.8	115	-	0.026	0.058	-	-	-	-

2002 2002-03 2003 2004

Tabell 1. Vederlax, Fredrikshamn och Kotka. *Centrala parametrar som beskriver vattnets och bottnets kvalitet: Förekomst (+) eller avsaknad (0) av bottenfauna, bottensedimentets kornstorlek (medianen d50), lera- (kornstorlek < 1.95 µm), mjäla (kornstorlek 1.95-62.5 m) och sandhalten (kornstorlek 62.5-2000 µm), glödgningsförlust (g), halten organiskt material (%), vattentemperatur i det bottennära vattnet (+1 m), det ytnära (1 m djup.) och det bottennära (+1 m) vattnets syremättnadsgrad och totalfosforhalt (mg/l) samt bottensedimentets fosforfraktioner.*

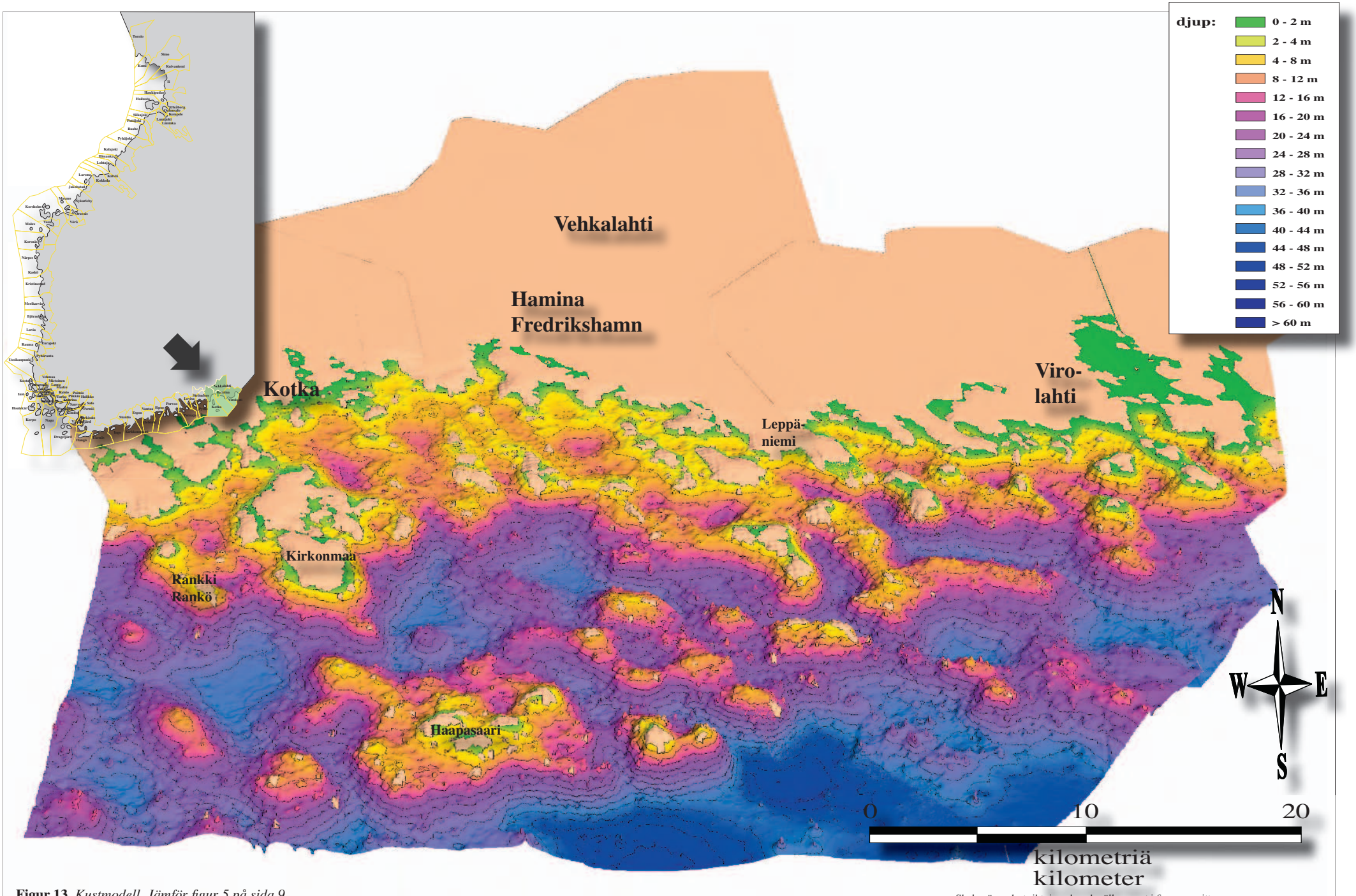
väderleksberoende, tidvis uppträdande syrebrist och intern belastning allmänt redan på cirka tio meters vattendjup. En kraftig belastning och i synnerhet en geomorfologi som gynnar syrebrist och intern belastning, har förorsakat att bottnarnas- och vattnets tillstånd i området är den finländska kustens sämsta.

I området saknas nästan helt den makroskopiska fauna som är typisk för djupa mjukbottnar. Livsrum för bottendjurssamhällen och organismer som lever på dem, står närmast att finna i de bottnar som är utsatta för erosion som förorsakas av vågorna. Som följd av den omväxlande topografin hos havsbottnen i områdets finns det tämligen rikligt med erosionsbottnar, i synnerhet i områdets yttre delar där vågerosionen är kraftig och sträcker sig djupt.

station no.	djup m	latitud N	longitud E	Fe_{cdb} µmol/g	Fe_{cdb}:P_{spa}	N	C	H	S
16	20.8	60°24.526	26°57.250	-	-	-	-	-	-
17	31.1	60°27.473	27°06.136	-	-	-	-	-	-
18	37.5	60°25.074	27°14.806	156.320	13.677	-	-	-	-
19	17.2	60°28.883	27°16.409	-	-	-	-	-	-
20	15.7	60°30.970	27°11.184	93.470	5.677	-	-	-	-
21	11.7	60°28.770	27°20.607	237.434	13.180	-	-	-	-
22	37.1	60°25.046	27°33.308	143.428	9.616	-	-	-	-
23	41.0	60°24.671	27°36.058	-	-	-	-	-	-
24	26.9	60°26.507	27°33.635	-	-	-	-	-	-
25	16.6	60°27.683	27°31.822	-	-	-	-	-	-
240	22.0	60°17.943	27°09.846	-	-	-	-	-	-
241	51.1	60°15.098	27°11.954	-	-	-	-	-	-
260	43.8	60°20.456	27°00.830	366.895	23.098	-	-	-	-
261	59.0	60°23.580	27°08.445	155.246	10.978	-	-	-	-
262	43.8	60°21.104	27°06.622	152.022	12.262	-	-	-	-
263	16.2	60°28.955	27°01.928	129.998	2.862	-	-	-	-
264	37.8	60°21.718	27°27.842	344.871	22.536	-	-	-	-
265	36.5	60°21.584	27°15.664	139.130	10.640	-	-	-	-
266	41.2	60°18.127	27°16.422	-	-	-	-	-	-
267	21.0	60°27.501	27°27.290	-	-	-	-	-	-
268	27.0	60°25.587	27°37.644	32.177	3.425	-	-	-	-
330	26.0	60°17.007	27°12.863	-	-	-	-	-	-
331	30.0	-	-	259.459	15.851	-	-	-	-
331A	30.5	-	-	252.476	19.167	-	-	-	-
332	21.0	60°28.056	27°26.937	-	-	-	-	-	-
411	38.0	60°20.992	27°33.422	-	-	-	-	-	-
413	44.5	60°18.270	26°58.836	-	-	-	-	-	-
414	52.5	60°15.582	27°18.609	-	-	-	-	-	-
415	37.0	60°23.638	27°15.949	-	-	-	-	-	-
417	30.0	60°20.105	27°18.271	-	-	-	-	-	-
1000	19.5	60°27.578	27°03.788	-	-	-	-	-	-

2002 | 2002-03 | 2003 | 2004

Tabell 2. Vederlax, Fredrikshamn och Kotka**.** *Provstationernas läge och parametrar som beskriver bottensedimenttet: Sedimentets järnhalt (hydroksidjärn som lätt löser sig med P-FeOH fosforfraktionen och som sannolikt är en av de viktigaste formerna av järn med tanke på biologiska processer och bindning av fosfor, jämför Lindgren in prep.) och förhållandet mellan järn- och fosforhalt. Ytterligare är de gaskromatografiskt uppmätta halterna av några grundämnen presenterade i tabellen som massprocent.*

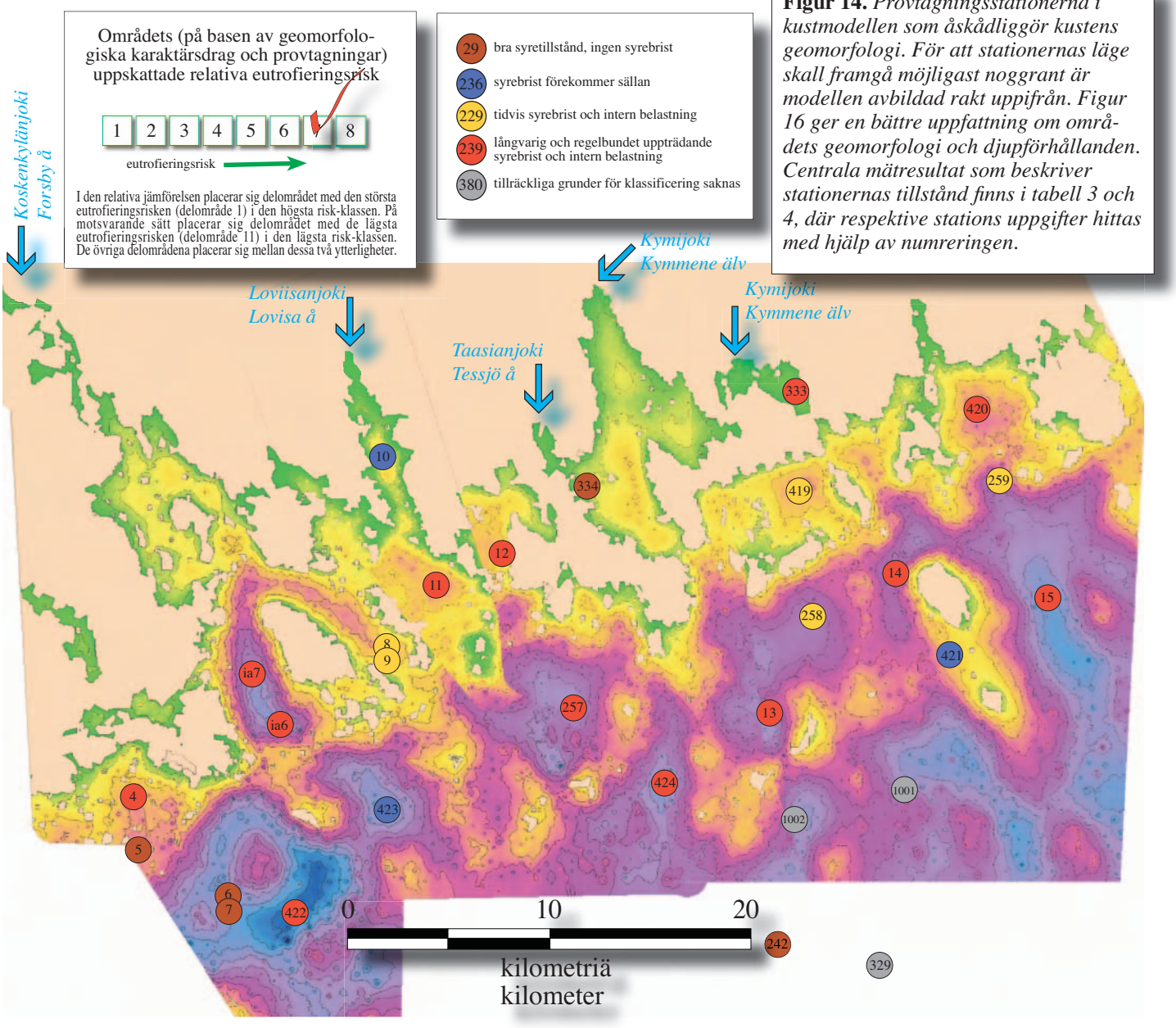


Figur 13. *Kustmodell. Jämför figur 5 på sida 9.*

Område 2. Pyttis, Strömfors, Lovisa, Pernå

Området är kraftigt belastat huvudsakligen indirekt, via åar men även med belastning som direkt når havsområdet. Inom stora områden har bottenfaunan konstaterats vara utarmad och det bottennära vattnets syretillstånd dåligt (Henriksson och Myllyvirta 1991, 1992, Myllyvirta och Henriksson 2001, Valkama och Anttila-Huhtinen 2000). Det finns tecken på att bottenfaunans tillstånd har försämrats under de senaste 20 - 30 åren. Orsaken är av allt att döma eutrofieringen och den ökande mängden organiskt material i sedimentten som eutrofieringen leder till, samt de försämrade syreförhållandena i det bottennära vattnet (Ilus 1990, Kangas m.fl.. 2001). Naturliga fluktuationer i bottendjurstammarna har eventuellt också bidragit till bottendjursamhällenas tillbakagång (Laine m.fl.. 1997, Kangas m.fl.. 2001).

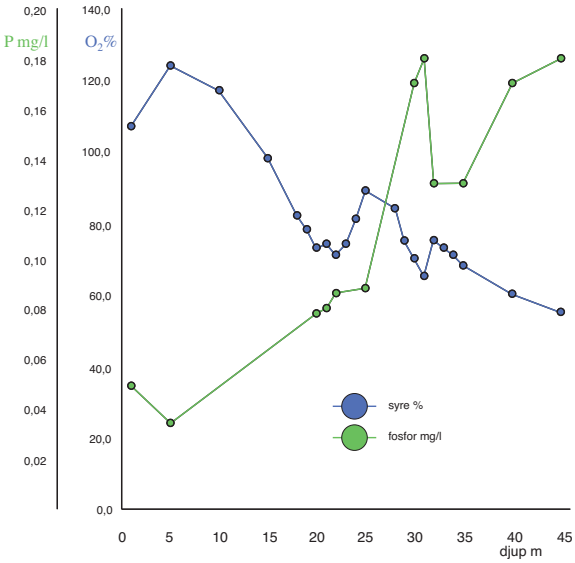
Typiskt för området är grunda vikar i vilka områdets största åar; Kymmene älvs västra arm, Tessjö å, Lovisa å och Forsby å, mynnar. Som följd av att vikarna är grunda och av det vattentryck som åvattnet förorsakar byts det bot-



Figur 14. *Provtagningsstationerna i kustmodellen som åskådliggör kustens geomorfologi. För att stationernas läge skall framgå möjligast noggrant är modellen avbildad rakt uppifrån. Figur 16 ger en bättre uppfattning om områdets geomorfologi och djupförhållanden. Centrala mätresultat som beskriver stationernas tillstånd finns i tabell 3 och 4, där respektive stations uppgifter hittas med hjälp av numreringen.*

tennära vattnet effektivt och förutsättningar för anoxi (syrebrist) förekommer i allmänhet inte. Mot ytterskärgården förändras geomorfologin och blir en mosaik av djup- och tröskelområden, som gynnar uppkomst av syrebrist. Områdets ytterskärgårdszon är bred och bottentopografin är kuperad.

På basen av kustmodellen och de på ort och ställe utförda provtagningarna är mellan- och ytterskärgårdens djupområden effektiva uppsamlingsställen för lätt och finkornigt, sjunkande material och bottnarna är huvudsakligen organisk gyttja. Tidvis syrebrist i det bottennära vattnet förekommer allmänt och i ytterskärgårdens kraterlika fördjupningar uppträder ofta **långvarig och regelbundet förekommande syrebrist med påföljande intern belastning.**



Figur 15. *Syre- och totalfosforläget 15.8 2004 vid intensivstation 7. Vattnets totaldjup vid stationen är 46 m. Höga fosforhalter och låga syrehalter i mitten av vattenpelaren, på ca 30 m djup, beror sannolikt på uppvällning av det näringsrika bottennära vattnet.*

Djupområdenas bottenfauna är i regel utarmad eller saknas helt. Under åren 1990

station no.	djup m	bottenfauna	kornstorlek	lera	silt	sand	glödgningsförlust	organiskt material	temperatur C°	syre-% ytan	syre-% bottnet	fosfor ytan	fosfor bottnet	P-aut.	P-detr.	P-org.	P.tot.
4	24.9	0	-	-	-	-	16.2-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	24.4	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	42.5	e	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	e	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	15.9	+	-	-	-	-	10.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	11.7	+	-	-	-	-	10.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	22.8	0	-	-	-	-	17.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	15.7	0	-	-	-	-	16.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	38.6	0	-	-	-	-	17.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	39.0	0	-	-	-	-	12.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	42.0	0	-	-	-	-	10.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
242	47.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
257	31.0	-	-	-	-	-	15.1	-	2.5	110	77	0.016	-	-	-	-	-
258	28.7	0	-	-	-	-	14.0	-	3.5	-	-	0.018	-	-	-	-	-
259	32.1	0	-	-	-	-	16.5	-	-	-	-	0.017	0.14	-	-	-	-
329	51.8	0	-	-	-	-	9.0	-	-	-	-	0.014	0.091	-	-	-	-
333	3.0	+	3.183	36.31	63.69	0	12.7	12.4218	-	-	-	0.023	0.026	0,160	0,519	0,632	1,310
334	5.5	+	2.844	37.79	62.21	0	10.8	10.7346	-	-	-	-	-	0,208	0,795	0,841	1,844
419	15.5	+	-	-	-	-	16.3	-	8.3	109	-	0.026	0.045	-	-	-	-
420	21.0	0	-	-	-	-	17.0	-	5.8	113	-	0.026	0.14	-	-	-	-
421	26.0	+	-	-	-	-	3.1	-	4.1	112	74	0.025	0.056	-	-	-	-
422	58.0	0	-	-	-	-	-	-	1.8	111	-	0.032	0.15	-	-	-	-
423	37.0	0	-	-	-	-	10.9	-	1.9	110	-	0.032	0.077	-	-	-	-
424	45.0	0	-	-	-	-	17.4	-	1.7	110	-	0.023	0.10	-	-	-	-
1001	41.5	-	-	-	-	-	-	-	2.0	119	-	-	-	-	-	-	-
1002	37.0	-	-	-	-	-	-	-	2.2	119	70	-	-	-	-	-	-

2002 2002-03 2003 2004

Tabell 3. Pyttis, Strömfors och Pernå. *Centrala parametrar som beskriver vattnets och bottnets kvalitet: Förekomst (+) eller avsaknad (0) av bottenfauna, bottensedimentets kornstorlek (medianen d50), lera- (kornstorlek < 1.95 µm), mjäla (kornstorlek 1.95-62.5 m) och sandhalten (kornstorlek 62.5-2000 µm), glödgningsförlust (g), halten organiskt material (%), vattentemperatur i det bottennära vattnet (+1 m), det ytnära (1 m djup.) och det bottennära (+1 m) vattnets syremättnadsgrad och totalfosforhalt (mg/l) samt bottensedimentets fosforfraktioner.*

- 1992 konstaterades att ett rikligt och goda syreförhållanden indikerande vitmärla - spånakäring - östersjömussla - samhälle, förekom i det kraterlika djupområdet väster om Kejvsalö på över 40 m djup (Henriksson och Myllyvirta 1991, 1992). Vid provtagningarna i samband med den här undersökningen var samma områdes bottnar döda från ca 30 m djup och neråt.

Under de syrefria perioderna är det bottennära vattnets fosforhalter mångfaldiga i jämförelse med det ytnära vattnet, vilket visar på en kraftig intern belastning. Området är ett typexempel på den avgörande inverkan som kustens geomorfologi har för vattnets och bottnarnas tillstånd.

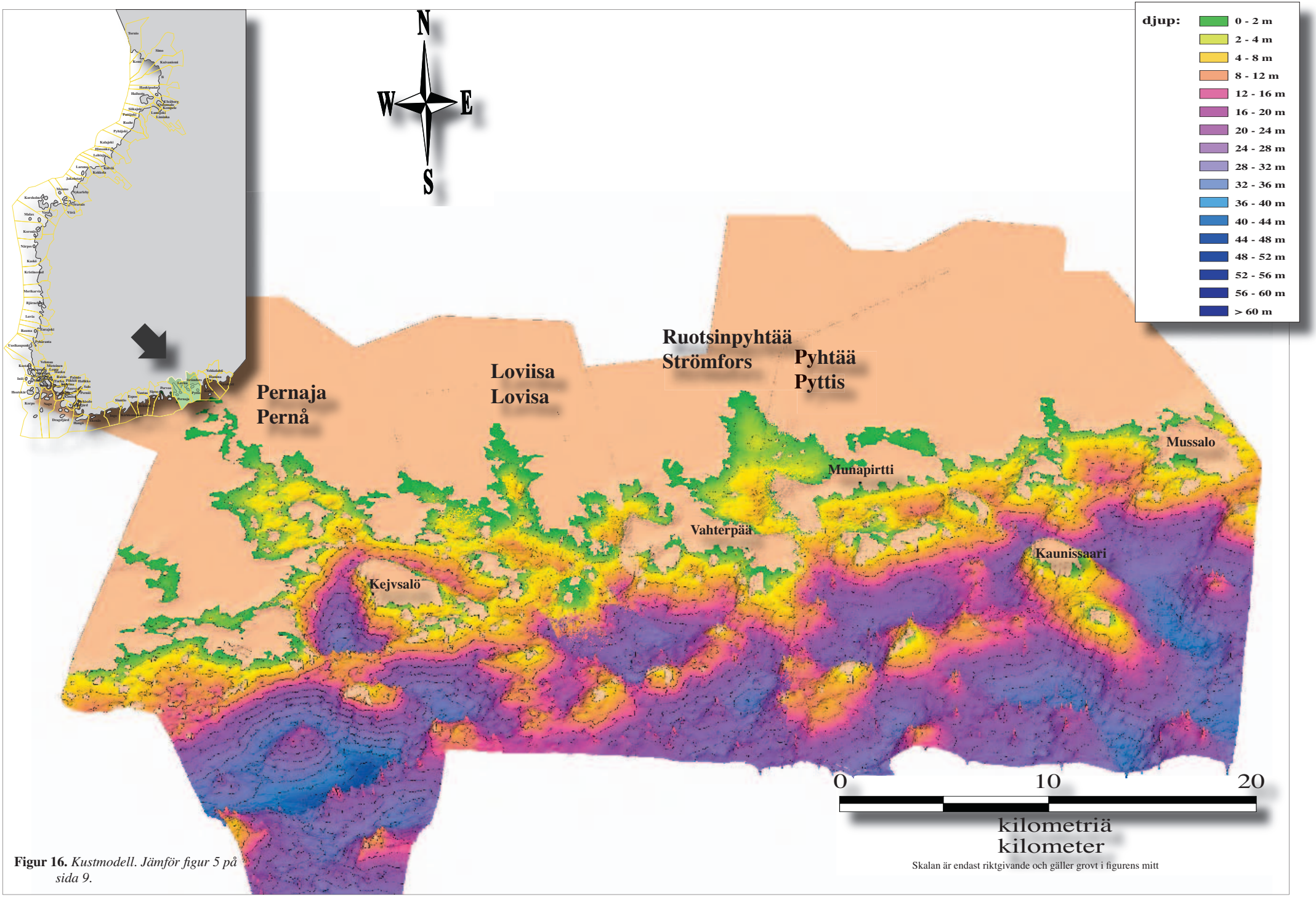
Förutom i de djupa kraterlika områdena uppträder syrebrist även i grundare områden. I labyrintiska områden med rikliga holmar och skär vid Kejvsalös sydspets och i västra Pernå, förekommer, under lugna och varma perioder, **tidvis syrebrist och intern belastning** i de inre och skyddade delarnas lokala djupområden.

I gränsområdena till djupområdena som ackumulerar organiskt material, finns områden som är exponerade för vågerosion och som erbjuder livsutrymmen för marin vegetation och för en fauna som föredrar hårda stenbottnar. På grund av den omväxlande topografin är vidsträckta områden utsatta för vågerosion och syreproblem i det bottennära vattnet förekommer inte i större utsträckning.

station no.	djup m	latitud N	longitud E	Fe_{cdb} µmol/g	Fe_{cdb}:P_{spa}	N	C	H	S
4	24.9	60°15.593	26°03.363	-	-	-	-	-	-
5	24.4	60°14.321	26°03.947	-	-	-	-	-	-
6	42.5	60°13.508	26°09.094	-	-	-	-	-	-
7	-	60°13.439	26°08.888	-	-	-	-	-	-
8	-	60°19.897	26°16.748	-	-	-	-	-	-
9	15.9	60°19.897	26°16.748	-	-	-	-	-	-
10	11.7	60°24.710	26°16.079	-	-	-	-	-	-
11	22.8	60°21.350	26°19.486	-	-	-	-	-	-
12	15.7	60°27.297	26°22.679	-	-	-	-	-	-
13	38.6	60°18.274	26°36.419	-	-	-	-	-	-
14	39.0	60°21.683	26°43.442	-	-	-	-	-	-
15	42.0	60°21.233	26°51.630	-	-	-	-	-	-
242	47.8	60°11.930	26°37.087	-	-	-	-	-	-
257	31.0	60°18.422	26°26.438	-	-	-	-	-	-
258	28.7	60°20.999	26°38.824	-	-	-	-	-	-
259	32.1	60°24.310	26°48.696	-	-	-	-	-	-
329	51.8	-	-	-	-	-	-	-	-
333	3.0	60°26.715	26°38.012	188.014	8.088	-	-	-	-
334	5.5	60°24.178	26°27.370	87.561	2.756	-	-	-	-
419	15.5	60°24.261	26°38.520	-	-	-	-	-	-
420	21.0	-	-	-	-	-	-	-	-
421	26.0	-	-	-	-	-	-	-	-
422	58.0	60°12.663	26°12.837	-	-	-	-	-	-
423	37.0	60°15.510	26°16.984	-	-	-	-	-	-
424	45.0	60°16.225	26°31.729	-	-	-	-	-	-
1001	41.5	60°16.504	26°44.451	-	-	-	-	-	-
1002	37.0	60°15.572	26°38.275	-	-	-	-	-	-

2002 2002-03 2003 2004

Tabell 4. Pyttis, Strömfors och Pernå. *Provstationernas läge och parametrar som beskriver bottensedimenttet: Sedimentets järnhalt (hydroksidjärn som lätt löser sig med P-FeOH fosforfraktionen och som sannolikt är en av de viktigaste formerna av järn med tanke på biologiska processer och bindning av fosfor, jämför Lindgren in prep.) och förhållandet mellan järn- och fosforhalt. Ytterligare är de gaskromatografiskt uppmätta halterna av några grundämnen presenterade i tabellen som massprocent.*



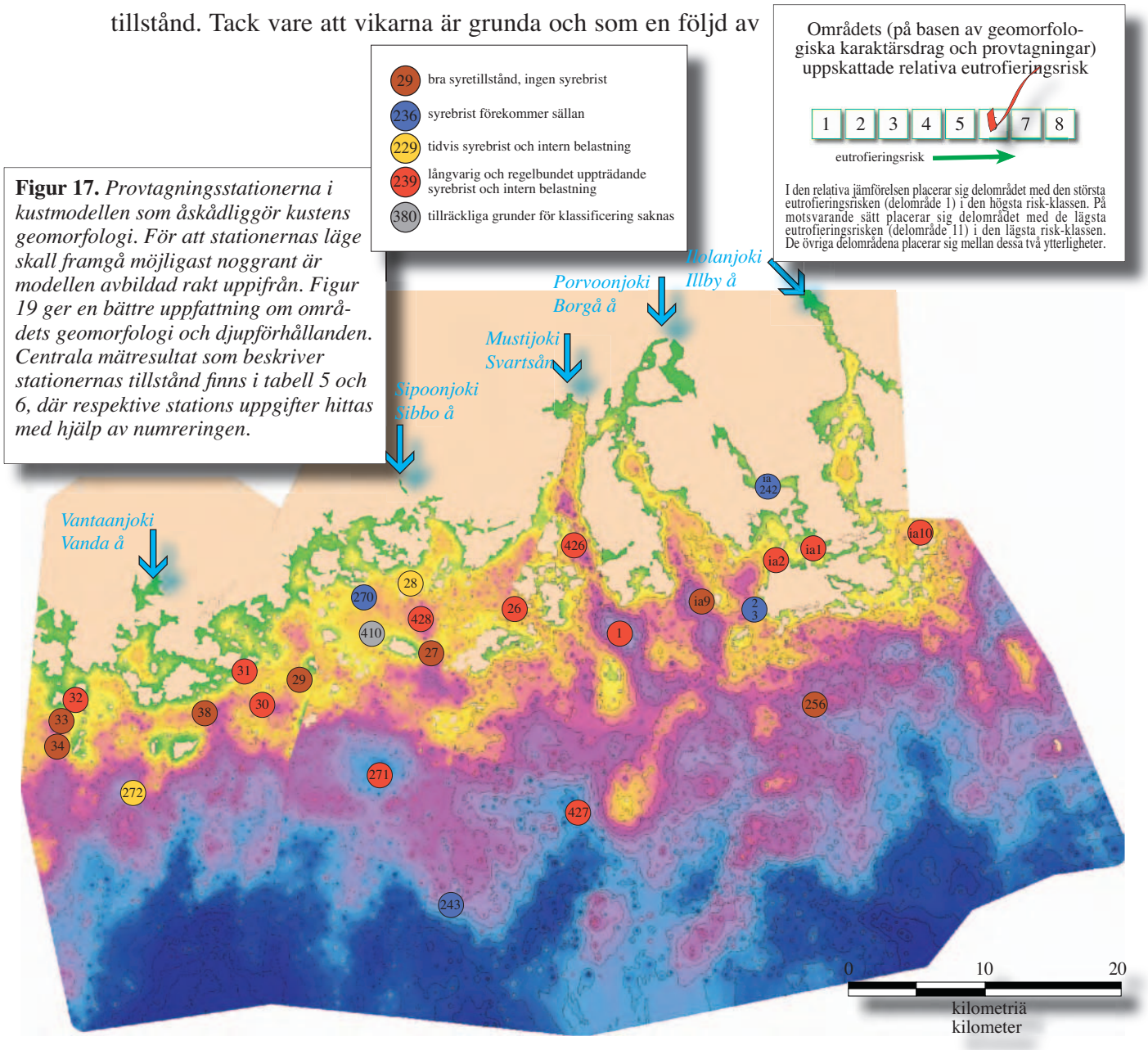
Figur 16. *Kustmodell. Jämför figur 5 på sida 9.*

Område 3. Borgå, Sibbo, Helsingfors

Området är kraftigt belastat av samhälleliga och industriella avfallsvatten och belastningen som tillförs via åarna är stor. I en jämförande undersökning påvisades att områdets geomorfologi förorsakade betydligt större förutsättningar för syrebrist och eutrofiering än vad fallet är vid Estlands kust på motsatt sida av Finska viken (jmfr. fig. på sid. 3). Följaktligen förekommer tidvis syrebrist i det bottennära vattnet allmänt och av syrebrist beroende intern belastning är ställvis kraftig (Myllyvirta och Henriksson 2001).

I områdets västra del (utanför Helsingfors) omfattar kontrollundersökningarna en tidsperiod på över 30 år och resultaten indikerar förändringar i bottenfaunan, som dels är följd av eutrofiering och dels, beror på växlingar i Östersjöns salthalt (Laine m.fl.. 2003). Kontrollundersökningarna visar på lokala och tidvisa syrefria perioder i det bottennära vattnet (t.ex. Norha och Varmo 1993, Varmo 1994, Kajaste 2004).

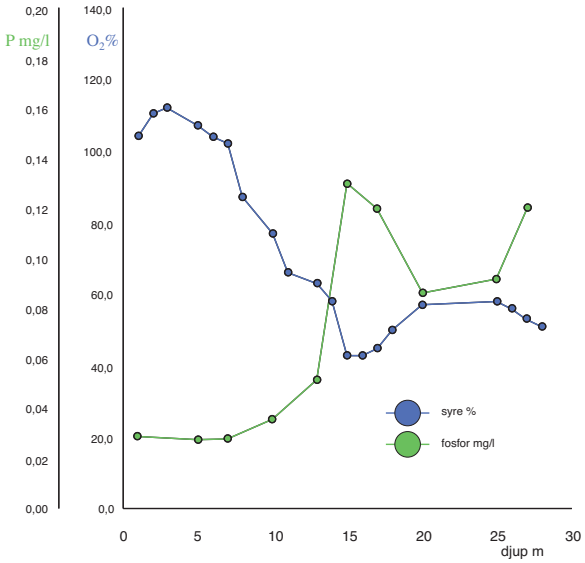
I områdets östra del försämrar de långa vikarna i vilka Illby å och Borgå å mynnar, och den splittrade skärgården vattenutbytet och den vägen också bottnarnas och vattnets tillstånd. Tack vare att vikarna är grunda och som en följd av



Figur 17. *Provtagningsstationerna i kustmodellen som åskådliggör kustens geomorfologi. För att stationernas läge skall framgå möjligast noggrant är modellen avbildad rakt uppifrån. Figur 19 ger en bättre uppfattning om områdets geomorfologi och djupförhållanden. Centrala mätresultat som beskriver stationernas tillstånd finns i tabell 5 och 6, där respektive stations uppgifter hittas med hjälp av numreringen.*

de vattenströmmar som åarna förorsakar, är risken liten för att syrebrist skall uppstå i det bottennära vattnet. I den västliga delen är kustlinjen Sibbo - Helsingfors rakare och innerskärgårdszonen smalare. Som följd härav är vattenutbytet mellan skärgårdens innerdelar och havsområdet effektivt och den mest eutrofierade zonen är smalare.

I jämförelse med den östligaste Finska viken förändras geomorfologin gradvis, mot en geomorfologi som i mindre utsträckning gynnar syrebrist och intern belastning. Kustmodellen visar, att kraterlika bottenformationer som avgränsas av tröskelområden inte är lika dominerande som i det österut belägna kustområdet. I stället blir havsbottnen stadigt djupare i riktning från innerskärgården mot havsområdet.



Figur 18. *Syre- och totalfosforläget 22.7 2004 vid intensivstation 10. Vattnets totaldjup vid stationen är 31 m. Höga fosforhalter och låga syrehalter i mitten av vattenpelaren, på ca 15 m djup, beror sannolikt på uppvällning av det näringsrika bottennära vattnet.*

I områdets yttersta delar finns endast ett fåtal tydligt isolerade djupgropar där syrebrist och intern belastning har förutsättningar att uppträda. Provtagningarna bekräftar att fosforhalterna i djupområdenas bottennära vatten är mångdubbla jämfört med halterna

station no.	djup m	bottenfauna	kornstorlek	lera	silt	sand	glödgningsförlust	organiskt material	temperatur C°	syre-% ytan	syre-% bottnet	fosfor ytan	fosfor bottnet	P-aut.	P-detr.	P-org.	P.tot.
1	41.0	0	-	-	-	-	20.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	31.0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	31.0	+	-	-	-	-	7,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26	30.7	0	-	-	-	-	13.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27	33.2	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28	21.1	+	-	-	-	-	13.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29	25.5	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	33.0	0	-	-	-	-	7.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
31	30.6	0	-	-	-	-	11.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
32	23.2	+	-	-	-	-	11.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
33	26.5	0	-	-	-	-	3.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
34	22.8	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
38	23.4	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
243	52.0	+	2.169	46.39	53.61	0	2.1	1.8717	3.2	118	21	0.025	0.13	0,083	0,418	0,091	0,592
270	18.0	+	2.299	44.76	55.24	0	6.7	7.5871	11.4	113	70	0.021	0.023	0,256	2,395	0,494	3,144
271	48.9	0	2.607	40.64	59.36	0	17.5	17.7088	2.9	119	24	0.020	0.22	0,125	0,518	1,044	1,688
272	49.0	+	53.48	14.36	38.47	47.17	7.6	7.6658	2.3	123	47	0.022	0.11	0,161	0,329	0,581	1,071
410	18.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,160	0,519	0,632	1,310
426	33.7	0	-	-	-	-	18.0	-	4.3	121	-	0.026	0.050	0,208	0,795	0,841	1,844
427	54.5	0	-	-	-	-	18.5	-	2.5	128	-	-	-	-	-	-	-
428	27.0	0	-	-	-	-	21.5	-	6.3	119	-	0.026	0.071	-	-	-	-

2002 2002-03 2003 2004

Tabell 5. Borgå, Sibbo och Helsingfors. *Centrala parametrar som beskriver vattnets och bottnets kvalitet: Förekomst (+) eller avsaknad (0) av bottenfauna, bottensedimentets kornstorlek (medianen d50), lera- (kornstorlek < 1.95 µm), mjäla (kornstorlek 1.95-62.5 m) och sandhalten (kornstorlek 62.5-2000 µm), glödgningsförlust (g), halten organiskt material (%), vattentemperatur i det bottennära vattnet (+1 m), det ytnära (1 m djup.) och det bottennära (+1 m) vattnets syremättnadsgrad och totalfosforhalt (mg/l) samt bottensedimentets fosforfraktioner.*

i det ytnära vattnet och de internt belastande perioderna infaller sannolikt **regelbundet under stagnationsperioderna och är långvariga.**

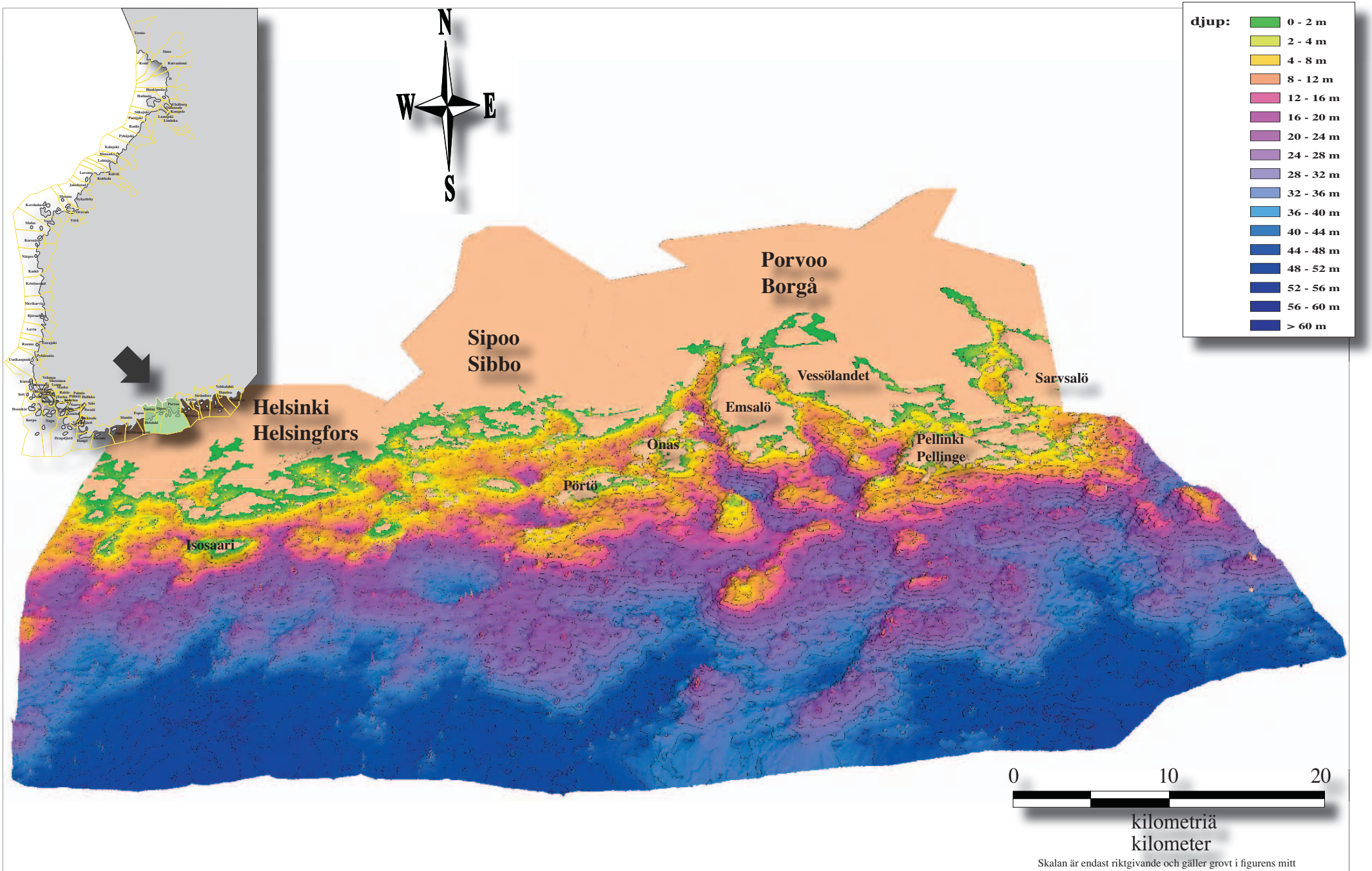
I jämförelse med många andra kustområden är områdets kust mycket labyrintisk och rik på skärgård och en del av mellan-ytterskärgårdens djupområden, erbjuder förutsättningar för uppkomst av **väderleksberoende och tidvis förekommande syrebrist och intern belastning.** Merparten av den yttersta skärgården och havsområdet är ändå i varierande hög grad, utsatt för bottenerosion och de områden som samlar upp organiskt material och lider av syrebrist är areellt förhållandevis små om man jämför med Finska vikens östligaste delar.

I de skärgårdstätaste områdena skyddar holmarna och skären bottnarna mot erosion och bottnarna är huvudsakligen mjuka, av organiskt material bestående, gyttjebottnar där syrebrist lätt uppstår i synnerhet under långvariga värmeperioder. Den här typens labyrintiska områden är Pellinge, Onas och Pörtö skärgårdsområden i vilka syrebrist och intern belastning tidvis förekommer i lokala, bland holmarna skyddade, djupgropar (Henriksson och Myllyvirta 1991, 1992, Henriksson och Myllyvirta 1995, Myllyvirta och Henriksson 1999, Henriksson och Myllyvirta 2001, Myllyvirta och Henriksson 2001). Under långvariga lugna perioder, kan de syrefria områdena ställvis sträcka sig till grunda, mindre än 10 m djupa vattenområden.

station no.	djup m	latitud N	longitud E	Fe_{cdb} µmol/g	Fe_{cdb}:Pspa	N	C	H	S
1	41.0	60°10.909	25°36.388	-	-	-	-	-	-
2	31.0	60°11.952	25°47.633	-	-	-	-	-	-
3	31.0	60°11.844	25°47.482	-	-	-	-	-	-
26	30.7	60°11.674	25°28.466	-	-	-	-	-	-
27	33.2	60°10.553	25°22.048	-	-	-	-	-	-
28	21.1	60°12.780	25°20.927	-	-	-	-	-	-
29	25.5	60°08.531	29°12.335	-	-	-	-	-	-
30	33.0	60°07.858	25°09.486	-	-	-	-	-	-
31	30.6	60°08.997	25°08.044	-	-	-	-	-	-
32	23.2	60°07.154	24°55.167	-	-	-	-	-	-
33	26.5	60°06.682	24°52.587	-	-	-	-	-	-
34	22.8	60°05.399	24°51.544	-	-	-	-	-	-
38	23.4	60°07.229	25°04.220	-	-	-	-	-	-
243	52.0	60°00.322	25°24.516	14.665	6.056	-	-	-	-
270	18.0	60°12.207	25°17.373	100.453	2.897	-	-	-	-
271	48.9	60°05.694	25°19.210	175.658	8.281	-	-	-	-
272	49.0	60°03.827	24°59.503	47.594	3.613	-	-	-	-
410	18.8	60°11.812	25°18.854	-	-	-	-	-	-
426	33.7	60°14.297	25°34.339	-	-	-	-	-	-
427	54.5	60°04.410	25°33.503	-	-	-	-	-	-
428	27.0	60°11.366	25°21.733	-	-	-	-	-	-

2002 2002-03 2003 2004

Tabell 6. Borgå, Sibbo och Helsingfors. *Provstationernas läge och parametrar som beskriver bottensedimenttet: Sedimentets järnhalt (hydroksidjärn som lätt löser sig med P-FeOH fosforfraktionen och som sannolikt är en av de viktigaste formerna av järn med tanke på biologiska processer och bindning av fosfor, jämför Lindgren in prep.) och förhållandet mellan järn- och fosforhalt. Ytterligare är de gaskromatografiskt uppmätta halterna av några grundämnen presenterade i tabellen som massprocent.*



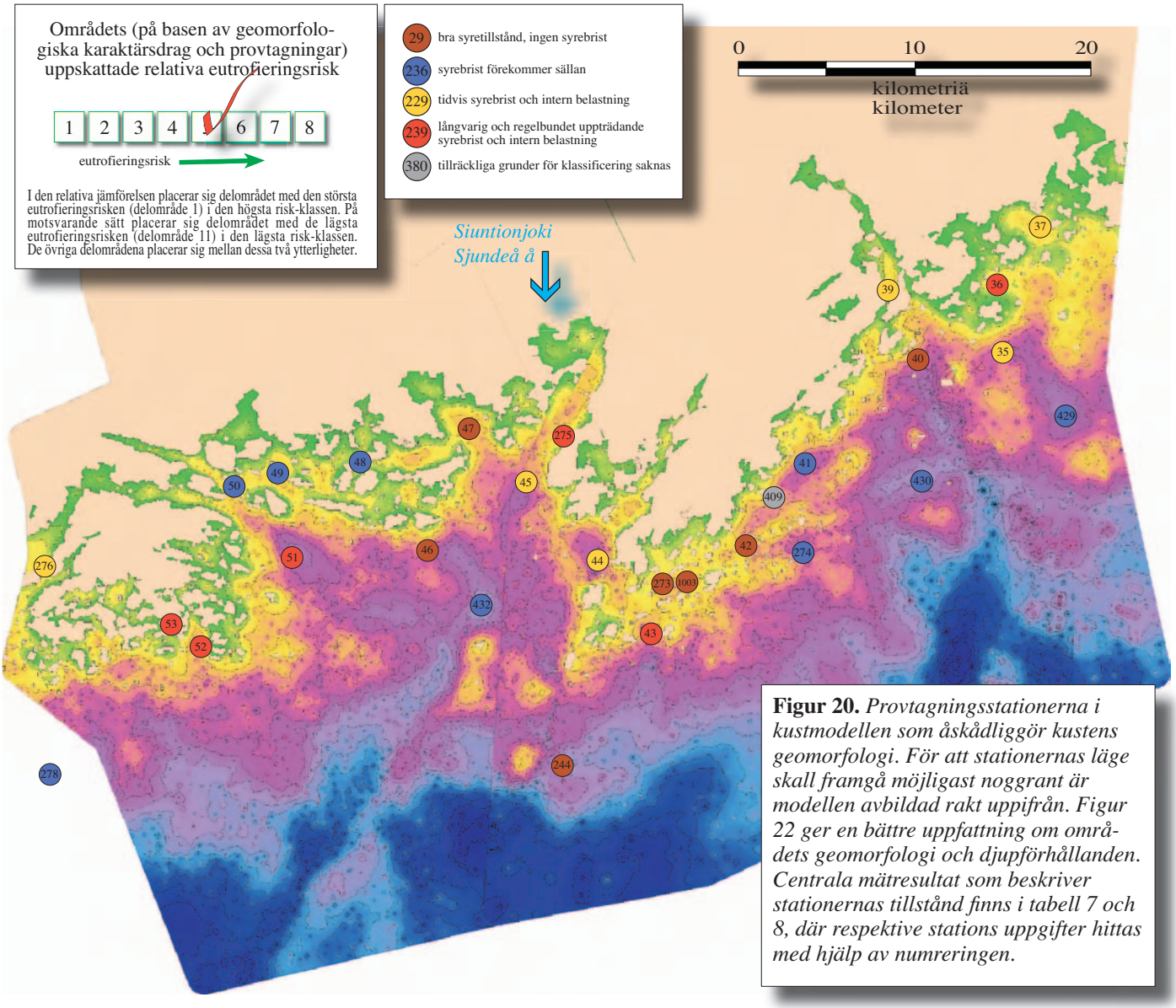
Figur 19. *Kustmodell. Jämför figur 5 på sida 9.*

Område 4. Esbo, Kyrkslätt, Sjundeå, Ingo

Kontrollundersökningarna omfattar i viss mån de djupområden inom området som samlar upp organiskt material och undersökningarna visar på lokalt och tidvis förekommande syrebrist (t.ex. Norha och Varmo 1993, Varmo 1994, Holmberg m.fl.. 1999, Mettinen 2002, Kajaste 2004, Laine m.fl.. 2003).

På basen av kustmodellen erbjuder områdets geomorfologi inte förutsättningar för en stor eutrofieringsrisk. I större delen av området ökar vattendjupet stadigt i riktning mot de öppna havsområdena och bottenformationer som samlar upp organisk gyttja är areellt små och glest förekommande. I jämförelse med östra Finska viken, där bälten av kraterlika fördjupningar präglar hela kustzonens geomorfologi, är situationen här av annan karaktär.

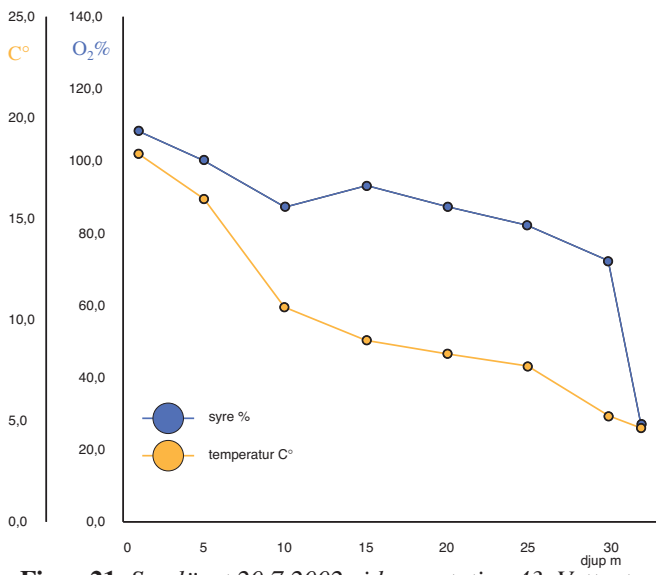
Också den labyrintiska skärgårdszonen som samlar upp organisk gyttja, är relativt smal och vattenutbytet är i regel tillräckligt för att hålla bottnarna syresatta. Längre ut dominerar leriga och sandiga hårdbottnar. Endast ett fåtal, tämligen lokala, fördjupningar som isoleras av tröskelområden, finns i närheten av fastlandet. Av dem är några



Figur 20. *Provtagningsstationerna i kustmodellen som åskådliggör kustens geomorfologi. För att stationernas läge skall framgå möjligast noggrant är modellen avbildad rakt uppifrån. Figur 22 ger en bättre uppfattning om områdets geomorfologi och djupförhållanden. Centrala mätresultat som beskriver stationernas tillstånd finns i tabell 7 och 8, där respektive stations uppgifter hittas med hjälp av numreringen.*

geomorfologiskt sådana, att de samlar upp organiskt material som sjunker till bottnet och de kan sålunda, då förhållandena tillåter, vara känsliga för syrebrist och inre belastning.

För **regelbunden, under stagnationsperioderna uppträdande, långvarig syrebrist och intern belastning** finns det förekomstmöjligheter endast i ett fåtal djupområden. I dessa, areellt jämförelsevis små djupgropar, är fosforhalterna i det bottennära vattnet tydligt förhöjda i jämförelse med halterna i det ytnära vattnet, vilket är tecken på en kraftig intern belastning.



Figur 21. *Syreläget 20.7 2002 vid provstation 43. Vattnets totaldjup vid stationen är 33 m.*

Under långvariga och lugna värmeperioder finns det förutsättningar för **tidvis syrebrist och intern belastning** även inom större arealer, beroende på att bottensedimentets ytskikt ställvis består av organisk och näringsrik gyttja. Under exceptionellt långvariga

station no.	djup m	bottenfauna	kornstorlek	lera	silt	sand	glödgningsförlust	organiskt material	temperatur C°	syre-% ytan	syre-% bottnet	fosfor ytan	fosfor bottnet	P-aut.	P-detr.	P-org.	P.tot.
35	32.8	0	-	-	-	-	11.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
36	16.4	+	-	-	-	-	12.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
37	13.2	+	-	-	-	-	11.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
39	14.0	+	-	-	-	-	12.4	-	11.1	99.5	11.5	-	-	-	-	-	-
40	23.0	+	-	-	-	-	1.9	-	7.3	-	74.0	-	-	-	-	-	-
41	24.5	+	-	-	-	-	6.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
42	26.3	+	-	-	-	-	2.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
43	32.7	0	-	-	-	-	14.6	-	4.6	108	26	-	-	-	-	-	-
44	25.3	+	-	-	-	-	15.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
45	27.7	+	-	-	-	-	15.7	-	7.8	-	67	-	-	-	-	-	-
46	28.0	+	-	-	-	-	2.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
47	18.0	+	-	-	-	-	7.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
48	16.5	0	-	-	-	-	12.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
49	15.5	+	-	-	-	-	11.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50	18.8	+	-	-	-	-	8.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
51	30.8	+	-	-	-	-	12.6	-	7.5	-	50	-	-	-	-	-	-
52	30.0	0	-	-	-	-	19.5	-	5.3	-	8	-	-	-	-	-	-
53	18,8	0	-	-	-	-	18.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
244	46.0	+	193.7	2.52	8.57	88.91	1.3	1.4055	2.4	129	64	0.024	0.071	0,116	0,834	0,531	1,481
273	20.0	+	-	-	-	-	-	-	13.9	124	88	0.033	0.035	-	-	-	-
274	34.5	+	137.5	5.00	16.27	78.73	2.7	2.5521	-	-	-	0.025	0.12	0,066	0,454	0,259	0,779
275	19.5	0	2.583	41.02	58.98	0	16.4	17.0533	-	-	-	0.025	0.43	0,148	0,423	0,991	1,562
276	16.4	+	3.627	31.47	68.53	0	12.6	11.8277	9.3	132	32	0.026	0.084	0,159	0,562	0,817	1,537
278	47.2	+	3.187	36.13	63.87	0	7.1	6.4885	9.3	147	73	0.021	0.059	0,170	0,348	0,332	0,851
409	18.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
429	35.0	0	-	-	-	-	12.5	-	3.8	121	43	0.024	0.066	-	-	-	-
430	41.0	0	-	-	-	-	9.8	-	4.2	122	-	0.022	0.058	-	-	-	-
432	34.0	+	-	-	-	-	6,1	-	6.1	120	75	0.027	0.020	-	-	-	-
1003	28.0	-	-	-	-	-	-	-	7.5	118	86	0.027	0.047	-	-	-	-

2002 2002-03 2003 2004

Tabell 7. Esbo, Kyrkslätt, Sjundeå och Ingo. *Centrala parametrar som beskriver vattnets och bottnets kvalitet: Förekomst (+) eller avsaknad (0) av bottenfauna, bottensedimentets kornstorlek (medianen d50), lera- (kornstorlek < 1.95 µm), mjäla (kornstorlek 1.95-62.5 m) och sandhalten (kornstorlek 62.5-2000 µm), glödgningsförlust (g), halten organiskt material (%), vattentemperatur i det bottennära vattnet (+1 m), det ytnära (1 m djup.) och det bottennära (+1 m) vattnets syremättnadsgrad och totalfosforhalt (mg/l) samt bottensedimentets fosforfraktioner.*

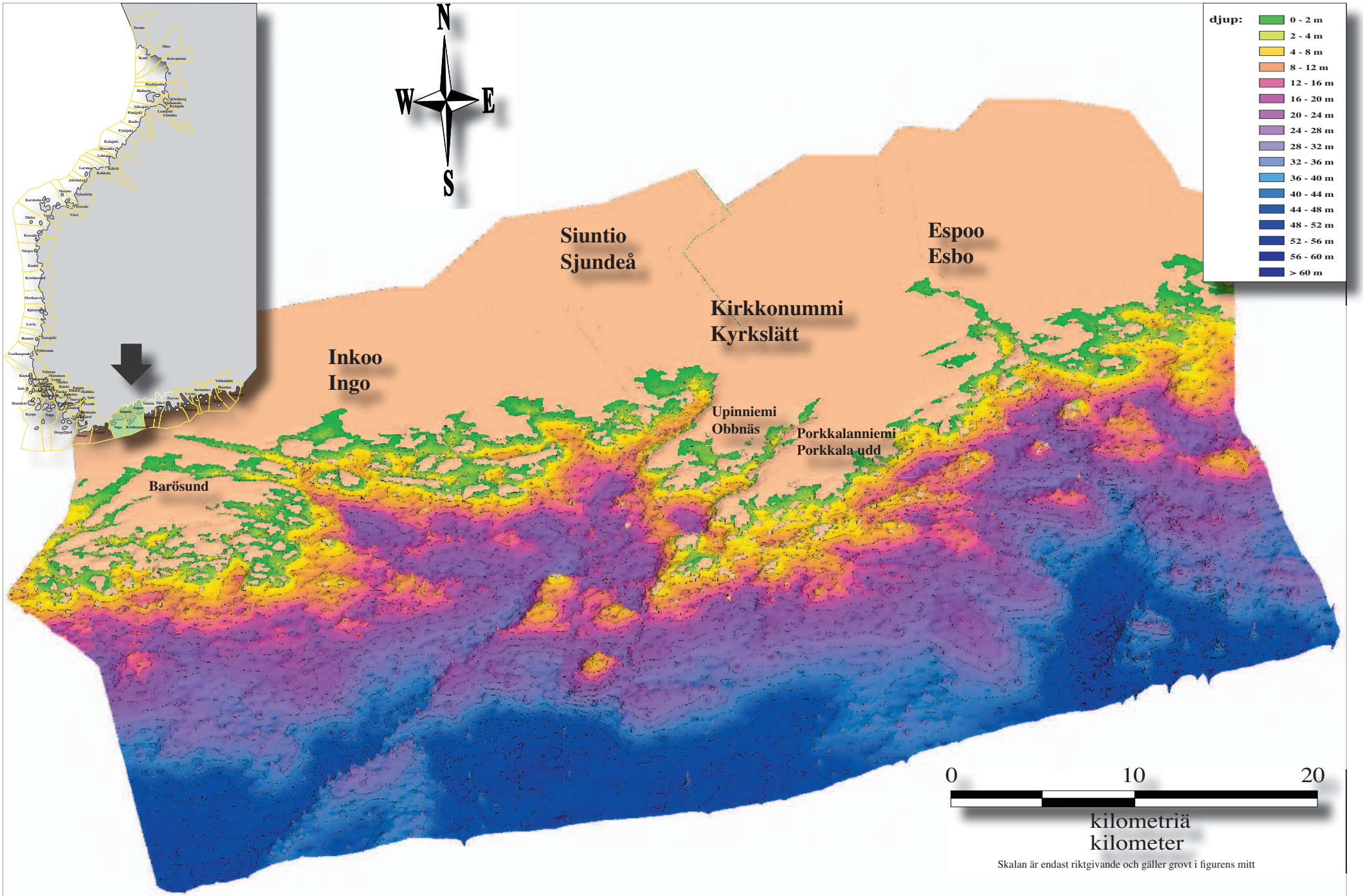
och lugna perioder finns det förutsättningar för syrebristen att breda ut sig även till grunda vatten inom de skyddade och skärgårdsrika delarna av området.

Inom området finns, på basen av provtagningarna, rätt rikligt djupa gyttjebottnar som är i gott skick och som upprätthåller en typisk mjukbottenfauna (östersjömussla, vitmärla, Nereis-havsborstmask). Längre österut är den här typens mjukbottnar numera ovanliga. I händelse av att områdets tillstånd försämras, är det i första hand, de här områdena som löper risk att omvandlas till internt belastande bottnar. I områdets kontrollundersökningar är det ändamålsenligt att följa med de här bottenarealerna, som tillsvidare är i gott skick, men som är känsliga och därför fungerar som indikatorer på förändringar.

station no.	djup m	latitud N	longitud E	Fe_{cdb} mmol/g	Fe_{cdb}:P_{spa}	N	C	H	S
35	32.8	60°04.675	24°46.451	-	-	-	-	-	-
36	16.4	60°06.899	24°45.615	-	-	-	-	-	-
37	13.2	60°08.696	24°48.301	-	-	-	-	-	-
39	14.0	60°06.360	24°39.272	-	-	-	-	-	-
40	23.0	60°04.517	24°41.168	-	-	-	-	-	-
41	24.5	60°01.262	24°34.541	-	-	-	-	-	-
42	26.3	59°58.713	24°31.549	-	-	-	-	-	-
43	32.7	59°55.949	24°25.781	-	-	-	-	-	-
44	25.3	59°58.830	24°22.999	-	-	-	-	-	-
45	27.7	60°00.301	24°18.509	-	-	-	-	-	-
46	28.0	59°58.299	24°12.438	-	-	-	-	-	-
47	18.0	60°01.969	24°14.750	-	-	-	-	-	-
48	16.5	60°00.712	24°08.285	-	-	-	-	-	-
49	15.5	60°00.357	24°03.057	-	-	-	-	-	-
50	18.8	59°59.995	24°00.424	-	-	-	-	-	-
51	30.8	59°57.992	24°03.973	-	-	-	-	-	-
52	30.0	59°55.205	23°58.671	-	-	-	-	-	-
53	18,8	59°55.747	23°56.697	-	-	-	-	-	-
244	46.0	59°51.795	24°20.701	38.731	4.122	-	-	-	-
273	20.0	59°57.532	24°26.346	-	-	-	-	-	-
274	34.5	59°58.63	24°34.857	22.024	3.344	-	-	-	-
275	19.5	60°01.805	24°20.276	175.121	8.651	-	-	-	-
276	16.4	59°57.212	23°49.115	136.981-	3.312	-	-	-	-
278	47.2	59°50.709	23°34.566	19.392	2.275	-	-	-	-
409	18.8	59°59.712	24°32.555	-	-	-	-	-	-
429	35.0	60°02.895	24°50.093	-	-	-	-	-	-
430	41.0	60°00.835	24°42.026	-	-	-	-	-	-
432	34.0	59°57.198	24°15.125	-	-	-	-	-	-
1003	28.0	59°57.188	24°26.180		-	-	-	-	-

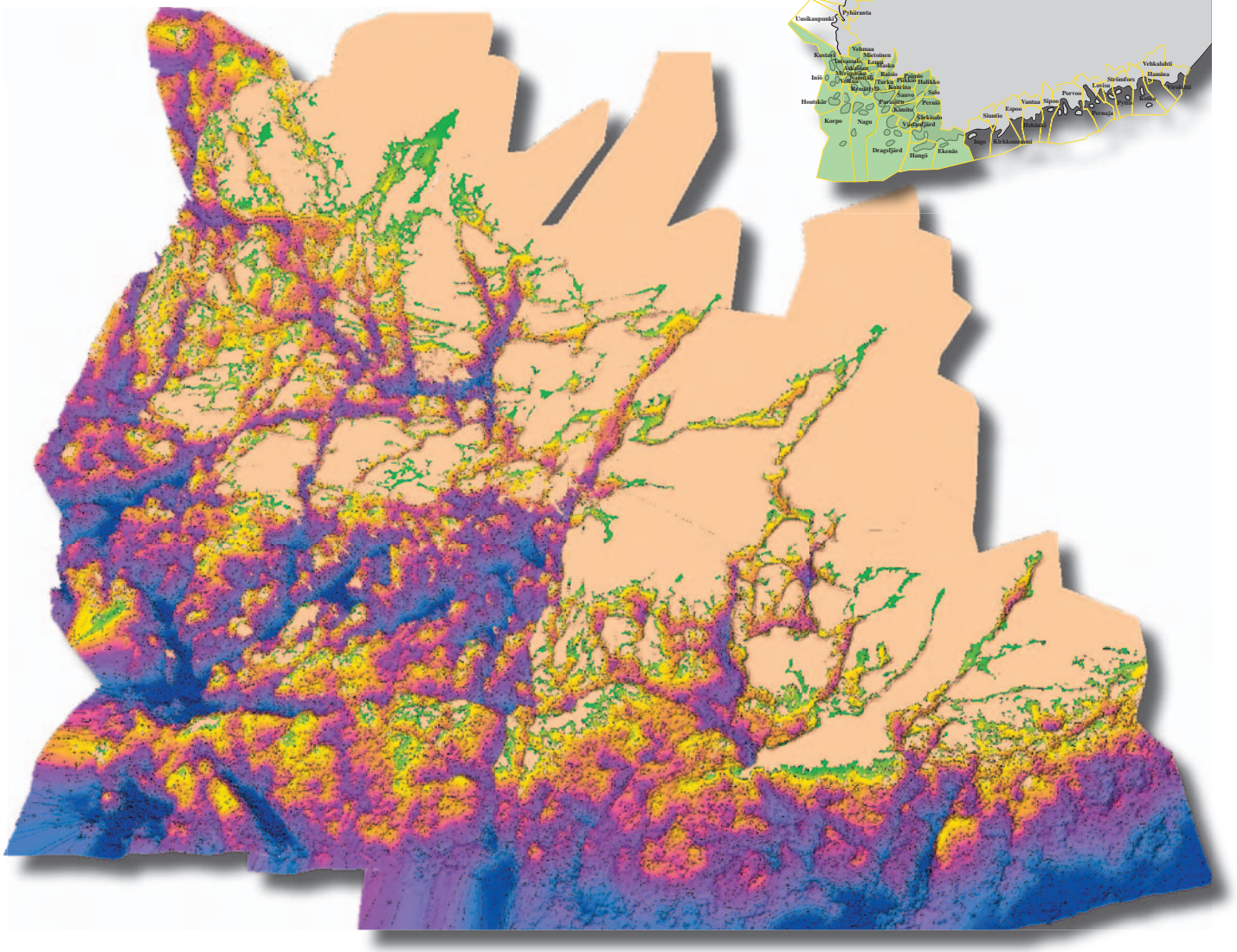
2002 2002-03 2003 2004

Tabell 8. Esbo, Kyrkslätt, Sjundeå och Ingo. *Provstationernas läge och parametrar som beskriver bottensedimenttet: Sedimentets järnhalt (hydroksidjärn som lätt löser sig med P-FeOH fosforfraktionen och som sannolikt är en av de viktigaste formerna av järn med tanke på biologiska processer och bindning av fosfor, jämför Lindgren in prep.) och förhållandet mellan järn- och fosforhalt. Ytterligare är de gaskromatografiskt uppmätta halterna av några grundämnen presenterade i tabellen som massprocent.*



Figur 22. *Kustmodell. Jämför figur 5 på sida 9.*

Skärgårdshavet och Hangö området

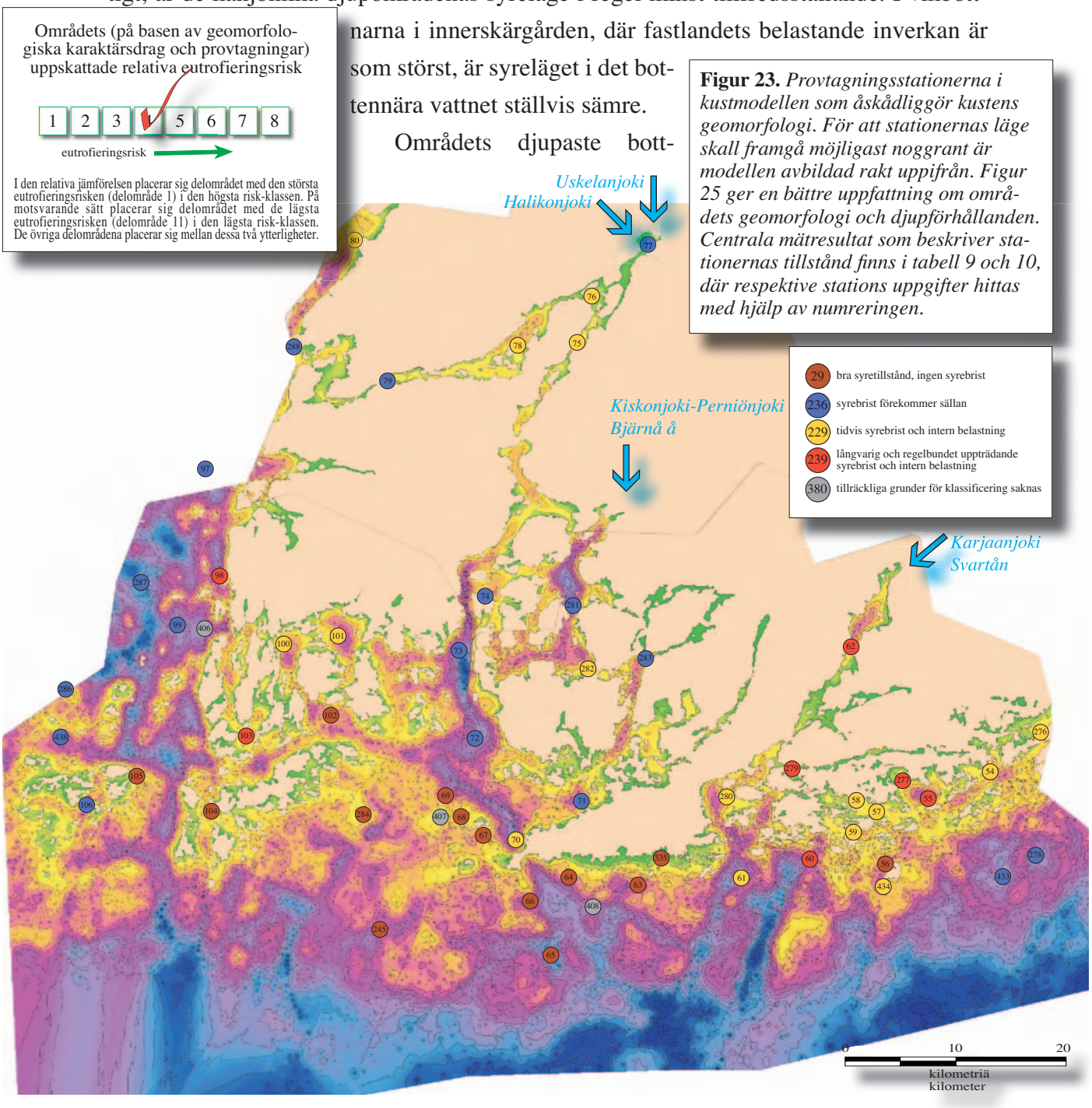


Område 5. Ekenäs, Hangö, Kimito

Området präglas av en bred skärgårdszon och smala fjordlika vikar som sträcker sig långt in i fastlandet. Eutrofiering, syrebrist i det bottennära vattnet och en minskning i bottendjurens diversitet, har vid områdets kontrollundersökningar, konstaterats vara ett problem inom vissa delar av området (Mettinen 1998, Holmberg m.fl.. 1999, Holmberg och Jokinen 1999, Mettinen 1999,). Totalt syrefria, döda bottnar, har konstaterats förekomma inom området (Haahti och Kangas 2003, Lönnroth 2005, Virtasalo m.fl.. in press).

De djupaste områdena är, på basen av kustmodellen, geomorfologiskt kanjonlika fortlöpare till vikarna. Troligen som en följd av att vattnet i kanjonerna strömmar kraftigt, är de kanjonlika djupområdenas syreläge i regel minst tillfredsställande. I vikbottnarna i innerskärgården, där fastlandets belastande inverkan är som störst, är syreläget i det bottennära vattnet ställvis sämre.

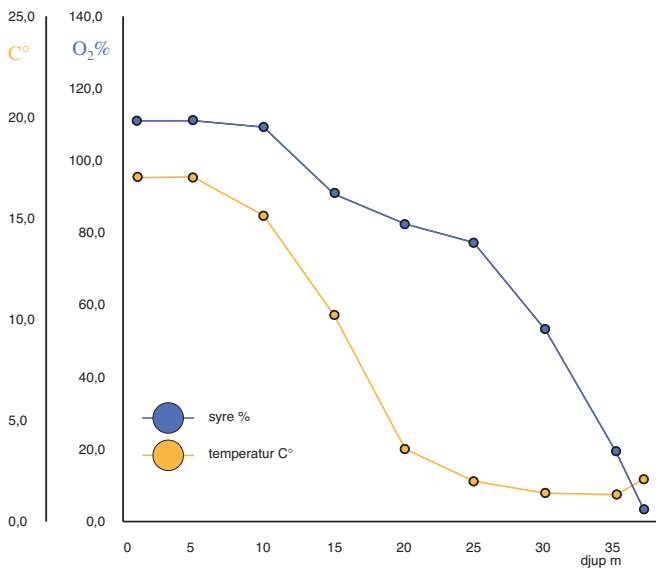
Områdets djupaste bott-



Figur 23. *Provtagningsstationerna i kustmodellen som åskådliggör kustens geomorfologi. För att stationernas läge skall framgå möjligast noggrant är modellen avbildad rakt uppifrån. Figur 25 ger en bättre uppfattning om områdets geomorfologi och djupförhållanden. Centrala mätresultat som beskriver stationernas tillstånd finns i tabell 9 och 10, där respektive stations uppgifter hittas med hjälp av numreringen.*

nar är inte de mest problematiska, utan de medeldjupa, labyrintiska områdena, där vattenutbytet är ineffektivt. Kritiska områden med avseende på syreläge, intern belastning och eutrofieringsrisk är huvudsakligen djupgropar belägna i mellan-ytterskärgårdszonen. Höga totalfosforhalter i det bottennära vattnet tyder ställvis på en kraftig intern belastning. Intern belastning som omfattar stora arealer, förefaller ändå inte ut att uppträda och allmänt taget, är syrehalterna tillräckliga för att upprätthålla en bottenfauna.

Regelbunden, under stagnationsperioderna återkommande intern belastning, är på grund av områdets geomorfologi



Figur 24. *Syreläget 14.7 2003 vid provstation 35. Vattnets totaldjup vid stationen är 27 m. Vid samma tidpunkt var det bottennära vattnets totalfosforhalt (0,10 mg/l) fyrfaldig i jämförelse med det ytnära vattnets halt (0,025 mg/l) vilket tyder på en kraftig intern belastning.*

Tabell 9. Ekenäs, Hangö och Kimito. *Centrala parametrar som beskriver vattnets och bottnets kvalitet: Förekomst (+) eller avsaknad (0) av bottenfauna, bottensedimentets kornstorlek (medianen d50), lera- (kornstorlek < 1.95 µm), mjäla (kornstorlek 1.95-62.5 m) och sandhalten (kornstorlek 62.5-2000 µm), glödgningsförlust (g), halten organiskt material (%), vattentemperatur i det bottennära vattnet (+1 m), det ytnära (1 m djup.) och det bottennära (+1 m) vattnets syremättnadsgrad och totalfosforhalt (mg/l) samt bottensedimentets fosforfraktioner.*

station no.	djup m	bottenfauna	kornstorlek	lera	silt	sand	glödgningsförlust	organiskt material	temperatur C°	syre- % ytan	syre- % bottnet	fosfor ytan	fosfor bottnet	P-aut.	P-detr.	P-org.	P-tot.
54	17.1	+	-	-	-	-	18.5	-	10.7	106	47	-	-	-	-	-	-
55	27.2	0	2.603	40.26	59.74	0	18.2	16.8210	4.6	138	13	0.025	0.1	0.104	0.510	0.483	1.097
56	34.5	+	-	-	-	-	8.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
57	16.2	0	-	-	-	-	18.4	-	11.0	-	44	-	-	-	-	-	-
58	13.2	0	-	-	-	-	14.5	-	11.3	-	18	-	-	-	-	-	-
59	24.3	0	-	-	-	-	21.8	-	6.6	-	8	-	-	-	-	-	-
60	46.4	0	-	-	-	-	16.0	-	6.3	-	70	-	-	-	-	-	-
61	40.2	+	-	-	-	-	15.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
62	34.7	0	-	-	-	-	11.6	-	3.3	-	33	-	-	-	-	-	-
63	28.7	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
64	22.4	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
65	51.9	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
66	35.0	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
67	26.0	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
68	24.7	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
69	46.0	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
70	72.8	+	-	-	-	-	6.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
71	28.7	+	-	-	-	-	15.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
72	40.8	+	-	-	-	-	13.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
73	57.5	+	-	-	-	-	14.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
74	16.3	+	-	-	-	-	7.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
75	25.0	+	-	-	-	-	9.5	-	11.5	113	2.0	-	-	-	-	-	-
76	13.2	+	-	-	-	-	8.9	-	7.0	-	-	-	-	-	-	-	-
77	2.6	+	-	-	-	-	7.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
78	23.5	+	-	-	-	-	10.3	-	3.0	101	2.3	-	-	-	-	-	-
79	30.0	+	-	-	-	-	9.4	-	3.0	-	42	-	-	-	-	-	-
80	19.7	+	-	-	-	-	9.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
97	10.3	+	-	-	-	-	10.9	-	19.2	-	65	-	-	-	-	-	-
98	51.3	0	-	-	-	-	21.2	-	2.6	99	12	-	-	-	-	-	-
99	40.5	+	-	-	-	-	12.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
100	27.0	+	-	-	-	-	13.7	-	8.5	103	11	-	-	-	-	-	-
101	30.0	+	-	-	-	-	13.2	-	8.0	-	26	-	-	-	-	-	-
102	27.2	+	-	-	-	-	8.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
103	33.3	0	-	-	-	-	17.8	-	5.9	106	2	-	-	-	-	-	-
104	33.9	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
105	13.4	+	-	-	-	-	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
106	51.1	+	-	-	-	-	5.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
245	43.0	+	-	-	-	-	-	-	6.1	127	72	0.016	0.037	-	-	-	-
277	16.0	0	2.514	41.17	58.83	0	16.0	16.5062	7.6	124	22	0.086	0.02	0.164	0.379	0.716	1.259
279	12.6	0	2.840	37.42	62.58	0	12.7	13.2213	7.6	116	16	0.023	0.23	0.162	0.488	0.761	1.411
280	33.2	+	2.605	40.60	59.40	0	14.0	13.6314	5.2	129	69	0.019	0.061	0.252	0.464	0.819	1.535
281	47.7	+	2.789	38.01	61.99	0	9.5	9.2735	2.4	103	70	0.016	0.029	0.176	0.632	0.549	1.357
282	37.3	+	3.018	35.61	64.39	0	10.9	11.2419	1.3	112	22	-	-	0.100	0.507	0.484	1.090
283	19.6	+	2.961	36.83	63.17	0	11.7	12.3407	5.5	111	73	0.018	0.027	0.231	0.566	0.830	1.616
284	26.0	+	-	-	-	-	-	-	8.7	125	81	0.022	0.032	-	-	-	-
286	59.0	+	2.661	40.20	59.80	0	11.8	12.0092	5.4	135	79	0.020	0.033	0.159	0.543	0.673	1.376
287	82.0	+	2.471	41.96	58.04	0	12.2	14.7809	-	-	-	-	-	2.262	0.366	0.777	1.405
288	24.0	+	2.037	48.50	51.50	0	8.1	8.6432	6.1	123	62	0.024	0.022	0.226	1.167	0.739	2.133
335	14.0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.020	0.038	-	-	-	-
406	30.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
407	28.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
408	34.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
433	38.6	+	-	-	-	-	2.9	-	4.7	109	61	0.024	0.053	-	-	-	-
434	43.3	0	-	-	-	-	19.8	-	5.8	109	28	0.028	0.045	-	-	-	-
438	35.6	+	-	-	-	-	15.7	-	5.1	100	78	0.030	0.037	-	-	-	-

2002 2002-03 2003 2004

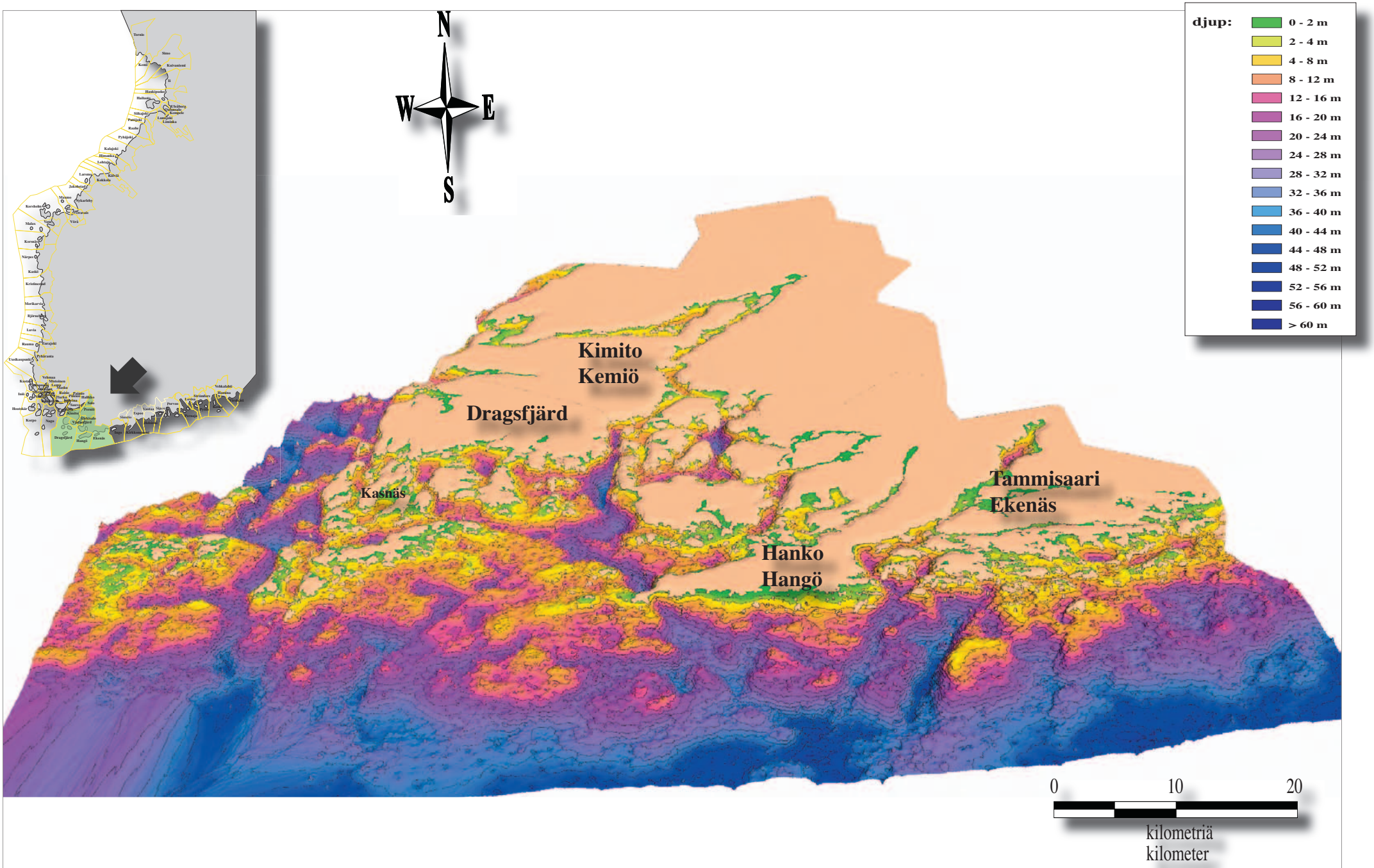
relativt sällsynt. Däremot är **väderleksberoende, under lugna perioder uppträdande, tidvis syrebrist**, förhållandevis allmänt och i fall då de lugna perioderna blir långvariga är intern belastning sannolikt en betydande belastningskälla för fosfor.

Vid tilltagande eutrofiering finns det risk att allt större områden börjar läcka näringsämnen ur bottensedimenten. Provtagningarna visar att förutsättning för areellt omfattande intern belastning finns, på grund av att det är allmänt att bottnarna är täckta av tjocka organiska och närsalthaltiga gyttjelager.

station no.	djup m	latitud N	longitud E	Fe_{cb} mmol/g	$Fe_{alk}:P_{spa}$	N	C	H	S
54	17.1	59°55.388	23°44.277	-	-	-	-	-	-
55	27.2	59°53.615	23°36.764	154.708	15.212	-	-	-	-
56	34.5	59°49.846	23°32.762	-	-	-	-	-	-
57	16.2	59°52.388	23°31.973	-	-	-	-	-	-
58	13.2	59°53.131	23°29.423	-	-	-	-	-	-
59	24.3	59°51.651	23°29.910	-	-	-	-	-	-
60	46.4	59°49.805	23°24.975	-	-	-	-	-	-
61	40.2	59°48.964	23°18.029	-	-	-	-	-	-
62	34.7	60°01.545	23°28.688	-	-	-	-	-	-
63	28.7	59°48.357	23°07.697	-	-	-	-	-	-
64	22.4	59°48.315	23°00.334	-	-	-	-	-	-
65	51.9	59°44.308	22°58.592	-	-	-	-	-	-
66	35.0	59°46.950	22°56.065	-	-	-	-	-	-
67	26.0	59°50.256	22°50.198	-	-	-	-	-	-
68	24.7	59°51.086	22°47.983	-	-	-	-	-	-
69	46.0	59°52.221	22°46.122	-	-	-	-	-	-
70	72.8	59°50.181	22°54.580	-	-	-	-	-	-
71	28.7	59°52.370	23°01.000	-	-	-	-	-	-
72	40.8	59°55.255	22°49.888	-	-	-	-	-	-
73	57.5	59°59.074	22°46.809	-	-	-	-	-	-
74	16.3	60°03.157	22°49.151	-	-	-	-	-	-
75	25.0	60°16.450	22°57.492	-	-	-	-	-	-
76	13.2	60°18.996	22°58.461	-	-	-	-	-	-
77	2.6	60°21.538	23°03.811	-	-	-	-	-	-
78	23.5	60°16.491	22°51.996	-	-	-	-	-	-
79	30.0	60°13.919	22°37.372	-	-	-	-	-	-
80	19.7	60°21.341	22°33.694	-	-	-	-	-	-
97	10.3	60°08.549	22°17.700	-	-	-	-	-	-
98	51.3	60°03.237	22°21.005	-	-	-	-	-	-
99	40.5	60°00.488	22°17.092	-	-	-	-	-	-
100	27.0	59°59.407	22°28.360	-	-	-	-	-	-
101	30.0	60°00.705	22°34.203	-	-	-	-	-	-
102	27.2	59°56.084	22°34.017	-	-	-	-	-	-
103	33.3	59°54.810	22°25.931	-	-	-	-	-	-
104	33.9	59°50.962	22°21.413	-	-	-	-	-	-
105	13.4	59°51.937	22°14.240	-	-	-	-	-	-
106	51.1	59°50.715	22°09.205	-	-	-	-	-	-
245	43.0	59°49.956	22°40.509	-	-	-	-	-	-
277	16.0	59°54.655	23°34.566	373.879	19.796	-	-	-	-
279	12.6	59°54.885	23°24.028	230.988	12.685	-	-	-	-
280	33.2	59°53.114	23°16.739	121.940	2.407	0.7340	4.6372	0.9608	0.3619
281	47.7	60°03.245	22°58.718	239.583	3.970	-	-	-	-
282	37.3	59°59.694	23°00.458	229.377	15.580	-	-	-	-
283	19.6	60°00.330	23°07.893	255.161	4.663	0.5012	3.9529	0.8986	0.1773
284	26.0	59°50.860	22°38.102	-	-	-	-	-	-
286	59.0	59°56.604	22°06.626	107.974	5.114	-	-	-	-
287	82.0	60°02.256	22°12.767	104.750	6.635	-	-	-	-
288	24.0	60°15.026	22°26.741	111.197	3.437	0.4383	2.1570	0.7009	0.1481
335	14.0	59°51.795	24°20.701	-	-	-	-	-	-
406	30.4	60°00.639	22°19.659	-	-	-	-	-	-
407	28.9	59°51.639	22°46.862	-	-	-	-	-	-
408	34.5	59°46.667	23°01.993	-	-	-	-	-	-
433	38.6	59°49.836	23°46.021	-	-	-	-	-	-
434	43.3	59°48.811	23°32.594	-	-	-	-	-	-
438	35.6	59°53.462	22°06.507	-	-	-	-	-	-

2002 2002-03 2003 2004

Tabell 10. Ekenäs, Hangö och Kimito. *Provstationernas läge och parametrar som beskriver bottensedimenttet: Sedimentets järnhalt (hydroksidjärn som lätt löser sig med P-FeOH fosforfraktionen och som sannolikt är en av de viktigaste formerna av järn med tanke på biologiska processer och bindning av fosfor, jämför Lindgren in prep.) och förhållandet mellan järn- och fosforhalt. Ytterligare är de gaskromatografiskt uppmätta halterna av några grundämnen presenterade i tabellen som massprocent.*

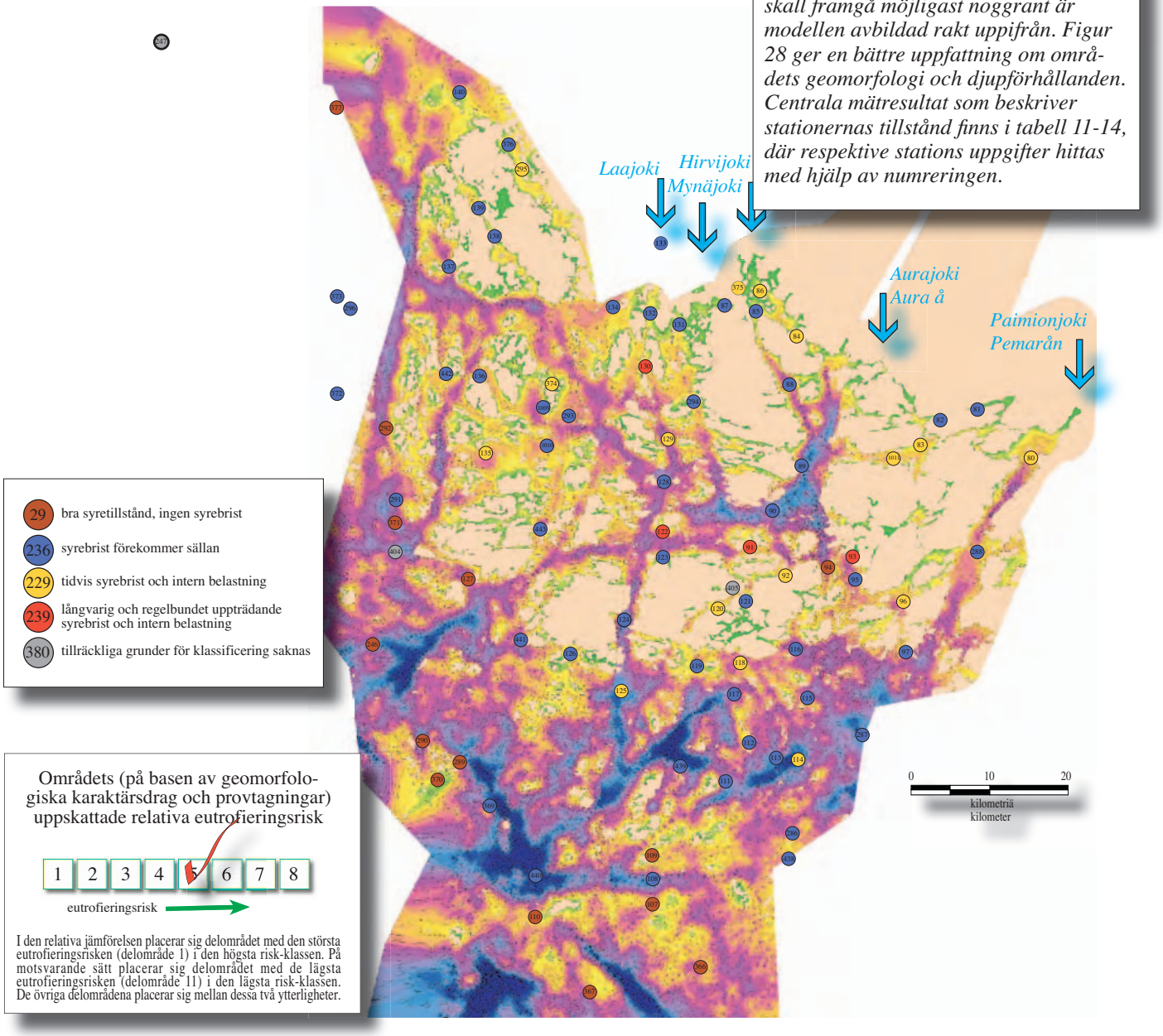


Figur 25. *Kustmodell. Jämför figur 5 på sida 9.*

Område 6. Korpo, Nagu, Houtskär, S:t Karins, Pargas, Sagu, Åbo, Nådendal, Rimito, Velkua, Masku, Merimasku, Villnäs, Gustavs, Pikis, Reso, Salo

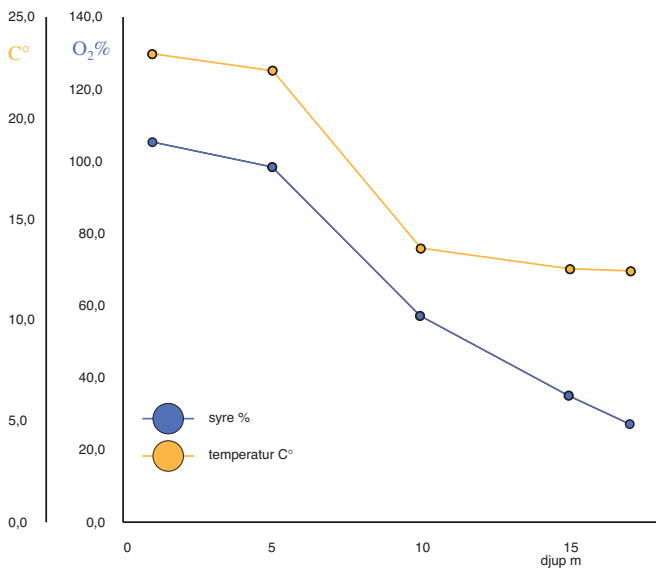
Också Skärgårdshavet är eutrofierat men där har eutrofieringen inte framskridit lika långt som i östra Finska viken (Kauppila och Lepistö 2001, Pitkänen 2004). Det finns tecken på att eutrofieringen håller på att öka och att närsalthalterna, i synnerhet fosforhalterna, håller på att öka (Pitkänen m.fl.. 2001). I bottnarnas tillstånd finns ingen iakttagbar utvecklingstrend (Kangas m.fl.. 2001). Ställvis finns tecken på att bottenfaunan blivit rikligare som en följd av eutrofiering (Bonsdorff m.fl. 1997, 1997a) och ställvis finns tecken på syrebrist vid bottnarna (Räisänen 1997). Under senare tid har det visat sig att det i Skärgårdshavet, i betydligt större utsträckning än uppskattat, förekommer bottnar med låg syrehalt och helt syrefria bottnar, såväl i inner- mellan- som ytterskärgården. (Virtasalo m.fl. in press.).

Områdets tillstånd har vad vattenkvaliteten beträffar,



Figur 26. *Provtagningsstationerna i kustmodellen som åskådliggör kustens geomorfologi. För att stationernas läge skall framgå möjligast noggrant är modellen avbildad rakt uppifrån. Figur 28 ger en bättre uppfattning om områdets geomorfologi och djupförhållanden. Centrala mätresultat som beskriver stationernas tillstånd finns i tabell 11-14, där respektive stations uppgifter hittas med hjälp av numreringen.*

åtminstone ända till och med den senaste tiden hållit sig bättre än man kunde anta med beaktande av områdets rikliga och splittrade skärgård. Trots de geomorfologiska förmationer som hindrar vattenutbytet, möjliggör områdets geografiska läga att vatten från det öppna havsområdet begränsat kan tränga in i Skärgårdshavet från flere olika väderstreck. Det näringsfattiga vattnet från de öppna havsområdena späder ut skärgårdszonens höga närsalthalter och minskar på så sätt den lokala belastningens eutrofierande effekter.



Figur 27. *Syreläget 26.7 2003 vid provtagningsstation 376. Vattnets totaldjup vid stationen är 18 m.*

På basen av kustmodellen avviker området till sin geomorfologi, tydligt från den

station no.	djup m	bottenfauna	kornstorlek	lera	silt	sand	glödgningsförlust	organiskt material	temperatur C°	syre-% ytan	syre-% bottnet	fosfor ytan	fosfor bottnet	P-aut.	P-detr.	P-org.	P.tot.
81	6.7	+	-	-	-	-	9.5	-	20.1	87	7.5	-	-	-	-	-	-
82	8.0	+	-	-	-	-	8.8	-	19.5	76	16	-	-	-	-	-	-
83	33.8	0	-	-	-	-	9.8	-	2.8	78	15	-	-	-	-	-	-
84	26.3	+	-	-	-	-	9.7	-	7.3	98.5	5.5	-	-	-	-	-	-
85	22.5	+	-	-	-	-	8.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
86	20.0	+	-	-	-	-	9.1	-	12.5	108	1.3	-	-	-	-	-	-
87	13.8	+	-	-	-	-	8.7	-	21.0	-	47	-	-	-	-	-	-
88	44.0	+	-	-	-	-	12.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
89	71.6	+	-	-	-	-	10.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
90	54.5	+	-	-	-	-	11.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
91	18.7	0	2.178	46.13	53.87	0	10.2	11.6234	6.8	126	8	0.013	0.11	0,075	0,429	0,574	1,078
92	22.0	0	-	-	-	-	11.9	-	4.7	-	0.9	-	-	-	-	-	-
93	11.5	0	2.106	47.22	52.78	0	11.4	10.5051	8.0	112	1	0.019	0.68	0,073	0.570	0,603	1,245
94	22.8	+	-	-	-	-	2.5	-	14.2	-	60	-	-	-	-	-	-
95	21.2	+	-	-	-	-	10.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
96	26.9	+	-	-	-	-	10.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
107	72.0	+	-	-	-	-	4.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
108	29.7	+	-	-	-	-	16.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
109	15.6	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
110	52.8	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
111	45.1	+	-	-	-	-	11.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
112	42.1	+	-	-	-	-	10.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
113	54.1	+	-	-	-	-	15.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
114	72.8	+	-	-	-	-	16.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
115	31.0	+	-	-	-	-	13.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
116	38.0	+	-	-	-	-	12.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
117	38.9	+	-	-	-	-	12.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
118	39.2	+	-	-	-	-	13.8	-	8.7	-	12	-	-	-	-	-	-
119	37.1	+	-	-	-	-	6.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
120	26.8	+	-	-	-	-	12.6	-	9.2	100	1.5	-	-	-	-	-	-

2002 2002-03 2003 2004

Tabell 11. Korpo, Nagu, Houtskär, S:t Karins, Pargas, Åbo, Nådendal, Villnäs, Gustavs, Pikis, Reso och Salo. *Centrala parametrar som beskriver vattnets och bottnets kvalitet: Förekomst (+) eller avsaknad (0) av bottenfauna, bottensedimentets kornstorlek (medianen d50), lera- (kornstorlek < 1.95 µm), mjäla (kornstorlek 1.95-62.5 m) och sandhalten (kornstorlek 62.5-2000 µm), glödgningsförlust (g), halten organiskt material (%), vattentemperatur i det bottennära vattnet (+1 m), det ytnära (1 m djup.) och det bottennära (+1 m) vattnets syremättnadsgrad och totalfosforhalt (mg/l) samt bottensedimentets fosforfraktioner.*

övriga kusten. I jämförelse med Finlands östligaste kustområden är de djupaste områdena inte kraterlika utan kanjoner som löper genom skärgården och främjar vattnets genomströmning. Dels beroende på djupområdenas likhet med kanjoner är tillståndet hos områdets bottnar betydligt bättre än vad fallet är t.ex. i östra Finska viken.

Tack vare bottennära strömmar är områdets djupaste kanjonlika fördjupningar i regel syresatta ända ner till bottnet, trots att bottensedimentets ytskikt ofta innehåller rikligt med organisk gyttja som när den nedbryts förbrukar syre. Till följd av det erbjuder områdets geomorfologi knappt med förutsättningar för **regelbundet återkommande**

station no.	djup m	bottenfauna	kornstorlek	lera	silt	sand	glödgningsförlust	organiskt material	temperatur C°	syre-% ytan	syre-% bottnet	fosfor ytan	fosfor bottnet	P-aut.	P-detr.	P-org.	P.tot.
121	15.0	+	-	-	-	-	12.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
122	18.0	0	-	-	-	-	11.5	-	13.8	106	3.4	-	-	-	-	-	-
123	43.4	+	-	-	-	-	12.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
124	63.4	+	-	-	-	-	7.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
125	55.0	0	-	-	-	-	14.3	-	6.9	107	60	-	-	-	-	-	-
126	29.6	+	-	-	-	-	17.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
127	43.0	+	-	-	-	-	2.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
128	48.5	+	-	-	-	-	11.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
129	44.4	+	-	-	-	-	10.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
130	24.8	0	2.308	44.18	55.82	0	12.0	9.9295	6,2	114	54	0,022	0,028	0.071	0,466	0,539	1,076
131	11.6	+	-	-	-	-	9.1	-	18.1	107	25	-	-	-	-	-	-
132	11.6	+	-	-	-	-	8.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
133	16.2	+	2.346	43.24	56.76	0	9.4	8.2781	9.6	103	26	0.033	0.041	0.066	0,466	0,744	1,277
134	25.2	+	-	-	-	-	9.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
135	21.5	+	-	-	-	-	12.2	-	10.1	99	4	-	-	-	-	-	-
136	36.8	+	-	-	-	-	9.7	-	11.0	118	35	-	-	-	-	-	-
137	54.3	+	-	-	-	-	1.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
138	28.0	+	-	-	-	-	10.4	-	19.0	107	53	-	-	-	-	-	-
139	31.5	+	-	-	-	-	10.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
140	28.0	+	-	-	-	-	11.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
246	66.0	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
289	47.0	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
290	63.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
291	47.5	-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-
292	51.0	-	-	-	-	-	-	-	5.3	124	95	0.015	0.025	-	-	-	-
293	27.5	0	2.230	45.04	54.96	0	11.4	11.1200	7.0	114	71	0.042	0.014	0,392	0,916	0,795	2,103
294	28.0	+	2.128	46.91	53.09	0	10.4	11.1486	5.5	117	69	0.016	0.03	0,320	0,834	0,889	2,042
295	20.0	+	2.287	43.93	56.07	0	10.2	9.7597	11.2	100	48	0.016	0.022	0,054	0,505	0,596	1,155
296	27	+	-	-	-	-	-	-	7.7	119	90	-	-	-	-	-	-
366	41.0	+	-	-	-	-	-	-	6.2	124	78	a	0.032	-	-	-	-
367	101	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
368	83.5	+	2.612	40.79	59.21	0	7.5	7.6393	6.2	124	78	-	-	0,196	0,458	0,270	
369	85.0	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
370	63.0	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
371	60.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
372	21.0	+	2.663	39.15	60.85	0	12.6	12.0015	12.6	124	78	0.015	0.039	0,069	0,593	0,766	
373	18.0	+	2.433	41.83	58.17	0	10.8	10.4827	7.7	118	93	0.010	0.021	0.067	0,632	0,801	
374	19.0	+	2.318	43.88	56.12	0	10.6	9.9782	7.5	112	68	0.015	0.022	0,088	0,594	0,792	
375	6.9	+	2.602	41.32	58.68	0	8.2	7.0495	14.0	103	7	0.021	0.031	0,063	0,486	0,335	
376	18.0	-	-	-	-	-	-	-	12.4	105	27	-	-	-	-	-	
377	36.0	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
405	17.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
439	72.0	-	-	-	-	-	-	-	5.0	112	90	0.022	0.047	-	-	-	
440	77.0	+	-	-	-	-	17.2	-	5.0	103	85	0.023	0.060	-	-	-	
441	50.6	+	-	-	-	-	8.9	-	8.0	108	80	0.023	0.036	-	-	-	
442	46.2	-	-	-	-	-	-	-	9.4	105	74	0.019	0.028	-	-	-	
443	36.8	+	-	-	-	-	12.3	-	10.5	104	43	0.019	0.042	-	-	-	
1009	32.2	+	-	-	-	-	10.9	-	11.3	101	59	0.019	0.036	-	-	-	
1010	20.1	+	-	-	-	-	10.8	-	12.3	105	54	0.019	0.037	-	-	-	
1011	22.4	+	-	-	-	-	9.0	-	9.8	130	26	0.026	0.014	-	-	-	

2002 2002-03 2003 2004

Tabell 12. Korpo, Nagu, Houtskär, S:t Karins, Pargas, Åbo, Nådendal, Villnäs, Gustavs, Pikis, Reso och Salo. *Centrala parametrar som beskriver vattnets och bottnets kvalitet: Förekomst (+) eller avsaknad (0) av bottenfauna, bottensedimentets kornstorlek (medianen d50), lera- (kornstorlek < 1.95 µm), mjäla (kornstorlek 1.95-62.5 m) och sandhalten (kornstorlek 62.5-2000 µm), glödgningsförlust (g), halten organiskt material (%), vattentemperatur i det bottennära vattnet (+1 m), det ytnära (1 m djup.) och det bottennära (+1 m) vattnets syremättnadsgrad och totalfosforhalt (mg/l) samt bottensedimentets fosforfraktioner.*

och långvarig syrebrist och intern belastning.

På basen av provtagningarna förekommer syreproblem allmännare i relativt grunda och skyddade områden. På grunda områden omblandar vindarna vattenmassan ända till bottnet och **väderleksberoende, tidvis uppträdande syrebrist och därav följande intern belastning,** förekommer endast i samband med långvariga lugna och varma perioder. Under de syrefria perioderna är fosforhalterna i det bottennära vattnet ställvis ofta tydligt förhöjda i jämförelse med halterna i det ytnära vattnet.

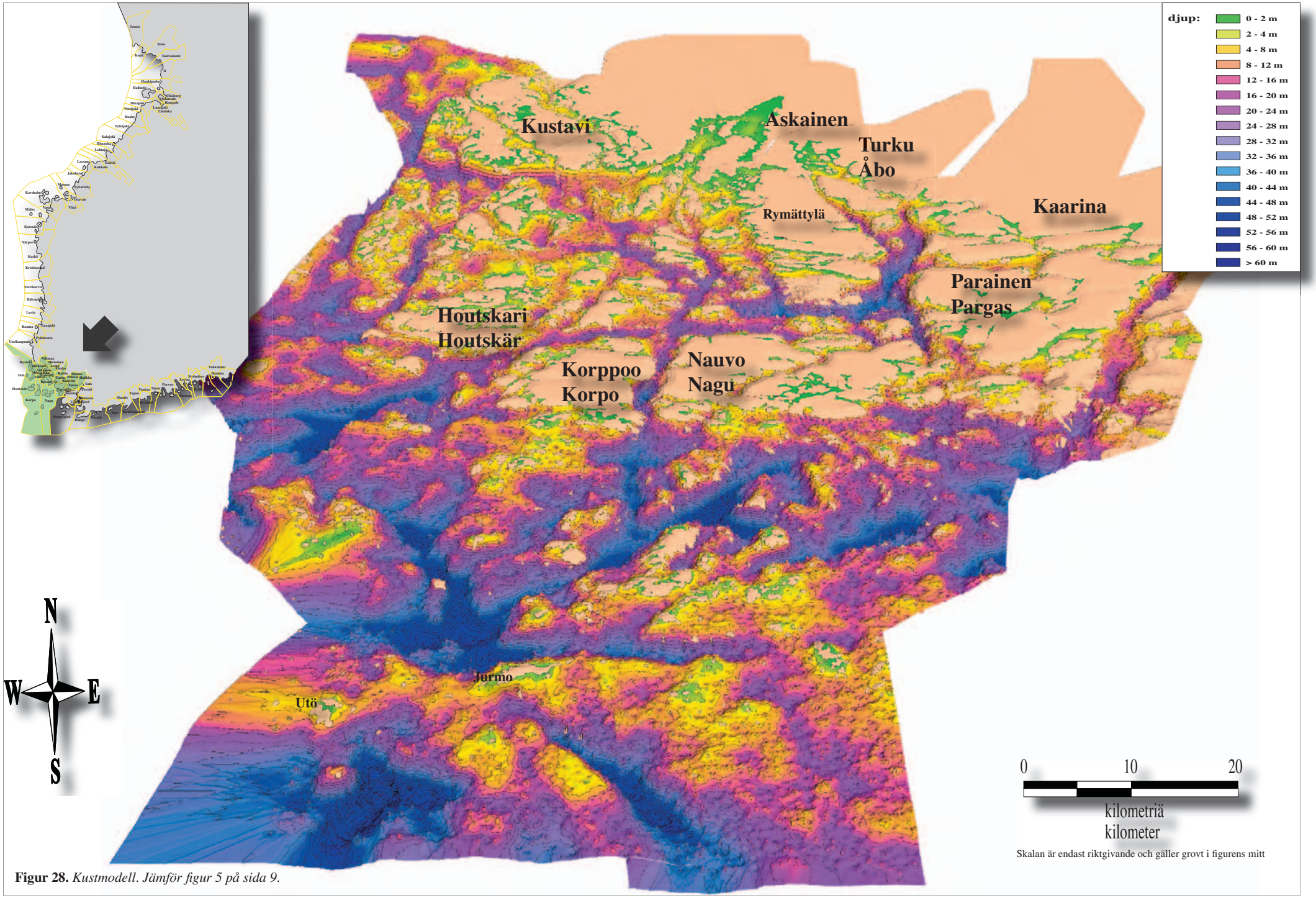
station no.	djup m	latitud N	longitud E	Fe_{cdb} mmol/g	Fe_{cdb}:P_{spa}	N	C	H	S
81	6.7	60°24.099	22°25.047	-	-	-	-	-	-
82	8.0	60°23.391	22°20.647	-	-	-	-	-	-
83	33.8	60°22.544	22°18.331	-	-	-	-	-	-
84	26.3	60°28.348	21°59.758	-	-	-	-	-	-
85	22.5	60°29.160	21°55.273	-	-	-	-	-	-
86	20.0	60°30.968	21°55.529	-	-	-	-	-	-
87	13.8	60°29.382	21°51.577	-	-	-	-	-	-
88	44.0	60°25.030	21°59.978	-	-	-	-	-	-
89	71.6	60°19.118	22°02.728	-	-	-	-	-	-
90	54.5	60°15.902	21°59.574	-	-	-	-	-	-
91	18.7	60°14.006	21°56.293	142.890	16.576	-	-	-	-
92	22.0	60°12.285	22°01.445	-	-	-	-	-	-
93	11.5	60°14.881	22°10.705	235.823	21.547	-	-	-	-
94	22.8	60°13.670	22°07.804	-	-	-	-	-	-
95	21.2	60°12.793	22°11.009	-	-	-	-	-	-
96	26.9	60°10.606	22°16.304	-	-	-	-	-	-
107	72.0	59°51.631	21°48.175	-	-	-	-	-	-
108	29.7	59°52.413	21°47.130	-	-	-	-	-	-
109	15.6	59°53.366	21°47.342	-	-	-	-	-	-
110	52.8	59°49.273	21°31.880	-	-	-	-	-	-
111	45.1	59°58.716	21°56.025	-	-	-	-	-	-
112	42.1	60°01.217	21°58.340	-	-	-	-	-	-
113	54.1	60°00.186	22°01.894	-	-	-	-	-	-
114	72.8	60°00.061	23°03.655	-	-	-	-	-	-
115	31.0	60°04.923	22°05.519	-	-	-	-	-	-
116	38.0	60°07.429	22°03.552	-	-	-	-	-	-
117	38.9	60°04.381	21°55.277	-	-	-	-	-	-
118	39.2	60°06.462	21°57.075	-	-	-	-	-	-
119	37.1	60°06.027	21°50.644	-	-	-	-	-	-
120	26.8	60°10.159	21°53.029	-	-	-	-	-	-

2002 2002-03 2003 2004

station no.	djup m	latitud N	longitud E	Fe_{cdb} mmol/g	Fe_{cdb}:P_{spa}	N	C	H	S
121	15.0	60°10.960	21°59.292	-	-	-	-	-	-
122	18.0	60°14.607	21°45.163	-	-	-	-	-	-
123	43.4	60°13.380	21°45.456	-	-	-	-	-	-
124	63.4	60°08.387	21°41.308	-	-	-	-	-	-
125	55.0	60°03.847	21°41.372	-	-	-	-	-	-
126	29.6	60°06.244	21°35.523	-	-	-	-	-	-
127	43.0	60°10.385	21°19.586	-	-	-	-	-	-
128	48.5	60°17.903	21°45.388	-	-	-	-	-	-
129	44.4	60°20.407	21°44.545	-	-	-	-	-	-
130	24.8	60°25.452	21°41.079	174.584	4.241	-	-	-	-
131	11.6	60°27.838	21°44.837	-	-	-	-	-	-
132	11.6	60°28.761	21°40.755	-	-	-	-	-	-
133	16.2	60°33.666	21°41.214	172.435	7.878	0.5337	2.6950	0.9207	0.2388
134	25.2	60°29.083	21°35.831	-	-	-	-	-	-
135	21.5	60°18.750	21°21.133	-	-	-	-	-	-
136	36.8	60°23.529	21°19.890	-	-	-	-	-	-
137	54.3	60°31.042	21°13.739	-	-	-	-	-	-
138	28.0	60°32.795	21°19.636	-	-	-	-	-	-
139	31.5	60°34.338	21°17.169	-	-	-	-	-	-
140	28.0	60°42.638	21°13.708	-	-	-	-	-	-
246	66.0	60°05.029	21°05.594	-	-	-	-	-	-
289	47.0	59°59.655	21°19.770	-	-	-	-	-	-
290	63.0	59°59.793	21°16.295	-	-	-	-	-	-
291	47.5	60°15.204	21°08.257	-	-	-	-	-	-
292	51.0	60°19.846	21°07.038	-	-	-	-	-	-
293	27.5	60°22.416	21°32.722	131.072	4.282	0.6265	3.4830	0.9404	0.1734
294	28.0	60°24.023	21°47.122	113.345	2.696	0.6772	4.4419	0.8699	0.1367
295	20.0	60°37.125	21°22.163	181.030	6.651	0.5500	2.9596	0.8146	0.4039
296	27	60°28.006	21°01.955	-	-	-	-	-	-
366	41.0	59°46.196	21°53.323	-	-	-	-	-	-
367	101	59°44.650	21°45.092	-	-	-	-	-	-
368	83.5	59°42.353	21°20.366	34.111	1.968	-	-	-	-
369	85.0	59°57.727	21°24.267	-	-	-	-	-	-
370	63.0	59°59.408	21°19.485	-	-	-	-	-	-
371	60.0	60°14.064	21°08.592	-	-	-	-	-	-
372	21.0	60°21.594	21°00.760	74.668	5.280	0.7489	4.1233	0.9296	0.1752
373	18.0	60°28.189	21°01.521	90.784	6.333	-	-	-	-
374	19.0	60°23.702	21°28.287	189.625	5.862	0.3716	2.9070	0.8346	0.3229
375	6.9	60°30.523	21°54.768	129.998	11.984	-	-	-	-
376	18.0	60°38.872	21°19.949	-	-	-	-	-	-
377	36.0	60°40.956	20°56.507	-	-	-	-	-	-
405	17.5	60°12.285	22°01.445	-	-	-	-	-	-
439	72.0	59°59.298	21°52.526	-	-	-	-	-	-
440	77.0	59°52.400	21°31.639	-	-	-	-	-	-
441	50.6	60°06.000	21°28.000	-	-	-	-	-	-
442	46.2	60°23.078	21°17.070	-	-	-	-	-	-
443	36.8	60°14.109	21°29.236	-	-	-	-	-	-
1009	32.2	60°21.073	21°27.228	-	-	-	-	-	-
1010	20.1	60°19.387	21°27.409	-	-	-	-	-	-
1011	22.4	60°20.364	22°15.369	-	-	-	-	-	-

2002 2002-03 2003 2004

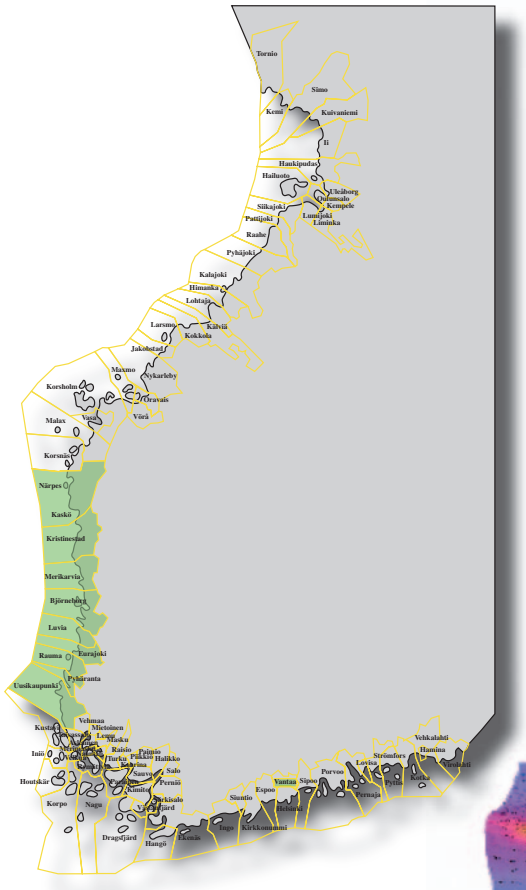
Tabell 13 och 14. Korpo, Nagu, Houtskär, S:t Karins, Pargas, Åbo, Nådendal, Villnäs, Gustavs, Pikis, Reso och Salo. *Provstationernas läge och parametrar som beskriver bottensedimenttet: Sedimentets järnhalt (hydroksidjärn som lätt löser sig med P-FeOH fosforfraktionen och som sannolikt är en av de viktigaste formerna av järn med tanke på biologiska processer och bindning av fosfor, jämför Lindgren in prep.) och förhållandet mellan järn- och fosforhalt. Ytterligare är de gaskromatografiskt uppmätta halterna av några grundämnen presenterade i tabellen som massprocent.*



Skalan är endast riktgivande och gäller grovt i figurens mitt

Figur 28. *Kustmodell. Jämför figur 5 på sida 9.*

Bottenhavet



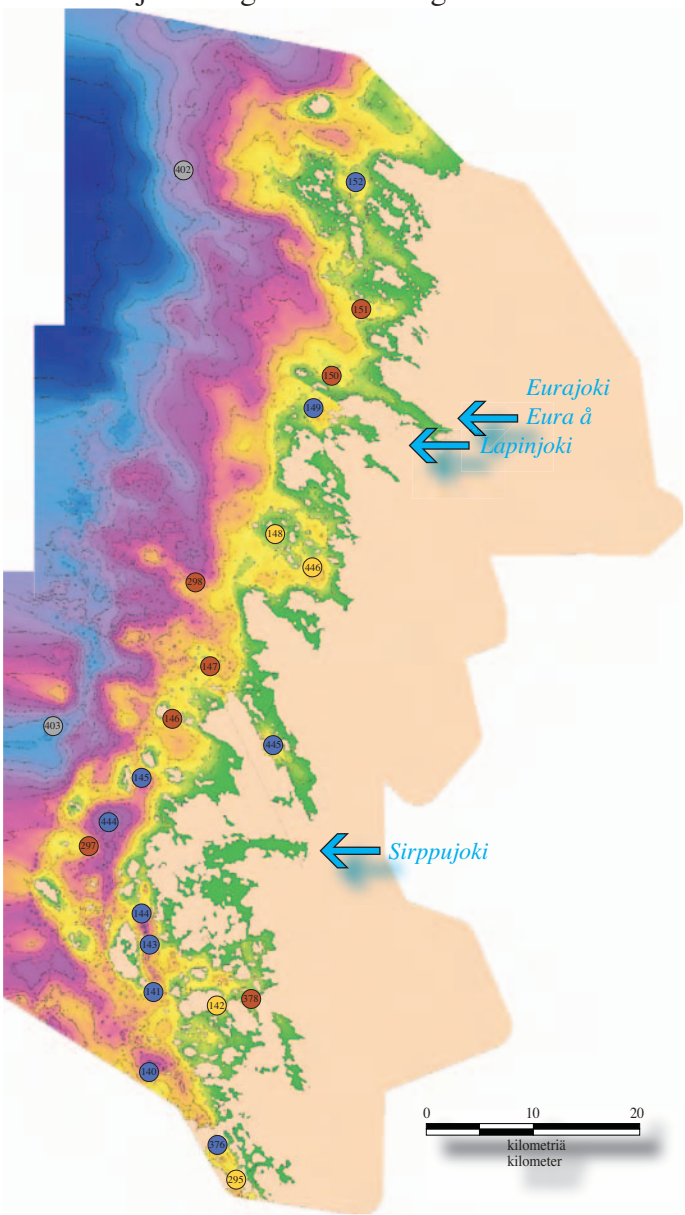
Område 7. Nystad, Pyhäranta, Raumo, Euraåminne, Luvia

De inre delarna av Nystad och Raumo området har, beträffande de mest belastade områdena, förbättrats något under 1990-talet. Döda bottnar har veterligen inte påvisats under 1990 och 2000-talen (Mattila 1993, Kangas m.fl. 2001, Ikonen m.fl.. 2003, Kirkkala och Turkki 2005, Kirkkala och Turkki 2005a, Oravainen 2005).

I områdets yttre delar har förändringarna i bottnarnas och bottendjursamhällenas tillstånd varit synnerligen små (Pitkänen 2004). I Bottniska viken är vattnets skiktning svag och det finns inga iakttagelser av syrebrist.

På basen av de geomorfologiska särdragen är områdets eutrofieringsrisk relativt liten. Kustzonen är mångenstädes smal och effekterna av det öppna havets vatten är stor. Åarnas näringsrika vatten blandas snabbt med stora vattenvolymer och åvattnet späds effektivt ut.

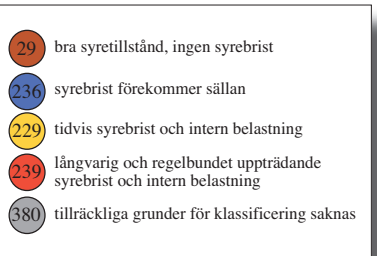
På basen av kustmodellerna blir havsbottnen i området stadigt djupare i riktning mot det öppna havet och merparten av området erbjuder inga förutsättningar för bot-



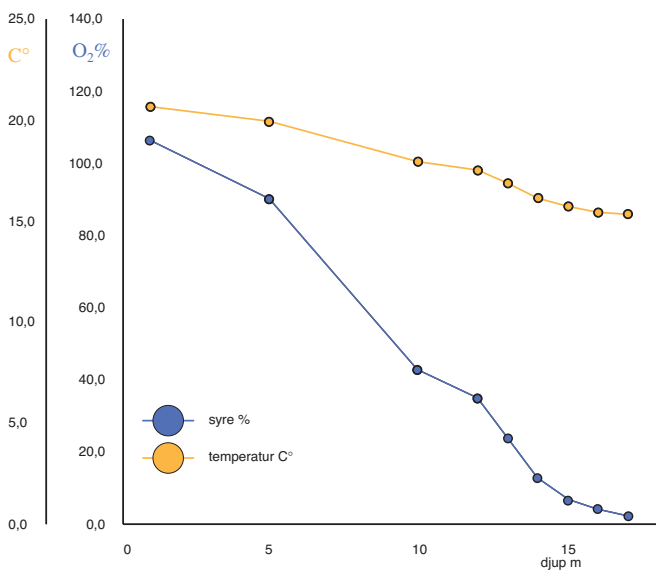
Figur 29. *Provtagningsstationerna i kustmodellen som åskådliggör kustens geomorfologi. För att stationernas läge skall framgå möjligast noggrant är modellen avbildad rakt uppifrån. Figur 31 ger en bättre uppfattning om områdets geomorfologi och djupförhållanden. Centrala mätresultat som beskriver stationernas tillstånd finns i tabell 15 och 16, där respektive stations uppgifter hittas med hjälp av numreringen.*

Områdets (på basen av geomorfologiska karaktärsdrag och provtagningar) uppskattade relativa eutrofieringsrisk

I den relativa jämförelsen placerar sig delområdet med den största eutrofieringsrisken (delområde 1) i den högsta risk-klassen. På motsvarande sätt placerar sig delområdet med de lägsta eutrofieringsrisken (delområde 11) i den lägsta risk-klassen. De övriga delområdena placerar sig mellan dessa två ytterligheter.



tennära syrebrist och därav följande intern belastning. Djupa bassänger är fåtaliga i området och i de få bassänger som finns i den yttre skärgården, är bottnarnas tillstånd tillfredsställande då tröskelområdena inte är tillräckliga för att isolera det bottennära vattnet i bassängerna från omgivande områden. I bassängerna håller det bottennära vattnets rörelser bottnarna syresatta och strömmarna är ofta tillräckligt kraftiga för att skölja bort det lättare organiska materialet från bottnarna.



Figur 30. *Syreläget 10.8 2002 vid provtagningsstation 142. Vattnets totaldjup vid stationen är 18 m.*

När djupa syrefria bassänger saknas förekommer inte **regelbunden och långvarig syrebrist och intern belastning.** Provtagningarna bekräftar att närsalthalterna i det bottennära vattnet inte är signifikant högre än halterna i det ytnära vattnet och på basen av vattenkvaliteten finns inga tecken på kraftig intern belastning.

Ställvis, i synnerhet i områdets grunda delar, samlas syreförbrukande organisk gyttja

station no.	djup m	bottenfauna	kornstorlek	lera	silt	sand	glödgningsförlust	organiskt material	temperatur C°	syre-% ytan	syre-% bottnet	fosfor ytan	fosfor bottnet	P-aut.	P-detr.	P-org.	P.tot.
141	31.0	+	-	-	-	-	10.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
142	17.9	+	-	-	-	-	11.8	-	15.3	106	2.5	-	-	-	-	-	-
143	43.6	+	-	-	-	-	9.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
144	70.0	-	-	-	-	-	-	-	8.7	110	40	-	-	-	-	-	-
145	23.5	+	-	-	-	-	2.0	-	8.7	111	68	-	-	-	-	-	-
146	22.5	+	-	-	-	-	2.5	-	8.7	110	80	-	-	-	-	-	-
147	17.1	+	-	-	-	-	-	-	11.1	109	5.7	-	-	-	-	-	-
148	12.5	+	-	-	-	-	13.9	-	15.4	99	59	-	-	-	-	-	-
149	14.0	+	-	-	-	-	13.2	-	14.2	108	46	-	-	-	-	-	-
150	11.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
151	13.1	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
152	13.7	+	-	-	-	-	8.2	-	15.9	104	52	-	-	-	-	-	-
247	54.0	0	-	-	-	-	-	-	6.0	111	81	0.007	0.025	-	-	-	-
297	25.0	+	85.52	3.48	26.15	83.27	-	2.1104	3.8	108	81	0.007	0.015	0,084	0,512	0,056	0,652
298	27.0	0	-	-	-	-	-	-	3.9	108	94	0.011	0.01	-	-	-	-
378	16.0	0	-	-	-	-	-	-	8.4	100	55	0.020	0.026	-	-	-	-
402	28.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
403	38.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,056	0,522	0,655	1,232
444	28.0	+	-	-	-	-	2.1	-	11.8	110	82	0.012	0.016	-	-	-	-
445	14.5	+	-	-	-	-	13.2	-	15.4	109	76	0.017	0.019	-	-	-	-
446	13.1	+	-	-	-	-	11.9	-	14.1	107	58	0.023	0.019	-	-	-	-

2002 | 2002-03 | 2003 | 2004

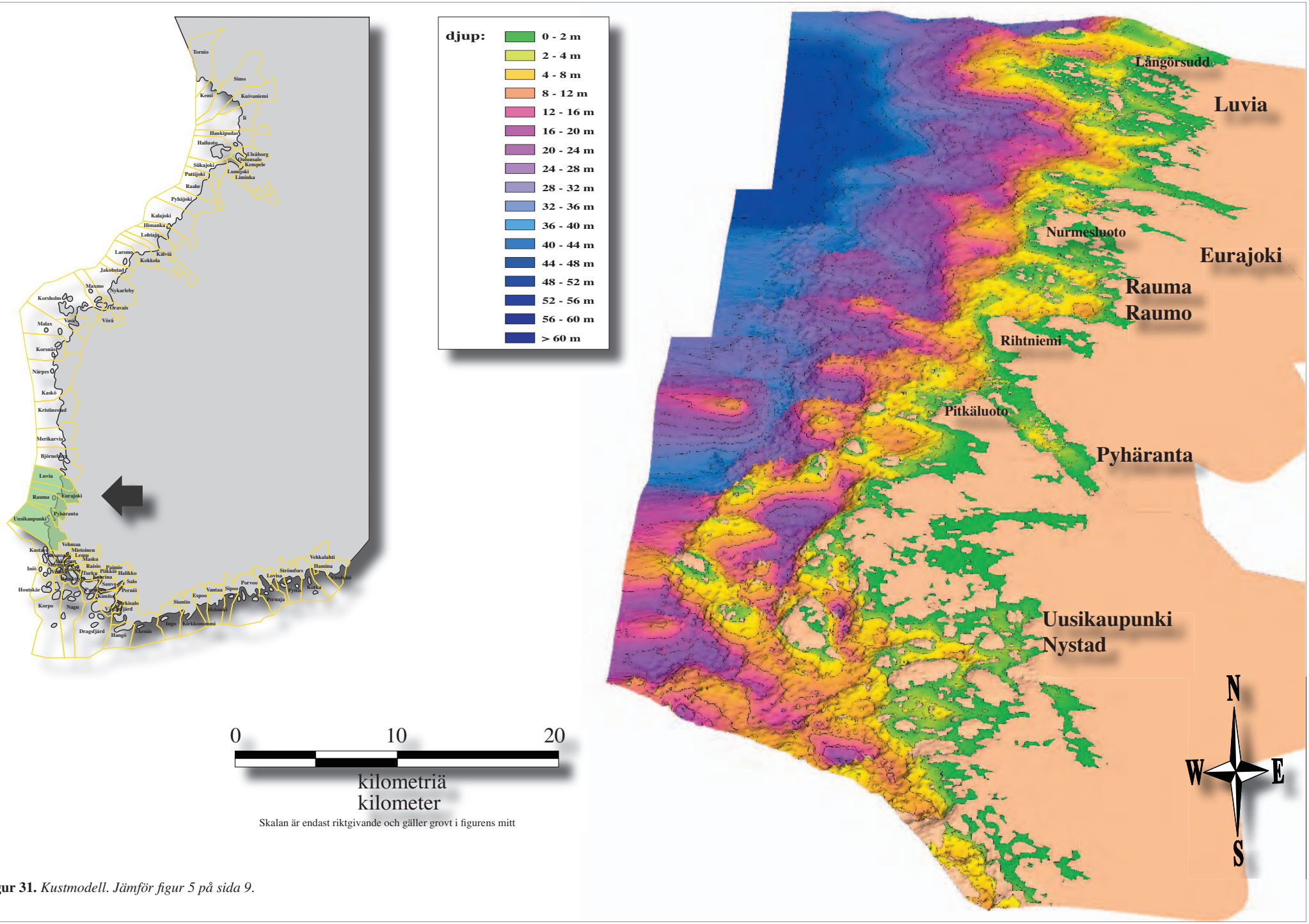
Tabell 15. Nystad, Pyhäranta, Raumo, Euraåminne och Luvia. *Centrala parametrar som beskriver vattnets och bottnets kvalitet: Förekomst (+) eller avsaknad (0) av bottenfauna, bottensedimentets kornstorlek (medianen d50), lera- (kornstorlek < 1.95 µm), mjäla (kornstorlek 1.95-62.5 m) och sandhalten (kornstorlek 62.5-2000 µm), glödgningsförlust (g), halten organiskt material (%), vattentemperatur i det bottennära vattnet (+1 m), det ytnära (1 m djup.) och det bottennära (+1 m) vattnets syremättnadsgrad och totalfosforhalt (mg/l) samt bottensedimentets fosforfraktioner.*

på bottnarna och tidvis förekommer syrefattiga förhållanden i det bottennära vattnet. Under långvariga lugna perioder förekommer sannolikt också fullständig syrebrist och därav följande intern belastning. Som en följd av att problemområdena är grunda är de **syrefria och internt belastande perioderna tillfälliga och väderleksberoende.** I slutet av en lång och lugn värmeperiod i Augusti 2002 närmade sig syrehalterna noll på 18 meters djup utanför Nystad. De tåligaste bottendjuren kunde ändå överleva, vilket tyder på att den försämrade syresituationen endast var tillfällig och till sin natur snabbt övergående.

station no.	djup m	latitud N	longitud E	näkösyvyys	Fe_{cdb} mmol/g	Fe_{cdb}:P_{spa}	N	C	H	S
141	31.0	60°46.350	21°13.534	-	-	-	-	-	-	
142	17.9	60°46.060	21°19.328	-	-	-	-	-	-	
143	43.6	60°48.641	21°11.867	-	-	-	-	-	-	
144	70.0	60°49.200	21°11.300	-	-	-	-	-	-	
145	23.5	60°56.161	21°09.551	-	-	-	-	-	-	
146	22.5	60°58.931	21°12.197	-	-	-	-	-	-	
147	17.1	61°01.974	21°16.023	-	-	-	-	-	-	
148	12.5	61°07.704	21°22.405	-	-	-	-	-	-	
149	14.0	61°13.735	21°23.380	-	-	-	-	-	-	
150	11.9	61°15.750	21°24.632	-	-	-	-	-	-	
151	13.1	61°18.980	21°27.665	-	-	-	-	-	-	
152	13.7	61°24.575	21°26.061	-	-	-	-	-	-	
247	54.0	60°42.522	20°40.086	-	-	-	-	-	-	
297	25.0	60°52.273	21°05.495	2.901	1.198	0.3098	0.1567	0.2286	0.2006	
298	27.0	61°04.609	21°11.153	-	-	-	-	-	-	
378	16.0	60°45.796	21°22.163	-	-	-	-	-	-	
402	28.9	61°24.573	21°09.535	-	-	-	-	-	-	
403	38.8	60°58.174	21°01.307	-	-	-	-	-	-	
444	28.0	60°54.616	21°06.339	-	-	-	-	-	-	
445	14.5	60°58.240	21°22.910	-	-	-	-	-	-	
446	13.1	61°06.488	21°24.589	-	-	-	-	-	-	

2002 2002-03 2003 2004

Tabell 16. Nystad, Pyhäranta, Raumo, Euraåminne och Luvia.. Uusikaupunki, Pyhäranta, Rauma, Eurajoki och Luvia. *Provstationernas läge och parametrar som beskriver bottensedimenttet: Sedimentets järnhalt (hydroksidjärn som lätt löser sig med P-FeOH fosforfraktionen och som sannolikt är en av de viktigaste formerna av järn med tanke på biologiska processer och bindning av fosfor, jämför Lindgren in prep.) och förhållandet mellan järn- och fosforhalt. Ytterligare är de gaskromatografiskt uppmätta halterna av några grundämnen presenterade i tabellen som massprocent.*

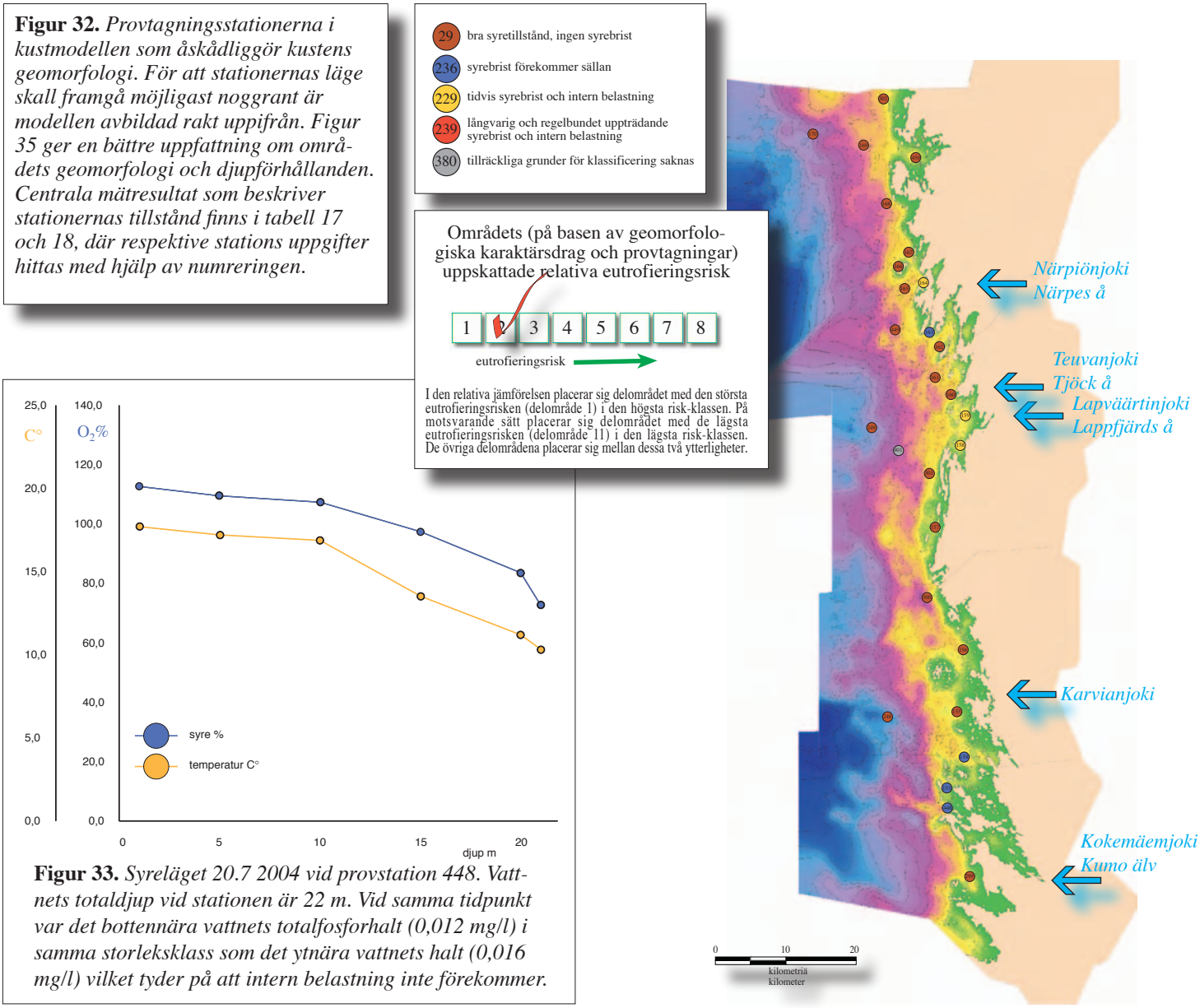


Figur 31. *Kustmodell. Jämför figur 5 på sida 9.*

Område 8. Björneborg, Sastmola, Kristinestad, Kaskö, Närpes

Allmänt taget har bottnarnas och vattenkvalitetens tillstånd förbättrats utanför städerna och industrianläggningarna under de senaste årtiondena (Kangas m.fl.. 2001, Oravainen 2005). I Bottenhavets ytterskärgård och i det öppna havsområdet finns tecken på successiv eutrofiering men området är fortfarande ett av de Östersjöområden kring Finland som befinner sig i bäst skick (Pitkänen m.fl.. 1987, Kauppila och Lepistö 2001). Det bottennära vattnets och bottnarnas tillstånd är gott och syrebrist förekommer inte.

På basen av kustmodellen är områdets eutrofieringsrisk liten. Havsbottnen är svagt sluttande och blir stadigt djupare i riktning mot det yttre havsområdet. Den smala kustzonen begränsar omfattningen av åvattnenas influensområden. De näringsrika åvattnena späds ut i kargt havsvatten redan i åmynningarnas närhet. Ställvis är skärgården mera splittrad men på grund av att skärgårdszonen är smal, är vattenutbytet för det mesta effektivt, oberoende av att de rikliga skären och grundområdena i någon mån påverkar



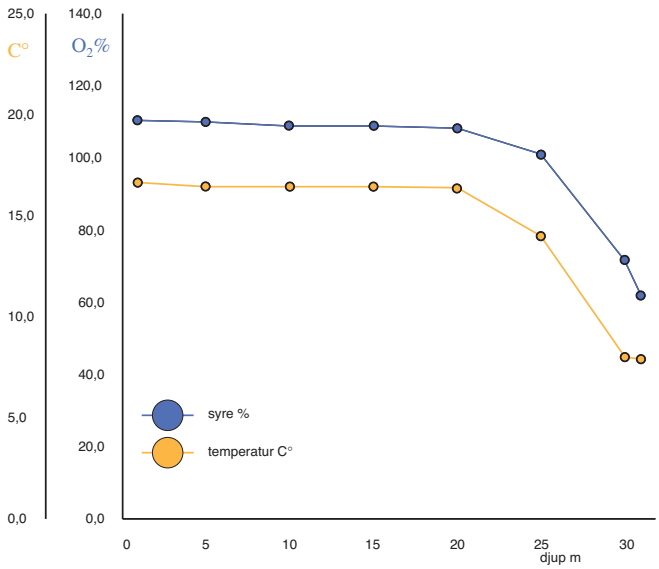
Figur 32. *Provtagningsstationerna i kustmodellen som åskådliggör kustens geomorfologi. För att stationernas läge skall framgå möjligast noggrant är modellen avbildad rakt uppifrån. Figur 35 ger en bättre uppfattning om områdets geomorfologi och djupförhållanden. Centrala mätresultat som beskriver stationernas tillstånd finns i tabell 17 och 18, där respektive stations uppgifter hittas med hjälp av numreringen.*

Figur 33. *Syreläget 20.7 2004 vid provstation 448. Vattnets totaldjup vid stationen är 22 m. Vid samma tidpunkt var det bottennära vattnets totalfosforhalt (0,012 mg/l) i samma storleksklass som det ytnära vattnets halt (0,016 mg/l) vilket tyder på att intern belastning inte förekommer.*

vattenströmmarna.

Provtagningarna bekräftar att bottnarnas och det bottennära vattnets tillstånd är bra och att ingen storskalig syrebrist, eller av syrebrist förorsakad intern belastning, förekommer.

På basen av kustmodellen förekommer inga djupa bassänger som isoleras av tröskelartade bottenformationer och det finns inte förekomstförutsättningar för **regelbunden, under stagnationsperioderna uppträdande, långvarig syrebrist och intern belastning.** På basen av kustmodellen är de yttre delarna av området till övervägande del, utsatta för kraftig erosion och provtagningarna bekräftar att bottensedimenten innehåller synnerligen lite, lättare organiskt material.



Figur 34. *Syreläget 21.7 2004 vid station 449. Vattnets totaldjup vid stationen är 32 m. Vid samma tidpunkt uppmättes för området, ovanligt hög totalfosforhalt (0,077 mg/l) i det bottennära vattnet. I relation till det ytnära vattnets halt (0,017 mg/l) är halten i det bottennära vattnet över fyrfaldig, vilket tyder på att intern belastning eventuellt förekommer.*

station no.	djup m	bottenfauna	kornstorlek	lera	silt	sand	glödgningsförlust	organiskt material	temperatur C°	syre- % ytan	syre- % bottnet	fosfor ytan	fosfor bottnet	P-aut.	P-detr.	P-org.	P-tot.
153	17.0	+	-	-	-	-	6.0	-	12.7	114	57	-	-	-	-	-	-
154	16.9	+	-	-	-	-	3.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
155	12.0	+	-	-	-	-	0.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
156	15.0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
157	9.8	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
158	11.2	+	-	-	-	-	12.1	-	17.8	103	61	-	-	-	-	-	-
159	12.4	+	-	-	-	-	10.9	-	18.0	102	48	-	-	-	-	-	-
160	19.0	0	-	-	-	-	1.7	-	15.0	98	52	-	-	-	-	-	-
161	30.2	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
162	23.6	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
163	14.0	+	-	-	-	-	9.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
164	13.3	0	-	-	-	-	33.6	-	12.8	100	1.5	-	-	-	-	-	-
165	25.7	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
166	15.6	+	-	-	-	-	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
167	14.4	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
168	24.0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
169	19.0	0	-	-	-	-	-	-	13.2	102	64	-	-	-	-	-	-
170	26.2	+	-	-	-	-	0.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
248	46.0	+	74.52	3.82	32.49	63.69	2.5	2.8408	2.0	113	90	0.019	0.022	0,050	0,454	0,139	0,643
249	42.5	+	92.56	7.67	35.36	56.97	1.7	1.6000	3.0	102	92	0.008	0.008	0,087	0,337	0,086	0,509
299	11.7	+	107.9	2.58	14.15	83.27	-	0.4746	4.7	106	90	0.026	0.017	0,069	0,504	0,049	0,622
300	25.0	0	-	-	-	-	-	-	2.9	110	91	0.016	0.012	-	-	-	-
301	25.0	0	-	-	-	-	-	-	3.5	111	91	0.008	0.013	-	-	-	-
302	14.0	+	-	-	-	-	-	-	5.7	98	92	0.007	0.011	-	-	-	-
401	33.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
448	22.0	0	-	-	-	-	4.3	-	10.3	113	68	0.016	0.012	-	-	-	-
449	32.4	+	-	-	-	-	0.7	-	7.8	110	62	0.077	0.017	-	-	-	-
450	11.3	+	-	-	-	-	-	-	17.9	107	100	0.020	0.023	-	-	-	-

2002 2002-03 2003 2004

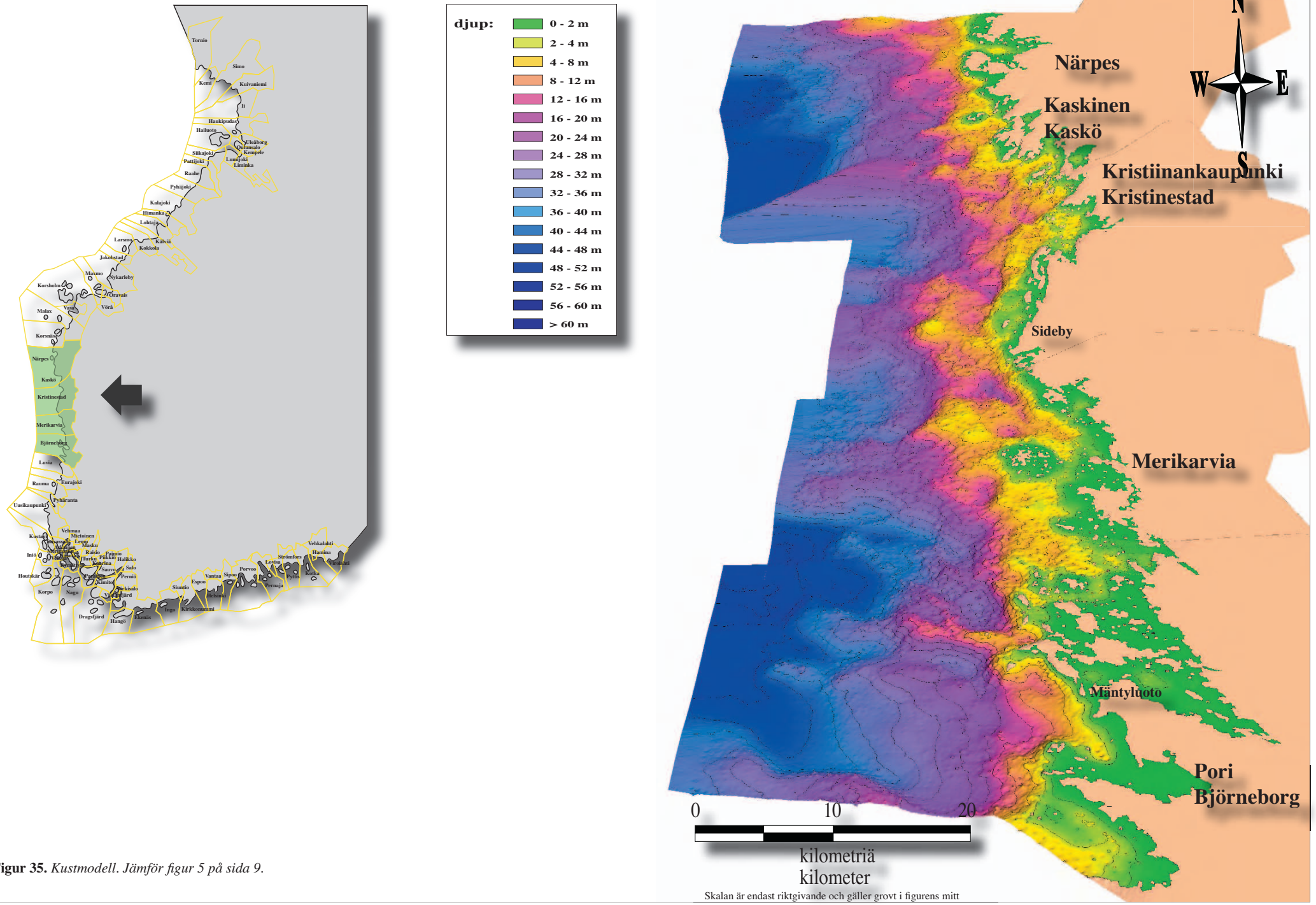
Tabell 17. Björneborg, Sastmola, Kristinestad, Kaskö och Närpes. *Centrala parametrar som beskriver vattnets och bottnets kvalitet: Förekomst (+) eller avsaknad (0) av bottenfauna, bottensedimentets kornstorlek (medianen d50), lera- (kornstorlek < 1.95 µm), mjäla (kornstorlek 1.95-62.5 m) och sandhalten (kornstorlek 62.5-2000 µm), glödgningsförlust (g), halten organiskt material (%), vattentemperatur i det bottennära vattnet (+1 m), det ytnära (1 m djup.) och det bottennära (+1 m) vattnets syremättnadsgrad och totalfosforhalt (mg/l) samt bottensedimentets fosforfraktioner.*

På basen av områdets geomorfologi och provtagningarna finns de sannolikaste förutsättningarna för uppkomst av **tidvis förekommande syrebrist och härpå beroende intern belastning**, i områdets skyddade och relativt grunda inre delar. På bottnarna i områdets inre delar har ställvis ansamlats näringsrik organisk gyttja som förbrukar syre då den bryts ned. Områdets vattenutbyte är ändå i regel tillräckligt för att hålla bottnarna syresatta och eventuella syrefria perioder begränsar sig till exceptionellt långa och lugna värmeperioder. I fall syrebrist uppträder är den areellt begränsad och tidsmässigt snabbt övergående.

station no.	djup m	latitud N	longitud E	Fe_{cdb} mmol/g	Fe_{cdb}:P_{spa}	N	C	H	S
153	17.0	61°40.941	21°22.983	-	-	-	-	-	-
154	16.9	61°43.637	21°25.748	-	-	-	-	-	-
155	12.0	61°46.958	21°23.994	-	-	-	-	-	-
156	15.0	61°53.006	21°22.407	-	-	-	-	-	-
157	9.8	62°03.291	21°17.177	-	-	-	-	-	-
158	11.2	62°10.824	21°20.727	-	-	-	-	-	-
159	12.4	62°13.063	21°21.181	-	-	-	-	-	-
160	19.0	62°14.865	21°17.441	-	-	-	-	-	-
161	30.2	62°16.131	21°13.498	-	-	-	-	-	-
162	23.6	62°18.982	21°14.245	-	-	-	-	-	-
163	14.0	62°20.412	21°12.511	-	-	-	-	-	-
164	13.3	62°24.493	21°10.715	-	-	-	-	-	-
165	25.7	62°23.955	21°06.079	-	-	-	-	-	-
166	15.6	62°25.861	21°04.500	-	-	-	-	-	-
167	14.4	62°27.193	21°07.241	-	-	-	-	-	-
168	24.0	62°30.983	21°00.906	-	-	-	-	-	-
169	19.0	62°36.081	20°58.880	-	-	-	-	-	-
170	26.2	62°36.724	20°52.644	-	-	-	-	-	-
248	46.0	61°46.364	21°12.474	123.552	11.289	-	-	-	-
249	42.5	62°12.170	21°04.202	34.057	6.762	-	-	-	-
299	11.7	61°32.500	21°29.504	17.405	7.188	-	-	-	-
300	25.0	61°57.237	21°15.656	-	-	-	-	-	-
301	25.0	62°07.800	21°13.819	-	-	-	-	-	-
302	14.0	62°40.669	20°59.354	-	-	-	-	-	-
401	33.7	62°11.723	21°06.873	-	-	-	-	-	-
448	22.0	60°54.616	21°06.339	-	-	-	-	-	-
449	32.4	60°58.240	21°22.910	-	-	-	-	-	-
450	11.3	61°06.488	21°24.589	-	-	-	-	-	-

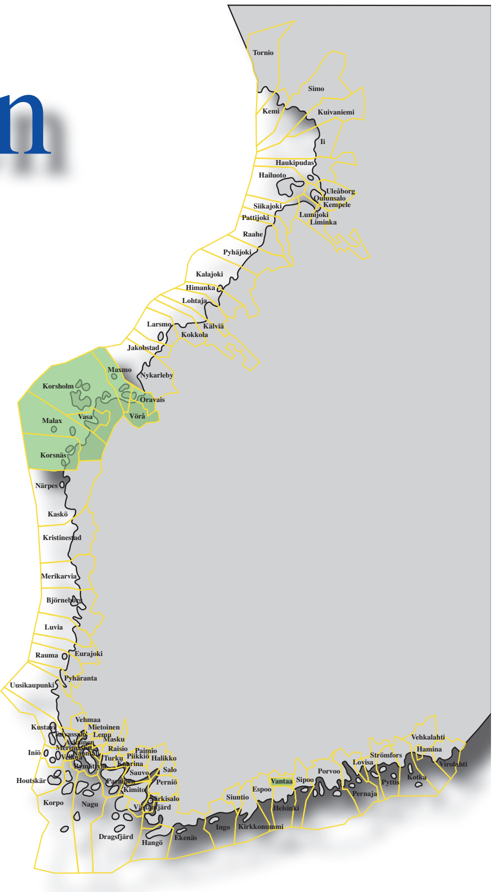
2002 2002-03 2003 2004

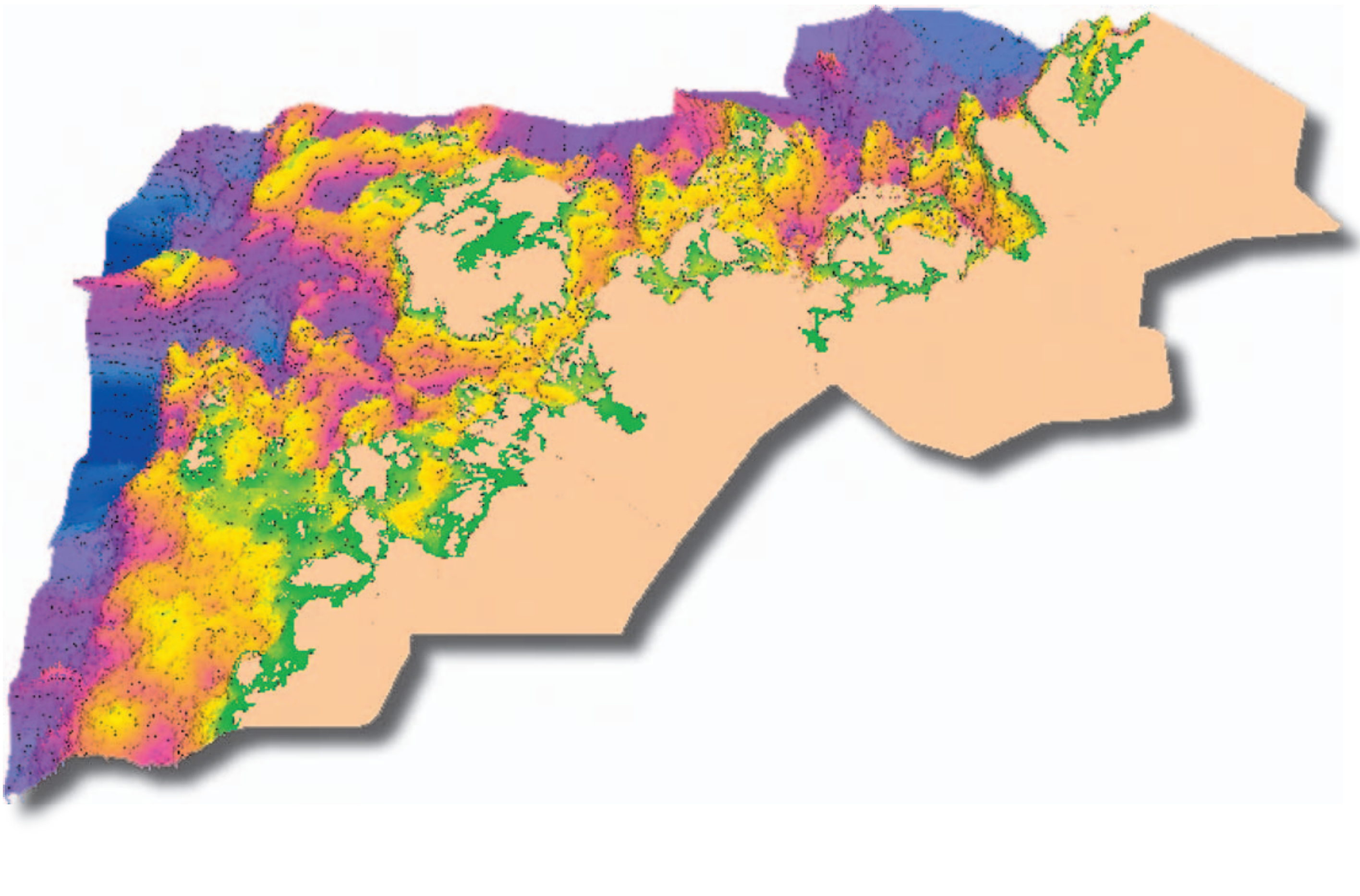
Tabell 18. Björneborg, Sastmola, Kristinestad, Kaskö och Närpes. *Provstationernas läge och parametrar som beskriver bottensedimenttet: Sedimentets järnhalt (hydroksidjärn som lätt löser sig med P-FeOH fosforfraktionen och som sannolikt är en av de viktigaste formerna av järn med tanke på biologiska processer och bindning av fosfor, jämför Lindgren in prep.) och förhållandet mellan järn- och fosforhalt. Ytterligare är de gaskromatografiskt uppmätta halterna av några grundämnen presenterade i tabellen som massprocent.*



Figur 35. *Kustmodell. Jämför figur 5 på sida 9.*

Kvarken


Tornio
Simo
Kemi
Kuivaniemi
Ii
Haukipudas
Hailuoto
Uleåborg
Oulunsalo
Kempele
Siikajoki
Pattijoki
Lumijoki
Liminka
Raahe
Pyhäjoki
Kalajoki
Himanka
Lohtaja
Larsmo
Kälviä
Kokkola
Jakobstad
Maxmo
Nykarleby
Korsholm
Oravais
Malax
Vasa
Vörå
Korsnäs
Närpes
Kaskö
Kristinestad
Merikarvia
Luvia
Rauma
Eurajoki
Uusikaupunki
Pyhäranta
Vehmaa
Mietoinen
Masku
Raisio
Paimio
Halikko
Turku
Salo
Sauvo
Perniö
Kimito
Iniö
Houtskär
Korpo
Nagu
Dragsfjärd
Hangö
Ekenäs
Ingo
Kirkkonummi
Siuntio
Espoo
Vantaa
Sipoo
Helsinki
Porvoo
Pernaja
Lovisa
Strömfors
Vehkalahti
Hamina

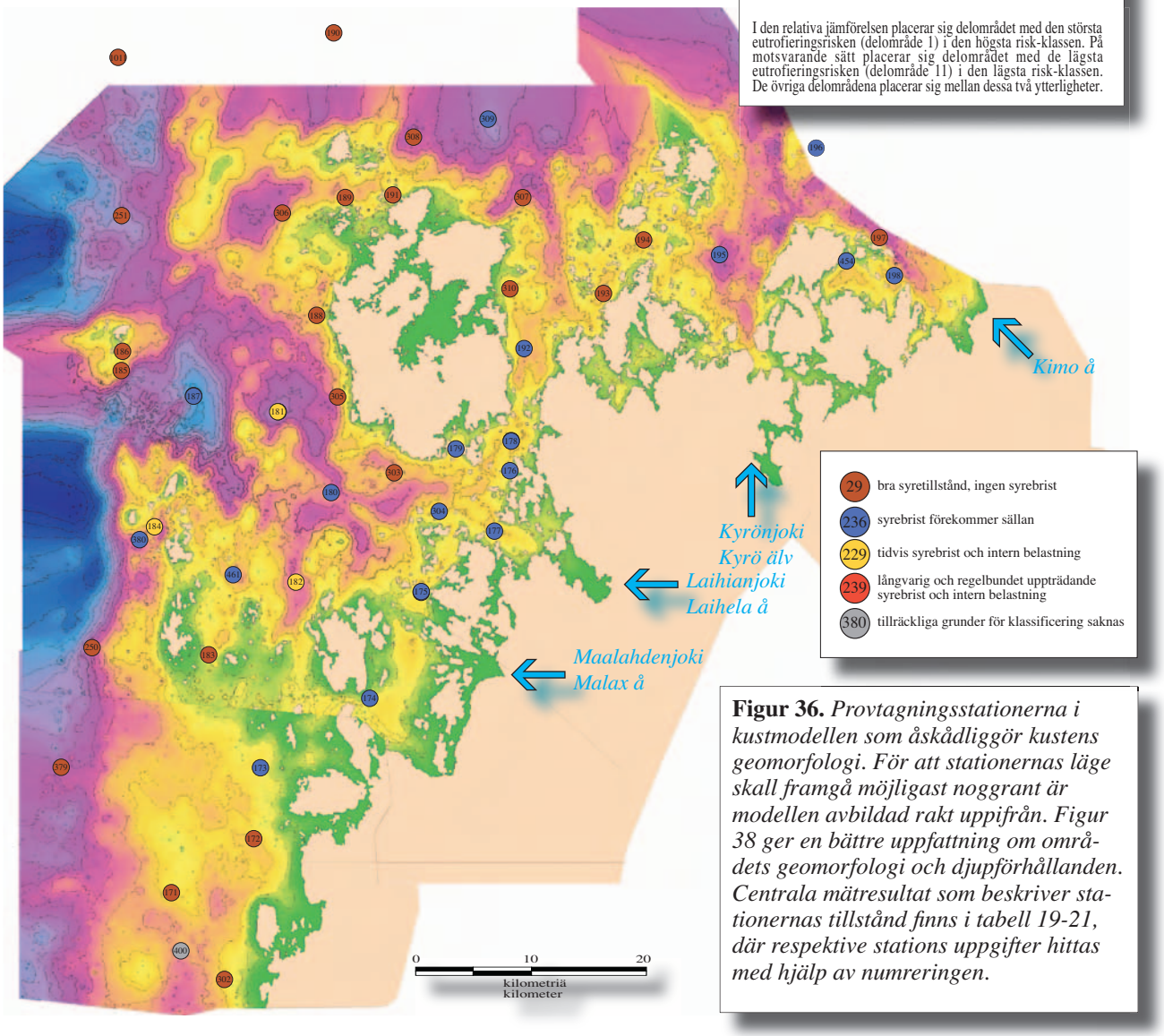


Område 9. Korsnäs, Malax, Korsholm, Vasa, Maxmo, Vörå

Av Bottenvikens kustområden som är i relativt gott skick, hör Kvarken och i synnerhet området utanför Vasa till de mest eutrofierade (Pitkänen m.fl.. 2004). I Kvarkenområdet är eutrofieringen ändå betydligt lindrigare än i de skärgårdsrika områdena vid Södra Finlands kust (HELCOM 1996, Kauppila och Lepistö. 2001).

Området är grunt och dess skärgårdszon är mycket bred och splittrad. Den på motsatta sidan av Bottenviken belägna svenska kusten är geomorfologiskt av annan typ. På Sveriges sida är skärgårdszonen smalare och stränderna inte lika grunda som på Finlands sida. Vid de på ort och ställe utförda undersökningarna togs därför jämförelseprov även från den svenska kusten.

På basen av kustmodellen finns det rikligt med rätt djupa bassänger som ackumulerar organiskt material. Provtagningarna visar att vattenutbytet i de bottennära vattenskikten ändå i de flesta fall, är tillräckligt för att hålla bottnarna syresatta

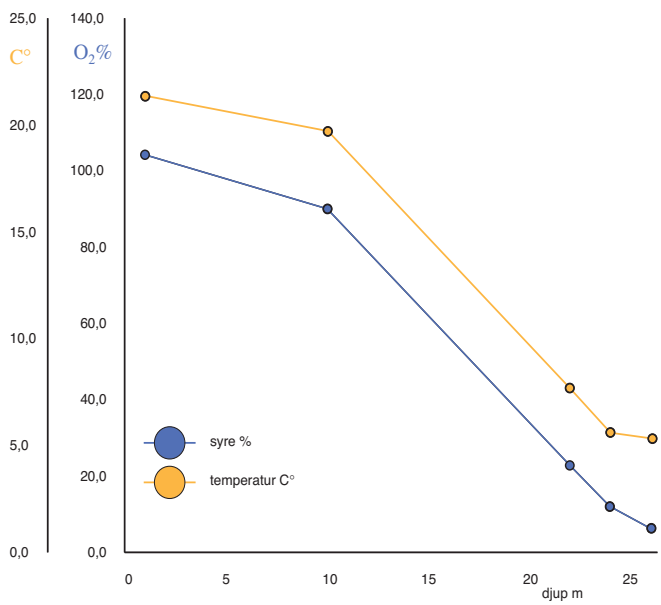


Figur 36. *Provtagningsstationerna i kustmodellen som åskådliggör kustens geomorfologi. För att stationernas läge skall framgå möjligast noggrant är modellen avbildad rakt uppifrån. Figur 38 ger en bättre uppfattning om områdets geomorfologi och djupförhållanden. Centrala mätresultat som beskriver stationernas tillstånd finns i tabell 19-21, där respektive stations uppgifter hittas med hjälp av numreringen.*

och i området finns således inte förutsättningar för **regelbunden, under stagnationsperioderna uppträdande, långvarig syrebrist och härav följande intern belastning.**

I områdets skyddade och relativt grunda delar finns ställvis förutsättningar för **tidvis, av väderleksförhållanden beroende syrebrist och intern belastning**. Vattenutbytet är i regel tillräckligt för att hålla även dessa bottnar syresatta. Också bottnarnas fauna indikerar i allmänhet, rätt stabila syreförhållanden och visar inte tecken på att tillfälliga syrefria perioder uppträder.

Bottnarna i fördjupningarna i områdets skyddade delar är till stor del fosforlagran-



Kuva 37. *Syreläget 22.8 2002 vid provtagningsstation 184. Vattnets totaldjup vid stationen är 26,3 m.*

station no.	djup m	bottenfauna	kornstorlek	lera	silt	sand	glödgningsförlust	organiskt material	temperatur C°	syre-% ytan	syre-% bottnet	fosfor ytan	fosfor bottnet	P-aut.	P-detr.	P-org.	P.tot.
171	17.8	+	-	-	-	-	1.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
172	13.3	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
173	14.8	+	-	-	-	-	-	-	19.2	100	30	-	-	-	-	-	-
174	10.5	+	-	-	-	-	11.6	-	21.1	103	84	-	-	-	-	-	-
175	13.3	+	3.346	32.27	67.73	0	11.6	11.5563	5.2	105	72	0.011	0.025	0.070	0,686	0,893	1,649
176	10.6	+	-	-	-	-	3.6	.	-	-	-	-	-	-	-	-	-
177	9.0	+	-	-	-	-	12.7	.	20.4	107	84	-	-	-	-	-	-
178	16.7	+	-	-	-	-	4.6	.	6.1	102	79	0.012	0.016	-	-	-	-
179	11.3	+	-	-	-	-	9.0	.	18.5	103	35	-	-	-	-	-	-
180	24.3	+	-	-	-	-	5.2	.	15.8	108	60	-	-	-	-	-	-
181	34.0	+	4.098	29.05	70.95	0	10.5	9.0525	2.2	102	84	0.007	0.014	0.059	0,500	0,409	0,968
182	20.1	+	-	-	-	-	9.8	.	16.5	106	57	-	-	-	-	-	-
183	20.1	+	-	-	-	-	5.2	.	18.5	104	30	-	-	-	-	-	-
184	26.3	+	-	-	-	-	5.5	.	5.3	104	6	-	-	-	-	-	-
185	17.4	0	-	-	-	-	-	.	-	-	-	-	-	-	-	-	-
186	11.1	+	-	-	-	-	-	.	-	-	-	-	-	-	-	-	-
187	51.0	+	3.935	30.31	69.69	0	8.7	8.8728	1.8	102	78	0.007	0.025	0,187	0,963	0,524	1,674
188	23.9	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
189	20.3	+	-	-	-	-	-	-	15.0	104	75	-	-	-	-	-	-
190	49.3	0	-	-	-	-	-	-	8.7	100	82	-	-	-	-	-	-
191	12.6	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
192	18.1	+	-	-	-	-	8.6	-	15.6	98	56	-	-	-	-	-	-
193	14.9	+	-	-	-	-	3.0	-	14.9	96	28	-	-	-	-	-	-
194	14.7	+	-	-	-	-	-	-	13.2	100	55	-	-	-	-	-	-
195	22.2	+	-	-	-	-	10.3	-	9.2	102	7.1	-	-	-	-	-	-
196	29.7	+	-	-	-	-	1.7	-	7.6	97	69	-	-	-	-	-	-
197	51.5	+	-	-	-	-	1.4	-	9.1	-	79	-	-	-	-	-	-
198	18.9	+	-	-	-	-	10.1	-	10.8	107	61	-	-	-	-	-	-
250	50.5	0	-	-	-	-	-	-	1.8	102	90	0.008	0.012	-	-	-	-
251	44.0	+	-	-	-	-	-	-	2.5	105	95	0.007	0.014	-	-	-	-

2002 2002-03 2003 2004

Tabell 19. Korsnäs, Malax, Korsholm, Vasa, Maxmo och Vörå. *Centrala parametrar som beskriver vattnets och bottnets kvalitet: Förekomst (+) eller avsaknad (0) av bottenfauna, bottensedimentets kornstorlek (medianen d50), lera- (kornstorlek < 1.95 µm), mjäla (kornstorlek 1.95-62.5 m) och sandhalten (kornstorlek 62.5-2000 µm), glödgningsförlust (g), halten organiskt material (%), vattentemperatur i det bottennära vattnet (+1 m), det ytnära (1 m djup.) och det bottennära (+1 m) vattnets syremättnadsgrad och totalfosforhalt (mg/l) samt bottensedimentets fosforfraktioner.*

de gyttjebottnar. Tillsvidare är vattencirkulationen huvudsakligen tillräcklig för att hålla bottnarna syresatta men inte tillräckligt kraftig för att transportera bort det organiska materialet.

I händelse av att områdets eutrofieringsnivå stiger och mängden organiskt material som sjunker till bottnarna ökar, finns det risk att den interna belastningen blir en betydande belastningskälla inom området. Förutsättningar finns i synnerhet för under exceptionellt långvariga och lugna perioder uppträdande syrebrist och av den förorsakad intern belastning.

Med hjälp av de prov som togs på den svenska kustens sida hittades inga organiskt material ackumulerande, för syrebrist känsliga bottnar. På grund av kustens geomorfologi är den finländska sidan av Kvarkens kust uppenbarligen betydligt känsligare för syrebrist, av syrebrist förorsakad intern belastning och eutrofiering, än kusten på Sveriges sida.

Ett särdrag i områdets bottenfauna är den allmänna förekomsten av den amerikanska havsborstmasken *Marenzelleria viridis*, en invasionsart som är ny för Östersjön. I stora förekomster antas *Marenzelleria viridis* - havsborstmasken minska mängden ursprungsfauna (Zettler 1995, Zettler m.fl. 1995, Zettler m.fl.. 1996, Stigzelius m.fl.. 1997).

Kommande förändringar i områdets tillstånd kan bäst påvisas genom att följa med djupområdena i de skyddade och grunda delarna av området, samt även med fortgående

station no.	djup m	bottenfauna	kornstorlek	lera	silt	sand	glödgningsförlust	organiskt material	temperatur C°	syre-% ytan	syre-% bottnet	fosfor ytan	fosfor bottnet	P-aut.	P-detr.	P-org.	Ptot.
303	21.0	+	68.66	9.64	36.33	54.03	3.8	4.0786	3.7	101	83	0.007	0.014	0,052	0,550	0,255	0,856
304	9.8	+	-	-	-	-	-	-	18.9	110	82	0.008	0.012	-	-	-	-
305	23.0	+	100.2	4.17	19.23	76.60	2.3	2.5089	-	-	-	0.006	0.008	0,055	0,551	0,167	0,773
306	22.9	+	-	-	-	-	-	-	5.7	103	88	0.008	0.012	-	-	-	-
307	26.0	+	-	-	-	-	-	-	-	-	80	0.006	0.008	-	-	-	-
308	29.0	0	-	-	-	-	-	-	7.2	103	90	0.007	0.008	-	-	-	-
309	43.0	+	49.54	6.30	61.50	32.20	3.6	2.8585	6.1	105	88	0.005	0.009	0,048	0,893	0,151	1,091
310	15.9	0	-	-	-	-	-	-	11.3	107	97	0.007	0.009	-	-	-	-
379	49.5	0	-	-	-	-	-	-	1.6	104	86	0.007	0.015	-	-	-	-
380	30.0	0	3.389	31.97	68.03	0	8.6	10.1408	2.0	98	72	0.007	0.026	-	-	-	-
400	17.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
454	13.5	+	-	-	-	-	9.9	-	14.2	111	62	0.010	0.038	-	-	-	-
461	18.5	+	-	-	-	-	11.4	-	12.2	110	68	0.072	0.032	-	-	-	-
1011	44.9	0	-	-	-	-	-	-	3.5	117	92	0.005	0.017	-	-	-	-
1012	31.0	+	-	-	-	-	-	-	8.9	118	103	0.005	0.010	-	-	-	-
1013	27.7	+	-	-	-	-	-	-	8.3	118	93	0.007	0.009	-	-	-	-

2002 2002-03 2003 2004

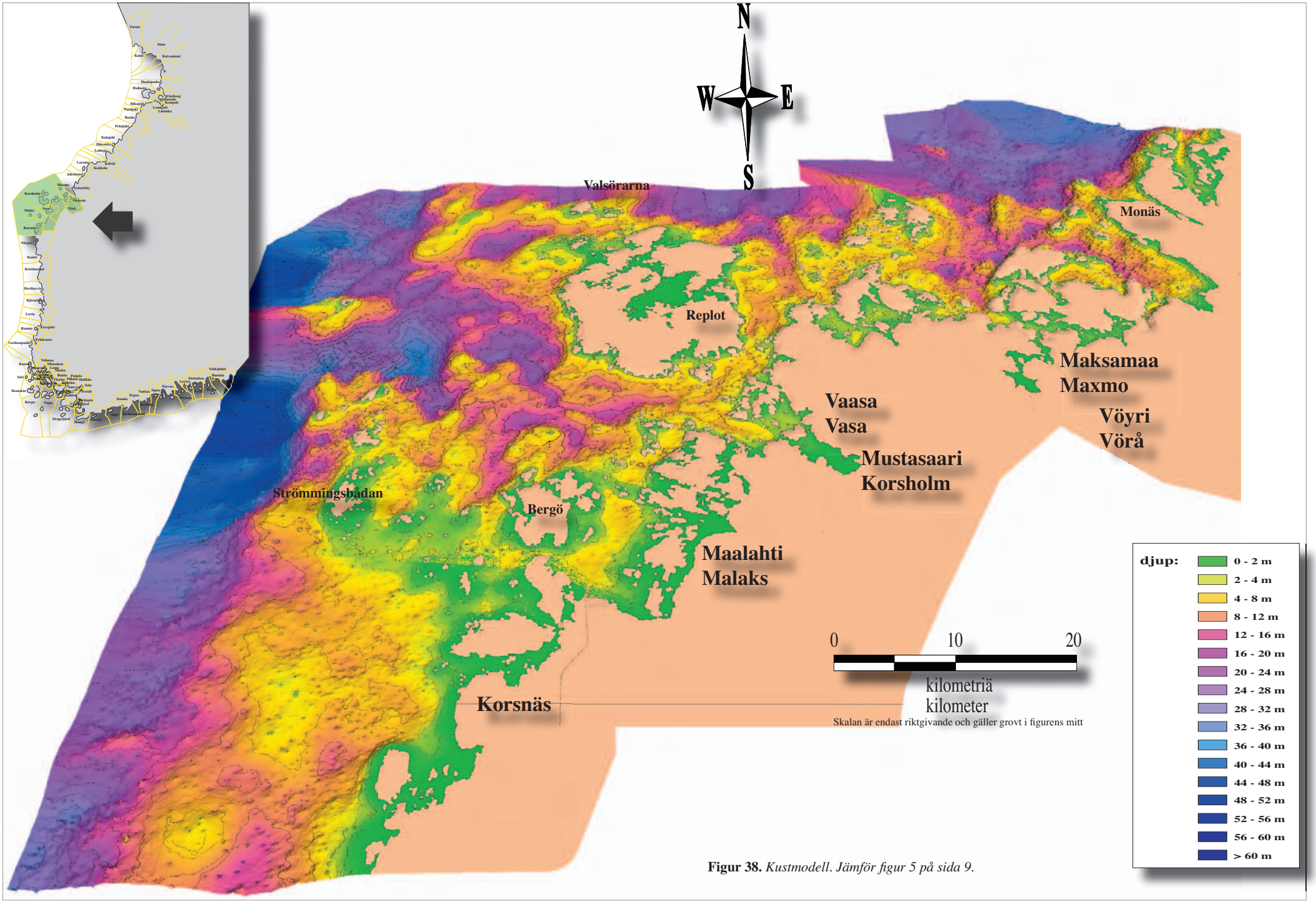
Tabell 20. Korsnäs, Malax, Korsholm, Vasa, Maxmo och Vörå. *Centrala parametrar som beskriver vattnets och bottnets kvalitet: Förekomst (+) eller avsaknad (0) av bottenfauna, bottensedimentets kornstorlek (medianen d50), lera- (kornstorlek < 1.95 µm), mjäla (kornstorlek 1.95-62.5 m) och sandhalten (kornstorlek 62.5-2000 µm), glödgningsförlust (g), halten organiskt material (%), vattentemperatur i det bottennära vattnet (+1 m), det ytnära (1 m djup.) och det bottennära (+1 m) vattnets syremättnadsgrad och totalfosforhalt (mg/l) samt bottensedimentets fosforfraktioner.*

kontroll av tillståndet i de relativt djupa bassängerna i områdets yttre delar. I båda fallen skall de kontrollerade djupområdena representera områden som möjligast effektivt samlar upp och ackumulerar organiskt material, d.v.s. kustområden där eutrofieringens negativa effekter i första hand blir synliga. Med tanke på utvecklingen av eutrofieringen i området och möjligheterna att följa utvecklingen, är det motiverat att inkludera det bottennära vattnets syre- och fosfortillstånd samt bottenfaunans och bottensedimentets tillstånd i eventuella kontrollprogram.

station no.	djup m	latitud N	longitud E	Fe_{ecdb} mmol/g	Fe_{ecdb}:P_{spa}	N	C	H	S
171	17.8	62°45.259	20°58.213	-	-	-	-	-	-
172	13.3	62°47.344	21°02.758	-	-	-	-	-	-
173	14.8	62°52.930	21°01.946	-	-	-	-	-	-
174	10.5	62°56.049	21°14.664	-	-	-	-	-	-
175	13.3	63°02.682	21°18.937	278.260	7.482	-	-	-	-
176	10.6	63°08.948	21°28.047	-	-	-	-	-	-
177	9.0	63°05.785	21°27.174	-	-	-	-	-	-
178	16.7	63°09.934	21°27.931	-	-	-	-	-	-
179	11.3	63°09.684	21°21.518	-	-	-	-	-	-
180	24.3	63°06.899	21°10.100	-	-	-	-	-	-
181	34.0	63°10.852	20°59.483	197.683	10.521	-	-	-	-
182	20.1	63°02.536	21°03.403	-	-	-	-	-	-
183	20.1	62°58.114	20°55.377	-	-	-	-	-	-
184	26.3	63°04.461	20°47.513	-	-	-	-	-	-
185	17.4	63°12.125	20°39.740	-	-	-	-	-	-
186	11.1	63°12.878	20°39.893	-	-	-	-	-	-
187	51.0	63°11.643	20°48.968	211.650	4.010	-	-	-	-
188	23.9	63°17.972	21°03.623	-	-	-	-	-	-
189	20.3	63°23.532	21°04.670	-	-	-	-	-	-
190	49.3	63°31.065	21°04.096	-	-	-	-	-	-
191	12.6	63°24.083	21°13.319	-	-	-	-	-	-
192	18.1	63°15.316	21°28.656	-	-	-	-	-	-
193	14.9	63°18.807	21°37.207	-	-	-	-	-	-
194	14.7	63°22.058	21°41.261	-	-	-	-	-	-
195	22.2	63°21.618	21°51.675	-	-	-	-	-	-
196	29.7	63°28.080	22°00.239	-	-	-	-	-	-
197	51,5	63°23.088	22°10.956	-	-	-	-	-	-
198	18,9	63°20.649	22°12.407	-	-	-	-	-	-
250	50.5	62°58.678	20°37.927	-	-	-	-	-	-
251	44.0	63°21.448	20°37.046	-	-	-	-	-	-
303	21.0	63°09.192	21°11.686	159.006	9.435	0.3541	0.7486	0.3972	0.2243
304	9.8	63°06.596	21°20.171	-	-	-	-	-	-
305	23.0	63°11.618	21°06.344	61.239	7.104	-	-	-	-
306	22.9	63°23.039	20°57.747	-	-	-	-	-	-
307	26.0	63°25.323	21°27.939	-	-	-	-	-	-
308	29.0	63°26.755	21°12.982	-	-	-	-	-	-
309	43.0	63°28.176	21°23.061	80.577	4.837	-	-	-	-
310	15.9	63°19.189	21°28.607	-	-	-	-	-	-
379	49.5	62°52.663	20°36.208	-	-	-	-	-	-
380	30.0	63°04.299	20°47.129	192.848	11.443	0.5352	2.7558	0.7133	0.5036
400	17.0	62°41.345	20°56.253	-	-	-	-	-	-
454	13.5	62°24.493	21°10.715	-	-	-	-	-	-
461	18.5	62°23.955	21°06.079	-	-	-	-	-	-
1011	44.9	62°25.861	21°04.500	-	-	-	-	-	-
1012	31.0	62°27.193	21°07.241	-	-	-	-	-	-
1013	27.7	62°30.983	21°00.906	-	-	-	-	-	-

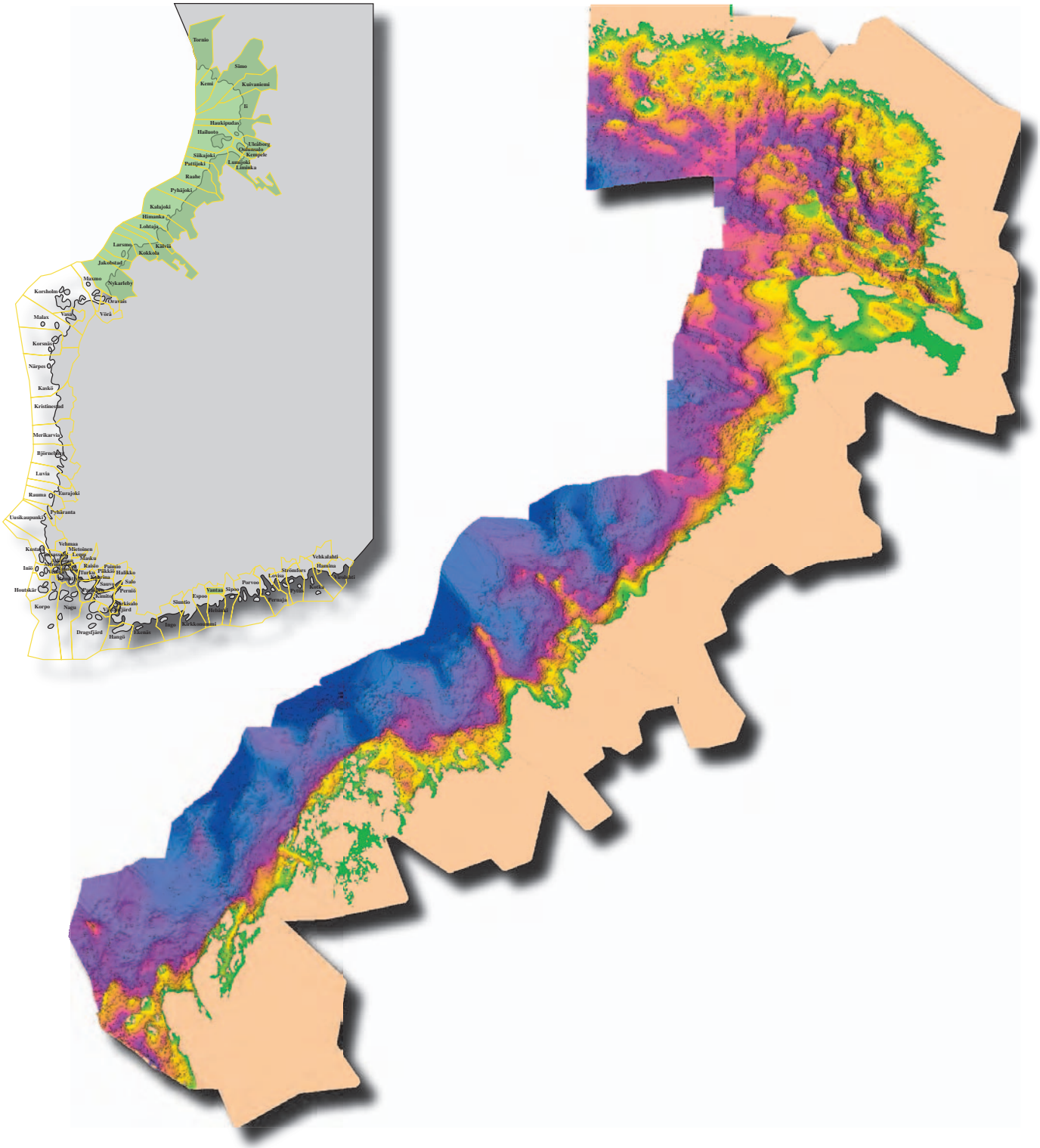
2002 2002-03 2003 2004

Tabell 21. Korsnäs, Malax, Korsholm, Vasa, Maxmo och Vörå. *Provstationernas läge och parametrar som beskriver bottensedimenttet: Sedimentets järnhalt (hydroksidjärn som lätt löser sig med P-FeOH fosforfraktionen och som sannolikt är en av de viktigaste formerna av järn med tanke på biologiska processer och bindning av fosfor, jämför Lindgren in prep.) och förhållandet mellan järn- och fosforhalt. Ytterligare är de gaskromatografiskt uppmätta halterna av några grundämnen presenterade i tabellen som massprocent.*



Figur 38. *Kustmodell. Jämför figur 5 på sida 9.*

Bottenviken



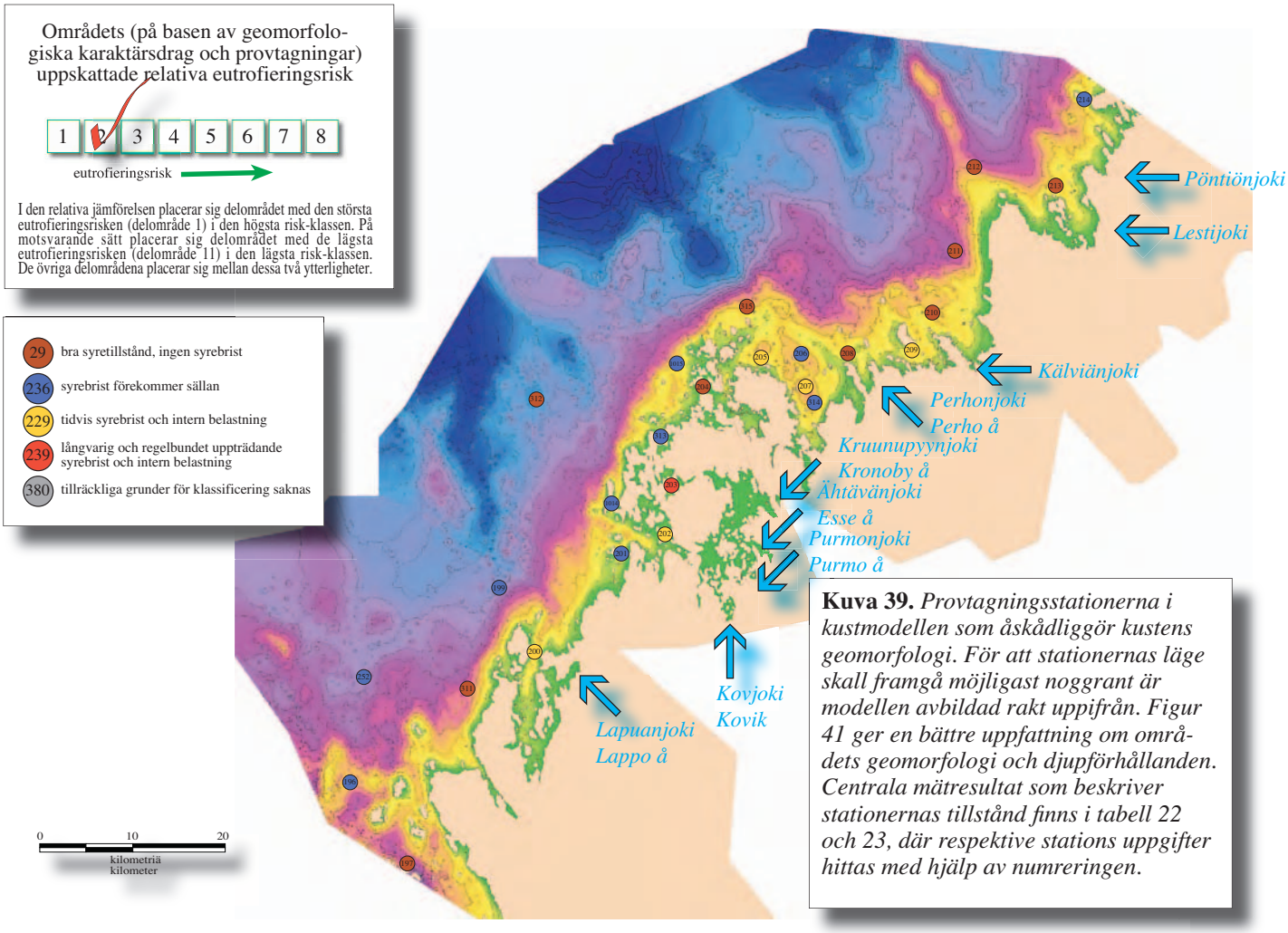
Område 10. Nykarleby, Jakobstad, Larsmo, Karleby, Kelviå, Lochteå, Himanka

I närsalthalterna i Bottniska vikens öppna havsområden, har under senare år en uppåtgående trend varit iakttagbar, i Bottenviken speciellt beträffande kväve. (Pitkänen m.fl.. 1987, HELCOM 1996, Kauppila och Lepistö 2001). I Östersjöförhållanden kan Bottenviken, åtminstone än så länge betraktas som ett kargt havsområde.

De mest omfattande områdena som på basen av mängden växtplankton i vattnet, är tydligt eutrofierade är belägna utanför Karleby och Jakobstad. (Kauppila och Lepistö 2001). Den innersta delen av skärgården i dessa områden har förbättrats under 1990 och 2000-talet som en följd av effektiverad rening av de avfallsvatten som belastar området och inga, till bottenfaunan, döda bottnar har påträffats under senare år (Nyman och Nystubb 1998, Nyman 2000, Vääränen och Nyman 2000).

På basen av kustmodellen är den yttre skärgården och det öppna havsområdet utsatta för en kraftig erosion. Provtagningarna visar att endast mycket små mängder organiskt material samlats till bottnarna och att förutsättningar för anoxi (syrebrist) inte finns i områdets yttre delar.

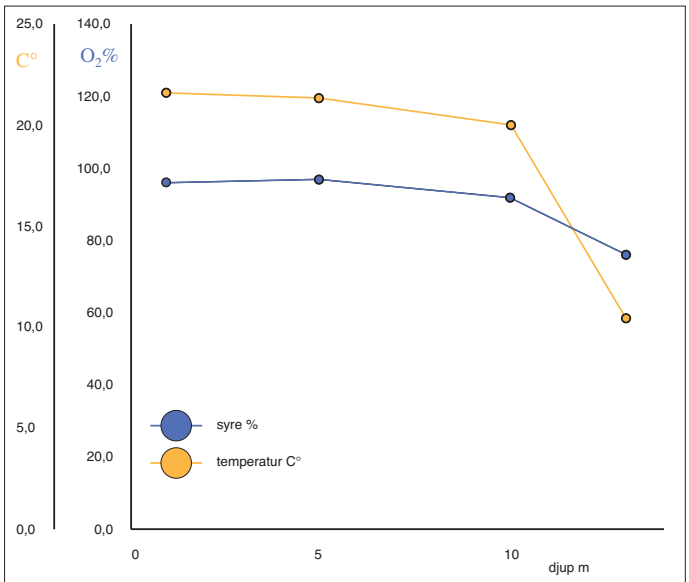
Av tröskelformationer isolerade djupbassänger förekommer inte i området och förutsättningar för **regelbunden, under stagnationsperioderna återkommande, långva-**



Kuva 39. *Provtagningsstationerna i kustmodellen som åskådliggör kustens geomorfologi. För att stationernas läge skall framgå möjligast noggrant är modellen avbildad rakt uppifrån. Figur 41 ger en bättre uppfattning om områdets geomorfologi och djupförhållanden. Centrala mätresultat som beskriver stationernas tillstånd finns i tabell 22 och 23, där respektive stations uppgifter hittas med hjälp av numreringen.*

rig syrebrist och intern belastning finns ej. Provtagningarna bekräftar att syretillståndet i det bottennära vattnet i områdets yttre delar är gott och att fosforhalterna inte tyder på intern belastning.

På basen av kustmodellen är det enda mera omfattande delområdet, som har större eutrofieringsrisk, beläget i områdets mellersta del utanför Karleby-Jakobstad. Med undantag av områdets mellersta del är skärgårdszonen smal och stränderna jämnt och obrutet sluttande mot havsområdet och förekomstförutsättningar för av syrebrist beroende intern belastning är små.



Figur 40. *Syreläget 4.8 2003 vid provstation 314. Vattnets totaldjup vid stationen är 13 m. Vid samma tidpunkt var det bottennära vattnets totalfosforhalt (0,019 mg/l) i samma storleksklass som det ytnära vattnets halt (0,010 mg/l) vilket tyder på att intern belastning inte förekommer.*

Inom Karleby-Jakobstad området finns lokala djupgropar som är skyddade för vågerosion och som samlar upp och lagrar organisk gyttja. Djupgroparna är känsliga för **tillfällig, under lugna perioder uppträdande syrebrist och intern belastning.** Djupområdena är förhållandevis små till sin areella omfattning och förutsättningar för mera omfattande syrebrist finns endast då ovanligt

station no.	djup m	bottenfauna	kornstorlek	lera	silt	sand	glödgningsförlust	organiskt material	temperatur C°	syre-% ytan	syre-% bottnet	fosfor ytan	fosfor bottnet	P-aut.	P-detr.	P-org.	P-tot.
199	44.0	+	-	-	-	-	3.4	-	6.0	-	90	-	-	-	-	-	-
200	15.9	+	-	-	-	-	9.5	-	10.2	103	73	-	-	-	-	-	-
201	13.7	+	-	-	-	-	4.0	-	7.0	103	56	-	-	-	-	-	-
202	4.1	+	-	-	-	-	17.3	-	19.3	105	52	-	-	-	-	-	-
203	7.1	+	-	-	-	-	20.7	-	16.1	95	9	-	-	-	-	-	-
204	12.9	+	-	-	-	-	-	-	19.9	100	88	-	-	-	-	-	-
205	15.1	+	-	-	-	-	8.5	-	11.0	99	48	-	-	-	-	-	-
206	18.2	+	-	-	-	-	2.1	-	8.1	104	71	-	-	-	-	-	-
207	16.5	+	-	-	-	-	4.7	-	10.6	105	42	-	-	-	-	-	-
208	11.5	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
209	10.3	+	-	-	-	-	8.8	-	18.0	100	55	-	-	-	-	-	-
210	16.0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
211	28.6	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
212	28.9	+	-	-	-	-	-	-	5.8	103	96	-	-	-	-	-	-
213	11.0	+	-	-	-	-	-	-	15.0	94	48	-	-	-	-	-	-
214	11.0	+	-	-	-	-	2.0	-	19.2	98	94	-	-	-	-	-	-
252	37.5	+	24.89	9.93	74.83	15.24	3.2	3.2617	-	-	85	0.007	0.008	0,060	0,985	0,193	1,238
311	20.0	+	37.01	7.69	61.98	30.33	-	1.1031	7.1	114	112	0.008	0.006	0,048	0,749	0,104	0,900
312	50.5	0	-	-	-	-	-	-	5.4	106	102	0.007	0.007	-	-	-	-
313	13.3	+	5.773	20.54	79.46	0	10.4	9.1507	5.6	98	81	0.011	0.017	0,041	0,625	0,257	0,923
314	13.0	+	13.02	13.75	78.03	8.22	4.7	4.6681	10.4	96	76	0.010	0.019	0,065	0,982	0,297	1,344
315	25.0	0	-	-	-	-	-	-	-	110	100	0.006	0.007	-	-	-	-
1014	15.5	+	-	-	-	-	1.4	-	10.6	110	104	0.016	0.008	-	-	-	-
1015	17.4	+	-	-	-	-	3.4	-	7.9	110	102	0.008	0.007	-	-	-	-

2002 2002-03 2003 2004

Tabell 22. Nykarleby, Jakobstad, Larsmo, Karleby, Kelviå, Lochteå och Himanka. *Centrala parametrar som beskriver vattnets och bottnets kvalitet: Förekomst (+) eller avsaknad (0) av bottenfauna, bottensedimentets kornstorlek (medianen d50), lera- (kornstorlek < 1.95 µm), mjäla (kornstorlek 1.95-62.5 m) och sandhalten (kornstorlek 62.5-2000 µm), glödgningsförlust (g), halten organiskt material (%), vattentemperatur i det bottennära vattnet (+1 m), det ytnära (1 m djup.) och det bottennära (+1 m) vattnets syremättnadsgrad och totalfosforhalt (mg/l) samt bottensedimentets fosforfraktioner.*

långvariga och varma perioder råder.

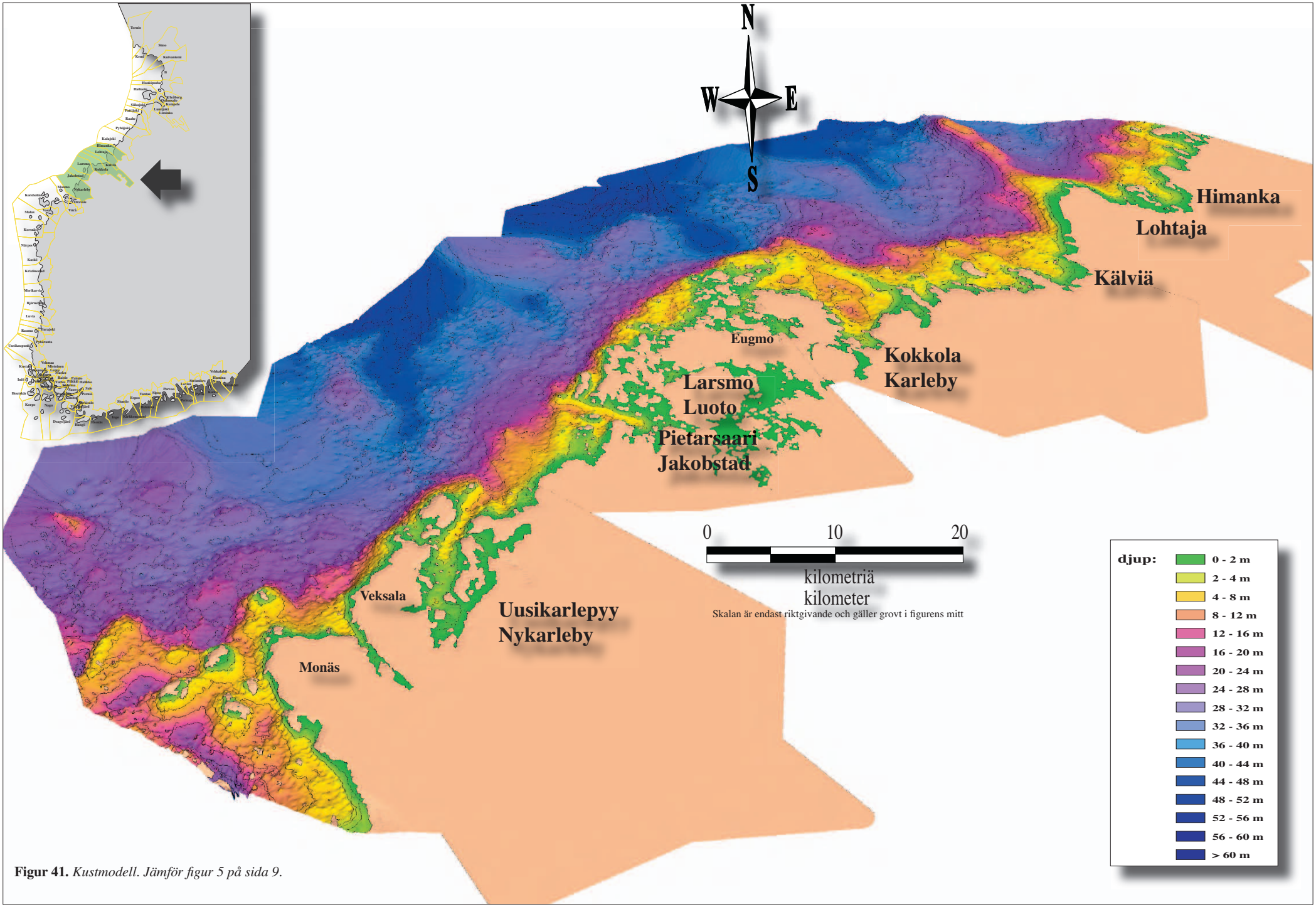
Ifall områdets eutrofiering tilltar och syrebrist blir allmänt med påföljden att en ond cirkel av intern belastning startar, är följderna synnerligen oförutsägbara. I Bottenviken där fosfor är tillväxtbegränsande, skulle den eutrofierande effekten av den fosfor som lagras i bottengyttjan sannolikt bli rätt kraftig. Tack vare de geomorfologiska särdragen är risken för att råka in i en internt belastande cykel, synnerligen liten med områdets nuvarande eutrofieringsnivå. För att produktionen inom området skall öka såpass mycket, att den mängd organiskt material som sjunker till bottnen, förbrukar syre snabbare än det bottennära vattnet hinner bytas, krävs det en betydande förhöjning av eutrofieringsnivån.

Det är motiverat att i kontrollprogram som gäller området, inkludera även lokala, i skyddade områden och avlägset från belastningskällor, belägna djupområden. Förändringar i dem ger en första varning om förändringar i områdets allmänna tillstånd.

station no.	djup m	latitud N	longitud E	Fe_{cdb} mmol/g	Fe_{cdb}:P_{spa}	N	C	H	S
199	44.0	63°39.897	22°18.386	-	-	-	-	-	-
200	15.9	63°35.995	22°25.031	-	-	-	-	-	-
201	13.7	63°43.098	22°35.504	-	-	-	-	-	-
202	4.1	63°43.919	22°41.397	-	-	-	-	-	-
203	7.1	63°47.307	22°41.851	-	-	-	-	-	-
204	12.9	63°52.599	22°46.083	-	-	-	-	-	-
205	15.1	63°54.906	22°52.470	-	-	-	-	-	-
206	18.2	63°55.244	22°58.871	-	-	-	-	-	-
207	16.5	63°53.204	22°58.962	-	-	-	-	-	-
208	11.5	63°56.028	23°04.589	-	-	-	-	-	-
209	10.3	63°55.830	23°13.846	-	-	-	-	-	-
210	16.0	63°58.609	23°15.385	-	-	-	-	-	-
211	28.6	64°02.557	23°16.783	-	-	-	-	-	-
212	28.9	64°08.209	23°19.484	-	-	-	-	-	-
213	11.0	64°06.248	23°32.198	-	-	-	-	-	-
214	11.0	64°11.433	23°34.882	-	-	-	-	-	-
252	37.5	63°32.808	22°00.567	114.957	9.420	-	-	-	-
311	20.0	63°32.074	22°15.052	69.834	28.840	0.2063	0.0000	0.1437	0.1180
312	50.5	63°51.745	22°22.808	-	-	-	-	-	-
313	13.3	63°50.083	22°40.014	380.862	16.662	-	-	-	-
314	13.0	63°51.932	22°59.875	221.319	16.802	-	-	-	-
315	25.0	63°59.264	22°51.717	-	-	-	-	-	-
1014	15.5	63°45.530	22°34.199	-	-	-	-	-	-
1015	17.4	63°52.146	22°41.106	-	-	-	-	-	-

2002 2002-03 2003 2004

Tabell 23. Nykarleby, Jakobstad, Larsmo, Karleby, Kelviå, Lochteå och Himanka. *Provstationernas läge och parametrar som beskriver bottensedimenttet: Sedimentets järnhalt (hydroksidjärn som lätt löser sig med P-FeOH fosforfraktionen och som sannolikt är en av de viktigaste formerna av järn med tanke på biologiska processer och bindning av fosfor, jämför Lindgren in prep.) och förhållandet mellan järn- och fosforhalt. Ytterligare är de gaskromatografiskt uppmätta halterna av några grundämnen presenterade i tabellen som massprocent.*

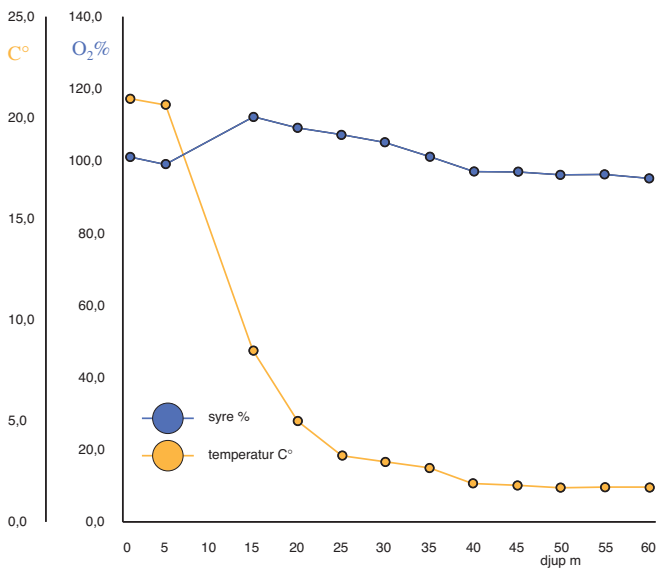


Figur 41. *Kustmodell. Jämför figur 5 på sida 9.*

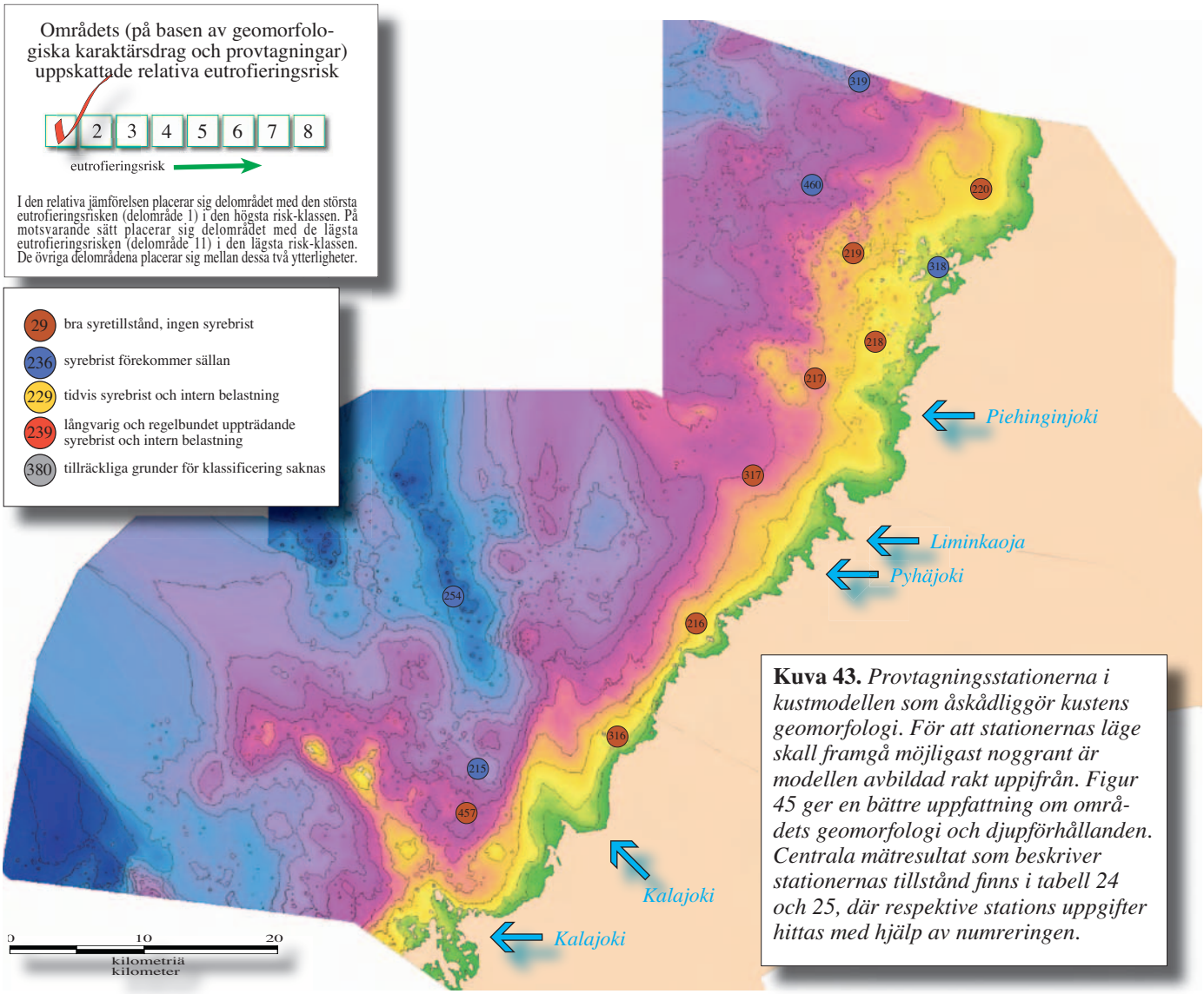
Område 11. Kalajoki, Pyhäjoki, Brahestad

På basen av kustmodellen är områdets eutrofieringsrisk synnerligen liten. Med hjälp av modellen hittades inga bottenformationer, där syreförbrukande organiskt material har betydande förutsättningar att samlas. En fördelaktig geomorfologi hos kusten i ett havsområde, som är förhållandevis näringsfattigt, åstadkommer att området är Finlands näringsfattigaste kustområden.

Skärgårdszonen är smal och en kraftig vågerosion når ända till fastlandets stränder. Vattenutbytet mellan de strandnära delarna

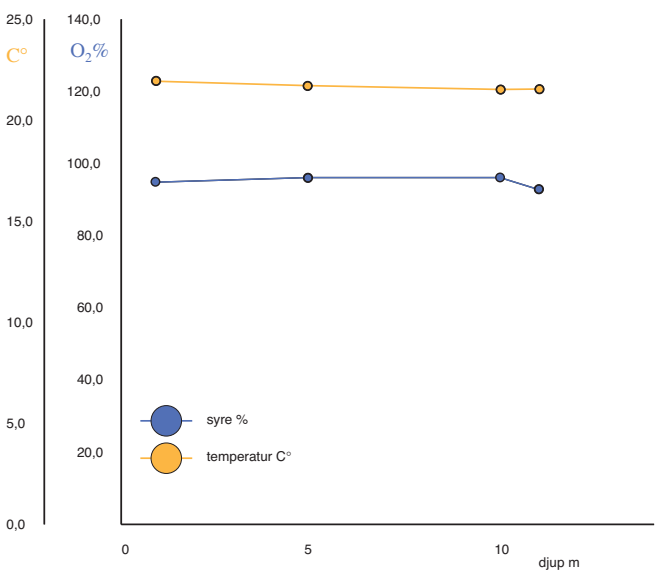


Figur 42. *Syreläget 4.8 2003 vid provstation 254. Vattnets totaldjup vid stationen är 61 m. Vid samma tidpunkt var det bottennära vattnets totalfosforhalt (0,005 mg/l) i samma storleksklass som det ytnära vattnets halt (0,004 mg/l) vilket tyder på att intern belastning inte förekommer.*



Kuva 43. *Provtagningsstationerna i kustmodellen som åskådliggör kustens geomorfologi. För att stationernas läge skall framgå möjligast noggrant är modellen avbildad rakt uppifrån. Figur 45 ger en bättre uppfattning om områdets geomorfologi och djupförhållanden. Centrala mätresultat som beskriver stationernas tillstånd finns i tabell 24 och 25, där respektive stations uppgifter hittas med hjälp av numreringen.*

av området och det karga öppna havet är effektivt. Labyrintiska skärgårdsområden som ackumulerar organiskt material finns inte. Stränderna blir stadigt djupare mot det öppna havsområdet utan trösklar som hindrar vattnets strömningar och formationer som samlar upp organiskt material förekommer inte. Förhållandena för vattenomblandning ända till bottnet är bra på grund av att det på basen av kustmodellen, inte förekommer isolerade djupbassänger som isoleras av tröskelområden. Det bottennära vattnets syreläge är således gott och förutsättningar för av syrebrist förorsakad, kraftig intern belastning, finns ej.



Figur 44. *Syreläget 4.8 2003 vid provstation 318. Vattnets totaldjup vid stationen är 12 m. Vid samma tidpunkt var det bottennära vattnets totalfosforhalt (0,008 mg/l) i samma storleksklass som det ytnära vattnets halt (0,013 mg/l) vilket tyder på att intern belastning inte förekommer.*

De på ort och ställe utförda provtagningarna bekräftar, att områdets bottenmaterial endast innehåller små mängder organiskt material. Det bottennära vattnets syretillstånd är genomgående bra och förhöjda fosforhalter uppmättes inte heller. Området är ett bra exempel på geomorfologins avgörande betydelse för kustens vattenkvalitet och eutrofieringsrisk.

Vid fortsatt kontroll av områdets tillstånd bör man i synnerhet följa med de fåtaliga mjukbottnarna, där förändringar i första hand kan bli synliga. Under exceptionellt långvariga och lugna perioder är det möjligt, att syreläget i dessa områden försämras såpass mycket, att **tillfällig och lokal intern belastning** uppträder. **Regelbunden under stag-**

station no.	djup m	bottenfauna	kornstorlek	lera	silt	sand	glödgningsförlust	organiskt material	temperatur C°	syre-% ytan	syre-% bottnet	fosfor ytan	fosfor bottnet	P-aut.	P-detr.	P-org.	P.tot.
215	32.5	+	-	-	-	-	3.1	-	5.7	101	90	-	-	-	-	-	-
216	7.1	0	-	-	-	-	-	-	19.4	98	97	-	-	-	-	-	-
217	20.8	0	-	-	-	-	-	-	13.6	100	85	-	-	-	-	-	-
218	13.0	+	-	-	-	-	-	-	18.4	96	80	-	-	-	-	-	-
219	18.5	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
220	11.1	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
254	61.0	+	15.30	12.44	77.73	9.83	8.0	7.0122	1.7	101	96	0.004	0.005	0,053	0,715	0,217	0,985
316	17.0	+	174.9	0.264	2.326	97.41	-	0.2071	21.1	99	99	0.007	0.005	0,060	0,616	0,044	0,720
317	19.0	0	569.9	0.294	3.156	96.55	-	0.3181	21.1	100	99	0.006	0.006	0,019	0,251	0,076	0,347
318	12.0	+	56.09	7.77	48.03	44.20	1.7	2.0428	21.5	95	93	0.013	0.008	0,044	0,838	0,091	0,972
319	40.0	0	72.72	4.69	37.28	58.03	2.5	2.3954	4.0	98	96	0.006	0.007	0,051	0,912	0,129	1,092
457	24.9	0	-	-	-	-	0.5	-	4.8	112	104	0.008	0.006	-	-	-	-
460	36.6	+	-	-	-	-	3.9	-	2.6	115	101	0.005	0.006	-	-	-	-

2002 2002-03 2003 2004

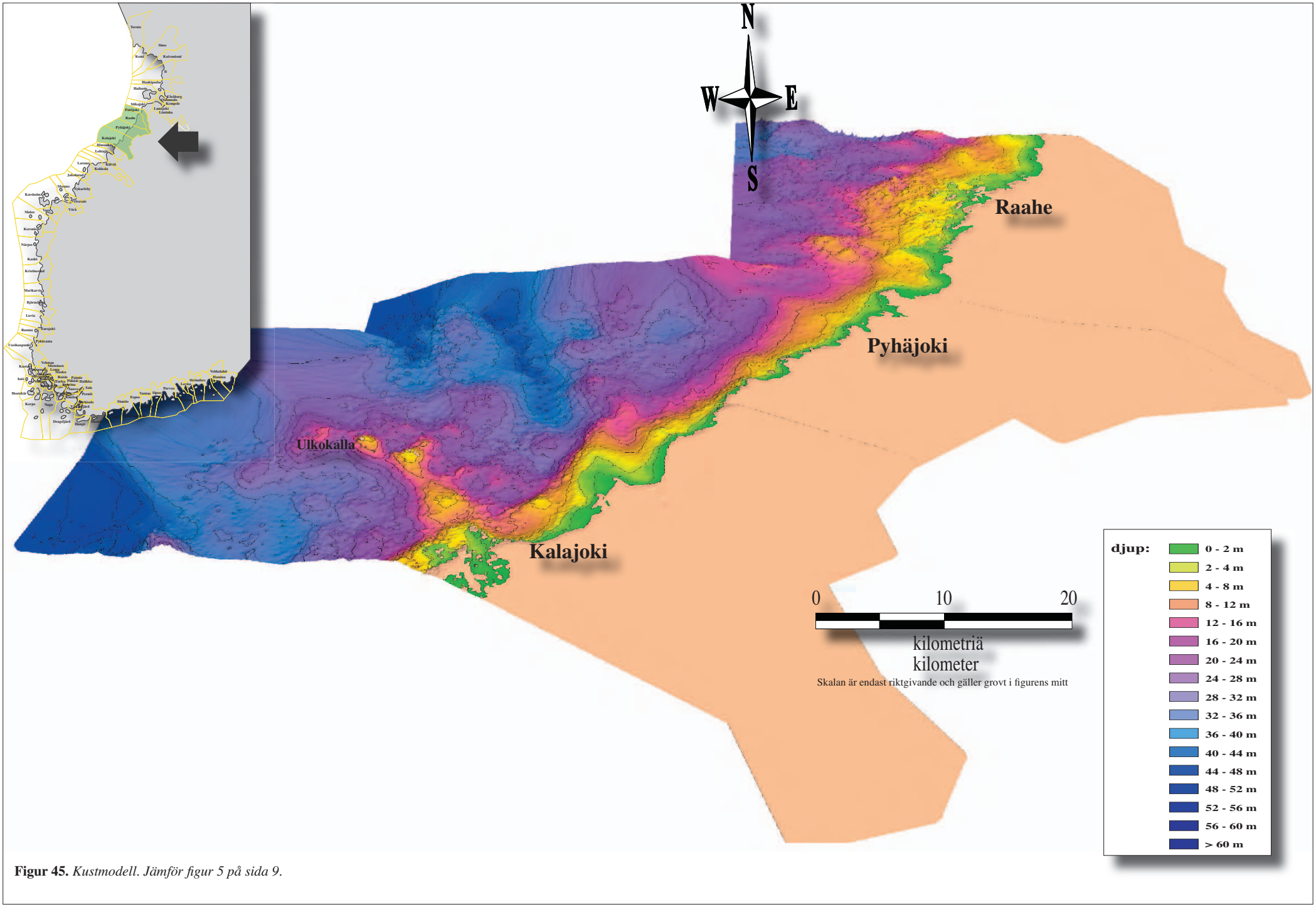
Tabell 24. Kalajoki, Pyhäjoki och Brahestad. *Centrala parametrar som beskriver vattnets och bottnets kvalitet: Förekomst (+) eller avsaknad (0) av bottenfauna, bottensedimentets kornstorlek (medianen d50), lera- (kornstorlek < 1.95 µm), mjäla (kornstorlek 1.95-62.5 m) och sandhalten (kornstorlek 62.5-2000 µm), glödgningsförlust (g), halten organiskt material (%), vattentemperatur i det bottennära vattnet (+1 m), det ytnära (1 m djup.) och det bottennära (+1 m) vattnets syremättnadsgrad och totalfosforhalt (mg/l) samt bottensedimentets fosforfraktioner.*

nationsperioderna återkommande och långvarig syrebrist med påföljande intern belastning, har på grund av områdets geomorfologi inte förutsättningar att förekomma.

station no.	djup m	latitud N	longitud E	Fe_{cdb} mmol/g	Fe_{cdb}:Pspa	N	C	H	S
215	32.5	64°19.142	23°43.086	-	-	-	-	-	-
216	7.1	64°25.877	24°03.870	-	-	-	-	-	-
217	20.8	64°36.934	24°13.117	-	-	-	-	-	-
218	13.0	64°37.961	24°19.740	-	-	-	-	-	-
219	18.5	64°42.311	24°18.499	-	-	-	-	-	-
220	11.1	64°45.254	24°29.073	-	-	-	-	-	-
254	61.0	64°27.612	23°38.536	427.597	19.534	3.4520	12.2343	2.5617	0.0000
316	17.0	64°22.264	23°52.831	13.000	5.369	-	-	-	-
317	19.0	64°32.558	24°05.742	1.289	0.532	0.0000	0.0000	0.1330	0.0000
318	12.0	64°41.071	24°22.055	78.966	13.365	-	-	-	-
319	40.0	64°49.547	24°17.157	55.330	6.209	-	-	-	-
457	24.9	64°17.129	23°40.134	-	-	-	-	-	-
460	36.6	64°44.820	24°11.938	-	-	-	-	-	-

2002 2002-03 2003 2004

Tabell 25. Kalajoki, Pyhäjoki och Brahestad. *Provstationernas läge och parametrar som beskriver bottensedimenttet: Sedimentets järnhalt (hydroksidjärn som lätt löser sig med P-FeOH fosforfraktionen och som sannolikt är en av de viktigaste formerna av järn med tanke på biologiska processer och bindning av fosfor, jämför Lindgren in prep.) och förhållandet mellan järn- och fosforhalt. Ytterligare är de gaskromatografiskt uppmätta halterna av några grundämnen presenterade i tabellen som massprocent.*



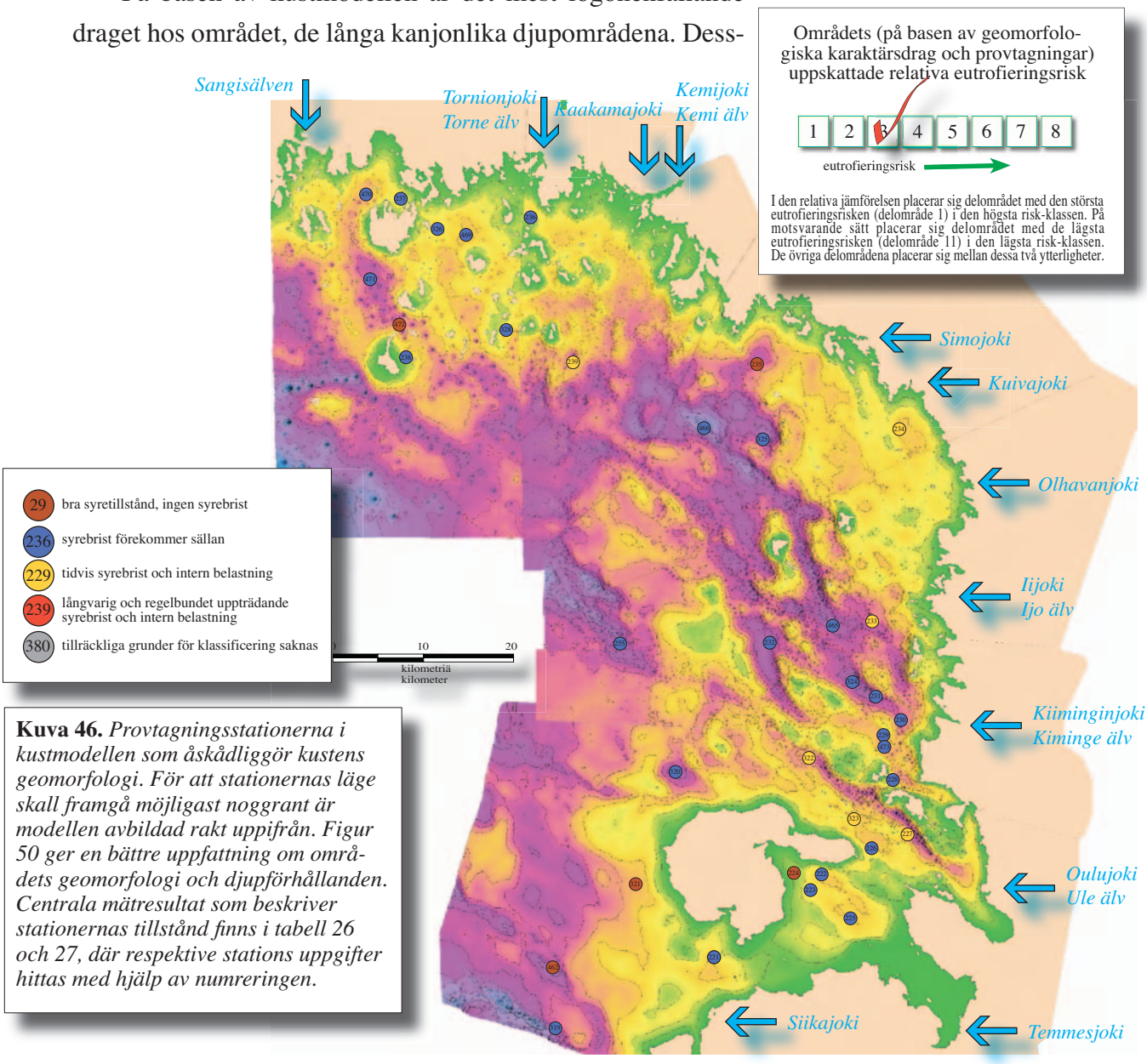
Figur 45. *Kustmodell. Jämför figur 5 på sida 9.*

Område 12. Siikajoki, Karlö, Lumijoki, Limingo, Oulunsalo, Uleåborg, Haukipudas, Ii, Kuivaniemi, Simo, Kemi, Torneå, Haparanda

På basen av mängden växtplankton i vattnet är området Bottenvikens mest eutrofierade (Kauppila och Lepistö 2001) men ändå betydligt kargare än Södra Finlands kuster i regel är. Också närsalthalterna är högre än medeltalen för Bottniska viken (Kauppila och Lepistö 2001, HELCOM 1996).

Områdets eutrofiering, som har konstaterats vara kraftigare än genomsnittsnivån för Bottniska viken och förhöjda närsalthalter, kan långt förklaras med områdets geografiska läge. Längst in i Bottenviken är vattenutbytet med Bottniska Vikens stora vattenmassor svagare, än vad fallet är vid övriga kustområden. Av den orsaken sträcker sig kusteffekterna längre ut. Med andra ord, åvattnena höjer närsalthalterna förhållandevis långt ut från fastlandet. Att området är grunt förstärker för sin del kusteffekten.

På basen av kustmodellen är det mest iögonenfallande draget hos området, de långa kanjonlika djupområdena. Dess-

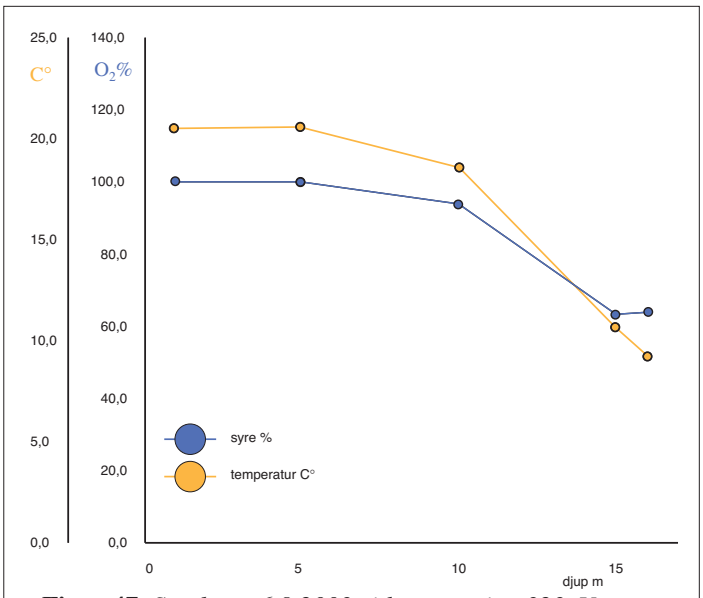


Kuva 46. *Provtagningsstationerna i kustmodellen som åskådliggör kustens geomorfologi. För att stationernas läge skall framgå möjligast noggrant är modellen avbildad rakt uppifrån. Figur 50 ger en bättre uppfattning om områdets geomorfologi och djupförhållanden. Centrala mätresultat som beskriver stationernas tillstånd finns i tabell 26 och 27, där respektive stations uppgifter hittas med hjälp av numreringen.*

utom finns det flera djupa bassänger. Merparten av området är ändå grunt och exponerat för erosion. Skärgårdszonen är smal och enhetlig och labyrintiska sedimentationsområden förekommer inte i större utsträckning.

Provtagningarna visar att djupområdenas bottnar till stor del, är täckta av synnerligen tjocka lager av organisk och mycket fosfor innehållande gyttja. Syrehalterna är ställvis låga men fullständig syrefria förhållanden påträffades inte. Fosforhalterna i det bottennära vattnet var vid provtagningstillfällena, inte signifikant förhöjda i jämförelse med halterna i det ytnära vattnet.

På basen av sin geomorfologi har om-

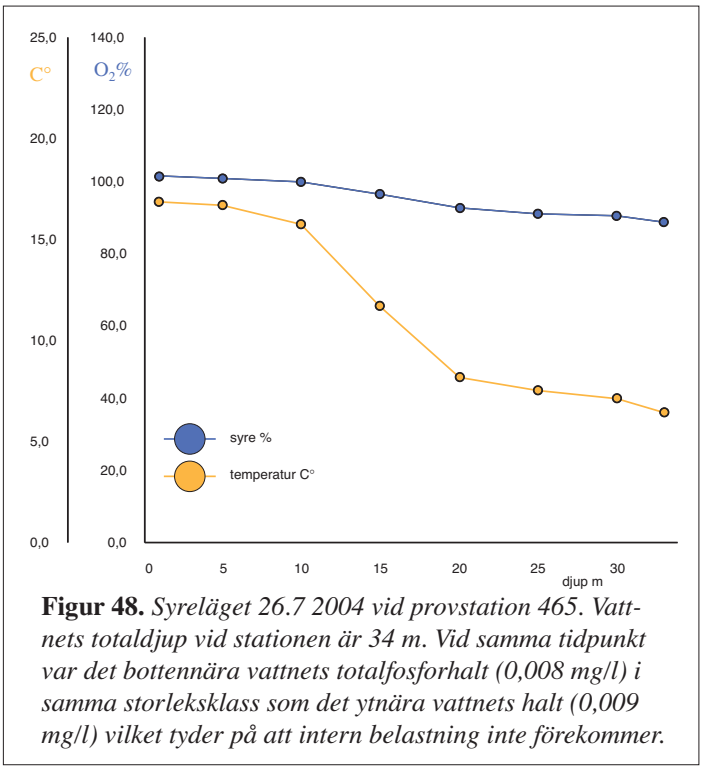


Figur 47. *Syreläget 6.8 2003 vid provstation 323. Vattnets totaldjup vid stationen är 17 m. Vid samma tidpunkt var det bottennära vattnets totalfosforhalt (0,032 mg/l) i samma storleksklass som det ytnära vattnets halt (0,029 mg/l) vilket tyder på att intern belastning inte förekommer.*

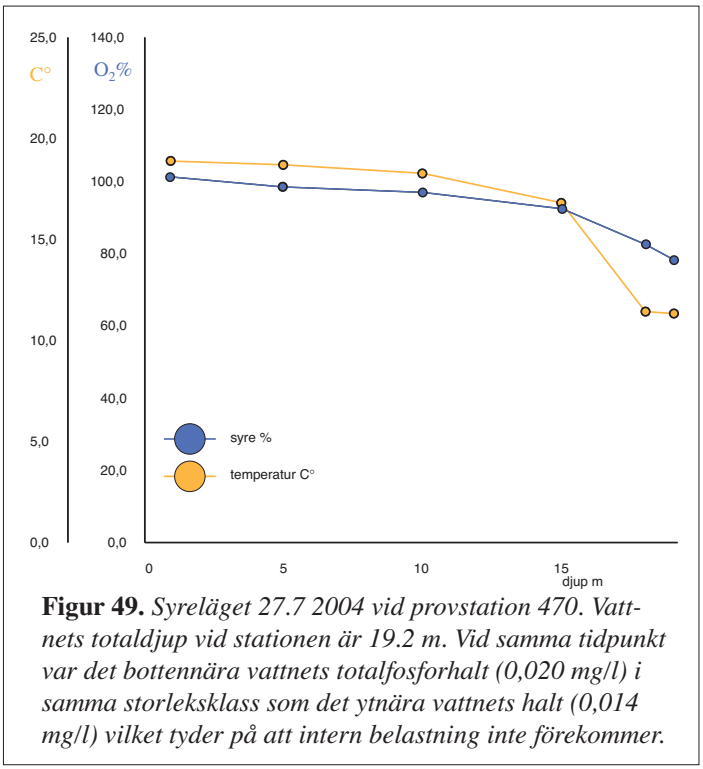
station no.	djup m	bottenfauna	kornstorlek	lera	silt	sand	glödgningsförlust	organiskt material	temperatur C°	syre-% ytan	syre-% bottnet	fosfor ytan	fosfor bottnet	P-aut.	P-detr.	P-org.	P-tot.
221	11.1	+	-	-	-	-	4.4	-	19.5	92	88	-	-	-	-	-	
222	11.8	+	-	-	-	-	10.1	-	19.8	99	94	-	-	-	-	-	
223	11.8	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
224	3.8	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
225	7.9	+	-	-	-	-	11.8	-	19.7	97	94	-	-	-	-	-	
226	10.8	+	-	-	-	-	6.7	-	19.0	96	75	-	-	-	-	-	
227	38.7	+	-	-	-	-	8.2	-	14.9	96	43	-	-	-	-	-	
228	32.7	-	-	-	-	-	-	-	16.0	-	58	-	-	-	-	-	
229	27.4	+	-	-	-	-	5.6	-	15.7	96	66	-	-	-	-	-	
230	19.0	+	5.659	21.21	78.79	0	8.7	8.8728	7.0	101	89	0.011	0.016	0,055	0,698	0,290	
231	40.0	+	5.097	23.03	76.97	0	9.3	7.5135	5.3	101	91	0.011	0.011	0,039	0,644	0,285	
232	28.0	+	39.22	7.87	58.95	33.18	5.4	4.3842	17.8	98	74	0.005	0.008	0,052	0,651	0,170	
233	30.7	+	-	-	-	-	12.1	-	16.5	99	60	-	-	-	-	-	
234	10.3	+	4.874	25.58	74.42	0	14.3	12.8883	12.4	102	41	0.013	0.014	0,069	0,881	0,569	
235	20.7	+			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
236	9.5	+	-	-	-	-	4.7	-	16.8	102	60	-	-	-	-	-	
237	13.8	+	-	-	-	-	11.7	-	12.6	98	59	-	-	-	-	-	
238	36.0	+	9.222	17.12	82.66	0.22	6.2	5.6801	4.3	99	91	0.005	0.008	0,049	0,876	0,433	
239	30.5	+	-	-	-	-	8.4	-	9.5	96	57	-	-	-	-	-	
255	34.0	0	66.76	4.76	41.55	53.69	2.0	2.5663	4.8	99	100	0.006	0.006	0,045	1,187	0,168	
320	24.0	+	6..244	20.81	79.19	0	6.0	6.5494	3.1	98	90	0.009	0.009	0,037	0,690	0,221	
321	15.0	+	-	-	-	-	-	-	18.8	97	81	0.011	0.006	-	-	-	
322	25.4	+	10.06	15.46	77.04	7.50	6.4	6.8035	7.0	100	86	0.007	0.015	0,064	0,998	0,382	
323	16.8	+	4.736	25.01	74.99	0	5.9	6.0294	9.2	100	64	0.029	0.032	0,163	1,229	0,299	
324	54.0	0	2.844	37.79	62.21	0	10.0	10.7346	5.2	101	90	0.009	0.011	0,051	0,616	0,237	
325	37.0	0	6.550	20.22	79.78	0	8.5	11.4159	4.1	103	96	0.006	0.009	0,050	0,547	0,264	
326	15.5	+	3.779	29.41	70.59	0	9.8	9.5962	8.9	97	82	0.007	0.009	0,110	1,293	0,538	
328	25.0	0	5.112	24.17	75.83	0	11.9	11.6735	6.6	97	93	0.008	0.013	0,112	1,035	0,580	
462	23.9	0	-	-	-	-	-	-	4.6	116	104	0.006	0.006	-	-	-	
465	33.6	+	-	-	-	-	11.3	-	6.5	101	88	0.009	0.008	-	-	-	
466	34.2	+	-	-	-	-	8.1	-	6.5	104	91	0.006	0.009	-	-	-	-
469	13.7	+	-	-	-	-	12.7	-	15.5	97	79	0.012	0.014	-	-	-	-
470	19.2	+	-	-	-	-	12.8	-	11.3	101	78	0.014	0.020	-	-	-	-
471	28.9	0	-	-	-	-	15.2	-	8.6	98	89	0.014	0.029	-	-	-	-
472	49.1	+	-	-	-	-	0.9	-	6.4	101	89	0.009	0.009	-	-	-	-
473	17.5	+	-	-	-	-	5.7	-	7.9	103	86	0.014	0.012	-	-	-	-

2002 2002-03 2003 2004

Tabell 26. Siikajoki, Karlö, Lumijoki, Limingo, Oulunsalo, Haukipudas, Ii, Kuivaniemi, Simo, Kemi, Tornio och Haparanda. *Centrala parametrar som beskriver vattnets och bottnets kvalitet: Förekomst (+) eller avsaknad (0) av bottenfauna, bottensedimentets kornstorlek (medianen d50), lera- (kornstorlek < 1.95 µm), mjäla (kornstorlek 1.95-62.5 m) och sandhalten (kornstorlek 62.5-2000 µm), glödgningsförlust (g), halten organiskt material (%), vattentemperatur i det bottennära vattnet (+1 m), det ytnära (1 m djup.) och det bottennära (+1 m) vattnets syremättnadsgrad och totalfosforhalt (mg/l) samt bottensedimentets fosforfraktioner.*



Figur 48. *Syreläget 26.7 2004 vid provstation 465. Vattnets totaldjup vid stationen är 34 m. Vid samma tidpunkt var det bottennära vattnets totalfosforhalt (0,008 mg/l) i samma storleksklass som det ytnära vattnets halt (0,009 mg/l) vilket tyder på att intern belastning inte förekommer.*



Figur 49. *Syreläget 27.7 2004 vid provstation 470. Vattnets totaldjup vid stationen är 19.2 m. Vid samma tidpunkt var det bottennära vattnets totalfosforhalt (0,020 mg/l) i samma storleksklass som det ytnära vattnets halt (0,014 mg/l) vilket tyder på att intern belastning inte förekommer.*

rådet inte förutsättningar för förekomst av **regelbunden, under stagnationsperioderna återkommande syrebrist och intern belastning.** Däremot förekommer allmänt förutsättningar för **tillfällig, väderleksberoende syrebrist och därav följande intern belastning.**

Under varierande väderleksförhållanden uppträder syrebrist inte. Även om bottnarna lagrar rikligt med näringsämnen, möjliggör djupområdenas geomorfologier tillräckligt kraftiga strömmar för att hålla det bottennära vattnet syresatt och för att upprätthålla en livskraftig bottenfauna. På grund av att området är grunt är det vertikala vattenutbytet mellan det ytnära och det bottennära vattnet effektivt. Ytterligare är åarnas inverkan på de bottennära vattenströmmarna, kraftig i det grunda området. Områdets relativt karga förhållanden bidrar till att området besparats från en kraftig intern belastning. Under karga omständigheter är produktionen av organiskt material låg och mängden material som lägger sig på bottnarna och som vid nedbrytningen förbrukar syre, är relativt små.

Risken för intern belastning är som störts vid ovanligt långa och lugna värmeperioder, då algernas produktion är kraftig och mängden organiskt material som sjunker till bottnarna är stor. Vid sådana tillfällen är den syreförbrukande nedbrytningsverksamheten kraftig, samtidigt som det bottennära vattnet inte byts ut tillräckligt effektivt.

I området finns risk för storskalig, självförstärkande intern belastning i fall eutrofieringsnivån stiger från den nuvarande. Sannolikt är området överlag, nära den gräns då vattenutbytet inte längre är tillräckligt för att kompensera för nedbrytningsprocessernas syreförbrukning. När så är fallet, uppstår syrefria förhållanden i det bottennära vattnet och ur bottnarnas gyttjelager börjar fosfor innehållande näringsämnen lösa sig i vattnet. På grund av att primärproduktionen inom området är starkt fosforbegränsad, skulle konsekvenserna av att en intern belastningscyckel startar, sannolikt bli kraftigt

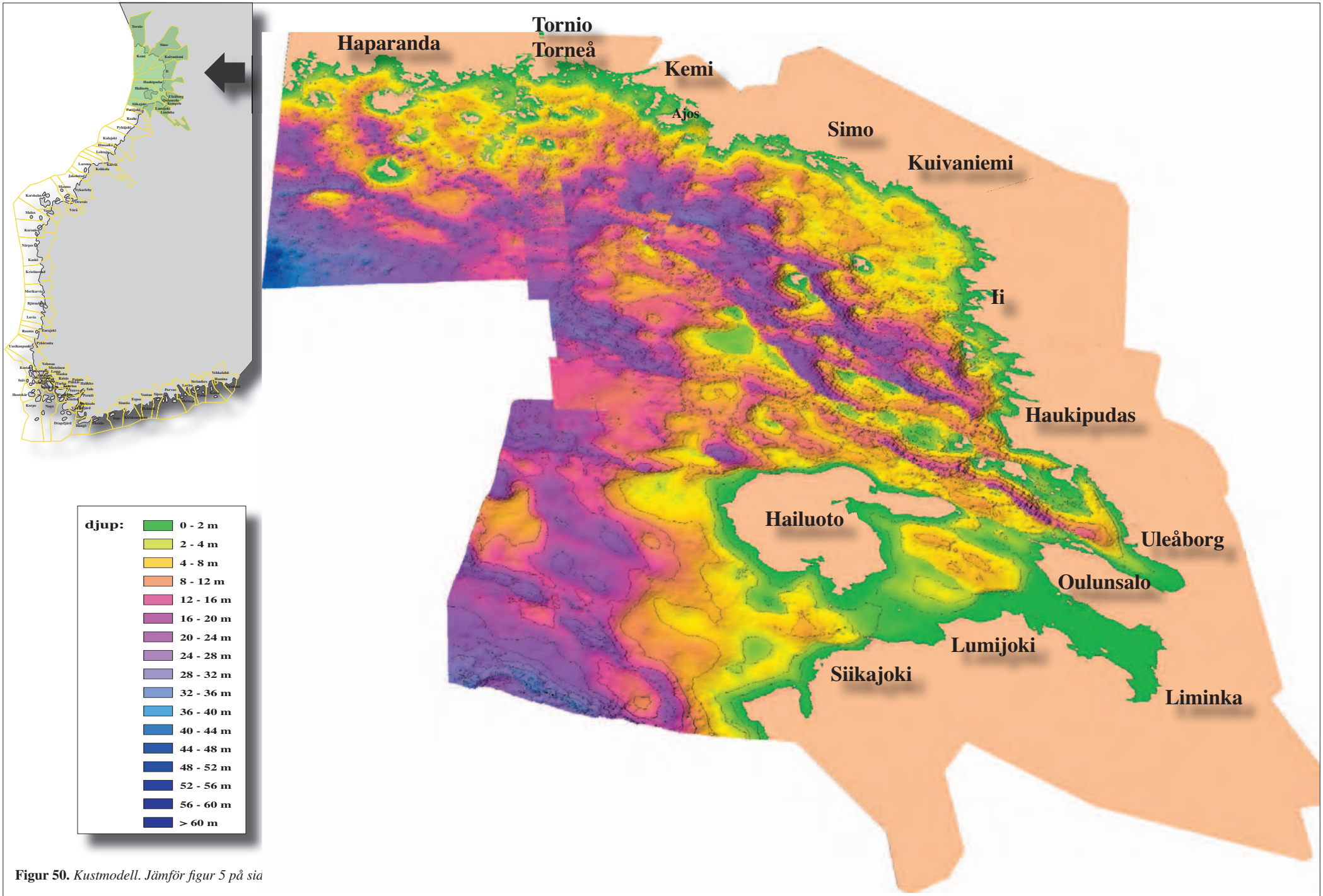
eutrofierande.

Utvecklingen av områdets tillstånd kan bäst följas genom att iaktta de olika typerna av djupområden och deras syreläge samt parametrar hos sedimenen och bottenfaunan som berättar om syreläget. Under hög- eller sensommaren utförda provtagningar har största indikatorvärden.

station no.	djup m	latitud N	longitud E	Fe_{cdb} mmol/g	Fe_{cdb}:P_{spa}	N	C	H	S
221	11.1	64°55.100	24°41.113	-	-	-	-	-	-
222	11.8	65°01.005	24°57.686	-	-	-	-	-	-
223	11.8	65°01.112	24°56.798	-	-	-	-	-	-
224	3.8	65°01.150	24°56.100	-	-	-	-	-	-
225	7.9	64°58.261	25°03.700	-	-	-	-	-	-
226	10.8	65°02.619	25°08.353	-	-	-	-	-	-
227	38.7	65°04.015	25°13.075	-	-	-	-	-	-
228	32.7	65°07.182	25°11.166	-	-	-	-	-	-
229	27.4	65°11.753	25°10.753	-	-	-	-	-	-
230	19.0	65°12.186	25°12.870	397.515	11.828	0.3607	2.0742	0.6007	0.3325
231	40.0	65°13.038	25°07.465	325.532	29.226	-	-	-	-
232	28.0	65°13.256	24°49.910	188.551	7.850	-	-	-	-
233	30.7	65°17.617	25°06.758	-	-	-	-	-	-
234	10.3	65°31.577	25°08.459	396.977	18.975	-	-	-	-
235	20.7	65°35.639	24°44.956	-	-	-	-	-	-
236	9.5	65°45.012	24°07.201	-	-	-	-	-	-
237	13.8	65°46.127	23°45.660	-	-	-	-	-	-
238	36.0	65°35.391	23°47.083	342.185	16.132	-	-	-	-
239	30.5	65°35.096	24°15.470	-	-	-	-	-	-
255	34.0	65°15.133	24°26.415	165.452	15.672	0.2735	0.1172	0.2269	0.1390
320	24.0	65°07.681	24°34.385	183.716	12.903	0.3956	1.5535	0.4443	0.2167
321	15.0	64°59.990	24°29.326	-	-	-	-	-	-
322	25.4	65°09.179	24°56.715	233.137	10.991	0.2765	2.2237	0.5320	0.2588
323	16.8	65°05.392	25°01.831	116.031	5.901	-	-	-	-
324	54.0	65°13.874	25°02.578	407.721	20.336	-	-	-	-
325	37.0	65°31.519	24°35.343	526.975	13.880	-	-	-	-
326	15.5	65°43.770	23°51.627	442.638	18.653	-	-	-	-
328	25.0	65°36.664	24°05.793	438.340	19.937	0.5635	3.9957	0.8471	0.1699
462	23.9	64°51.604	24°12.122	-	-	-	-	-	-
465	33.6	65°18.308	24°57.649	-	-	-	-	-	-
466	34.2	65°31.644	24°35.827	-	-	-	-	-	-
469	13.7	65°43.223	23°56.821	-	-	-	-	-	-
470	19.2	65°46.627	23°40.306	-	-	-	-	-	-
471	28.9	65°40.922	23°41.122	-	-	-	-	-	-
472	49.1	65°37.614	23°46.439	-	-	-	-	-	-
473	17.5	64°51.604	24°12.122	-	-	-	-	-	-

2002 2002-03 2003 2004

Tabell 27. Siikajoki, Karlö, Lumijoki, Limingo, Oulunsalo, Haukipudas, Ii, Kuivaniemi, Simo, Kemi, Tornio och Haparanda. *Provstationernas läge och parametrar som beskriver bottensedimenttet: Sedimentets järnhalt (hydroksid-järn som lätt löser sig med P-FeOH fosforfraktionen och som sannolikt är en av de viktigaste formerna av järn med tanke på biologiska processer och bindning av fosfor, jämför Lindgren in prep.) och förhållandet mellan järn- och fosforhalt. Ytterligare är de gaskromatografiskt uppmätta halterna av några grundämnen presenterade i tabellen som massprocent.*



Figur 50. *Kustmodell. Jämför figur 5 på sia*

4. Slutsatser

4.1. Eutrofieringsrisk och geomorfologi

Kustens geomorfologi (jordskorpans och berggrundens form hos kusten) är avgörande för de olika kustavsnittens benägenhet till syrebrist och därav förorsakad intern belastning. Kustmodellerna av bottnarnas topografiska förhållanden stödda av de *in situ* utförda provtagningarna, visar att bottnarnas tillstånd kan uppskattas på basen av geomorfologin. *Ju komplexare geomorfologi, desto sannolikare är det att bottnarnas syreläge är dåligt och att intern belastning förekommer.*

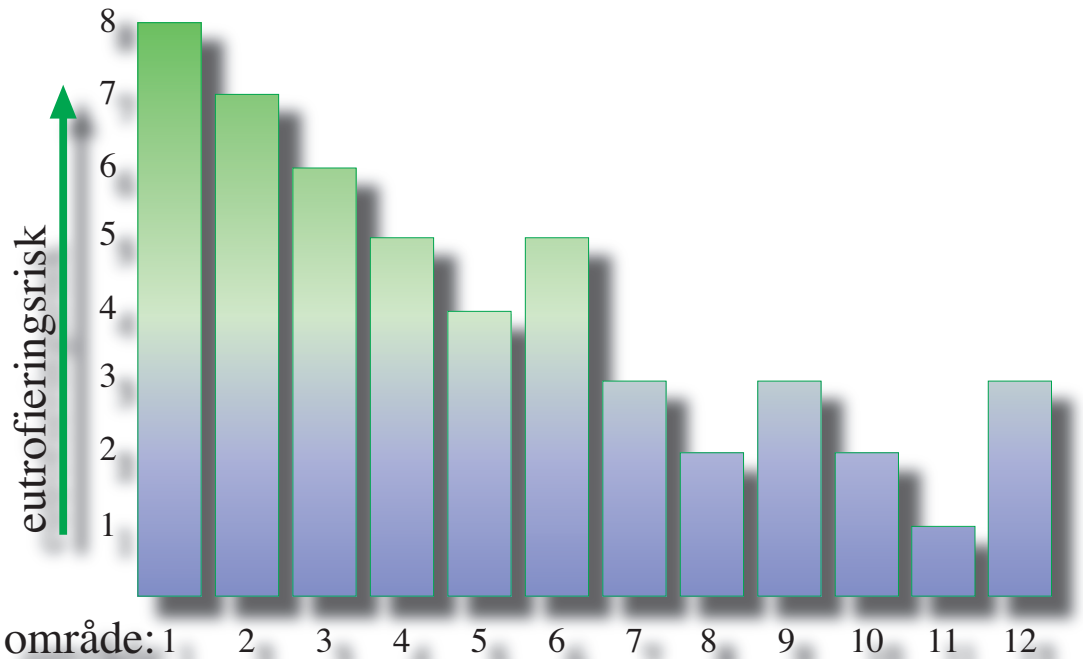
Karteringarna av eutrofieringsrisken visar att det förekommer *stora relativa skillnader i eutrofieringsrisk vid Finlands olika kustavsnitt* (fig. 51) och provtagningarna visar med stöd av vattenkvalitet och bottnarnas tillstånd, att riskerna klart realiserats på en stor del av kusten. Det dåliga syreläget och förekomsten av svavelväte har också en avgörande betydelse för förekomsten av t.ex. bottenfauna och fisk som utnyttjar den som föda.

Skillnaderna i vattenkvalitet vid olika delar av Finlands kust förklaras *inte av de olika områdenas absoluta belastningsmängder, utan av kustområdenas olika geomorfologiska särdrag,* som påverkar områdenas tålighet för belastning och eutrofieringsrisk. På områden med hög eutrofieringsrisk ger även relativt små utsläppsmängder upphov till en eutrofieringsprocess. Å andra sidan, åstadkommer inte ens relativt stora utsläppsmängder kraftiga eutrofieringseffekter på områden vars geomorfologi inte erbjuder förutsättningar för intern belastning.

4.2. Eutrofieringsrisk, geomorfologi och vattenutbyte

Det starka sambandet mellan kustens geomorfologi och eutrofieringsrisken beror på att *kustområdenas geomorfologi reglerar vattnets omsättning*. Olika geomorfologiska formationer formar och styr vattnets vertikala och horisontella utbyte och skapar olika förutsättningar för uppkomst av syrebrist. Vattnets djup är inte avgörande för områdenas benägenhet till syrebrist och syrefria bottnar förekommer inom skärgårdens alla djupzoner. I till exempel Skärgårdshavets kanjonlika fördjupningar (fig. 28) är syrebrist ovanligt trots att kanjonerna är betydligt djupare än närliggande områden. I hög grad avgörande för bottnarnas tillstånd i ett visst kustområde, är havsbottnens geomorfologiska former som bestämmer grundförutsättningarna för vattenutbytet i området.

Svagt vertikalt vattenutbyte är förutsättningen för syrebrist i det bottennära vattnet och för intern belastning. *Svagt horisontellt vattenutbyte koncentrerar eutrofieringen* till områden dit t.ex. grunda och tröskellika bottenformationer förhindrar det mindre näringsrika vattnet från de öppna havsområdena att komma.



Figur 51. *Undersökningsområdets olika delområden rangordnade på basen av eutrofieringsrisk. 1 - 4: Finska viken. 5 - 6: Skärgårdshavet och Hangö området. 7 - 8: Bottenhavet. 9: Kvarken. 10 - 12: Bottenviken. Se även figur 52.*

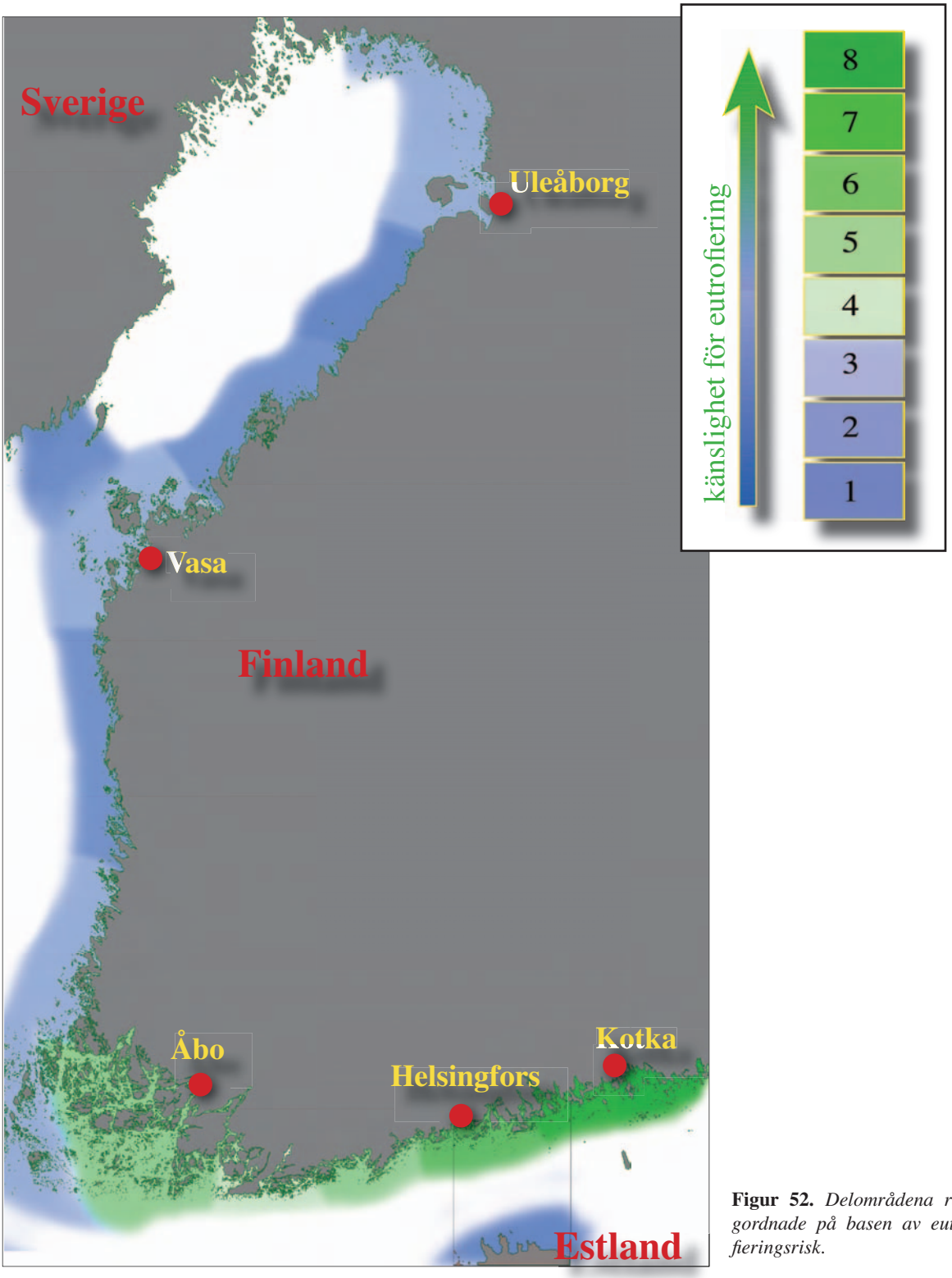
Enstaka kraterlika fördjupningarna, labyrintiska skärgårdsområden eller andra formationer som försämrar vattenutbytet och som tydligt kan urskiljas med hjälp av 3D-kustmodellerna, leder i allmänhet inte till att syrebrist förekommer i det bottennära vattnet. Men ifall den här typens formationer förekommer allmänt indelas kusten i *avdelningar* med ineffektivt utbyte av det bottennära vattnet. I ett område som i hög grad är indelad i avdelningar är avdelningarnas samverkan på vattenutbytet stor och syresättningen av det bottennära vattnet är ineffektivt. Ju mera omfattande indelningen i geomorfologiska avdelningar ett kustområde är, desto sannolikare är det att mjukbottnarna lider av syrebrist och att de belastar området internt och desto större är områdets eutrofieringsrisk.

4.3. Eutrofieringsrisk, geomorfologi, vattenutbyte och belastning

4.3.1. Lokal belastning

Förekomsten av ett stort antal avdelningar medför också att belastningseffekterna inom området förstärks på grund av ineffektivt vattenutbyte och ineffektiv utspädning av belastande ämnen. Följaktligen kan den *lokala belastningens betydelse vara mångfaldigt större vid vissa kustområden,* i jämförelse med andra områden som i mindre grad är indelade i avdelningar och där belastande ämnen snabbt späds ut i större vattenvolymer.

Svagt horisontellt vattenutbyte accentuerar de lokala utsläppens andel av belastningen. *I synnerhet i områden med stor eutrofieringsrisk, förhindrar den komplexa geomorfologin näringsfattigare vatten från öppna havsområden att tränga in i områdena och havsvattnets utspädande effekt av de näringsrika kustvattnen blir liten*. I allmänhet är närsalthal-



Figur 52. *Delområdena rangordnade på basen av eutrofieringsrisk.*

terna i Östersjön och även utanför den Finländska kusten, i medeltal betydligt lägre i det öppna havsområdets vatten, än i kustvattnen och i den mån havsvattnen kommer åt att tränga in i kustvattnen, har de en omedelbar sänkande effekt på halterna av näringsämnen.

I områden som består av ett stort antal geomorfologiska avdelningar beskriver belastningseffekterna inte nödvändigtvis en avståndsgradient, där de negativa effekterna avtar

med växande avstånd till belastningskällan. I stället *kommer belastningseffekterna till uttryck olika kraftigt i olika delar av recipienten, i enlighet med de lokala geomorfologiska omständigheterna*. Som följd av kustområdenas varierande belastningskänslighet, förblir den lokala belastningens effekter liten i närheten av utsläppskällorna ifall de närliggande områdena inte är speciellt känsliga för belastning. På längre avstånd från utsläppskällorna, i områden som reagerar mera känsligt på tilläggsbelastning, kan den lokala belastningens negativa effekter kumuleras till följd av intern belastning, trots att områdena kan befinna sig på betydligt avstånd från belastningskällorna.

4.3.2. Fjärrtransporterad belastning

Ett beskrivande exempel på geomorfologins betydelse är Finska vikens kust, som på den Finländska sidan är kraftigt indelad i avdelningar. På motsatt sida av Finska viken är den Estländska kusten slipad av istidens glaciärer och den är jämnt sluttande och endast i liten utsträckning, indelad i avdelningar (Myllyvirta och Henriksson 2001). Den omväxlande och kuperade geomorfologin vid Finlands kust skapar förutsättningar för syrebrist vid bottnarna och för intern belastning, medan geomorfologin på Estlands sida av Finska viken, nästan inte alls erbjuder förutsättningar för intern belastning med påföljande självförstärkande eutrofieringsutveckling (fig. på sid. 3). Bottnarnas tillstånd och vattenkvaliteten är följaktligen i sämre skick vid den Finländska kusten än vid den Estländska kusten. Estlands kustvatten är näringsfattiga i jämförelse med den Finländska kustens näringsrika vatten.

De lokala belastningskällornas näringsämnen och atmosfäriskt nedfall, belastar de mottagande kustvattnen. Övrig belastning av Finland kust med näringsämnen, kommer i riktning från det öppna havsområdet, där halterna av näringsämnen i medeltal är betydligt lägre än mångenstädes vid våra övergödda kustområden. Exempelvis näringsämnen från St:Petersburgs och Nevas riktning som kommer med havsströmmar förorsakade av bl.a. korioliskraften, uppblandas på vägen i det öppna havsområdets stora vattenvolymer och utspäds så att när de anländer till närheten av Finlands kust, *är vattnets närsalthalter i medeltal betydligt lägre än halterna i vattnen vid vår kust*.

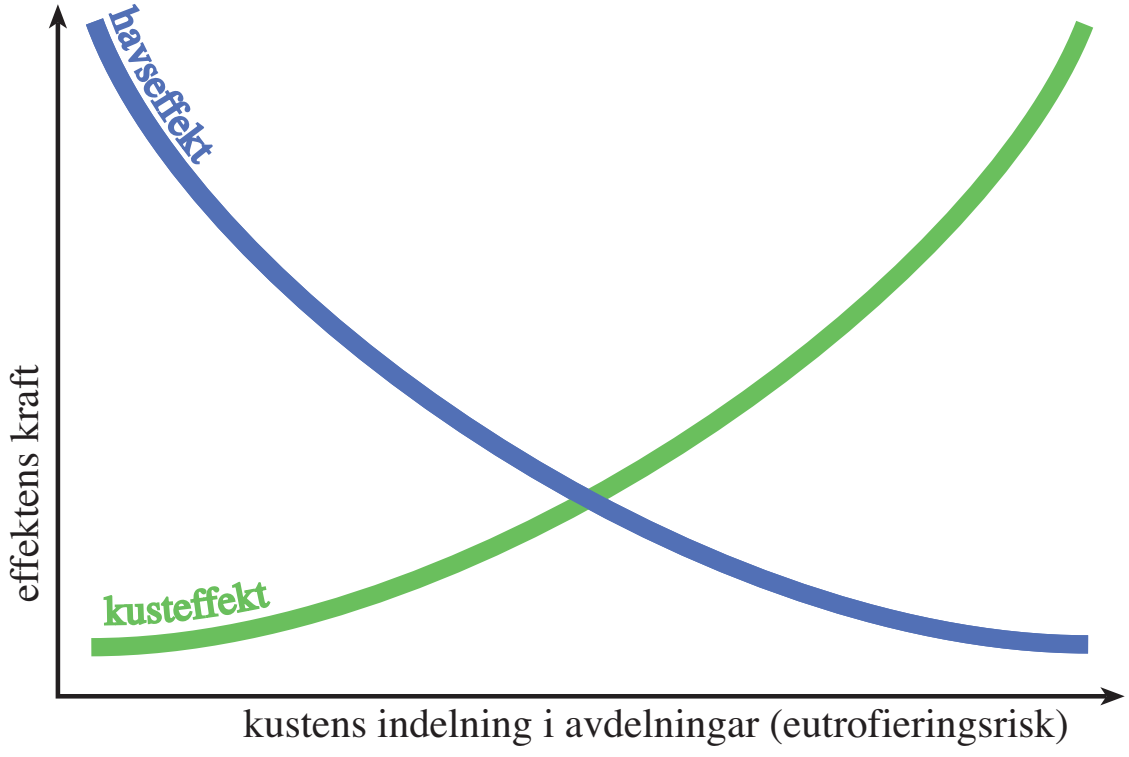
För att inte underskatta effekterna av våra egna utsläpps inverkan på vattnets tillstånd hos vår kust, är det skäl att även beakta saken ur den synvinkeln, att det i huvudsak är våra egna utsläpp som försämrar kvaliteten på våra kustvatten. I den utsträckning som t.ex. grannländernas utsläpp kommer till våra kustvatten, kommer de huvudsakligen med det i medeltal näringsfattigare öppna havets vatten. Då havsvattnet blandas med våra eutrofierade kustvatten, sänker havsvattnet halterna av näringsämnen i våra kustvatten och förbättrar vattenkvaliteten vid kusten. Den utspädande effekten av det öppna havets vatten är beroende av skillnaderna i havsvattnets och kustvattnens närsalthalter. *Ju näringsfattigare havsvattnet är i förhållande till kustvattnen, desto effektivare är den utspädande effekten*.

4.4. Havseffekt / kusteffekt

Det öppna havsområdets havseffekt som späder ut kustvattnens närsalthalter och den direkta kusteffekten från kustens landområden, verkar inte jämnt längs kusten. De *varierar beroende på hur kraftigt indelade i avdelningar och hur effektivt förhindrande av vattenutbytet kustavsnittens geomorfologier är. I områden, där den lokala geomorfologin inte förhindrar det mindre näringsrika havsvattnet att komma nära kusten, är vattenkvaliteten också bättre*. I sådana kustområden med låg eutrofieringsrisk, där geomorfologin inte bildar rikliga avdelningar, är havseffekten starkare och kusteffekten svagare. På motsvarande sätt är havseffekten svagare och kusteffekten starkare, i kustområden med stor eutrofieringsrisk (fig. 53).

Skärgårdshavet är i sin helhet ett exempel på en *exceptionellt kraftig och vidsträckt kusteffekt*. En bred skärgårdszon och Salpausselkäs fortlöpare under vatten samt de geomorfologiska formationerna i riktning mot Nystad som hindrar vattenutbytet, åstadkommer att områdets vattenutbyte med det öppna havet är mycket begränsad och havseffekten är svag, samt att kusteffekten är stark och sträcker sig långt.

Skärgårdshavets näringsrika vatten rör sig med de rådande vattenströmmarna norrut mot Bottenhavet. Bottenhavet avviker till sin geomorfologiska natur och till sin eutrofieringsrisk från Skärgårdshavet. I Bottenhavet är havseffekten kraftig och kusteffekten svag och begränsad till de kustnära vattenområdena. P.g.a. att utsläppen från



Figur 53. *När kustens indelning i avdelningar ökar (vattenutbytet försvagas), minskar havseffekten och kusteffekten ökar, varpå eutrofieringsrisken ökar.*

Bottenhavets kust effektivt utspäds i huvudbassängens stora vattenmassor, är områdets kustvatten mycket näringsfattigare än i Skärgårdshavet. En skarp övergångszon mellan Skärgårdshavets eutrofierade och Bottenhavets relativt karga förhållanden, framhäver Skärgårdshavets inflytande som belastare av Bottenhavet. Bottenhavets geomorfologiska omständigheter gynnar ändå inte syrebrist i det bottennära vattnet och inte intern belastning och i det avseendet är områdets eutrofieringsrisk liten.

4.5. Geomorfologi och 3D-teknik i undersökningar av vattendrag

Förutom geomorfologin inverkar även en mängd andra faktorer på bottnarnas syretillstånd, interna belastning och kustområdenas eutrofieringsrisk. Till exempel erbjuder geomorfologin i det inre av Bottenviken, förutsättningar för syrebrist p.g.a. att det förekommer rikligt med formationer som ansamlar organiskt material och bottnarnas sedimentavlagringar är på många ställen, organisk gyttja. Syrebrist och härav följande intern belastning är trots det sällsynt inom området. Möjligen är de bottennära vattenströmmarna tillräckliga för att hålla det bottennära vattnet syresatt men inte tillräckligt kraftiga för att förorsaka erosion av bottnarna. Uppenbarligen binder sedimentets höga järnhalter fosfor till sedimenten och förhindrar fosforns eutrofierande effekter i området. Vattnets låga salt- och sulfathalter i området förorsakar att fosfor starkt binds till järn. Vi kan ändå konkludera att geomorfologin intar en nyckelposition vid uppkomst av syrebrist och intern belastning genom att skapa förutsättningar för finkornigt sediment att ansamlas och genom att hindra vattenutbytet.

Geomorfologin skapar grundförutsättningarna för intern belastning. Efter det inverkar t.ex. vattnets temperatur- och salinitetsskiktning och fysikalisk-kemiska faktorer vid gränsytan mellan bottensedimentet och vattnet, på om näringsämnen börjar lösa sig ur bottensedimenten.

Genom att ta hänsyn till kustens geomorfologi vid planering av miljökonsekvensundersökningar och vid tolkningar av mätdata uppnås större precision vid uppskattningarna av olika belastande verksamheters miljöeffekter. 3D-modeller av kustens geomorfologi är effektiva och praktiska verktyg för detta ändamål. Resultaten av den här undersökningen som tar hänsyn till kustens geomorfologi, kan användas bl.a.

- som hjälpmedel vid beslutsfattande vid planering av en hållbar användning av kustområden
- för att rikta vattenområdenas nyttjande i enlighet med deras förmåga att tåla belastning
- för att rikta vattenskyddsåtgärder
- vid övervakning av förändringar i miljöns tillstånd
- vid uppskattning av belastningens effekter på vattenmiljön

- för att minimera miljöeffekterna som förorsakas av vattenområdenas utnyttjande samt
- vid planering av hållbar fiskeriekonomi, rekreation m.m. verksamhet

Med utnyttjande av den teknik som utvecklats inom detta arbete, kan detaljerade tredimensionellt visualiserande modeller av utvalda kustområden göras. Med modellerna och vid behov kontrollprovtagningar, kan den lokala belastningskänsligheten och eutrofieringsrisken uppskattas inom mindre områden.

4.5. Minskning av eutrofieringsrisken

Ju näringsfattigare det öppna havets vatten är i jämförelse med våra kustvatten, desto kraftigare är dess utspädande effekt då det gäller närsalthalterna vid våra kuster. Det här syns tydligt som bättre vattenkvalitet inom de av våra kustområden, där det öppna havets vatten kommer åt att skölja kusten effektivt. *Det är viktigt att förhindra tillståndet hos det öppna havets vatten från att försämras och att få till stånd en förbättring, så att närsalthalterna också i framtiden är klart lägre än halterna i våra kustvatten och att de öppna havsvattnens utspädande effekt bibehålls*. T.ex. att minska St:Petersburgs stora fosforutsläpp, liksom även att minska på alla övriga utsläpp som belastar Östersjön, är viktigt både med tanke på det öppna havets tillstånd och på kusternas vattenkvalitet.

Ett återställande av kvaliteten på våra kustvatten till den nivå som de varit på innan den yttre belastningen ökade markant och den interna belastningen kom igång, åstadkoms genom att bryta den interna belastningens dominerande roll av belastningen. Detta lyckas genom att minska den lokala belastningen till en nivå, på vilken situationen börjar återhämta sig från de kraftiga eutrofieringseffekterna. Det är inte realistiskt att i större skala, göra havseffekten i kust- och skärgårdsområden kraftigare genom att röja bort geomorfologiska hinder och det enda återstående alternativet, för att förbättra vattenkvaliteten och det ekologiska tillståndet, är att minska på den yttre belastningen.

Ett sätt att få eutrofieringsutvecklingen i kontroll inom kustområdet, är att förverkliga åtgärderna för att minska belastning så, att de mottagande kustområdenas tolerans inte överskrids. Beträffande kustområden med stor eutrofieringsrisk förutsätter det här på många håll att den belastande verksamhetens (samhällen, industri, jord- och skogsbruk, glesbyggd, fiskodling o.s.v.) utsläpp skärs ner till en liten del av den nuvarande nivån, samtidigt som den nuvarande reningsnivån kan vara till och med tillräcklig på tåligaste kustområdena. *På grund av att vissa kustområden är synnerligen känsliga för eutrofiering, borde kraven på rening av avloppsvatten och reningsresultaten vara på en helt annan nivå i dessa känsliga områden, än vad fallet är i områden som är belastningståliga* (fig. 52). Ett sådant sätt att närma sig saken kräver stora investeringar inom de eutrofieringskänsliga områdena.

För att med gemensamt ansvar rikta tilläggsresurser t.ex. till flere områden med stor eutrofieringsrisk, där den nuvarande utsläppsnivån tydligt överskrider områdenas kapacitet att tåla belastning, är det befogat att för ändamålet grunda en fond. ”*Kustfondens”* uppgift skulle bl.a. vara att investera i belastningsminskande åtgärder sålunda, *att belastningen inte inom något kustområde, inte heller inom områden med hög eutrofieringsrisk, överskrider den nivå, på vilken en förbättring av vattenkvaliteten är möjlig*.

Att bryta eutrofieringsutvecklingen genom att rikta belastningsminskningen till områden med speciellt stor eutrofieringsrisk brådskar, för det finns rikligt av potentiella bottenområden till vilka en kraftig intern belastning kan sprida sig (se kap. regionala resultat sid. 14 - 69. Ifall klimatförändringen som redan visat tecken på att den kan vara ett faktum, åstadkommer en tydlig förhöjning av medeltemperaturen inom dessa områden, förstärker den eutrofieringen av våra vatten då högre temperatur accelererar biologiska processer och förlänger växtperioden.

Beaktande av eutrofieringsrisken, bör vara grunden för planeringen av kustområdenas utnyttjande och grunden för att minimera belastningens negativa effekter, i enlighet med principerna för en hållbar utveckling.

5. Litteraturförteckning

Anderson, L. D. & Delaney, M. L. 2000. Sequential extraktion and analysis of phosphorus in marine sediments: Streamlining of the SEDEX prosedure. Limnology and Oceanography 45, 509-515.

Aura, R., Kauppi, M., Mannio, J., Tossavainen, J., Törrönen, J. & Välipakka, P. 2001. Vesi. I publikationen: Kaakkois- Suomen ympäristön tila: Kaakkois- Suomen ympäristökeskus, Kouvola. 73-105.

Bonsdorff, E., Blomqvist, E. M., Mattila, J. & Norkko, A. 1997. Long-term changes and coastal eutrophication. Examples from the Åland Islands and the Archipelago Sea, northern Baltic Sea. Oceanologica Acta 20.

Bonsdorff, E., Blomqvist, E. M., Mattila, J. & Norkko, A. 1997a. Coastal eutrophication: causes, consequences and perspectives in the archipelago areas of the northern Baltic Sea. Estuarine, Coastal and Shelf Sci. 44 (Supplement A).

Haahti, H. & Kangas P. (editors) 2004. State of the Gulf of Finland in 2003. Meri. Report Series of the Finnish Institute of Marine Research 51, 2004.

HELCOM, 1996. Third periodic assessement of the state of the marine environment of the Baltic Sea, 1989-93; Background document. Balt. Sea Environ. Proc. No. 64 B.

Henriksson, M. & Myllyvirta, T. 1991. Itä-Uudenmaan saaristoalueen bioindikaattoritutkimus 1990. Itä-Uudenmaan ja Porvoonjoen vesien- ja ilmansuojeluyhdistys r.f.

Henriksson, M. & Myllyvirta, T. 1992. Itä-Uudenmaan saaristoalueen bioindikaattoritutkimus 1991. Itä-Uudenmaan ja Porvoonjoen vesien- ja ilmansuojeluyhdistys r.f.

Henriksson, M. & Myllyvirta, T. 1995. Onaksen saaristoalueen pohjaeläinten intensiivitutkimus. Itä-Uudenmaan ja Porvoonjoen vesien- ja ilmansuojeluyhdistys r.y. Monistettu tutkimusraportti.

Henriksson, M. & Myllyvirta, T. 2001. Pellingin saaristoalueen vesiluonnon tila. Itä-Uudenmaan ja Porvoonjoen vesien- ja ilmansuojeluyhdistys r.y. Monistettu tutkimusraportti.

Holmberg, R., Jokinen, O., Kuosa, H. & Ranta, E. 1998. Mustionjoen, Fiskarsinjoen, Pohjanpitäjänlahden ja Tammisaaren merialueen yhteistarkkailun yhteenveto vuodelta 1997. Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö ry. Julkaisu 86. ISSN 0789-9084.

Holmberg, R. & Jokinen, O. 1999. Hangon merialueen ja Bengtsårin vesien yhteistarkkailun yhteenveto vuodelta 1997. Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö ry. Julkaisu 87. ISSN 0789-9084.

Holmberg R., Mettinen, A. & Ranta, E. 1999. Inkoon Fagervikenin yhteistarkkailun yhteenveto vuodelta 1998. Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö ry. Julkaisu 92. ISSN 0789-9084.

Ikonen, A. T. K., Kaapu, J., Lehtonen, K., Mattila, J., Räisänen, R., Turkki, H. & Sauvonkaari, J. 2003 Environment Studies in the Olkiluoto Area. Working Report 2003-15.

Ilus, E. 1990. Loviisan ydinvoimalaitosta ympäröivän merialueen biologinen tarkkailu vuonna 1989. Monistettu raportti. Säteilyturvakeskus, Helsinki. Liitteenä: Ilus, E., Keskitalo, J. Loviisan voimalaitosta ympäröivän merialueen kasviplankton tutkimus vuonna 1988.

Jaala, E. 2005. Hamina-Kotka-Pyhtää merialueen lahtien veden tila 1993-2003. Kymijoen vesi ja ympäristö ry:n julkaisu no 126/2005.

Kajaste, I. 2004. Helsingin ja Espoon merialueen pohjaeläimistö. I publikationen: Pellikka, K. (red.): Helsingin ja Espoon merialueiden velvoitetarkkailu vuonna 2004. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen monisteita 1/2004: 52-66.

Kangas, P., Byholm, L., & Stigzelius, J. 2001. Changes in zoobenthic communities. I publikationen: Kauppila, P. and Beck, S. (red.): The state of Finnish coastal waters in the 1990s. The Finnish Environment 472, s. 79-88.

Kauppila, P., Korhonen, M., Pitkänen, H., Kenttämies, K., Rekolainen, S. & Kotilainen, P. 2001. Loading of pollutants. I publikationen: Kauppila, P. and Beck, S. (red.): The state of Finnish coastal waters in the 1990s. Publications of the Finnish Water and Environment Administration, no 472, s. 15-29.

Kauppila, P. & Lepistö. 2001. Changes in phytoplankton. I publikationen: Kauppila, P. and Beck, S. (red.): The state of Finnish coastal waters in the 1990s. Publications of the Finnish Water and Environment Administration, no 472, s. 61-70.

Kirkkala, T. & Turkki, H. 2005. Uudenkaupungin ja Pyhämaan edustan merialue. Teoksessa: Sarvala, M. & Sarvala, J. (toim.) Miten voit, Selkämeri? Ympäristön tila Lounais-Suomessa 4. Lounais-Suomen ympäristökeskus. Turku 144 s.

Kirkkala, T. & Turkki, H. 2005a. Rauman ja Eurajoen edustan merialue. Teoksessa: Sarvala, M. & Sarvala, J. (toim.) Miten voit, Selkämeri? Ympäristön tila Lounais-Suomessa 4. Lounais-Suomen ympäristökeskus. Turku 144 s.

Laine, A. O., Sandler H., Andersin, A.-B. & Stigzelius, J. 1997. Long-term changes of macrozoobenthos in the Eastern Gotland Basin and the Gulf of Finland (Baltic sea) in relation to the hydrographical regime. J.Sea. Res. 38.

Laine, A. O., Pesonen, L., Myllynen, K. & Norha, T. 2003. Veden Laadun muutosten vaikutus Helsingin ja Espoon edustan merialueiden pohjaeläimistöön vuosina 1973-2001. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 10/2003.

Lindgren, S. & Reijonen, H. 2005. CHNS-analyysi. Työselostus. Geologiska institutionen, Åbo universitet.

Lindgren, S. In prep. Suomen rannikon akkumulaatiopohjien alueelliset erot. Pro. graduavhandling. Geologiska institutionen, Åbo universitet.

Lönnroth, M. 2005. Vattenkvaliteten längs Finlands sydkust 1970 - 2000. Nylands miljöcentral - Duplikat 161.

Norha, T. & Varmo, R. 1993. Pohjaeläimistö Helsingin ja Espoon merialueilla vuonna 1992. I publikationen: Pesonen, L., Norha, T., Rinne. I., Varmo, R. & Viljamaa, H. Helsingin ja Espoon merialueiden velvoitetarkkailu vuonna 1992. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 9/1993: 82-99.

Nyman, C. & Nystubb, M. 1998. Kartläggning av bottenfaunan i havet utanför Jakobstad. Staden Jakobstad. Miljövårdsbyrån. Rapport 3/98.

Nyman, C. 2000. Kartläggning av bottenfaunan i norra delen av Larsmo skärgård 1998. Miljönämnden i Larsmo, Eugmo bys fiskelag, 2000.

Mankki, J. 2000. Pyhtää – Kotka – Haminan merialueen yhteistarkkailun yhteenveto vuosilta 1997-1999. Kymijoen vesiensuojeluyhdistys ry:n julkaisu no 82.

Mattila, J. 1993. Long-term changes in the bottom fauna along the Finnish coast of the southern Bothnian Sea. Aqua Fennica 23,2:143-152.

Mettinen, A. 1998. Pohjanpitäjänlahden, Tammisaaren merialueen, Mustionjoen ja Fiskarsinjoen yhteistarkkailun pohjaeläintutkimukset vuodelta 1997. Pohjaeläimistön muuttuminen vuodelta 1985 Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö ry. Julkaisu 76. ISSN 0789-9084.

Mettinen, A. 1999. Hangon merialueen ja Bengtsårin vesien yhteistarkkailun pohjaeläintutkimus vuodelta 1997. Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö ry. Julkaisu 85. ISSN 0789-9084.

Mettinen, A. 2002. Pikkalanlahden yhteistarkkailun yhteenveto vuodelta 2001. Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö ry. Julkaisu 126. ISSN 0789-9084.

Myllyvirta, T. & Henriksson, M. 1999. Tiepenkereiden ja siltojen vaikutuksesta Pellingin alueen pohjaeläimistöihin. Itä-Uudenmaan ja Porvoonjoen vesien- ja ilmansuojeluyhdistys r.y. Monistettu tutkimusraportti.

Myllyvirta, T. & Henriksson, M. 2001. Suomen ja Viron rannikkojen tila - Vertaileva tutkimus Suomen ja Viron rannikkoalueiden vesien ja pohjien tilasta. Itä-Uudenmaan ja Porvoonjoen vesien- ja ilmansuojeluyhdistys r.y. Monistettu tutkimusraportti.

Oravainen, R. 2005. Luvian, Porin ja Merikarvian edustan merialue. I publikationen: Sarvala, M. & Sarvala, J. (toim.) Miten voit, Selkämeri? Ympäristön tila Lounais-Suomessa 4. Lounais-Suomen ympäristökeskus. Turku 144 s.

Pitkänen, H. (red) 2004. Rannikko- ja avomerialueiden tila vuosituhannen vaihteessa. Suomen Itämeren suojeluohjelman taustaselvitykset. Suomen ympäristökeskus. ISBN 952-11-1571-8.

Pitkänen, H., Kangas, P., Miettinen, V. & Ekholm, P. 1987. The state of the Finnish coastal waters in 1979-1983. Vesi- ja ympäristöhallituksen julkaisuja 8.

Pitkänen, H. & Välipakka, P. 1997. Extensive deep water oxygen deficit and benthic phosphorous release in the Gulf of Finland in late summer 1996. In: J. Sarkkula /ed.). Proceedings of the Final Seminar of the Gulf of Finland Year 1996, March 17-18, 1997 Helsinki. Suomen Ympäristökeskuksen moniste 105: 51-59.

Pitkänen, H., Kauppila, H. & Laine. Y. 2001. Nutrients. I publikationen: Kauppila, P. and Beck, S. (red.): The state of Finnish coastal waters in the 1990s. Publications of the Finnish Water and Environment Administration, no 472, s. 37-60.

Pitkänen, H., Lehtoranta, J. & Räike, A. 2001. Internal nutrient fluxes counteract decreases in external load. The case of the estuarial Gulf of Finland.-Ambio 30:195-2001.

Ruttenberg, K. C. 1992. Development of sequential extraction method for different forms of phosphorus in marine sediments. Limnology and Oceanography 37, 1460-1482.

Räisänen, R. 1997. Turun merialueen pohjaeläintutkimus vuonna 1995. Lounais-Suomen vesiensuojeluyhdistys ry. Tutkimusselosteita 117.

Stigzelius, J., Laine, A., Rissanen, J., Andersin, A-B. & Ilus, E. 1997. The introduction of Marenzelleria viridis (Polychaeta, Spionidae) into the Gulf of Finland and the Gulf of Bothnia (northern Baltic Sea). Ann. Zool. Fennici 34:205-212.

Varmo, R. 1994. Pohjaeläimistö Helsingin ja Espoon merialueilla vuonna 1991. I publikationen: Varmo, R. & Riiheläinen, T. Pohjaeläimistö ja pohjasedimentti Helsingin ja Espoon merialueilla vuonna 1991. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 10/1994: 1-26.

Valkama, J. & Anttila-Huhtinen, M. 2000. Pohjaeläintutkimukset Kymijoella 1998 ja 1999 sekä Pyhtään, Kotkan ja Haminan merialueilla vuosina 1993-1999. Kymijoen vesiensuojeluyhdistys ry:n julkaisu no 86/2000.

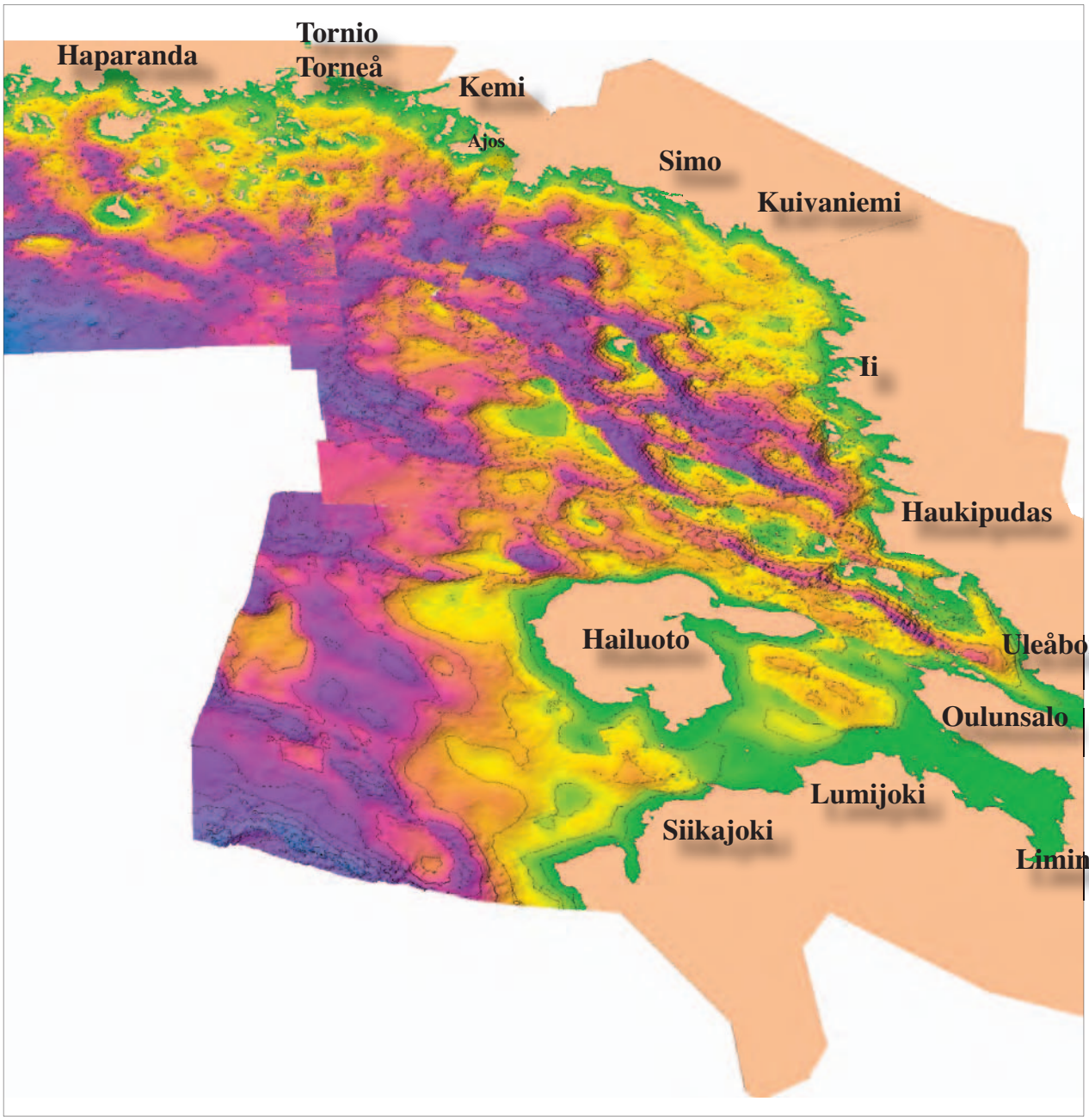
Virtasalo, J., Kohonen, T., Vuorinen, I. & Huttula T. In press. Sea bottom anoxia in the Archipelago Sea, northern Baltic sea - Implications for phosphorous reminerialization at the sediment surface. Mar. Geol.

Vääränen, P. & Nyman, C. 2000. Kokkolan edustan merialueen pohjaeläinkartoitus 1999. Pohjanmaan Tutkimuspalvelu Oy. Kaustinen 2000.

Zettler, M. L. 1995. Untersuchungen zur Verteilung des Makrozoobenthos in einem Küstengewäsern der südlichen Ostsee in Abhängigkeit von abiotischen Faktoren. – Rostock. Meeresbiol. Beitr. 3: 171-188.

Zettler, M. L. 1996. Successful establishment of the spionid polychaete, Marenzelleria viridis (Verrill, 1873), in the Darss-Zingst estuary (southern Baltic) and its influence on the indigenous macrozoobenthos. Arch. Fish. Mar. Res. 43: 273-284.

Zettler, M. L., Bick, A. & Bochert, R. 1995. Distribution and population dynamics of Marenzelleria viridis (Polychaeta, Spionidae), in a coastal water of the southern Baltic. – Arch. Fish. Mar. Res. 42: 209-224.


Haparanda
Tornio
Torneå
Kemi
Ajos
Simo
Kuivaniemi
Ii
Haukipudas
Hailuoto
Uleåborg
Oulunsalo
Lumijoki
Siikajoki
Liminka