

Blått-karbon: Klimatilpasning, karbonopptak og langtidslagring av karbon i blå skog

Års- og workshoprapport for 2017

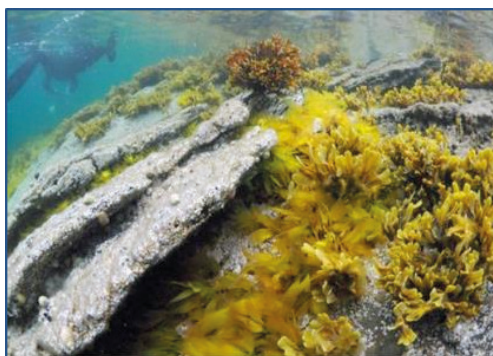
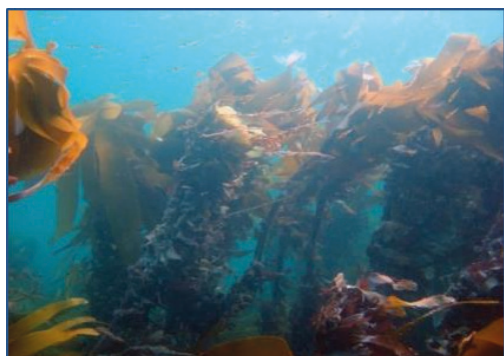


Foto: NIVA (J Gitmark, K Hancke)

Hovedkontor

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00

Internett: www.niva.no

NIVA Region Sør

Jon Lilletuns vei 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 37 04 45 13

NIVA Region Innlandet

Sandvikaveien 59
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 62 57 66 53

NIVA Region Vest

Thormøhlensgate 53 D
5006 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 55 31 22 14

NIVA Danmark

Ørestads Boulevard 73
DK-2300 Copenhagen
Telefon (45) 8896 9670

Tittel Blått-karbon: Klimatilpasning, karbonopptak og langtidslagring av karbon i blå skog. Års- og workshoprapport for 2017. Blue carbon: Climate adaption, CO ₂ uptake, and sequestration of carbon in Nordic blue forest. Annual and workshop report 2017.	Løpenummer 7213-2017	Dato 8.12.2017
Forfatter(e) Helene Frigstad, Hege Gundersen, Kasper Hancke, Guri Sogn Andersen, Trine Bekkby, Lise Tveiten	Fagområde Marin biologi	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Norden	Sider 149

Oppdragsgiver(e) Miljødirektoratet M-904 2017	Oppdragsreferanse Åsa Alexandra Borg Pedersen 17080044
	Utgitt av NIVA Prosjektnummer 17265

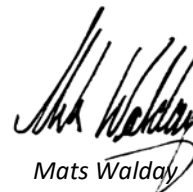
Sammendrag Blått-karbon prosjektet har til hensikt å lage en oppdatert oversikt over karbonkretsløp i blå skog (her: tare, ålegras og tang) i de nordiske landene. Rapporten presenterer foreløpige resultater og fremdrift i prosjektet Blått-karbon som startet opp høsten 2017. Rapporten gir i tillegg et sammendrag av presentasjoner og diskusjoner på workshopen «Status of knowledge for Nordic carbon cycling in blue forest» 16. - 17. November 2017.

Fire emneord 1. Klima 2. Karbon 3. Blå skog 4. Norden	Four keywords 1. Climate 2. Carbon 3. Blue forests 4. Nordic
---	--

Denne rapporten er kvalitetssikret iht. NIVAs kvalitetssystem og godkjent av:



Helene Frigstad
Prosjektleder



Mats Waldøy
Forskningsleder

Blått-karbon

**Klimatilpasning, karbonopptak og
langtidslagring av karbon i blå skog**

Års- og workshoprapport for 2017

Forord

Klimatilpasning, karbonopptak og langtidslagring av karbon i blå skog – «Blått-karbon», er et prosjekt som startet opp høsten 2017 med formål å gi en oppdatert oversikt over karbonsyklusen av tareskog, ålegras og tang i nordiske marine farvann.

Denne årsrapporten er den første i prosjektperioden (2017-2020) og presenterer fremdrift og leveranser for 2017. I tillegg gir rapporten et sammendrag av presentasjoner og diskusjoner på workshopen «Status of knowledge for Nordic carbon cycling in blue forests», som ble arrangert hos Miljødirektoratet på Helsefyr, den 16. og 17. november 2017.

Prosjektet ledes av NIVA og utføres i samarbeid med Havforskningsinstituttet, GRID-Arendal, (som sammen med NIVA utgjør det norske blå skog nettverket - NBFN), Aarhus Universitet i Danmark, Åbo Akademi i Finland, Universitetet i Göteborg i Sverige og Universitetet i Tasmania i Australia.

Prosjektet gjøres på oppdrag fra Miljødirektoratet, finansiert gjennom midler fra Nordisk Ministerråd.

Rapporten er skrevet av følgende personer:

Arbeidspakke 1. Utbredelse og biomasse av blå skog i Norden: Hege Gundersen

Arbeidspakke 2. Feltarbeid – karboneksport og deponering: Kasper Hancke

Arbeidspakke 3. Karbonkretsløp i blå skog: Kasper Hancke

Arbeidspakke 4. Blå skog nå og i fremtiden – påvirkninger og muligheter for forvaltningstiltak: Guri Sogn Andersen

Arbeidspakke 5. Formidling: Helene Frigstad

Lise Ann Tveiten var referent på workshopen 16-17. november, og takkes for den gode hjelpen med å skrive års- og workshoprapport for 2017.

Samtlige samarbeidspartnere takkes for godt samarbeid.

Grimstad, 8. desember 2017

Helene Frigstad (prosjektleder)

Innholdsfortegnelse

1	Innledning - blått karbon	9
2	Arbeidspakkene.....	10
2.1	WP 1: Utbredelse og biomasse av blå skog i Norden	10
2.2	WP 2: Feltarbeid – karboneksport og deponering.....	10
2.3	WP 3: Karbonkretsløp i blå skog	11
2.4	WP 4: Blå skog nå og i fremtiden – Påvirkninger og muligheter for forvaltningstiltak.....	12
2.5	WP 5: Formidling.....	13
3	Resultater	14
3.1	WP 1: Utbredelse og biomasse av blå skog i Norden	14
3.2	WP 2: Feltarbeid – karboneksport og deponering.....	15
3.3	WP 3: Karbonkretsløp i blå skog	16
3.4	WP 4: Blå skog nå og i fremtiden – Påvirkninger og muligheter for forvaltningstiltak.....	17
3.5	WP 5: Formidling.....	21
4	Workshop referat fra 16. og 17. november 2017	22
4.1	Agenda	22
4.2	Oppsummering av presentasjoner og diskusjon	23
5	Litteratur.....	36
	Vedlegg A. Presentasjoner Workshop	37
	1. Welcome, background for the project and applicability of the results	37
	2. Introduction to the project and outreach activities (WP5).....	41
	3. WP 1. Distribution and biomass of blue forests in the Nordic countries	45
	4a WP 2. Fieldwork – kelp carbon export and sequestration.....	47
	4b WP 3. Carbon cycle of blue forests	53
	5. WP 4. Blue forests now and in the future.....	54
	6. Blue carbon in a global policy context	63
	7. Integrating mangroves into REDD+: challenges and opportunities.....	71
	8. Role of microalgae in the global carbon cycle	78
	9. Baltic region	91
	10. Denmark and Greenland.....	104
	11. Norway.....	119
	12. Norwegian GIS-models	122
	13. Prinsipper og kunnskapsgrunnlag for regnskap for utslipp og opptak a	125
	14. Et foreløpig karbonkretsløp for tare i Norge/	129
	15. Diskusjon for kunnskapsgrunnlaget for tarekarbon og muligheter.....	141
	16. Forvaltningens behov knyttet til overvåking og bevaring av blå skog.....	142
	Vedlegg B. Deltakerliste Workshop	149

Sammendrag

Prosjektet «Klimatilpasning, karbonopptak og langtidslagring av karbon i blå skog» (heretter Blått-karbon) er et treårig prosjekt på oppdrag for Miljødirektoratet, finansiert gjennom midler fra Nordisk Ministerråd (NMR).

Prosjektet utføres av NIVA, i samarbeid med Havforskningsinstituttet, GRID-Arendal (som tilsammen med NIVA utgjør det norske blå skog nettverket - NBFN), Aarhus Universitet (Danmark), Åbo Akademi Universitet (Finland), Universitetet i Gøteborg, samt Universitetet i Tasmania (Australia).

Formålet med prosjektet er å lage en oppdatert oversikt over karbonkretsløp i blå skog (her: tare, ålegras og tang) i de nordiske landene. Arbeidet er delt inn i følgende arbeidspakker (arbeidspakkeleder i parentes):

- Arbeidspakke 1: Utbredelse og biomasse av blå skog i Norden (Hege Gundersen)
- Arbeidspakke 2: Feltarbeid – karboneksport og deponering (Kasper Hancke)
- Arbeidspakke 3: Karbonkretsløp i blå skog (Kasper Hancke)
- Arbeidspakke 4: Blå skog nå og i fremtiden – påvirkninger og muligheter for forvaltningstiltak (Guri Sogn Andersen)
- Arbeidspakke 5: Formidling (Helene Frigstad)

Denne rapporten er en årsrapport for prosjektet Blått karbon i 2017, og presenterer foreløpige resultater og fremdrift i prosjektets første år. I tillegg gir den et sammendrag fra workshopen «Status of knowledge for Nordic carbon cycling in blue forests» arrangert den 16-17. november 2017.

- I arbeidspakke 1 er det hovedsakelig jobbet med å få oversikt over datagrunnlaget for å modellere geografisk utbredelse av blå skog i Norge og de øvrige Nordiske landene (Tasks 1 og 2). NIVA har tatt for seg data fra norsk side, mens Aarhus Universitet har vurdert øvrige tilgjengelige data i Norden. I tillegg har man fått en oversikt over hva som finnes av GIS-modeller (e.g. batymetri og eksponering) for å kunne lage heldekkende prediksjonsmodeller for tare, ålegras og tang for Norden.
- I arbeidspakke 2 er det utført feltarbeid som bidrar med kvantifiseringer av produksjon av løst organisk karbon (Dissolved Organic Carbon, DOC) fra stortare under naturlige forhold i sjøen (*Laminaria hyperborea*, Task 2.3).
- Arbeidet i arbeidspakke 3 er ikke budsjettert til å begynne før i 2018, men det er likevel blitt laget en oversikt over nåværende kunnskapsstatus for et karbonbudsjett for norsk tareskog og en oversikt over pågående relevante prosjekter, i forbindelse med workshopen 16-17. november.
- I arbeidspakke 4 er det satt opp rammeverk for nettverksanalyser (QPress) av tareskog, ålegrassystemer og tangsamfunn basert på tilgjengelig litteratur. De foreløpige resultatene fra nettverksanalysene er diskutert i Kapittel 3.4, og dialog med samarbeidspartnere og forvaltning vil være viktig frem til de endelige resultatene skal presenteres i 2018/2019.
- Hovedoppgaven i arbeidspakke 5 i 2017 har vært å planlegge og utføre workshopen «Status of knowledge for Nordic carbon cycling in blue forests» den 16-17. november. I kapittel 4 presenteres et sammendrag av presentasjoner og diskusjoner fra workshopen.

Under workshopen «Status of knowledge for Nordic carbon cycling in blue forests» var det i første sesjon på dag 1 en presentasjon fra Miljødirektoratet (Solrun Figenschau Skjellum) om bakgrunnen for prosjektet og hvordan resultatene vil være nyttig i forvaltningens arbeid med blått karbon.

Deretter var det presentasjoner av hver av arbeidspakkeleiderne (over), som gav en oversikt over formål, arbeidsoppgaver (tasks) og status for 2017. I sesjon 2 var det fokus på hvordan blått karbon behandles i policy på miljø- og klimaområdet og hvilken rolle tarekarbon spiller i det globale karbonkretsløpet. Grid-Arendal (Steven Lutz) holdt en presentasjon om hvordan det jobbes internasjonalt med policy knyttet til opptak av karbon i kystnær vegetasjon, deretter var det en presentasjon fra NIVA (Elizabeth Selig) om arbeidet med å inkludere mangrove i REDD+. Til sist var det en presentasjon fra Århus Universitet (Dorte Krause-Jensen) om den viktige, og til nå oversette, rollen tarekarbon har i det globale karbonkretsløpet. Den siste sesjonen på dag 1 ga en oversikt over utbredelse av blå skoger (tare, ålegras og tang) i de nordiske landene og hvilke data som var tilgjengelig for arbeidspakke 1. Åbo Akademi (Christoffer Boström) dekket den Baltiske regionen, Århus Universitet (Dorte Krause-Jensen) dekket Danmark og Grønland, mens Havforskningsinstituttet (Frithjof Moy) dekket Norge. Til sist presenterte NIVA (Hege Gundersen) de GIS-modeller som brukes for å modellere utbredelse av blå skog i Norge.

På dag 2 var det lagt opp til sesjoner med god tid til diskusjoner og innspill fra samarbeidspartnerne og forvaltning til det videre arbeidet i prosjektet. Den første sesjonen handlet om hvorvidt tarekarbon kan inkluderes i nasjonale utslippsregnskap. Miljødirektoratet (Ellen Bruzelius Backer) forklarte prinsippene for et utslippsregnskap, med eksempler fra sektor for skog og annen arealbruk. NIVA (Kasper Hancke) presenterte et foreløpig karbonkretsløp for nordisk blå skog, samt et tentativt karbonregnskap for norsk tareskog i relative enheter, basert på et nylig publisert globalt estimat (Krause-Jensen og Duarte 2016). Det ble diskutert ulike elementer som må på plass for å realisere et eventuelt utslippsregnskap for tare, og det var enighet om at det fremdeles er betydelig usikkerhet og derfor behov for videre diskusjon og samarbeid mellom tareforskerne og eksperter på utslippsregnskap.

Sesjon 2 handlet om påvirkningsfaktorer og muligheter for forvaltningstiltak knyttet til blå skog. NIVA (Guri S. Andersen) holdt en presentasjon om de foreløpige resultatene fra nettverksanalyser i arbeidspakke 4, der ålegras ble brukt som eksempel. Fylkesmannen i Aust- og Vest-Agder (Katrine S. Gunnarsli) presenterte forvaltningens behov knyttet til overvåking og bevaring av blå skog. Deretter ble det diskutert hvordan nettverksanalyse kan være et verktøy for å bestemme de viktigste påvirkningsfaktorene og økologiske interaksjonene, noe som vil være viktig for å vurdere tiltak forvaltningen kan iverksette for å bedre tilstanden i blå skog. Den siste sesjonen på dag 2 handlet om å få en oversikt over hvilke data som er tilgjengelig i de ulike nordiske landene; data som kan brukes i arbeidet med å modellere utbredelse og biomasse av blå skog i Norden.

Summary

Title: Blue carbon: Climate adaption, CO₂ uptake, and sequestration of carbon in Nordic blue forests. Annual and workshop report 2017

Year: 2017

Author(s): Helene Frigstad, Hege Gundersen, Kasper Hancke, Guri Sogn Andersen, Trine Bekkby, Lise Tveiten

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN 978-82-577-6948-2

"Blue Carbon: Climate adaptation, carbon uptake, and sequestration of carbon in Nordic blue forests", is a three-year project funded by the Norwegian Environment Agency, through the Nordic Council of Ministers (NMR).

The project is led by NIVA, in cooperation with the Institute of Marine Research, GRID-Arendal (which together with NIVA comprise the Norwegian Blue Forests Network - NBFN), Aarhus University (Denmark), Åbo Academy University (Finland), University of Gothenburg (Sweden) and the University of Tasmania, (Australia).

The aim is to make an updated overview of carbon cycles of kelp, eelgrass and rockweed in Nordic marine waters. The work is divided in five work packages (WP-leader in brackets)

- WP 1: Distribution and biomass of kelp, eelgrass, and rockweed in the Nordic marine waters (Hege Gundersen)
- WP 2: Fieldwork – Kelp carbon export and sequestration (Kasper Hancke)
- WP 3: Carbon cycle of blue forests (Kasper Hancke)
- WP 4: Blue Forests now and in the future – pressures and management measures (Guri Sogn Andersen)
- WP 5: Communication and outreach (Helene Frigstad)

This report represents the annual report of the Blue Carbon project in 2017, and presents preliminary results and progress. It also provides a summary of the workshop "Status of Nordic carbon cycling in blue forests" organized the 16-17 of November 2017.

Status of the different Work Packages in 2017:

- WP 1 has gathered an overview of the data availability in order to model the geographical distribution and biomass of blue forests in Norway and the other Nordic countries (Tasks 1 and 2). NIVA has worked with data from Norway, while Aarhus University has assessed other available data from the Nordic region. In addition, an overview of available GIS models (eg. bathymetry and exposure) has been obtained to make comprehensive predictive models for kelp, eelgrass and rockweed for the Nordic region.
- WP 2 has performed field work that quantifies the production of Dissolved Organic Carbon (DOC) from kelp (*Laminaria hyperborea*) under natural conditions.
- WP 3 will mainly start in 2018, but a status of knowledge of the carbon budget and pathways of kelp was presented at the workshop.
- WP 4 has established a framework for network analyzes (QPress) in blue forests based on available literature. The preliminary results from the network analyzes are discussed in Chapter 3.4, and dialogue with partners and management will be important until the final results will be presented in 2018/2019.

- The main task in WP 5 in 2017 was to plan and arrange the workshop "Status of Nordic carbon cycling in blue forests" the 16-17 of November, presented in Chapter 4.

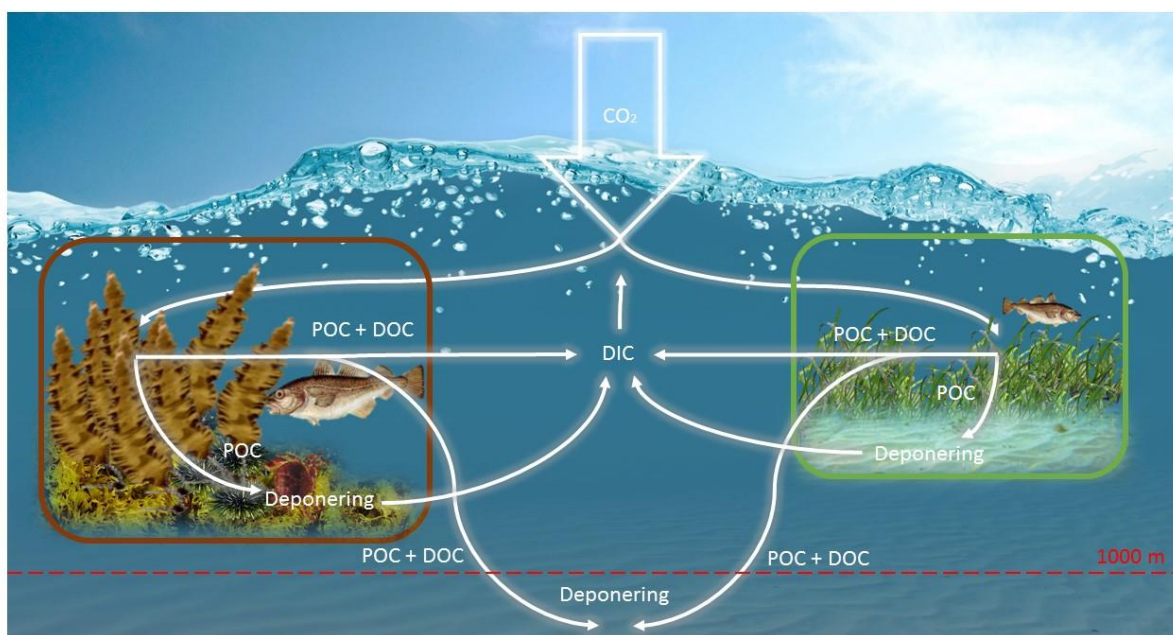
In the first session of the workshop "Status of Nordic carbon cycling in blue forests" on Thursday the 16th of November, there was a presentation from the Norwegian Environment Agency (Solrun Figenschau Skjellum) on the background for the project and applicability of the results. It was followed by presentations of each of the WP leaders, with an introduction to the tasks and status for 2017. In session 2, the focus was on blue carbon policy and the role of macroalgae in the global carbon cycle. Grid-Arendal (Steven Lutz) presented blue carbon in a global policy context, followed by a presentation by NIVA (Elizabeth Selig) about integrating mangroves into REDD +. Finally, a presentation from Aarhus University (Dorte Krause-Jensen) was given on the role of macroalgae in the global carbon cycle. The last session focused on the Nordic picture, and gave an overview of the data availability of blue forests (kelp, eelgrass and rockweeds) in the Nordic countries (input to WP1). Åbo Academy University (Christoffer Boström) presented The Baltic Region, Aarhus University (Dorte Krause-Jensen) presented Denmark and Greenland and the Institute of Marine Research (Frithjof Moy) presented today's knowledge on blue forests distribution and data availability on kelp, eelgrass and rockweed in Norway. Finally, NIVA (Hege Gundersen) presented an overview of different possible modelling techniques based on existing data in Norway.

On Friday the 17th, the sessions were structured with ample time for discussions, in order to get input from partners and management to future work in the project. The first session focused on the potential for including kelp in national carbon reporting. The Norwegian Environment Agency (Ellen Bruzelius Backer) explained the principles for carbon reporting, with examples from the sector for forests and other land use. NIVA (Kasper Hancke) presented a preliminary carbon budget for kelp and the status of knowledge on fluxes and sequestration potential. There were discussions on the elements that need to be in place for a potential carbon reporting for kelp, and there was agreement that there is still considerable uncertainty and a need for further discussion and cooperation between research scientists and emission reporting experts. Session 2 dealt with impact factors and opportunities for management measures related to blue forest. NIVA (Guri S. Andersen) gave a presentation of the preliminary results from network analyses in work package 4, with seagrass used as an example. A representative from the County Governor of Aust- and Vest-Agder (Katrine S. Gunnarsli) presented the management needs for monitoring and conservation of blue forest. Followed by a discussion on how network analysis could be a tool for determining the most important impact factors and ecological interactions, which will be important for assessing possible measures to improve the condition of blue forest. The last session on day 2 gave an overview of available data from the Nordic countries to be used in modelling the distribution and biomass of blue forests (input to WP1).

1 Innledning - blått karbon

Marine planter og alger binder uorganisk karbon gjennom fotosyntesen, som er primærproducentenes system for å utnytte energi fra sollys og omsette den til kjemisk energi i organiske forbindelser, altså biomasse. Løste uorganiske karbonforbindelser fra vannmassene (CO_2 , bikarbonat eller lignende forbindelser) brukes i syntetiseringen av denne biomassen, og prosessen fører dermed til fjerning av CO_2 fra vannmassene. Samtidig foregår det en kontinuerlig utveksling av CO_2 mellom havet og luften over, og derfor bidrar de marine primærproducentene til fjerning av CO_2 fra atmosfæren. Ifølge «The Global Carbon Project» har rundt 25 % av de menneskeskapte CO_2 -utslippene de siste ti årene blitt tatt opp av havet. En liten endring i opptaket av CO_2 i havet eller på land vil ha store konsekvenser for den mengden CO_2 som blir værende i atmosfæren, og som bidrar til at den globale temperaturen øker.

Karbonets kretsloop i det marine miljøet er vist i figur 1. Karbonet som bindes i en organisme kan etter organismens død ha forskjellige skjebner: (1) Det partikulære organiske materialet (POC) kan havne i vannmassene der det gradvis brytes ned til løst organisk karbon (DOC) eller uorganisk karbon (DIC), og fortsetter karbonkretsloopet i vannmassene. (2) Det organiske materialet kan havne på sjøbunnen i grunne områder, der det brytes ned og frigir karbon på tilsvarende vis som i vannmassene, eller det begravnes og lagres i lengre tid. (3) Materialet kan fraktes ut på dypere vann (her definert som dypere enn 1000 m) hvor det lagres lenge (> 1000 år), enten begravd i sedimentene eller som en del av dypvannstrømmene.



Figur 1. Karbonkretsloopet i nordisk blå skog (representert ved ålegraseng og tareskog). POC: Partikulært organisk karbon (> 45 μm); DOC: Løst organisk karbon (< 45 μm); DIC: Løst uorganisk karbon; Deponering/langtidslagring av karbon foregår både i den blå skogen og på dyphavet. Under 1000 m dyp vil karbonet bli lagret lenge.

I dette prosjektet har vi satt sammen en prosjektgruppe bestående av forskere fra NIVA, i tillegg til forskere og fagpersoner fra Havforskningsinstituttet (HI) og GRID-Arendal (som sammen med NIVA utgjør det norske blå skog nettverket - NBFN). I tillegg har vi knyttet til oss samarbeidspartnere fra

sentrale forskningsmiljø på dette fagområdet i de nordiske landene (Aarhus Universitet i Danmark, Göteborgs Universitet i Sverige og Åbo Akademi Universitet i Finland), samt fra University of Tasmania, Australia.

2 Arbeidspakkene

2.1 WP 1: Utbredelse og biomasse av blå skog i Norden

Fagansvarlig: Hege Gundersen

Medarbeidere: Guri S. Andersen (NIVA), Hartvig Christie (NIVA), Eli Rinde (NIVA), Dorte Krause-Jensen (Århus Univ.), Frithjof Moy (HI), Susanne Baden (Gøteborg Univ.), Christoffer Boström (Åbo Akademi Univ.)

Erstatningspersonell (fagansvarlig): Eli Rinde

Foreløpige konservative beregninger presentert i rapporten «Utredning om CO₂-opptak i marine naturtyper» (Gundersen m.fl. 2011) viser at blå skog (ålegras, tang og tare) sannsynligvis har en viktig funksjon i den marine karbonsyklusen, ved å «pumpe» CO₂ fra atmosfæren og ned i havbunnen hvor den kan lagres i lang tid. Beregningene tyder også på at denne deponeringen kan være i størrelsesordenen til årlig lagring av karbon i skogsjord. Nåværende beregninger av utbredelsen av blå skog anses som noe overestimert, og det er behov for en forbedring av de bakenforliggende modellene. Dette vil gjøres i dette prosjektet.

Arbeidet vil bli strukturert i følgende oppgaver:

- 1.1. Modellere geografisk utbredelse av tareskog, tang og ålegras i Norge.
- 1.2. Modellere geografisk utbredelse av blå skog i de øvrige nordiske landene.
- 1.3. Beregne biomasse av blå skog i Norden
- 1.4. Beregne biomasse av flora og fauna tilknyttet blå skog

Leveranser:

- GIS-modeller som viser områder i Norden med antatt utbredelse av stortare, sukkertare, tang og ålegras (input til WP3)
- GIS-modeller som viser beregnet biomasse av stortare, sukkertare, tang og ålegras i hele utbredelsesområdet for disse artene (input til WP3)
- Estimerer på karboninnhold i blå skog akkumulert per forvaltningsenhet (fylker og kommuner i Norge, samt tilsvarende enheter for de øvrige nordiske landene)
- Estimerer på karboninnhold fra flora og fauna assosiert i blå skog - akkumulert per forvaltningsenhet (fylker og kommuner i Norge, samt tilsvarende enheter for de øvrige nordiske landene)
- Bidrag til rapporter, sluttseminar og populærvitenskapelige produkter
- Informasjon til vitenskapelig publikasjon

2.2 WP 2: Feltarbeid – karboneksport og deponering

Fagansvarlig: Kasper Hancke (NIVA)

Medarbeidere: Helene Frigstad (NIVA), Guri Sogn Andersen (NIVA), Hege Gundersen (NIVA), Hartvig Christie (NIVA), Dorte Krause-Jensen (Århus Univ.), Christoffer Boström (Åbo Akademi Universitet) og Susanne Baden (Göteborg Universitet)

Erstatningspersonell (fagansvarlig): Gunhild Borgersen (NIVA)

Vi mangler data som kan si noe om hvor stor del av biomassen som eksporteres ut fra den blå skogen, hvor stor andel som akkumuleres og begravnes, hvor mye som omsettes, og hvor mye som frigjøres på nytt som CO₂ i vannmassene. Deler av denne kunnskapen dekkes i pågående prosjekter ledet av NIVA eller av eksterne ressurspersoner presentert i dette tilbudet. Dette prosjektet vil bidra med ny kunnskap om eksport og deponering av karbon fra tareskogen gjennom feltarbeid.

Arbeidet vil bli strukturert i følgende oppgaver:

- 2.1** Kvantifisering av taremateriale som sedimenteres på havbunnen.
- 2.2** Nedbrytningsrater og langtidslagring av organisk materiale fra tare i sedimenter.
- 2.3** Produksjon av DOC fra tareskogen.

Leveranser:

- Kvantitative estimater på sedimentering av karbon på havbunnen
- Kvantitative estimater av nedbrytnings- og lagringsrater av karbon på havbunnen
- Empiriske data til et oppdatert karbonbudsjett, input til WP3
- Bidrag til rapporter, sluttseminar og populærvitenskapelige produkter
- Informasjon til vitenskapelig publisering

2.3 WP 3. Karbonkretsløp i blå skog

Fagansvarlig: Kasper Hancke (NIVA)

Medarbeidere: Helene Frigstad (NIVA), Guri Sogn Andersen (NIVA), Hege Gundersen (NIVA), Dorte Krause-Jensen (Århus Univ.), Christoffer Boström (Åbo Akademi Universitet) og Susanne Baden (Göteborg Universitet) med flere.

Erstatningspersonell (fagansvarlig): Helene Frigstad (NIVA)

I arbeidspakke 3 vil kunnskapen fra arbeidspakke 1 og 2 syntetiseres og et karbonregnskap for blå skog i Norden vil bli utarbeidet. Denne kunnskapen er nødvendig for å forstå havets rolle i nasjonale karbonregnskap, og en forutsetning for en helhetlig forvaltning av havets ressurser, særlig stilt ovenfor dagens og fremtidens klimautfordringer.

Arbeidet vil bli strukturert i følgende oppgaver:

- 3.1** Netto primærproduksjon av tare, tang og ålegras.
- 3.2** Eksport av karbon fra tareskog.
- 3.3** Deponering av karbon i kystnære områder og i dyphavet.
- 3.4** Oppdatert karbonregnskap for nordisk blå skog.

Leveranser:

- Kvantitative estimater på karbonopptak og karboneksport fra tareskog
- Samlet karbonbudsjett for den norske tareskog
- Samlet karbonbudsjett den nordiske blå skog
- Data til WP4
- Bidrag til rapporter, sluttseminar og populærvitenskapelige produkter
- Informasjon til vitenskapelig publisering

2.4 WP 4: Blå skog nå og i fremtiden – Påvirkninger og muligheter for forvaltningstiltak

Fagansvarlig: Guri Sogn Andersen

Medarbeidere: Helene Frigstad (NIVA), Hege Gundersen (NIVA), Hartvig Christie (NIVA)

Erstatningspersonell (fagansvarlig): Trine Bekkby (NIVA)

Den generelle tilstanden til de blå skogene i Norden har fått mye oppmerksomhet gjennom de siste tiårene. Bortfallet av store arealer av tareskog (Norderhaug & Christie 2009, Moy & Christie 2012, Rinde m.fl. 2014, Araújo m.fl. 2016), samt en generell reduksjon i utbredelse og tilstand i ålegrasenger (Boström m.fl. 2014) har satt disse økosystemene og deres tjenester på agendaen. De blå skogenes økosystemtjenester vil være viktige brikker i vår tilpasning til fremtidens klima. Eksempler på slike tjenester kan være karbonfangst og lagring som bidrar til å dempe CO₂-økningen i atmosfæren, bølgedemping som bidrar til å redusere risiko for skade på kystsamfunn forbundet med økt frekvens av ekstremvær, hindre erosjon av havbunn som kan skade biodiversitet og kystsamfunn som konsekvens av hyppigere forstyrrelser fra vær og vind. De blå skogene er også selve fundamentet for en sterk fiskeriflåte og kystnæring, som kan bli enda viktigere i fremtiden. Et bilde av de blå skogenes fremtid i Norden adresseres i dette prosjektet (WP 4), og utgjør et viktig grunnlag for å fatte helhetlige forvaltningsmessige beslutninger som kan bidra til å sikre økosystemtjenester og en god tilpasning til fremtidens klimautfordringer.

Arbeidet vil bli strukturert i følgende oppgaver:

- 4.1 Skjematisk fremstilling av økologiske samspill og påvirkninger.
- 4.2 Etablere QPress modell som beskriver dagens situasjon.
- 4.3 Gi et bilde av den blå skogens fremtid.
- 4.4 Finne mulige tiltak for å sikre den blå skogens fremtid.

Leveranser:

- Et bilde av de nordiske blå skogenes sannsynlige skjebne og bidrag til karbonfangst og lagring under tre relevante prognoser for fremtidens havmiljø.
- Vurderinger av betydningen dette vil ha for den blå skogens økosystemtjenester
- Analyser av konkrete forvaltningstiltak og deres effekt på de nordiske blå skogenes skjebne, også i fremtiden.
- Tydelige råd om mulige forvaltningstiltak basert på denne kunnskapen og analyser av gjennomførbarhet (i samarbeid med vannregionmyndigheter fra sør til nord i Norge)
- Bidrag til rapporter, sluttseminar og populærvitenskapelige produkter
- Informasjon til vitenskapelig publisering

2.5 WP 5: Formidling

Fagansvarlig: Helene Frigstad (NIVA)

Medarbeidere: Hele prosjektgruppen

Erstatningspersonell (fagansvarlig): Trine Bekkby (NIVA)

Prosjektgruppen har som helhet lang erfaring med formidling og publisering, både i vitenskapelige og populærvitenskapelige fora. Sluttrapporten vil være en fagrapport, men skal være forståelig også for interessenter uten faglig bakgrunn innenfor dette temaet. De populærvitenskapelige produktene (faktaark, poster og sammendrag til publisering på nettsider) vil være mer lettlesbare og uten bruk av fagtermer.

Datagrunnlaget vil gjøres åpent tilgjengelig i hensiktsmessig format og kanal etter endt prosjektperiode.

Leveranser:

- Sluttrapport på engelsk med sammendrag på norsk, leveres senest i løpet av første halvår 2020
- Populærvitenskapelig sammendrag på norsk som egner seg for publisering på Nordisk ministerråds hjemmesider. Leveres i første halvdel av 2020
- Faktaark på både engelsk og norsk. Leveres i første halvdel av 2020
- Poster på både engelsk og norsk. Leveres i første halvdel av 2020
- Resultatene vil også presenteres på Klimatilpasningskonferansen, Arendalsuka, ICZM 2018 eller ved andre relevante nordiske og nasjonale konferanser
- Sluttseminar med Miljødirektoratet og andre relevante forsknings- og forvaltningsmiljøer. Arrangeres siste halvdel av 2019 eller begynnelsen av 2020

3 Resultater

Prosjektet startet 8. september 2017 med et kontraktsmøte med Miljødirektoratet hvor det ble gjennomgått arbeidspakker, framdriftsplan, budsjett, rapportering, møteplan og justeringer av prosjektet i henhold til tilbudet.

Kostnader (tabell 1) og fremdrift (tabell 2) er i henhold til avtalt plan. Endelig fordeling av kostnader mellom arbeidspakkene for 2018 og 2019 vil avklares i 2018.

Tabell 1. Kostnadsbudsjett for 2017-2019.

Aktivitet	2017	2018	2019
WP 1	147000	147000	0
WP 2	154000	690000	0
WP 3		190000	205800
WP 4	352500	14500	88200
WP 5	335000	0	696900
Adm	88024	35023	85623
Sum	1076524	1076523	1076523

Tabell 2. Fremdriftsplan for 2017-2019/2020. Grønt er pågående arbeid og blått er når arbeidet skal avsluttes.

	2017		2018				2019				2020
	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1-2
WP1: Distribution and biomass of blue forests in the Nordic countries											
WP2: Fieldwork: carbon export and sequestration											
WP3: Carbon cycling in blue forests											
WP4: Blue forests now and in the future – pressures and measures											
WP5: Communication and outreach		10 des				10 des					

3.1 WP 1: Utbredelse og biomasse av blå skog i Norden

I henhold til planen skulle arbeidet med WP1 i 2017 bestå i å få en oversikt over tilgjengelige data på blå skog (tare, ålegras og tang) for Norden (Task 1.1) og Norden for øvrig (Task 1.2) og sammenstille dette materialet. Tidlig i prosjektperioden ble det bestemt at NIVA v/Hege Gundersen skulle stå for innsamlingen av Norske data mens Århus Universitet v/Dorte Krause-Jensen skulle samle inn data for resten av Norden. Det har vært tett kontakt på e-post mellom disse to institusjonene, samt Åbo Akademi Universitet v/Christoffer Boström og Universitetet i Gøteborg v/Susanne Baden angående hvilke data som eksisterer og på hvilken måte de skal analyseres. I prosjektbeskrivelsen er det foreslått at de statistiske analysene skal gjøres separat for Norge og resten av Norden, men gjennom samtaler har vi kommet frem til at vi heller ønsker å analysere blå skog i «én stor, sømløs modell» for hver av økosystemene.

Gjennom Miljødirektoratets prosjekt Indeksrevidering (Miljødirektoratet prosjekt nr. 16040039) gjorde NIVA og HI en sammenstilling av alle tilgjengelige data på tare (*L. hyperborea* og *S. latissima*) og ålegras. Denne databasen er tenkt gjenbrukt i Blått-karbon prosjektet, men må oppdateres for sommerens feltarbeid i Nasjonalt program for kartlegging av naturtyper. Siste års registreringer av ålegras og tare fra Finnmark og Møre og Romsdal har blitt lagt inn i databaser og geografisk avgrenset i henhold til leveranser i kartleggingsprogrammet. Dette arbeidet er utført av Eli Rinde (Finnmark) og Trine Bekkby (Møre og Romsdal) i synergi med NBFN-prosjektet SEAME (ålegras) og Blått-karbon (tare og ålegras). De to databasene er imidlertid ikke fusjonert ennå – dette er arbeid vi starter på tidlig i 2018.

For de resterende landene i Norden har Dorte Krause-Jensen, med innspill fra Christoffer Boström fått god oversikt over tilgjengelige data. Disse ble presentert på workshopen i november og er gjengitt i kapittel 4.

Midlene i WP 1 er hovedsakelig brukt til innsamling av data utenfor Norden gjennom en underleverandørkontrakt mellom NIVA og Århus Universitet (NIVA kontrakt nr. 13657), samt kommunikasjon, diskusjon og noe databasearbeid.

3.2 WP 2: Feltarbeid – karboneksport og deponering

Arbeidet startet opp høsten 2017 med feltarbeid i Malangen, Troms, med formål å adressere task 2.3 - **Produksjon av DOC fra taeskogen**. Dette arbeidet ble gjennomført i tett samarbeid med KELPEX-prosjektet, som er et pågående forskningsprosjekt finansiert av Norsk forskningsråd (NFR, 2016-2018) og ledet av seniorforsker Eva Ramirez-Llodra (NIVA). Feltarbeidet ble utført hovedsakelig av Karen Filbee-Dexter (NIVA), Prof. Thomas Wernberg (Univ. Western Australia) og Prof. Morten Foldager Pedersen (Roskilde Universitet).

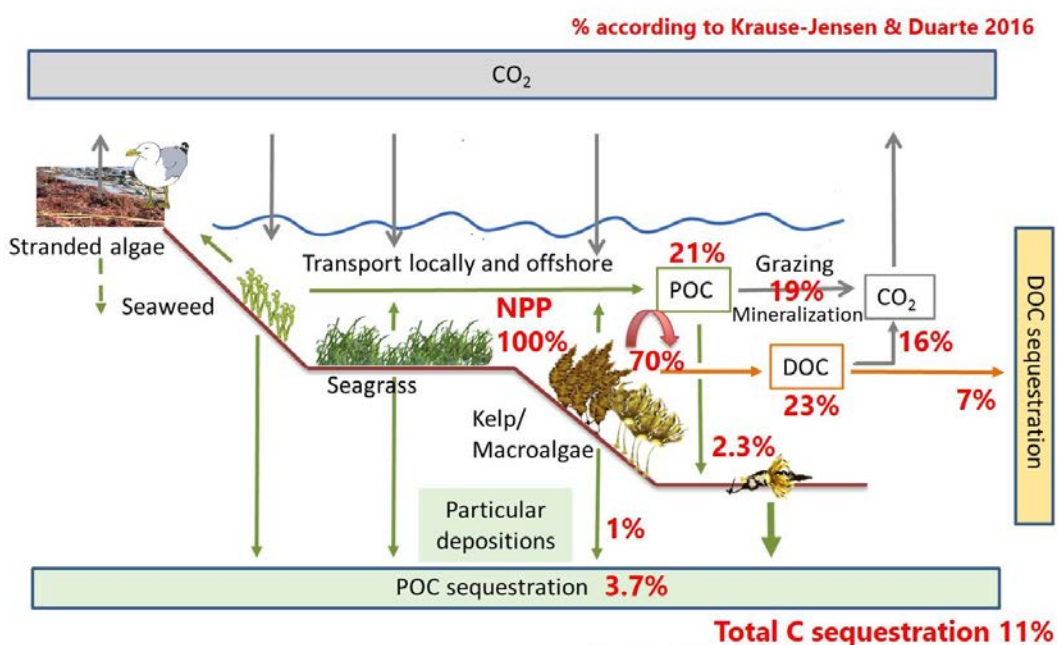
For måling av løst organisk karbon (Dissolved Organic Carbon, DOC) produsert fra tareplanter, ble tare (*L. Hyperborea*) inkubert i hermetisk lukkede inkubasjonsposer i perioder fra 12 til 24 timers varighet, på ulike dyp (3, 5 og 10 m) under naturlige forhold i havet. Måling av DOC-produksjonen ble foretatt ved å ta ut sjøvannsprøver før og etter inkubasjonene og senere analysere disse vannprøver i laboratoriet (NIVA lab). I tillegg til DOC-produksjonen ble endring i oksygenkonsentrasjon målt i løpet av inkubasjonsperioden med en 'state-of-the-art' optisk metode for bestemmelse av oksygenkonsentrasjon i vann. På nåværende tidspunkt er alle vannprøvene analysert for DOC i laboratoriet, men ikke alle data er ferdig analysert. Således gjenstår de ferdige beregninger av DOC-produksjonen fra taeskogen i Malangen. Disse vil bli utført i starten av 2018. De foreløpige resultatene av feltarbeidet ble presentert på workshopen den 16. og 17. november 2017 og en kort oversikt fremgår av vedlegg A.2

Midlene i arbeidspakke 2 (se Tabell 1 med kostnadsoversikt) for 2017 er brukt til utgifter i forbindelse med feltarbeid, laboratorieanalyser av vannprøver, samt arbeidstimer til opparbeiding av resultater og presentasjon av data.

3.3 WP 3: Karbonkretsløp i blå skog

Arbeidet starter opp for fullt i 2018. Således har det ikke vært aktivitet budsjettert på WP3 i 2017. Likevel ble en oversikt over nåværende kunnskapsstatus for karbonkretsløpet for nordiske blå skog satt opp, samt et foreløpig karbonregnskap for norsk tareskog (i relative enheter) i forbindelse med det nordiske arbeidsmøtet. Dette ble presentert for partnere og deltagere på workshopen den 17. november 2017 (Figur 2, se vedlegg A.14). En oversikt over transportveier og prosesser hvor vi mangler betydelig data og empiri i forhold til å sammensette et helhetlig og kvantitativt karbonregnskap for den norske tareskog ble fremlagt (Figur 3).

Does the global budget apply to the Nordic?

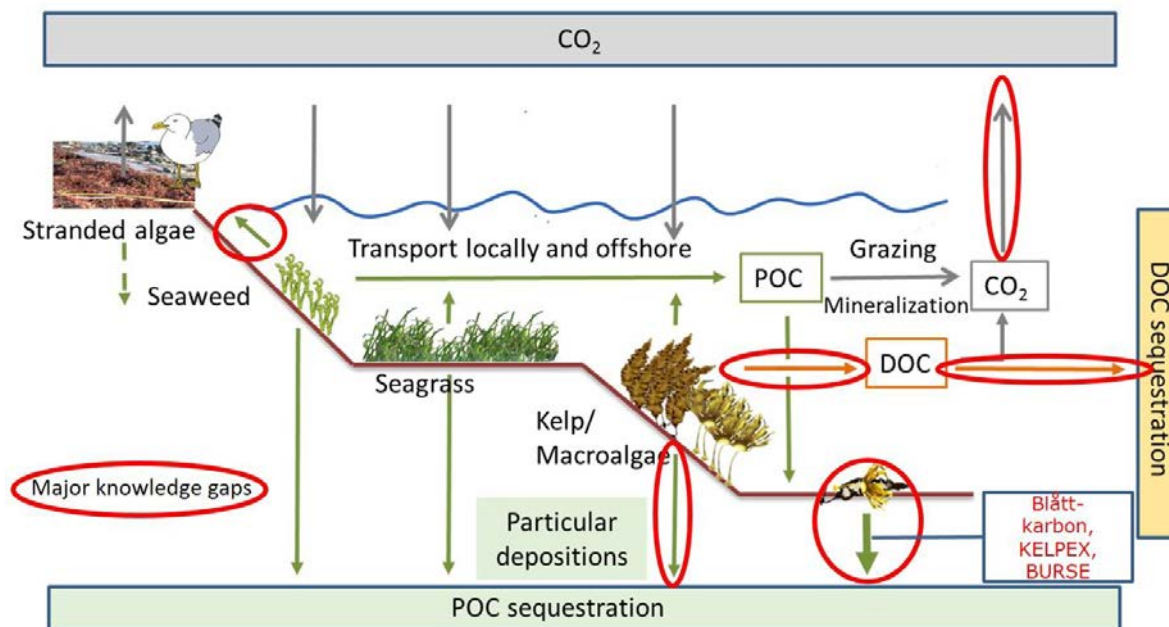


Figurer by K Hancke, H Gundersen, GS Andersen un. publ.
Kasper Hancke 05.12.2017 8

Figur 2. Oversiktsfigur og kunnskapsstatus for nordisk blå skog ('Kelp/Macroalgae', 'Seagrass' og 'Seaweeds') og de primære transportveier for partikulært (POC) og løst (DOC) karbon i sjøen. Omsetningen av karbon i 'blå skog' er dominert av opptak av uorganisk karbon, CO_2 , i plantene; eksport av POC og DOC fra 'blå skog' til det omkringliggende marine miljø; samt 'returnering' av karbon som respirert CO_2 eller deponert organisk karbon i havbunnen, eller som DOC i 'verdenshavene'. Tallene i figuren representerer et estimat i prosent av den samlede netto primærproduksjon (NPP) i norsk tareskog og dens transport og omsetning.

Major knowledge gaps..!

The major Blue Forest Carbon pathways of Nordic waters



Figurer by K Hancke, H Gundersen, GS Andersen un. publ.
Kasper Hancke 05.12.2017 21

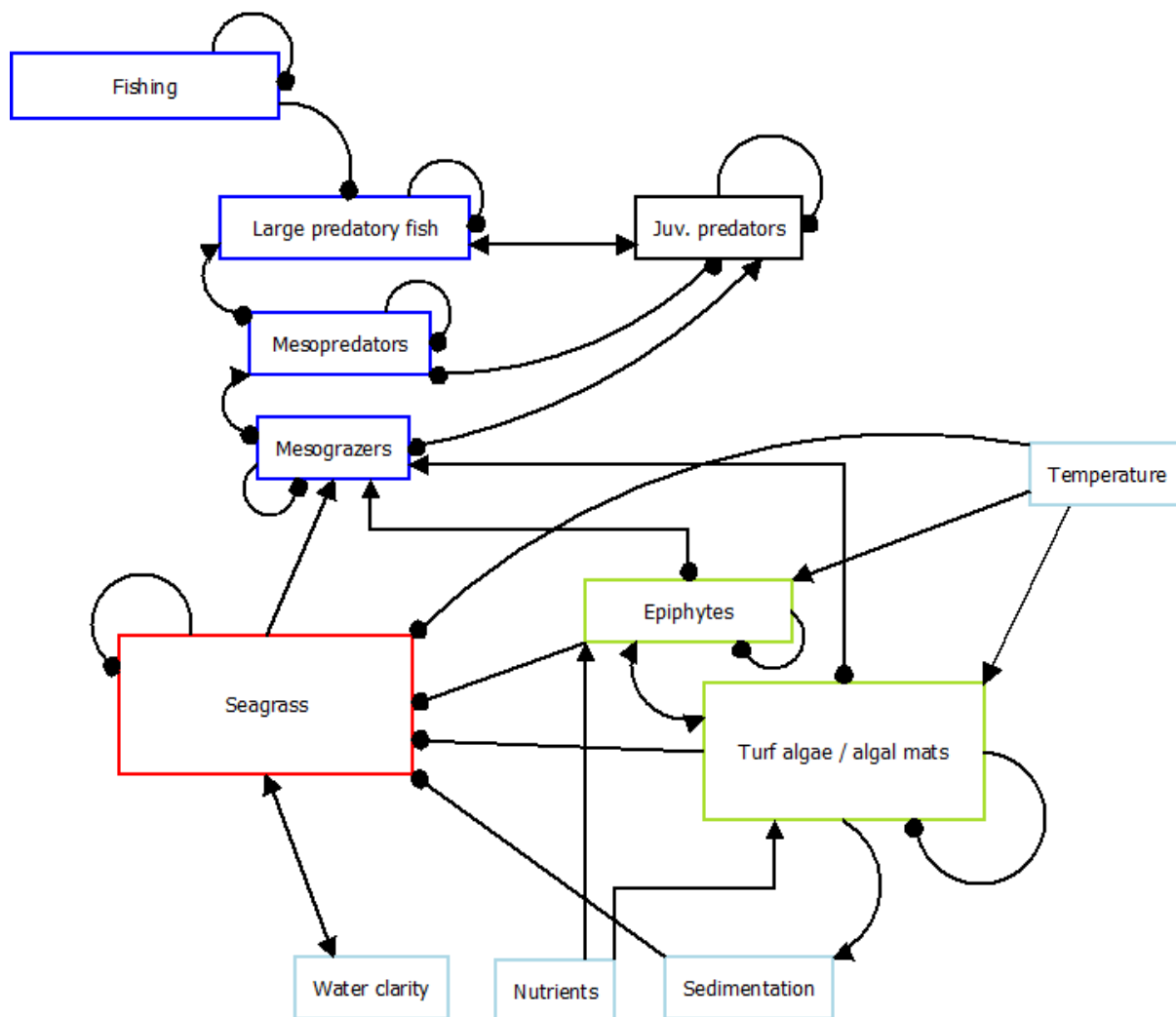
Figur 3. Oversikt over transportveier og prosesser hvor vi mangler betydelig med data og empiri i forhold til å sammensette et helhetlig og kvantitativt karbonregnskap for den norske tareskog.

3.4 WP 4: Blå skog nå og i fremtiden – Påvirkninger og muligheter for forvaltningstiltak

Midlene i arbeidspakke 4 er brukt til timekostnader, knyttet til analysene beskrevet under.

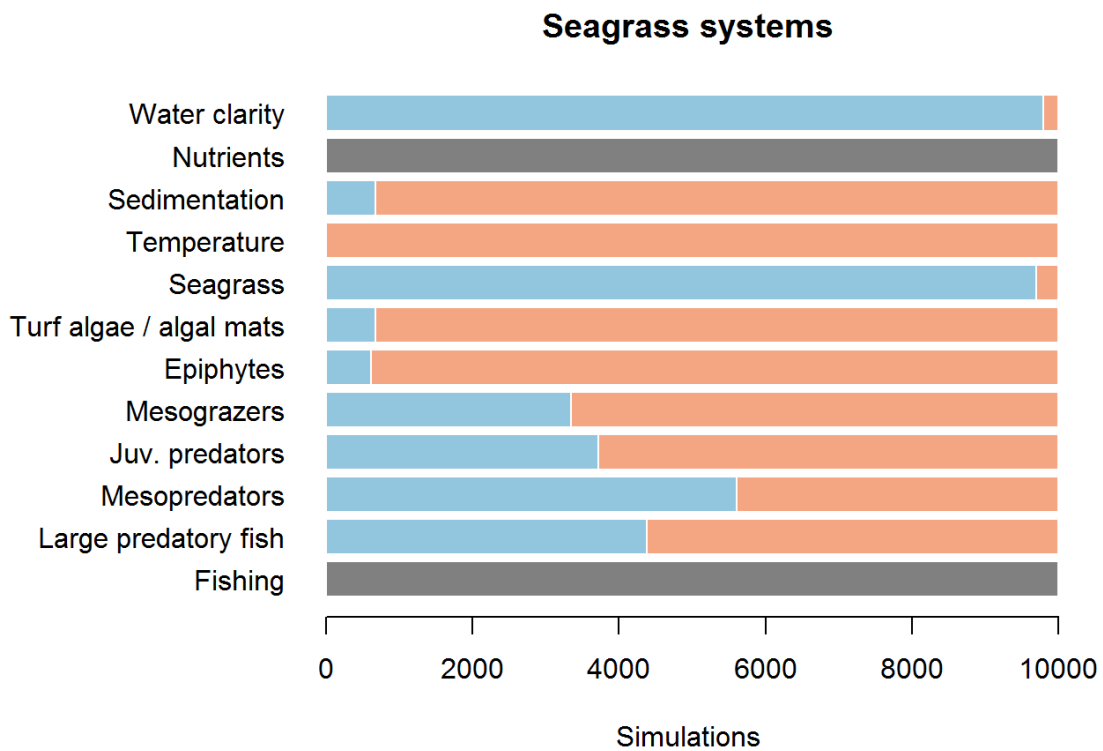
I 2017 er det satt opp et rammeverk for nettverksanalyse av tareskog, ålegrassystemer og tangsamfunn. De skisserte nettverkene er basert på en gjennomgang av et utvalg relevante vitenskapelige publikasjoner (hovedsakelig fra 2011 og frem til i dag). En publikasjon ble regnet som relevant dersom økologiske interaksjoner mellom aktører i de ulike systemene ble beskrevet. En fullstendig liste vil oppgis i prosjektets sluttrapport.

Innledende analyser ble foretatt ved bruk av QPress-pakken i R (R Core Team 2017, Melbourne-Thomas J, Wotherspoon S, Raymond B and Constable A 2012). Pakken ble brukt til å lage 10.000 simulerte samfunn av 1) Et generelt ålegrassystem, 2) Et generelt tangsamfunn, 3) Sukkertaresystem sør i Norge (ikke utsatt for beitepress fra kråkebolle), 4) Sukkertaresystem nord i Norge (utsatt for beitepress fra kråkebolle) og 5) Stortareskog. (Se presentasjon i Vedlegg A.5 for en oversikt over den generelle fremgangsmåten)

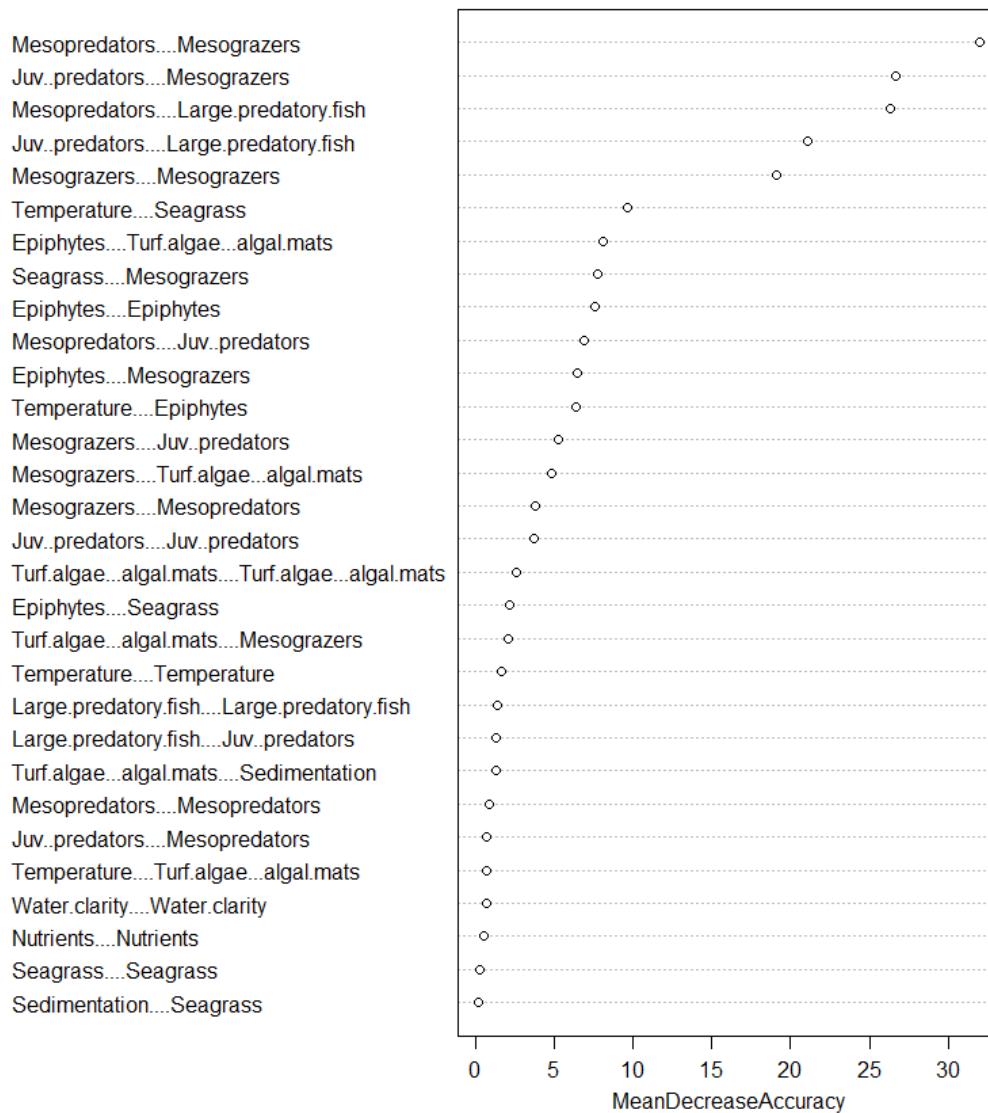


Figur 4. Foreløpig diagram som viser grunnlaget for QPress-analyser av ålegrasnettverk. Linjene mellom boksene representerer interaksjoner mellom aktører i nettverket. Symbolene indikerer om påvirkningen er positiv eller negativ. En pil betyr at økning i aktør 1 fører til en økning i aktør 2 (altså en positiv interaksjon). En strek med en kule indikerer at en økning i aktør 1 fører til en reduksjon i aktør 2 (altså en negativ interaksjon). Interaksjonen kan gå begge veier, noen ganger med motsatte fortegn. De fleste organismer har også en eller annen form for selvregulering, og dette er vist ved en sirkel med kule.

På workshopen i november presenterte vi foreløpige resultater for QPress-analyser av ålegrassamfunn, der de 10.000 ålegrassamfunnene ble utsatt for en simulert økning i temperatur og reduksjon i lysgjennomtrengelighet i vannsøylen. Tilsvarende er utført for de andre systemene. I en overveiende andel av simuleringene hadde en økning i temperatur og en reduksjon i lysgjennomtrengelighet i vannsøylen en negativ effekt på ålegraset (se **Figur 5**). Ved å se nærmere på hva som skiller ålegrassamfunnene som var mer robuste ovenfor endringene (altså de som beholdt stabile ålegrasforekomster) fra de som ble negativt påvirket kan vi lære noe om hvilke økologiske samspill som er viktige for at ålegrasenger skal kunne takle klimaendringer. Foreløpige analyser (RandomForest-analyser, Liaw and Wiener 2002) viser viktigheten av beiteorganismer og samspillet mellom de ulike trofiske nivåene (se **Figur 6**).



Figur 5. Figuren viser effekten av en økning i temperatur og lysgjennomtrengelighet på det økologiske systemet som helhet (basert på nettverket vist i **Figur 4**). Fargene indikerer antallet simuleringer som ga økning (rød) eller reduksjon (blå) i hver aktør som respons på det samlede presset.



Figur 6. Figuren viser hvilke interaksjoner som skiller de simulerte ålegrassamfunnene som er robuste ovenfor økt temperatur og redusert vannklarhet fra de mindre robuste.

I henhold til tidsplanen for prosjektet skal endelige resultater fra QPress-analysene foreligge i 2018 og 2019. Frem til det vil både nettverk og relative forhold mellom ulike press justeres i henhold til ny kunnskap og fremtidige klimaframskrivninger. Dialogen med våre nordiske samarbeidspartnere som ble etablert på workshopen vil være viktig i denne sammenhengen. Kartlegging og teoretisk testing av mulige forvaltningstiltak for blå skog vil utføres og sammenstilles i 2019.

3.5 WP 5: Formidling

Det ble gjennomført oppstartsmøte med relevante fagpersoner i Miljødirektoratet 8. september 2017.

Den 16-17. november 2017 ble det gjennomført en workshop med relevante forsknings- og forvaltningsmiljøer. Tittelen for workshopen var «Status of knowledge for Nordic carbon cycling in blue forests». Workshopen hadde følgende målsetninger:

- Kick-off møte for Blått-karbon prosjektet og å introdusere og forsterke samarbeid med prosjektpartnere og relevante forvaltningsmyndigheter
- Gi en oversikt over kunnskapsstatus for karbonkretsløp i blå skog per dags dato for de nordiske land
- Lage oversikt over tilgjengelig data på distribusjon, biomasse og GIS-modeller i de nordiske land (input til WP 1)

Tilstede på møtet var Klima- og miljødepartementet, Miljødirektoratet, NIVA, Havforskningsinstituttet, GRID-Arendal, Aarhus Universitet (Danmark), Åbo Akademi Universitet (Finland), Havs- og Vattenmyndigheten (Sverige), Fylkesmannen i Aust-Agder og Aust-Agder fylkeskommune (se deltagerliste i Vedlegg B).

Referat fra workshopen og presentasjonene fra hvert foredrag er gitt i kapittel 4 og i vedlegg A.

Midler brukt i denne arbeidspakken (se Tabell 1 med kostnadsbudsjett) er knyttet til planlegging av workshop 16-17 november (timekostnader) og dekning av utgifter i forbindelse med workshopen (eksterne kostnader; reiseregninger, mat osv).

I 2018 skal foreløpige resultater fra prosjektet presenteres på en relevant nasjonal/nordisk konferanse. I 2019/første halvdel 2020 skal det lages en sluttrapport (på engelsk), populærvitenskapelige sammendrag, ulike produkter (poster, faktaark) og det skal arrangeres et sluttseminar med Miljødirektoratet og andre relevante forsknings- og forvaltningsmiljøer.

4 Workshopreferat fra 16. og 17. november 2017

Referat: Workshop «Kunnskapsstatus for nordisk karbonkretslop i blå skog.

Sted: Miljødirektoratet

Tilstede: Klima- og miljødepartementet, Miljødirektoratet, NIVA, Havforskningsinstituttet, GRID Arendal, Aarhus Universitet (Danmark), Åbo Akademi Universitet (Finland), Havs- og vattenmyndigheten (Sverige), Fylkesmannen i Aust- og Vest-Agder og Aust-Agder Fylkeskommune (30 deltakere; se deltagerliste i Vedlegg B).

Den 16. november ble gjennomført med engelsk som hovedspråk, den 17. november med norsk som hovedspråk. Referatet følger samme mal, og er i hovedsak skrevet på engelsk for den 16. november og på norsk for den 17. november. I dette kapitlet gis det en kort oppsummering av hver presentasjon og påfølgende diskusjon, mens presentasjonene er gitt i Vedlegg A.

4.1 Agenda

Nummer foran presentasjoner viser til rekkefølge for beskrivelser i dette kapitlet og i Vedlegg A

Thursday 16. November

Welcome and introduction to the project

1. Welcome, background for the project and applicability of the results
2. Introduction to the project and outreach activities (WP5)
3. WP1. Distribution and biomass of blue forests in the Nordic countries
4. WP2. Fieldwork – kelp carbon export and sequestration and
WP3. Carbon cycle of blue forests
5. WP4. Blue forests now and in the future – pressure and possibilities for management measures

The global picture: Blue carbon policy and role in the carbon cycle

6. Blue forests in a global policy context
7. Integrating mangroves into REDD+: challenges and opportunities
8. Role of macroalgae in the global carbon cycle

The Nordic picture: Today's knowledge on blue forests distribution and data availability

9. Baltic region
10. Denmark and Greenland
11. Norway
12. Norwegian GIS-models

Friday 17. November

Kan tarekarbon inkluderes i karbonregnskapet

13. Prinsipper og kunnskapsgrunnlag for regnskap for utslipp og opptak av klimagasser – basert på sektor for skog og annen arealbruk
14. Et foreløpig karbonkretslop for tare i Norge
15. Diskusjon om kunnskapsgrunnlaget for tarekarbon og muligheter for å inkludere dette i regnskap for utslipp og opptak av klimagasser

Påvirkningsfaktorer og muligheter for forvaltningstiltak for blå skoger

16. Forvaltningens behov knyttet til overvåking og bevaring av de blå skogene
17. Foreløpig resultater fra nettverksanalyser av blå skog
18. Diskusjon om nettverksanalyse som verktøy, påvirkninger og muligheter for forvaltningstiltak i blå skog.

Mapping data for use in WP1

19. Presentation of possible analysing techniques based on existing data

4.2 Oppsummering av presentasjoner og diskusjon

Thursday 16. November

1. Welcome and status of knowledge for Nordic carbon cycling in blue forests (Vedlegg A.1)

Solrun Figenschau Skjellum, Norwegian Environment Agency (NEA), Norway

All participants were welcomed to the kick-off workshop of the NMR project and then a short blue forests history was presented. The NEA started working with blue carbon-related topics in earnest in 2013, which received further attention when mangroves were included in the IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories through the Wetland supplement, also in 2013. NEAs work on blue carbon is related to national policy and priorities, as laid out in the recent Norwegian white papers and strategies for blue growth and bioeconomy. Funding became available in 2017 through Norway's chairmanship of the Nordic Council of Ministers (NMR), and the flagship project on "The Ocean and blue bioeconomics". The contract for the present project on blue carbon was awarded to NIVA in July 2017. NEAs expectations for the project is to bridge existing knowledge gaps, assess the long-term storage of carbon in Nordic macro vegetation and to provide the knowledge basis for inclusion in the national Nordic inventories.

The Norwegian national climate goals are to reduce greenhouse gas (GHG) emissions by at least 40% by 2030 (compared with the 1990 level) and that Norway will be climate neutral by 2030. Norway has adopted a legally binding target of being a low-emission society by 2050 (reduce 80-95 % compared to 1990). GHG emissions from deforestation and forest degradation in developing countries will be reduced in ways that contribute to sustainable development. For climate adaptation, the national goal is that Norway will prepare for and adapt to climate change. We are looking forward to the workshop over the next two days, to get an overview of where we stand today. We are also looking forward to the workshop at the end of the project in 2019 where we will see what we have learned over the next three years.

2. Introduction to Blue Carbon project (Vedlegg A.2)

Helene Frigstad, Norwegian Institute for Water Research (NIVA)

The project Blue carbon – climate adaptation, CO₂ uptake, and sequestration of carbon in Nordic blue forest, was presented. The aim is to create an updated overview of the carbon cycle of kelp, eelgrass, and rockweed in Nordic marine waters. The "Blått-karbon" project is a three-year project, funded by the Norwegian Environment Agency, through the Nordic Council of Ministers. The project is lead by NIVA, in cooperation with IMR, GRID-Arendal, (all partners in the Norwegian Blue Forests Network), Aarhus University, Åbo Akademi University and Gothenburg University. The different work packages, project leaders, time schedule, communication and outreach and deliverables for 2017-2020 were presented, together with WP 5: Communication and outreach, which H. Frigstad is leading with all project members as participants. The aim is to facilitate dissemination of the results from the project to relevant management bodies and research environments, both nationally and to the Nordic countries. The deliverables for 2017 to 2020 was presented.

3. WP 1: Distribution and biomass of blue forests in the Nordic countries (Vedlegg A.3)

Hege Gundersen, Norwegian Institute for Water Research (NIVA)

The aim of this work package was to get an overview of existing data of blue forests in the Nordic countries, compile them, and make distribution maps.

During the workshop we got a good overview of finalized and ongoing Nordic projects where relevant data have been sampled (see point 9 and 10, Chapter 4.2). However, some of these data are not yet published and thus not accessible for our purpose.

We all agreed to aim for one seamless Nordic model for each of the ecosystems. However, if we find that our data are of different kind (density classes, presence/absence, or absence only), we might anyway split the analyses up in regions.

Although we might get access to some good data on biomass, this will likely not be sufficient to model biomass as such. Instead we will estimate the biomass for different regions and species, using existing literature combined with the distribution maps we create. This will be done first half of 2018. Also the calculation of biomass from associated flora and fauna will be done in this way. Deliveries from this WP is:

- GIS maps of predicted distribution of kelp (*L. hyperborea* and *S. latissima*), probably also for *L. digitata* if we get enough data, and seagrass and rockweed (input to WP3).
- GIS maps of estimated biomass of kelp, seagrass, and rockweed (input to WP3)
- Estimated carbon content of blue forests per management unit (country, county, municipality)
- Estimated carbon content of flora and fauna associated with blue forests (per management unit)
- Contribute to reports, seminars and popular science and scientific publication.

A question came up after the talk, regarding the use of substrate data from Finnish waters or other places it might be available. We concluded that although these data are indeed highly appreciated, we cannot use them in our models, since they only cover a small part of our study area. Instead we will use full cover proxies like curvature and slope, derived from bathymetry.

4. WP 2: Fieldwork – kelp carbon export and sequestration (Vedlegg 4a) and WP 3: Carbon cycle of blue forests (Vedlegg 4b)

Kasper Hancke, Norwegian Institute for Water Research (NIVA)

This presentation gave an overview of the current status of WP2 and WP3, and how the progress is planned for completing the two work packages. WP2 is focused on fieldwork to fill the empirical knowledge gaps and quantify missing key values in the Nordic carbon cycle, with significance for carbon storage in the Nordic kelp forest.

Major tasks are:

2.1 - Quantification of kelp detritus that sediment on the seafloor. Fieldwork is planned in the Trondheimsfjord region during spring-summer-fall 2018 (input to WP3) in collaborating with other ongoing project of relevance. A preliminary modelling approach to quantify sedimentation of kelp organic matter is shown in Figure 1 in Vedlegg A.4a.

2.2 - Degradation rates and long-term storage of kelp organic matter in sediments. Fieldwork in the Trondheimsfjord region where sediment cores will be collected to quantify kelp organic matter degradation and sequestration (burial of organic matter deep in seafloor sediments). Duration: in spring-summer-fall 2018 (input to WP3).

2.3 - Production of Dissolved Organic Matter (DOC) in kelp forests. Work in progress, samples are in the lab from fieldwork from August 2017. There are only a very few articles on this and robust quantitative estimated of DOC production and export is needed for quality carbon budgets of blue forests.

The deliverables from work package 2 are quantitative estimates of 1) carbon sedimentation on the seafloor, 2) carbon decomposition and sequestration, and 3) empirical data on dissolved organic matter production in kelp forests. Collected data will provide for an updated carbon budget, as input

to WP3. The WP will contribute with reports, to the final workshop, and to popular science publications and data for scientific publications.

In work package 3: Carbon cycle of blue forests is about updating the marine carbon budget and pathways, including a budget of the uptake, export, and sequestration of marine carbon in Norwegian Blue Forests. The work package will provide for collected data on:

Task 3.1: Net primary production and CO₂ uptake in kelp, rockweed, and seagrasses.

Task 3.2: Export of kelp forest carbon and transport of these organic carbon components locally and offshore, to understand their fate and role in the marine carbon cycle.

Task 3.3: Carbon sequestration in coastal and deep sea regions based on empirical data collected in WP2 and literature values for Nordic (preferred) or global kelp communities.

Task 3.4: An update of the carbon budget for the Norwegian Blue Forest. This task will focus on synthesizing an up-to-date carbon budget for Norwegian kelp forest including estimates of the organic carbon sequestration and 'permanent' depositing of kelp carbon from coastal kelp forests.

Deliverables for wp3: 1) Quantitative estimates of the carbon uptake and export from kelp forests. 2) Total carbon budget for the Norwegian kelp forest. 3) Total carbon budget for the Nordic Blue Forest 4) Data for WP4. 5) Contributions to reports, final workshop and popular science publications and data for scientific publications.

After the presentation Maria (Grid-Arendal) commented that she is leading a Blue Forests project (SEAME) together with IMR on seagrass and carbon sequestration, and was wondering how these data may be included. In addition, KELPEX (NIVA-IMR) together with BURSE (IMR-UiO) may add valuable data on kelp sequestration from the Malangen region.

5. WP 4: Blue forests now and in the future – pressure and possibilities for management measures (Vedlegg A.5)

Guri Sogn Andersen, Norwegian Institute for Water Research (NIVA)

The basic idea behind WP4 is to apply network analysis to better understand the ecological relationships and pressures in blue forests today and in the future. To understand how all the different ecological relationships add up to a system response, to identify potential management measures aimed at protecting the blue forests, and to test these measures within a theoretical framework.

The work-package is divided into four tasks within the following timeframe:

4.1 – Schematic representations of ecological interactions and impacts in blue forests – within 2017

4.2 – Establish QPress models that describes the current systems – within 1. Quarter of 2018

4.3 – Model pressures according to expectations for future environmental change – within 2018

4.4 – Model possible management measures – within 2019.

The work package is on schedule, the models are established and are easily updated with new information. Guri presented some simplistic network diagrams with the most important relationships, relevant to the Nordic areas. She then continued to give a brief overview of the QPress method, its benefits and limitations.

The results from the different simulations are not accurate by themselves. However, compiled their great number provides a general overview of the characteristics of the different systems, and the direction the systems (described by the network diagram) move when subjected to different pressures. This knowledge will provide useful insight for management, but must be interpreted with caution. The full complexity of the systems will never be captured by simplistic network diagrams, and hence nor will the responses to pressures. The results will therefore be discussed with partners with experience from different countries with expertise covering different ecological systems, to

ensure the greatest possible foundation for interpretation. The aim is to provide a foundation for future management strategies to be built on.

6. Blue forests in a global policy context (Vedlegg A.6)

Steven Lutz, GRID-Arendal

Steven Lutz presented the blue forests in a global policy context, and detailed some international projects on coastal blue forests/blue carbon and the carbon storage potential of ocean ecosystems. Although blue forests occupy less than 0.5% of the world's ocean surface area, these coastal ecosystems are estimated to bury nearly 70% of the carbon sequestered in the oceans. Blue forests are believed to be vitally important for climate mitigation and adaptation.

The UN Environment Blue Forests Project is a global initiative focused on harnessing the values associated with coastal carbon and other ecosystem services to achieve improved ecosystem management and support climate resilient communities. The project is executed by GRID-Arendal and is supported by funds from the Global Environment Facility and partners worldwide. Project sites are located in the Americas, Asia, Africa, and the Middle East. Steven presented several examples, see presentation in Vedlegg A.6 (slide presentation titled: 'International Blue Carbon+'). For example, Steven illustrated how blue carbon initiatives can contribute to achieving 15 of the 17 UN Sustainable Development Goals (SDGs) and that many nations are recognizing the value of blue forests for climate change adaptation and mitigation in their climate pledges to fulfil the Paris Agreement. Steven related some notes from COP 23 side events, including Vladimir Ryabinin, Executive Secretary IOC, Assistant Director General of UNESCO who stated that "Kelp carbon needs to be advanced just like to other coastal blue carbon ecosystems" and that Ronny Jumeau, Permanent Representative to the United Nations, Ambassador for Climate Change, Republic of Seychelles who stated that "fish carbon is an opportunity for Small Island Developing States to get the oceans in their Nationally Determined Contributions (NDCs) to the Paris Agreement". Through the UN Environment Blue Forests Project, blue carbon is providing a triple win: for climate, biodiversity and communities. Steven also presented the rationale behind the concept of 'fish carbon', a concept recognizing the potential role of marine vertebrates in climate change mitigation.

Steven identified some potential Norwegian opportunities to advance blue forests, for example developing mangroves under REDD+, supporting oceanic blue carbon science, supporting countries incorporate blue forests/blue carbon into their NDCs to the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) including the incorporation of blue forests (kelp and seagrass) in Nordic NDCs.

7. Integrating mangroves into REDD+: challenges and opportunities (Vedlegg A.7)

Elizabeth Selig, Norwegian Institute for Water Research (NIVA)

The Norwegian Blue Forests Network (NBFN) is a cooperation between NIVA, GRID-Arendal, and IMR to mobilize Norwegian expertise for the sustainable management of blue forests ecosystems in Norway and beyond. NBFN raises awareness in Norway on the importance of blue forests, conducts research on their role in climate change mitigation and other ecosystem services, develops and executes joint research projects, and support the Norwegian blue forests policy and research agenda. Recently, NBFN worked with the Norway's International Climate and Forest Initiative and Norad to host an expert workshop on integrating mangroves into REDD+ (Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation). Workshop participants identified several key categories of challenges for integrating mangroves into REDD+, including social barriers (e.g. lack of analytical capabilities within specific regions); policy barriers (e.g. unclear tenure in mangrove areas and jurisdictional controls); market-based barriers (e.g. access to carbon markets, how to structure benefit sharing schemes); and monitoring barriers (e.g. complexity with soil depth measurements).

Several challenges are shared with tropical terrestrial forests, but mangroves also present unique challenges, particularly with monitoring and economic value of multiple ecosystem service benefits. These challenges can be overcome as the importance of the values outweigh the existing barriers. Social and cultural issues are embedded in many of the challenges to integrating mangroves into REDD+, although there are identified interventions and potential solutions that can be used to overcome these. Many of these solutions are similar to those that have been implemented in terrestrial forests, but innovations will be needed for some social, economic, and monitoring challenges.

8. Role of macroalgae in the global carbon cycle (Vedlegg A.8)

Dorte Krause-Jensen, Aarhus University

Knowledge on marine macrophytes as a global C-sink was presented. It was highlighted that macroalgae have until recently been largely neglected as C-sinks because they grow on rocky shores where material does not accumulate. However, macroalgae represent the globally most productive marine forests and there is a new focus on macroalgae as C-sinks in international literature as it is realised that part of the large export of material from macroalgal forests contribute to oceanic C-sinks elsewhere. A first-order budget shows that macroalgae support globally important C-sequestration, which doubles previous C-burial estimate of marine forests. There is now a need for more field evidence to verify and fine-tune this budget. The presentation further showed that being hotspots of productivity, macroalgal forests take up so much carbon when illuminated through the long Nordic summers that they locally increase pH and thereby also offer potential refuges against ocean acidification. These roles of macroalgal forests as C-sinks and refuge against ocean acidification imply that sustainable management of macroalgal habitats offer opportunities to mitigate and adapt to climate change in addition to supporting ecological quality.

The Nordic picture: Today knowledge on blue forests (kelp, eelgrass, rockweed) distribution and data availability

9. Baltic region (Vedlegg A.9)

Christoffer Boström, Åbo Akademi University

The Seagrass Blue Carbon Work in the Baltic Sea Region, density and biomass from different regions, study regions and sampled sites was presented, the total organic carbon stocks and carbon density profile from Finland and Denmark. A provenance analysis of sources accumulating carbon and 10 different environmental variables explaining organic carbon stocks. Different models were used. Blue carbon storage capacity of *Zostera marina*, from a global survey (ZEN) was presented, with storage, drivers, sources and context. The project study area and methods, eelgrass sediment carbon stocks and sources, region specific variability in carbon storage capacity, sediment variables explaining eelgrass sediment carbon. Different models were used to show the importance of environment drivers for carbon, and importance in the global context, A model to help understanding the eelgrass foodweb was shown. A map with seabed habitats from EMODnet map and data available from Helcom was shown.

10. Denmark and Greenland (Vedlegg A.10)

Dorte Krause-Jensen, Aarhus University

Today's knowledge on blue forests distribution and data availability in Denmark and Greenland was presented. Coarse estimates on area cover are available for Danish and Greenland marine forests. There will be better estimates for Danish eelgrass meadows by end of 2018 and better estimates for Greenland marine forest around 2019. There is a lot of data available for ground truth models.

11. Norway (Vedlegg A.11)

Frithjof Moy, Institute of marine research, Research station Flødevigen

Today's knowledge on blue forests distribution and data availability on kelp, eelgrass and rockweed in Norway was presented. Most of Norwegian coastline is rocky shores and Norway has the largest kelp forests of Europe. Shallow soft bottom is relatively rare. The national mapping programme of marine biological biodiversity (2007-2019) data are the best measures of kelp forest (*L. hyperborea*) and eelgrass in Norway. The data is available from www.naturbase.no. There is a gap between modelled and observed distribution and there is a need for abundance measures from different regions of Norway.

12. Norwegian GIS-models (Vedlegg A.12)

Hege Gundersen, Norwegian Institute for Water Research (NIVA)

GIS models for use in Norway was presented:

1. NIVA has available depth models (DEMs) at a spatial resolution of 25m from the Norwegian Mapping Authorities.
2. The DEM has been derived for a long range of different terrain variation indices, such as slope, curvature, hillshade, aspect, and openness – all at 25m resolution. These are variables that might be able to separate hard from soft sediment and thus function as proxies for substrate.
3. A wave exposure index model (SWM) has been developed by NIVA at a spatial resolution of 25m for the whole of Norway. The model predicts the wave exposure at the sea surface.
4. Wave exposure at the seabed (bedSWM, 25m) has recently been developed by NIVA from the SWM using algorithms for wave reduction with depth.
5. Current speed (including averaged salinity and temperature) is available from the NORkyst800 model at a spatial resolution of 800 m for the whole coast. Models exists for mean, median, min, max 90 percentile and standard deviation for both surface and seabed. Higher resolution current models (160m or finer) is available for certain parts of the Norwegian coast through the National program for mapping of biodiversity - coast.
6. Light level at the surface (surfPAR) and light attenuation index (KdPAR) for the whole of Europe at a spatial resolution of approximately 220m. From the EU project EMODnet Seabed Habitats (NIVA v/Trine Bekkby Norwegian is partner).
7. Light percentage and light level at the seabed (bed Perc and bedPAR, respectively) for the whole of the Norwegian coast at a spatial resolution of 25 m downscaled from the coarser surface light and light attenuation model from the EMODnet Seabed Habitats model.

Friday 17. November**13. Prinsipper og kunnskapsgrunnlag for regnskap for utslipp og opptak av klimagasser – basert på sektor for skog og annen arealbruk (Vedlegg A.13)**

Ellen Bruzelius Backer, Miljødirektoratet

Det ble presentert noen refleksjoner rundt prinsipper for føring av et utslippsregnskap (illustrert gjennom eksempler fra Skog og annen arealbruk), aktivitetsdata og utslippsfaktorer. Når man fører et utslippsregnskap må det utføres etter internasjonalt anerkjente metoder. IPCC 'national guidelines' (GL) har en regelbok med strukturer for hvordan vi skal levere regnskap, dette er et regelverk som alle land må følge. Tare inngår ikke i dette regelverket, så for å inkludere tare i et utslippsregnskap må man først få på plass en internasjonal metode med enighet om hvordan dette skal gjøres.

Norge leverer regnskap med årlig rapportering noe som betyr at an trenger årlig innsamling av data. Det må fremkomme klart hva som er forvaltet og hva som ikke er forvaltet areal, siden flukser på grunn av naturlige prosesser ikke skal inkluderes i regnskapet. All skog i Norge regnes som forvaltet. For regnskapet er det fluksene som er viktig, ikke lager av karbon. Modeller brukes i rapporteringen, men det skal klart fremkomme hva som måles og hva som beregnes.

Det ble stilt spørsmål om behovet for årlig rapportering og Miljødirektoratet presiserte at de må levere årlige aktivitetsfakta. Regnskapene blir i utgangspunktet revidert hvert år. Men selv om det er årlig rapportering til FN så har de en flerårig forpliktelse, denne perioden strekker seg over 8 år og neste forpliktelsesperiode vil gå fra 1921-30, dvs. en ti års periode med et stopp halvveis etter fem år med bokføring, det betyr at man har noen år på seg til å hente inn, oppdatere og korrigere informasjon. Norge har forpliktet seg til oppgjør i slutten av forpliktelsesperioden og henter da ikke data for alle felt hvert år, men sikrer at det blir riktig på slutten av perioden. Dette kan også være aktuelt hvis man ønsker å rapportere tare.

Det ble diskutert om det finnes paralleller mellom tare og skog og annen arealbruk, kan man sammenligne tare med gress og ålegras med tilhørende sedimenter med røtter? Kan man sammenligne sediment med jord? Jord har stor karbonbeholdning, men ikke så store flukser. Dyrket mark og beite er forvaltet og alle fluksene er med, men de årlige vekstene er ikke med i regnskapet, da de tar opp like mye om våren som de slipper ut om høsten. Hva skjer med taren når den rives av, blir den da i norsk territorium? Hva slags karbonbeholdning har man med i regnskapet?

Geografisk omfang, representativitet, årlig oppdatering og avgrensning er viktige data sammen med informasjon om utslippsfaktorer. Foreløpig er det mye usikkerhet som må håndteres, flukser, hvilken lagre er relevante og geografisk avstand av lagre.

Det ble også diskutert hvordan få oversikt over forvaltet tare og hvorvidt klimaeffekter kan inngå i regnskapet, eller om restaurering av et ødelagt sukkertareområde inngår. Nasjonalparkene inngår i et vern og er forvaltet. Dyrking av tare er forvaltning. Det foreligger årlige uttakstall på høsting av tare, som kan inngå i et regnskap over menneskelig inngripen. Utbygging av en båthavn er påvirkning og menneskelig inngripen. Det ble også diskutert litt rundt tareplanter og langtidslagring i sediment. Tareprodukter kan muligens også trekkes inn i regnskapet.

Det er generelt viktig å kunne forklare hvorfor man anser et areal som forvaltet eller ikke forvaltet. Regnskapet inneholder fluksene, det vil si utslippene og opptakene. Vi beregner lagrene, men det er fluksene som skal inn i regnskapet.

Det er viktig å få oversikt over hvordan man skal håndtere datainnsamlingen til et eventuelt utslippsregnskap for tare, eksempelvis hvor mange prøveflater man trenger for å få et representativt nasjonalt bilde og hvordan man kan legge opp et system for å få inn årlige data.

Det ble mye diskusjon rundt ulike elementer av et eventuelt utslippsregnskap for tare, og Miljødirektoratet klargjorde at de ønsker seg et bedret kunnskapsgrunnlag gjennom dette prosjektet. Det var enighet om at det er behov for en videre diskusjon mellom forskerne som jobber med karbonkretsløpet til tare og ekspertene som jobber med utslippsregnskapet. Det er behov for å få mer informasjon om blant annet hvilke parametere som er viktigst, hva som skal ansees som forvaltet/ikke-forvaltet, datainnsamlingsmetodikk og tilknyttet usikkerhet.

14. Et foreløpig karbonkretsløp for tare i Norge/Carbon pathways for Nordic kelp forest (Vedlegg A.14)

Kasper Hancke, Norwegian Institute for Water Research (NIVA)

This presentation was about the status of knowledge for the kelp carbon budget. The work is just started and hopefully the project will give the answer in 2019. The presentation highlighted several contributing projects and a short introduction of key personnel was presented. The kelp forest has undoubtedly an ecological value, but the potential for kelp forests to sequester carbon has only recently been acknowledged. The review by Krause-Jensen and Duarte (2016) show that macroalgal systems represents a potential to sequester carbon equal to that of terrestrial forest. To illustrate, the figures from Dorth's paper was applied to the conceptual model of the Blue Forests Carbon pathways of Nordic waters and the exercise for the next 3 years is to try is to validate these (figures are given in Vedlegg A.14). The KERP-Fate and KERP-float (NIVA projects) modelling study from the KELPEX area in Malangen was presented. Different transport mechanisms act on different sized particles from large plants to small particles and on the transport distance. The KELPEX-project was briefly presented and the BURSE-project (NBFN-HI) will this year take core samples for carbon sequestration in the sediments. WP2 in this project will do sediment cores in the Trondheimsfjord next year. Hopefully all the activity will bring knowledge to the major Blue Forests Carbon pathways of Nordic waters.

15. Diskusjon om kunnskapsgrunnlaget for tarekarbon og muligheter for å inkludere dette i regnskap for utlipp og opptak av klimagasser (Vedlegg A.15)

To structure the discussion Kasper Hancke presented some «Blank spots» in the conceptual model for the Blue Forests Carbon pathways of Nordic waters (Figur 2 and 3, last slide Vedlegg A.14). Paper copies of the conceptual carbon cycle of kelp were handed out to the participants for everyone to take notes on or return with comments and suggestions.

High variability in kelp distribution and abundance, including different species needs to be taken into account. Kelp is an important vegetation in Norway and Greenland. Eelgrass and rockweed are important vegetation in Kattegat and the Baltic. This will become apparent and quantified by WP1. Premises for international carbon reporting and the fluxes measured were discussed. Are carbon fluxes comparable for terrestrial forest and blue forest? It is important to distinguish between annual fluxes, changes in pools of standing carbon biomass, or carbon transported in and out of the system. Approaches were discussed to compare with current terrestrial carbon budget calculations. Annual production of kelp was compared to terrestrial weed production. The kelp forest builds up biomass of carbon as it growth and expands. Export of fragmented kelp (leaves etc.) can be transported out of the upper layers and represents a potential for permanent sequestration of kelp carbon. It was discussed how far these fragments have the potential to be transported, and if we could consider all of the export to be sequestered within Norwegian territorial waters. There is a need for international

agreements on how blue forests should be accounted for. International rules and laws have to be agreed upon for a carbon reporting system to work across national borders.

Could the change in biomass be used as a measure for carbon sequestration, with a default factor used to convert biomass to sediment storage? Reduction in stock is a release of carbon, the same will account for kelp. Terrestrial forest inventory is made yearly from measurement in representative panels. Current monitoring of kelp could be used carbon reporting if there is international agreement. Kelp forest is monitored yearly in Norway by both IMR and NIVA. This monitoring program could be redesigned for a carbon budget purpose. In Sweden monitoring mainly on seagrass is done by diving. However, innovative technical solution such as drones are emerging techniques.

A tree that falls is moved from living biomass to dead biomass. In kelp ecosystem, 'storm fell' of organic carbon is much larger than in the terrestrial ecosystems and may play an important role in the transport of carbon. Natural disturbances in terrestrial forest (storm fell, fire) is not taken into account. What about storm fell in kelp forest, how to account for this natural process, that is important for carbon sequestration? Blue forests could be included in National Determined Contributions (NDC), even without an established system for carbon reporting.

Påvirkningsfaktorer og muligheter for forvaltningstiltak for blå skoger

16. Forvaltningens behov knyttet til overvåking og bevaring av de blå skogene (Vedlegg A.16)

Katrine Skjajaa Gunnarsli, Miljøvern avdelingen, Fylkesmannen i Aust- og Vest-Agder

Forvaltningens behov knyttet til de blå skogene ble presentert i lys av de lover og forskrifter forvaltningen må forholder seg, samt at det er flere etater som har myndighet i kystsonen og med det flere lovverk og forskrifter som skal spille sammen. Det ble vist til flere utredninger i forhold til tema kyst. Formålet er bærekraftig samfunnsutvikling, lovverk har som formål å sikre at offentlige avgjørelser ikke forringer miljøet, det biologiske mangfoldet, eller fører til forurensning, men også legge til rette for verdiskaping / næringsutvikling. Samtidig har etatene ansvar for opprydning av tidligere synder, tiltak og habitat restaurering, hvor planprosesser er viktige. Forvaltningens oppgaver har endret seg fra art- og naturtypeforvaltning til økosystemforvaltning, dvs fokus på helhet og bærekraft, og dette krever kunnskap om komplekse forhold. Kunnskapen må også være lett tilgjengelig. Sett fra forvaltningens side var rapporten «Vurdering av tiltak mot bortfallet av sukkertare» svært nyttig da konkrete tiltak ble vurdert.

Vannforskriften et viktig verktøy for helhetlig og økosystembasert forvaltning av alt vannmiljø i Norge og resten av Europa. Miljøtilstand fastsettes primært ved bruk av biologiske kvalitetselementer. Målet er at alle vannforekomster skal ha god økologisk tilstand innen 2021. Men Katrine understreket at det kan se ut som kystvann ofte blir litt glemt i de regionale planprosessene og i tiltaksprogrammene.

Forvaltningen er også opptatt av naturens sårbarhet. I kystvannet er det plukket ut 11 viktige naturtyper, og tareskog og ålegras er selvfølgelig med.

Kunnskap er viktig for forvaltning av blå skog, og forvaltningen trenger å vite mer om trusselbildet og økosystemtjenestene.

Forvaltningen ønsker en felles kunnskapsplattform med entydige svar, hva det er viktig å bevare, konsekvenser, positive effekter og hva som påvirker negativt. Forskningenes dilemma er at det ikke finnes klare ja- nei svar, men forvaltningen ønsker seg likevel dette.

Spørsmål:

Etter foredraget ble det stilt flere spørsmål knyttet til Vannforskriften og klassifiseringssystemet: fastsettelse av økologisk tilstand, fastsettelse av grenseverdier f.eks. nedre voksegrense for ålegras. Det ble diskutert at det er viktig å forbedre klassifiseringssystemet når kunnskapen blir forbedret.

Elementer som ble diskutert var:

-Målet er God økologisk tilstand innen 2021, hva skjer om man ikke klarer å oppnå målet. For noen områder er ikke dette målet mulig. Ifølge forskriften er det mulighet for å legge inn utsettelse hvis man ikke har kunnskap nok, tiltak er altfor dyrt, eller man ikke vet hva man kan gjøre for å forbedre, så for disse tilfelle er det satt utsettelse til neste planperiode, og plan for å jobbe for å få mer kunnskap. En planperiode er 6 år. Det må imidlertid rapporteres en god grunn for å få en utsatt frist.

-Forvaltnings/tiltaksplaner for Tareskog/ålegras: Planene forvaltningen har, bygger på eksisterende kunnskap, bl.a. fra naturtypekartleggingen og her ligger det lite informasjon om tareskogen er redusert eller er borte fra et område. Det rapporteringen viser i dag, er at ytre kyst har svært god til god tilstand. Forvaltningen ønsker seg mer grundige kartlegginger i fremtiden og ønsker en oversikt over hvor tare skulle vært tilstede (modellert utbredelse basert på kriterier for hvor taren vokser) slik at man kan få vite om bortfall av tare i et område og å verifisere utbredelsen.

-Ekspertrådet for økologisk tilstand – mener at det ikke er behov for forbedringer da vannforskriften er god nok eller at det allerede er et system på plass. I forvaltningsplanene er det kun havområdene utenfor en nautisk mil som inkluderes.

17 og 18. Foreløpig resultater fra nettverksanalyser av blå skog og diskusjon om nettverksanalyse som verktøy, påvirkninger og muligheter for forvaltningstiltak i blå skog

Guri Sogn Andersen, Norwegian Institute for Water Research (NIVA)

Modellverktøy er et viktig redskap i å studere økologiske sammenhenger og for å sette opp og teste ulike hypoteser. Blant mange modelleringsverktøy er metoden QPress valgt (Jfr presentasjon 5 WP4 i Vedlegg A.5). QPress er basert på kunnskap om de kvalitative sammenhengene i et økologisk system, det vil si hvordan de ulike aktørene (f.eks. artsgrupper) påvirker hverandre. Ved å simulere et stort antall kvantitative samfunn basert på den kvalitative forståelsen, og teste disse simuleringene for stabilitet (at det simulerte samfunnet er i stand til å opprettholdes), kan vi si noe om hvilke forhold som mest sannsynlig er viktige for å opprettholde systemet. I denne presentasjonen er det tatt utgangspunkt i at de blå skogene har vært eller er stabile. Hvorvidt dette er riktig er en viktig diskusjon. Arbeidet er akkurat startet og modellen virker lovende. Det er også etablert god kontakt med C. Johnson i Australia som har jobbet mye med QPress og også vært bidragsyter i utviklingen av metodikken.

Spørsmål:

Generelt ble det stilt flere spørsmål som dreide seg om QPress-metodikken. Guri gikk igjennom denne delen av stoffet fra presentasjonen på dag 1 i litt større detalj. Det kom flere spørsmål knyttet til den kvantitative simuleringen og hva tallene betyr. Guri forklarte at dette er tilfeldige tall som har likt fortegn som tilsvarer den kvalitative beskrivelsen av systemet. Hvert simulert samfunn blir testet for stabilitet, og det er kun simuleringene som gir stabile samfunn som brukes videre i analysen (se presentasjon fra dag 1, Vedlegg A.5).

Et av målene med denne sesjonen var å kartlegge forvaltningens behov og om forvaltningen synes QPress virker som det kan dekke noe av dette behovet. Dette bekreftet representanter fra Miljødirektoratet.

Det ble stilt spørsmål ved QPress-metodens evne til å fange opp forskjeller mellom systemer som har tilsynelatende lik struktur, men hvor artsantallet eller sårbarheten er svært forskjellig. QPress kan til en viss grad fange opp slike ting ved at man legger inn ulike valideringssteg (se presentasjon). Det vil også være aktuelt å vurdere om nettverkene kan spesifiseres forskjellig, altså at man for eksempel lager ulike nettverk for ulike områder (som for Sukkertare i sør og nord i Norge).

Det ble stilt spørsmål ved hvordan man løser det dersom en påvirkning antas å være positiv i en setting og negativ i en annen. Svaret var at man da må forsøke å dele opp i ulike alternative nettverk som beskriver de ulike settingene.

Det ble oppfordret til å se til erfaringer fra Sverige angående restaurering av ålegrasenger og å «børste støv» av rapporten for tiltak knyttet til sukkertare for å finne tiltak som kan testes ved simulering i QPress.

Mapping data for use in WP1.

19. Presentation of possible analyzing techniques based on existing data

Hege Gundersen, Norwegian Institute for Water Research (NIVA)

An overview of different possible modelling techniques was presented. Which modelling techniques we are going to use depends on the type of data we get. For instance, we can use Generalized Linear Models (GLM), Generalized Additive Models (GAM) or Boosted Regression Tree (BRT) if our data are of the type presence/absence (i.e. binomial data). The benefits of using GAMs is the possibility to fit non-linear curves. Further, presence only data can be analyzed using MAXENT, and Cumulative Link Models (CLM) can be used when data are categorized in classes of e.g. density. Both GAM and BRT have previously been used in the modelling of kelp in the National mapping programme, whereas MAXENT have shown useful in predictive modelling of shell sand deposits. Rule-based modelling is a method that can be used when field observations are not available, and where we, instead of statistical modelling, rather point out areas that fills certain criteria for suitability, based on expert judgements and the use of GIS models. The distribution of kelp (*L. hyperborea* and *S. latissima*), seagrass and rockweed have earlier been modelled for the whole coast of Norway using rule-based modelling (Gundersen et al. 2011).

Below are some questions that were discussed at the workshop:

- Questions regarding data restrictions / ownership / unpublished data. E.g. Krause-Jensen have some eelgrass data from the Kattegat area – if they are published they might be used in this project.
- What is the best proxy for substrate? See point 3 and 12 in Chapter 4.2.
- Should we include data also outside the Nordic countries (e.g. Estonia, Germany) to improve model performance? No, because we will probably not have access to GIS-models from these countries, and then we will not be able to analyse the data anyway.
- Which species shall we include (e.g. *L. digitata*, *Ruppia maritima*)? *L. digitata* is often found close to *L. hyperborea* and have much of the same requirements and can thus probably be included in the same model as *L. hyperborea*. *L. digitata* is not found at Greenland, but here some other kelp species might be relevant. *R. maritima* has somewhat other environmental requirements than *Z. marina* (e.g. lower salinity) and might not be modelled together with *Z. marina*. Norwegian observations on *R. maritima* is not systematized in databases and will probably not be used in the modelling of seagrass. *Z. noltii* is redlisted and very rare in Norway and is not relevant for modelling.

- Include relevant variables, although not available as full cover GIS layers (e.g. mud content for eelgrass)?
- Where can we get climatic data?
- We can also model future potential distributions.
- Are we modelling potential distribution or actual distribution (relates to the sea urchin situation of Norwegian kelp forests)?
- Will we analyse biomass data, or “stick to the plan”?
- What about red algae? Karl Norling pointed out that at some places in the Baltic there are massive amounts of red algae, which might sum up to substantial biomasses in the region. However, red algae are beyond the scope of the project and we decided not to do any analyses on this, except keep in mind that this could be interesting to explore in the future.
- C. Boström showed in his talk (and M. Potouroglou also confirmed) that the content of mud in the sediments is an important variable that contribute to explaining the amount of carbon sequestered from seagrass. Thus, mud content would be a very useful predictor variable, although we do not have such data for all the Nordic countries. But T. Bekkby pointed out that perhaps we can make a proxy using slope and model basin areas with softer sediments.
- We discussed which climatic data we should use and how to access them. Is Sea Surface Temperature (SST) good enough or should we try to get temperature at seafloor? Most likely we are anyway not able to model the micro climate, so we might do fine with the more regional gradients given in the 160m from the National mapping programme or similar (IMR).
- Should we try to predict for the future using climate scenarios? No, this is not a part of our deliveries in the project. Also, it would require much more resources than we have, since it will also require projections on pressures, the sea urchin situation in the north, etc. But we are still open for making some simple estimates on the potential distribution of blue forests if the big pressures (like eutrophication, warming and sea urchins) should disappear.

A presentation from Trine Bekkby with some slides from the EMONet Seabed Habitats project (European Marine Observation and Data network) presenting some of the models available at a European level. NIVA is a part of EMODnet Seabed Habitats. As part of the National program for mapping of biodiversity -coast, NIVA present the kelp and rockweed models (e.g models om *Laminaria hyperborea* and *Saccharina latissima*, the latter only for Skagerrak, Bekkby et al. 2009, Bekkby and Moy 2011) at the EMODnet Seabed web page. The probability of finding kelp has been modelled by NIVA. The available predictor raster layers have varied between regions (and with program period), but both bathymetry, terrain variation (such as slope and curvature), wave exposure, ocean current speed, salinity and temperature have been included in the modelling selection. The predicted raster models of the probability of finding kelp forest have been used to delineate the most important kelp forest areas (*L. hyperborean*) and have been submitted to the Norwegian Environment Agency for use in management and planning of the coastal zone (Bekkby et al. 2013).

Published papers have shown that the probability of finding kelp correlated the the coverage, i.e. the density of the kelp (Bekkby et al. 2009). And the coverage is correlated with biomass and carbon. That means that we can combine the probability models with regional data on biomass, production, carbon binding etc. in order to produce a map. If other countries in Europe also have kelp models, all European kelp models can be combined. In regions where models are lacking we can supply with rule based models using national, regional and/or EMODnet substrate, depth/seabed PAR (downscaled with regional bathy if possible) and wave exposure models. NIVA is in dialogue with Mike Burrows at SAMS for European waves models, which is of relevance, wave exposure is one of the most

important variables, is addition to substrate of course. New kelp predictions may also in the future be run with updated NORW and EUR models (e.g. on bed PAR).

Considering seagrass, WCMC has a global seagrass distribution map. This can be combined with whatever we have on seagrass biomass, production, carbon binding data (regional if available). It is possible to supply this with models on the potential/max possible distribution using national, regional and/or EMODnet substrate, depth/seabed PAR and EUR waves from Mike Burrows at SAMS.

At the end of the day H. Gundersen put up an Excel sheet which was completed as far as we could, to make an overview of existing data on kelp (*L. hyperborea* and *S. latissima*), seagrass, and rockweed for all the Nordic countries. The table is reproduced in Table 3 and must be regarded as an incomplete overview of what we recalled at that point. The table is to be improved and checked in 2017 and also into 2018.

Table 3. Overview of existing data on blue forests in the Nordic countries gathered through a brainstorm during the workshop – to be improved. H = High quality; M = Medium quality; L = Low quality; 0 = No data/model; NR = Not relevant; Yes = data/model exists at unknown quality.

Region	Seagrass		<i>L. hyperborea</i>		<i>S. latissima</i>		Rockweed	
	Data	Model	Data	Model	Data	Model	Data	Model
Finland	H	H	NR	NR	NR	NR	H	0
Sweden	H	H	M (west)	NR	M (west)	0	H	0
Denmark	H	H	stone reefs	0	Kattegat	0	H	0
Norway	H	0	H	H	H	H	L	0
Iceland	M/L		yes		yes		yes	
Faroe Islands	NR	NR	yes		yes		yes	
Greenland	biomass, 3 sites, presence only		Other species				M	
Svalbard	NR	NR	M	1st gen				

Helene Frigstad avsluttet med å takke alle deltakere for gode presentasjoner og innspill.

5 Litteratur

- Araújo, RM, Assis, J, et al. 2016. Status, trends and drivers of kelp forests in Europe: an expert assessment. *Biodivers Conserv* 25(7): 1319–1348.
- Bekkby T, Moy FE, Olsen H, Rinde E, Bodvin T, Bøe R, Steen H, Grefsrud ES, Espeland SH, Pedersen A, Jørgensen NM. 2013. The Norwegian Program for Mapping of Marine Habitats – Providing Knowledge and Maps for ICZMP. Page 21-30, Moksness E, Dahl E, Støttrup J (eds.) *Global Challenges in Integrated Coastal Zone Management, Vol II*. John Wiley & Sons, Oxford, UK
- Bekkby T, Bodvin T, Bøe R, Moy FE, Olsen H, Rinde E (2011) Nasjonalt program for kartlegging og overvåking av biologisk mangfold - marint. Sluttrapport for perioden 2007-2010. NIVA rapport 6105-2011. 31 pp.
- Bekkby T, Rinde E, Erikstad L, Bakkestuen V. 2009. Spatial predictive distribution modelling of the kelp species *Laminaria hyperborea*. *ICES J Mar Sci* 66:2106-15
- Boström, C., Baden, S., Bockelmann, A. C., Dromph, K., Fredriksen, S., Gustafsson, C., Krause-Jensen, D., Moller, T., Nielsen, S. L., Olesen, B., Olsen, J., Pihl, L. & Rinde, E. 2014. Distribution, structure and function of Nordic eelgrass (*Zostera marina*) ecosystems: implications for coastal management and conservation. *Aquatic Conservation-Marine and Freshwater Ecosystems*, 24, 410-434.
- Gundersen H, Christie HC, de Wit H, Norderhaug KM, Bekkby T, Walday MG. 2011. Utredning om CO₂-opptak i marine naturtyper. NIVA rapport nr. 6070-2010. 25 s.
- Krause-Jensen, D. & Duarte, C. M. 2016. Substantial role of macroalgae in marine carbon sequestration. *Nature Geoscience*, 9, 737-+.
- Liaw A. and Wiener M. 2002. Classification and Regression by random Forest. *R News* 2(3), 18--22.
- Melbourne-Thomas J, Wotherspoon S, Raymond B and Constable A (2012). "Comprehensive evaluation of model uncertainty in qualitative network analyses." *Ecological Monographs*, 82(4), pp. 505-519.
- Moy FE, Christie H. 2012. Large scale shift from sugar kelp (*Saccharina latissima*) to ephemeral algae along the south and west coast of Norway. *Marine Biology Research* 8: 309-321.
- Norderhaug KM, Christie H. 2009. Sea urchin grazing and kelp re-vegetation in the NE Atlantic. *Marine Biology Research* 5: 515-528
- R Core Team (2017). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>
- Rinde E, Christie H, et al. 2014. The influence of physical factors on kelp and sea urchin distribution in previously and still grazed areas in the NE Atlantic. *PLoS ONE* 9:1-15.

Vedlegg A. Presentasjoner Workshop

1. Welcome, background for the project and applicability of the results

Solrun Figenschau Skjellum, Norwegian Environment Agency, Norway



NIVA
Norsk institutt for vannforskning

Status of knowledge for Nordic carbon cycling in blue forests

Kick-off workshop NMR project, November 16-17, 2017



Photos: NIVA (J Gitmark, K Harcke)

Our blue forest history - chapter 1

- A policy relevant topic emerging in 2012
- Tried to get funds for own assessments and research, but not a priority
- Surveyed literature:
 - NIVA report suggested much larger CO₂ storage potential for blue forest than for green
- Two carbon cycle experts in 2013

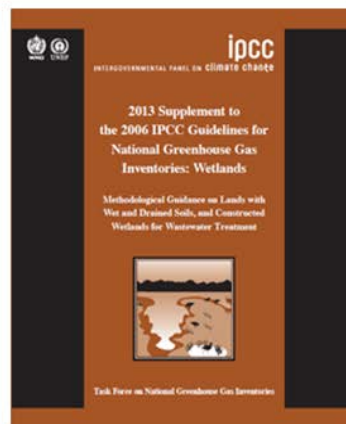


Photo: Lill Haugen



Our blue forest history - chapter 2

- 2013: IPCC supplement wetlands guidelines
 - Includes mangrove forests, tidal marshes and seagrass meadows
- Dialogue with NIVA, NBFN, read scientific literature...
- Scoping of IPCC reports
- Slowly, things started to change



Blue growth – a new buzzword



Our blue forest history- chapter 3: Nordic Council of Ministers comes to the rescue

- 2015: Blue bioeconomics
- 2017: Norway chairs the Council
 - One of two chairman projects is «The Ocean and Blue Bioeconomics»
 - Outsourced to NEA
 - Contract awarded to NIVA



Foto: Maria Pettersvik Arvnes, Miljødirektoratet



Our expectations for the project - mitigation

- Bridging the knowledge gaps
- Long-term storage of macro vegetation in Nordic waters
- Knowledge basis for inclusion in the national Nordic inventories



Foto: Stein Fredriksen, UiO



Our national climate goals

- Reduce GHGs emissions by the equivalent of 30 % of its own 1990 emissions by 2020
- Reduce emissions by at least 40 % by 2030 compared with the 1990 level
- Norway will be climate neutral by 2030
- Norway has adopted a legally binding target of being a low-emission society by 2050 (reduce 80-95 % over 1990)
- GHG emissions from deforestation and forest degradation in developing countries will be reduced in ways that contribute to sustainable development.
- Prepare for and adapt to climate change



 NORWEGIAN ENVIRONMENT AGENCY

Our expectations for the project - adaptation

- Adaptation measures to protect
 - Carbon storage ability
 - Biodiversity
 - Commercially harvested species
 - Shores from strong waves



Foto: Henrik Jensen, NTNU


 NORWEGIAN ENVIRONMENT AGENCY

2. Introduction to the project and outreach activities (WP5)


Helene Frigstad, Norwegian Institute for Water Research (NIVA)

BLUE CARBON – CLIMATE ADAPTATION, CO₂ UPTAKE AND SEQUESTRATION OF CARBON IN NORDIC BLUE FORESTS

The aim is to create an updated overview of the carbon cycle of kelp, eelgrass and rockweed in Nordic marine waters



Photos: NIVA (J Gitmark, K Hancke)



The Blått-karbon project

- 3-year project funded by the Norwegian Environment Agency, through the Nordic Council of Ministers
- Lead by NIVA, in cooperation with IMR, GRID-Arendal, Aarhus University, Åbo Akademi University and Gothenburg University



Helene Frigstad | 23.11.2017

2



Time schedule

	2017		2018				2019				2020
	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1-2
WP1: Distribution and biomass of blue forests in the Nordic countries											
WP2: Fieldwork: carbon export and sequestration											
WP3: Carbon cycling in blue forests											
WP4: Blue forests now and in the future – pressures and measures											
WP5: Communication and outreach		10 des				10 des					

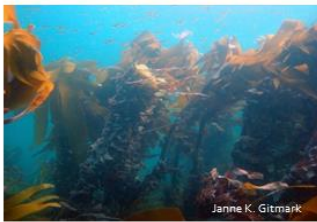
NIVA
Helene Frigstad | 23.11.2017 | 4

WP5: Communication and outreach

WP lead: Helene Frigstad (NIVA)

Participants: All project members

«Facilitate dissemination of the results from the project to relevant management bodies and research environments, both nationally and to the Nordic countries»



Helene Frigstad | 16.11.2017

5

WP5 deliverables

- **2017**
 - Kick-off meeting with Norwegian Environment Agency in september 2017
 - Workshop with project partners in november 2017 (followed by workshop/annual report by 10. december)
- **2018**
 - Preliminary results presented at relevant conference (national/nordic)
- **2019**
 - Final seminar with relevant research and management bodies in fall 2019/spring 2020
- **Spring 2020**
 - Final report in English, with summary in Norwegian
 - Popular science summary in Norwegian for the Nordic Council of Ministers webpage
 - Facts sheets in English and Norwegian
 - Poster in English and Norwegian



Helene Frigstad | 23.11.2017

6

Thank you!

Project partners:



Sponsors:



Helene Frigstad

23.11.2017

7

3. WP 1. Distribution and biomass of blue forests in the Nordic countries

Hege Gundersen, Norwegian Institute for Water Research (NIVA)

WP1: Distribution and biomass of blue forests in the Nordic countries

WP lead: Hege Gundersen (NIVA)

Participants: Guri S. Andersen (NIVA), Hartvig Christie (NIVA), Eli Rinde (NIVA), Dorte Krause-Jensen (ÅU), Frithjof Moy (IMR), Susanne Baden (GU), Christoffer Boström (ÅAU)

Task 1.1 Model geographical distribution of kelp, eelgrass and rockweed in Norway

Task 1.2 Model geographical distribution of kelp, eelgrass and rockweed in other Nordic countries

Task 1.3 Calculate the biomass of blue forests in the Nordic countries

Task 1.4 Calculate the biomass of flora and fauna associated with blue forests



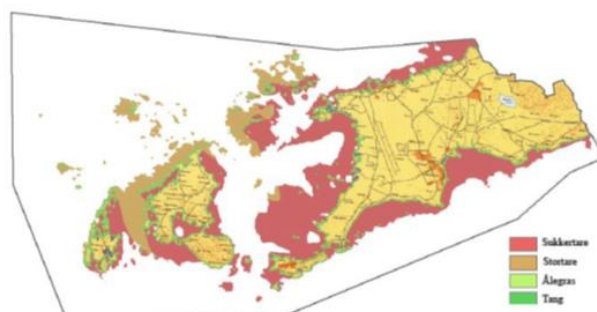
NIVA

Hege Gundersen | 23/11/2017

1

WP1: Deliveries

- GIS maps of predicted **distribution** of kelp (*L. hyperborea* and *S. latissima*), seagrass and rockweed (input to WP3)
- GIS maps of estimated **biomass** of kelp, seagrass and rockweed (input to WP3)
- Estimated carbon content of blue forests per **management unit** (country, county, municipality)
- Estimated carbon content of **flora and fauna** associated with blue forests (per management unit)
- Contribute to reports, seminars and popular science and scientific publication



NIVA

Hege Gundersen | 11/23/2017

2

WP1: Sub-tasks

- ✓ 1. Overview of distribution and data
 - All ecosystems
 - All countries
- ✓ - 2. Compile data
 - Biological
 - Laminaria hyperborea
 - Saccharina latissima
 - Zostera marina
 - Rockweed
 - GIS models
 - Depth
 - Wave exposure
 - Current
 - Light
 - Temperature
 - Salinity
3. Analyse data
 - Aiming for one seamless Nordic model for each of the ecosystems, or
 - extrapolate for areas without data
 - split up in regions, depending on data type
 - use existing models/knowledge without any modelling
4. Calculations (based on literature)
 - Biomass
 - Carbon



4a. WP 2. Fieldwork – kelp carbon export and sequestration

Kasper Hancke, Norwegian Institute for Water Research (NIVA)

BLUE CARBON – CLIMATE ADAPTATION, CO₂ UPTAKE AND SEQUESTRATION OF CARBON IN NORDIC BLUE FORESTS

WP1 - Distribution and biomass of kelp, eelgrass and rockweed in Nordic marine waters

WP2 - Fieldwork – kelp carbon export and sequestration

WP3 - Carbon cycle of blue forests

WP4 - Blue forests now and in the future – pressures and management measures

WP5 - Communication and outreach

By Kasper Hancke, Helene Frigstad, Hege Gundersen, Guri Sogn Andersen (NIVA)

16-17 November at Miljødirektoratet, Helsfyr, Oslo



Photos: NIVA (J Gitmark, K Hancke)



Kasper Hancke | 23.11.2017

Work package overview



WP2 - Fieldwork – kelp carbon export and sequestration

Responsible: Kasper Hancke (NIVA)

Personal: NIVA (Helene Frigstad, Guri Sogn Andersen, Hege Gundersen, Hartvig Christie)

Additional personal (fagansvarlig): Gunhild Borgersen (NIVA)

Collaborators: Aarhus Universitet: Dorte Krause-Jensen, Åbo Akademi University: Christoffer Boström, Göteborg Universitet: Susanne Baden

«Dedicated fieldwork to quantify missing key values in the Nordic carbon cycle, with significance for carbon storage in the Nordic kelp forest»

2.1 - Quantification of kelp detritus that sediment on the seafloor

2.2 - Degradation rates and long-term storage of kelp organic matter in sediments

2.3 - Production of Dissolved Organic Matter (DOC) in kelp forests

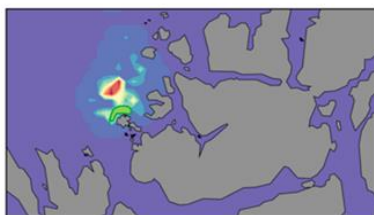


Kasper Hancke | 23.11.2017

3

WP2 - Fieldwork – kelp carbon export and sequestration

2.1 Quantification of kelp detritus that sediment on the seafloor



Figur 1. Modelled sedimentation of kelp organic matter (ABOVE), and a sedimentation 'trap' for quantifying kelp detritus transport to the seafloor (RIGHT)

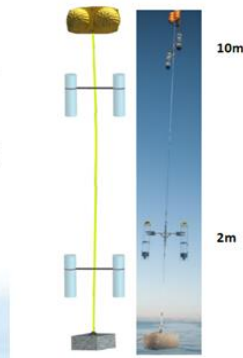


photo by K. Filbee-Dexter

- **Fieldwork** is planned completed in the Trondheimsfjord region, with its highly productive kelp forests and know deposit areas
- **Spring-summer-fall 2018**
- **Delivering** rates to WP3
- Closely collaborating with ongoing projects of high relevance, i.e. **KELP-Fate, Kelp-float, KELP-EX, and KELPPRO**



Kasper Hancke | 23.11.2017

4

WP2 - Fieldwork – kelp carbon export and sequestration

2.2 Degradation rates and long-term storage of kelp organic matter in sediments

- **Fieldwork** will be in the Trondheimsfjord region, and will collect **sediment cores** to track kelp organic matter and its degradation
- **Spring-summer-fall 2018**
- **Delivering** rates to WP3
- Closely collaborating with ongoing projects of high relevance, i.e. **KELP-Fate, Kelp-float, KELP-EX, and KELPPRO**



photoby T Bakken



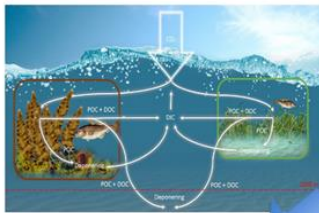
Figur 2. Kjerneprøvetaker og sedimentkjerner (Foto: NIVA)



WP2 - Fieldwork – kelp carbon export and sequestration

2.3 Production of Dissolved Organic Matter (DOC) in kelp forests

Work in progress..... (samples in the lab from fieldwork Aug 2017)



Production, respiration and exudation of dissolved organic matter by the kelp *Laminaria hyperborea* along the west coast of Norway 2004
 Mohammed I. Abdallah* and Sverre Fredriksen
 *Corresponding author, m.i.abdallah@bi.uio.no



WP2 - Fieldwork – kelp carbon export and sequestration

Deliverables:

- Quantitative estimates of carbon sedimentation on the seafloor
- Quantitative estimates of the carbon decomposition and sequestration
- Empirical data for an updated carbon budget, input to WP3
- Contribution to reports, final workshop, and popular science publications
- Data for scientific publications



Photos: J Gitmark, K. Filbee-Dexter and T Bakken



Kasper Hancke | 23.11.2017

7

WP3 - Carbon cycle of blue forests

Responsible: *Kasper Hancke* (NIVA)

Personal : NIVA (Helene Frigstad, Guri Sogn Andersen, Hege Gundersen, Cecilie Mauritzen), Aarhus Universitet (Dorte Krause-Jensen), Åbo Akademi University (Christoffer Boström), Göteborg Universitet (Susanne Baden), GRID-Arendal (Maria Potouroglou), and IMR (Frithjof Moy).

Additional personal (fagansvarlig): Helene Frigstad (NIVA)

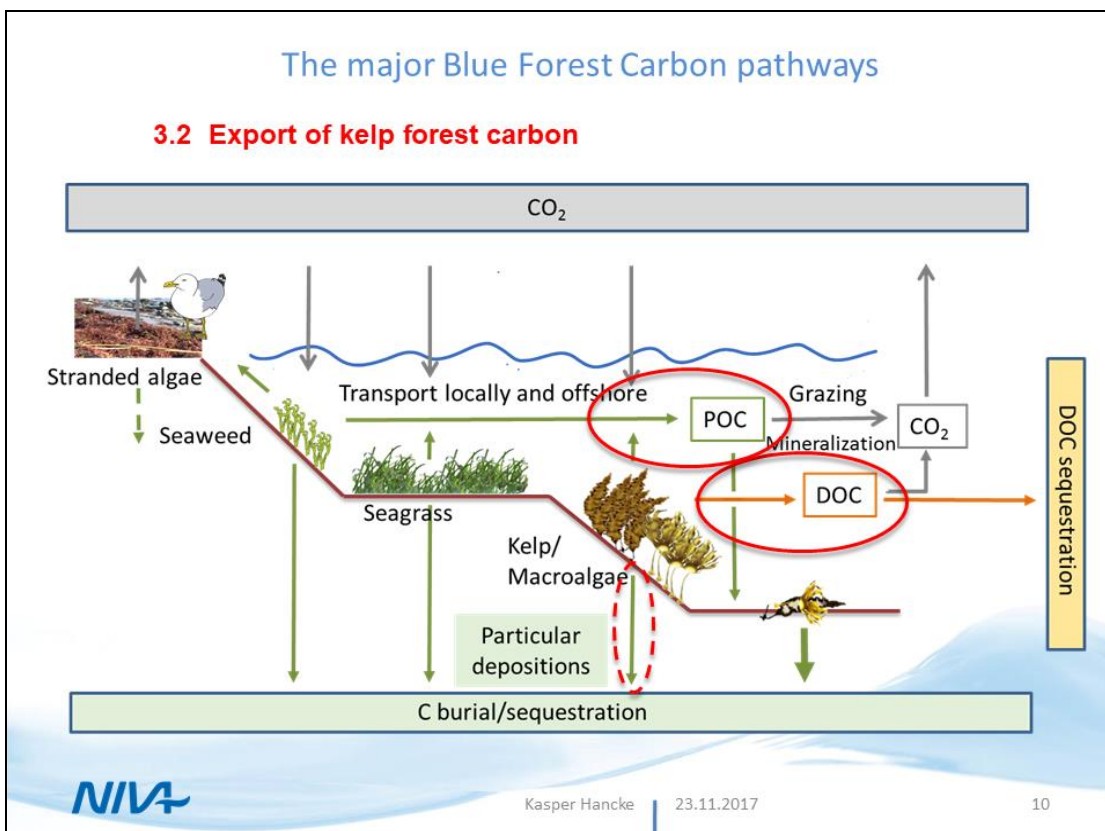
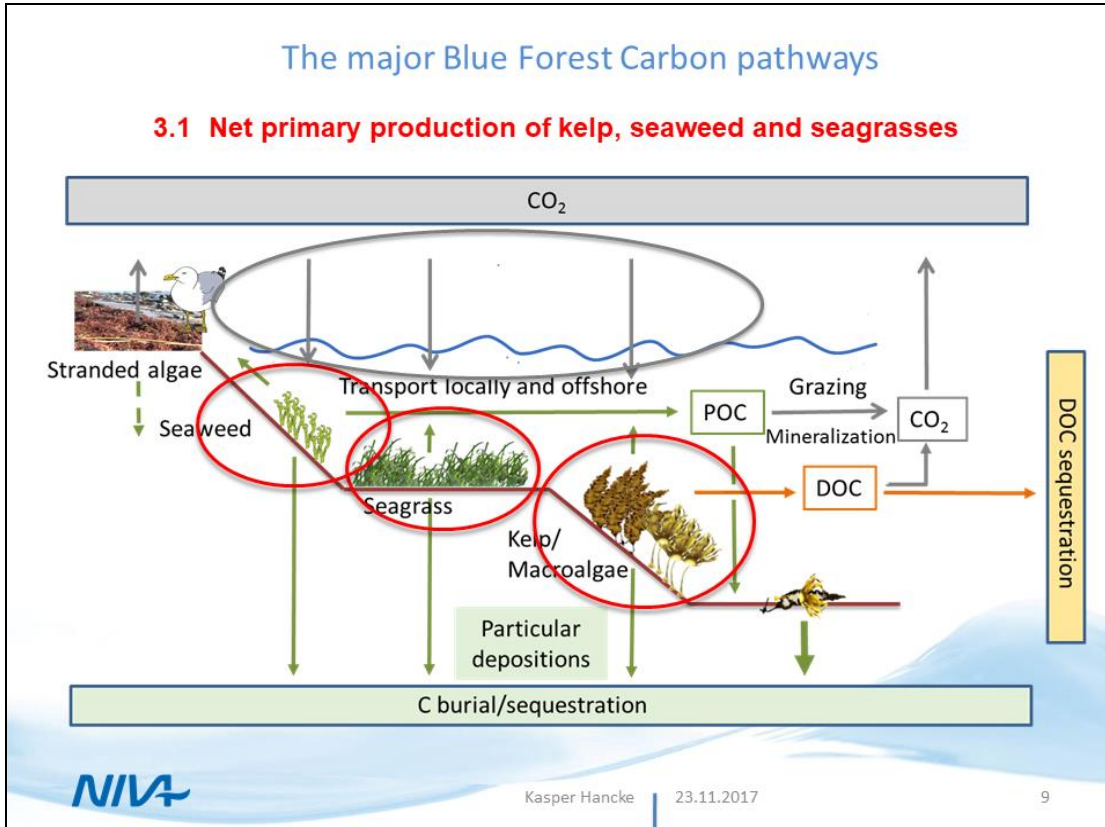
«Updating the marine carbon pathways, including a budget of the uptake, export, and sequestration of marine carbon in Norwegian Blue Forests»

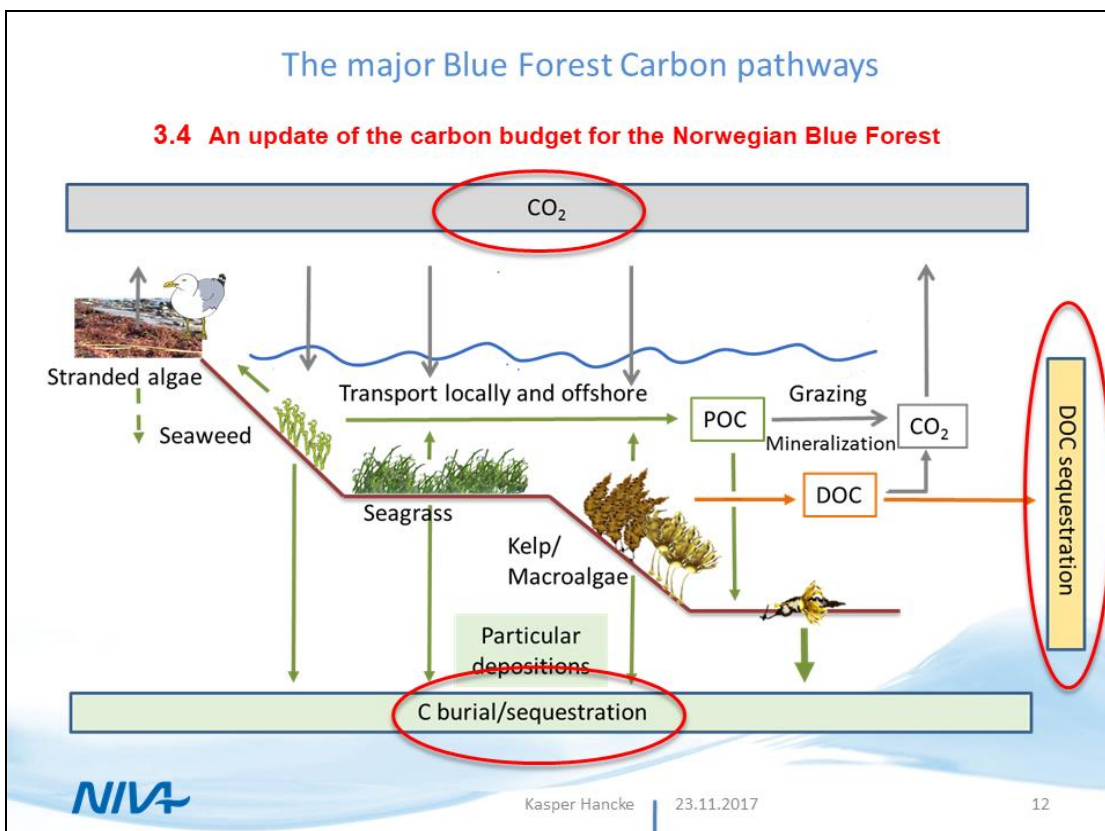
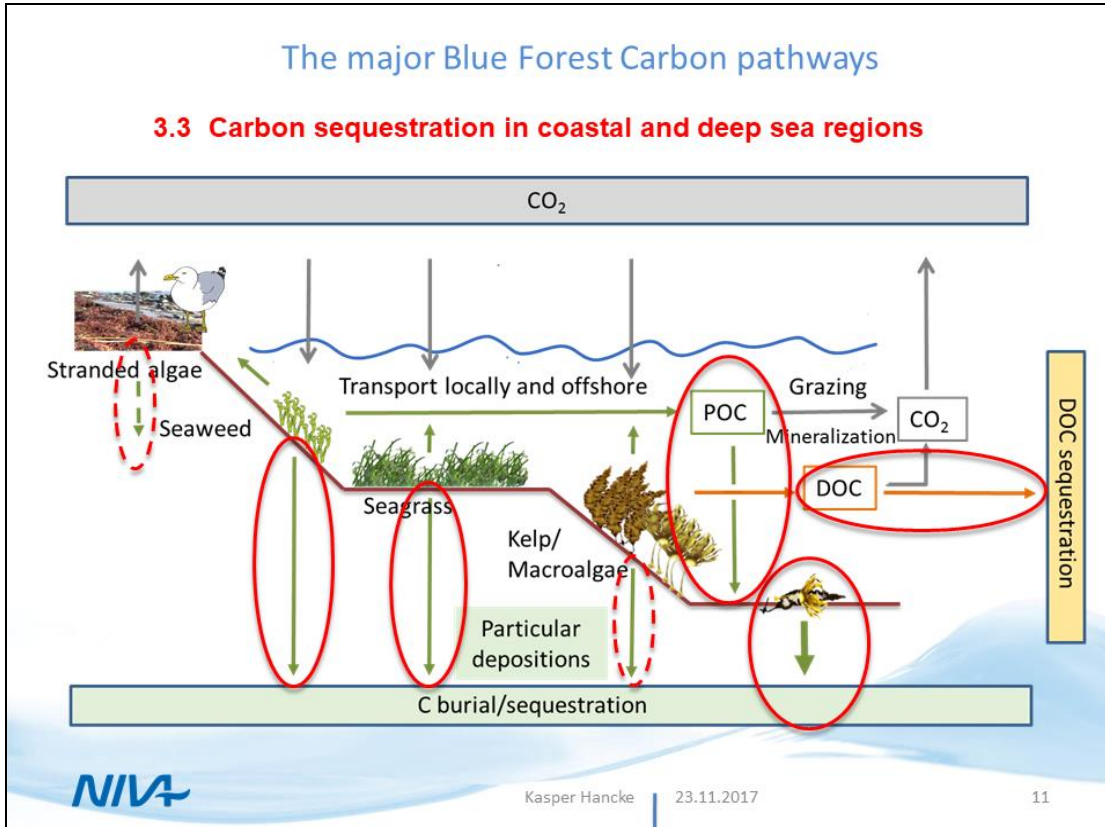
- 3.1 Net primary production of kelp, seaweed and seagrasses
- 3.2 Export of kelp forest carbon
- 3.3 Carbon sequestration in coastal and deep sea regions
- 3.4 An update of the carbon budget for the Norwegian Blue Forest



Kasper Hancke | 23.11.2017

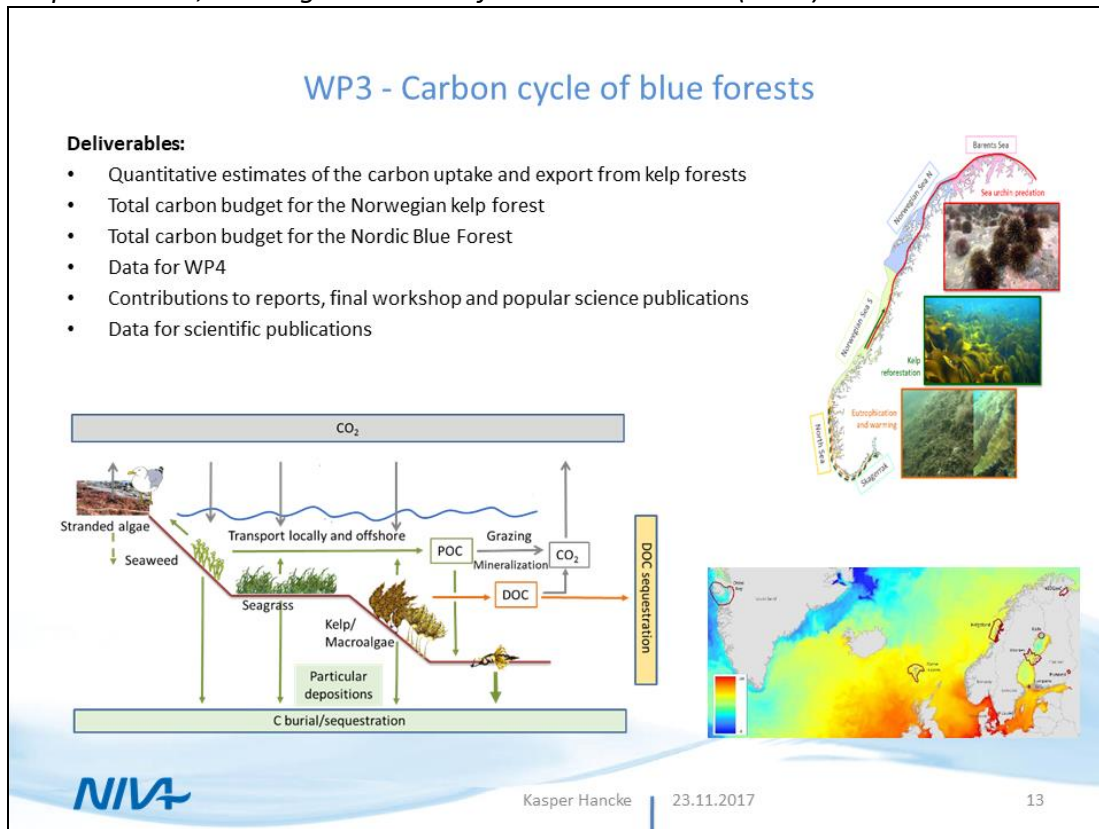
photo by NIVA (J Gitmark, K Hancke)
8





4b. WP 3. Carbon cycle of blue forests

Kasper Hancke, Norwegian Institute for Water Research (NIVA)



**Thanks for your attention:
Any questions?**

/.. or comments to the project plan?

DOC incubation *in situ* experiment.
Malangen fjord, August 2017.
Photo by Karen Filbee-Dexter

5. WP 4. Blue forests now and in the future – pressure and possibilities for management measures.

Guri Sogn Andersen, Norwegian Institute for Water Research (NIVA)

WP 4 – Blue forests now and in the future. Pressures and management.



photo by NIVA (J Gitmark, K Hancke)

NIVA

Guri Sogn Andersen 17.11.2017

1

WP 4 – Blue forests now and in the future. Pressures and management.

Apply network analysis to better understand the ecological relationships and pressures in blue forests today and in the future

NIVA

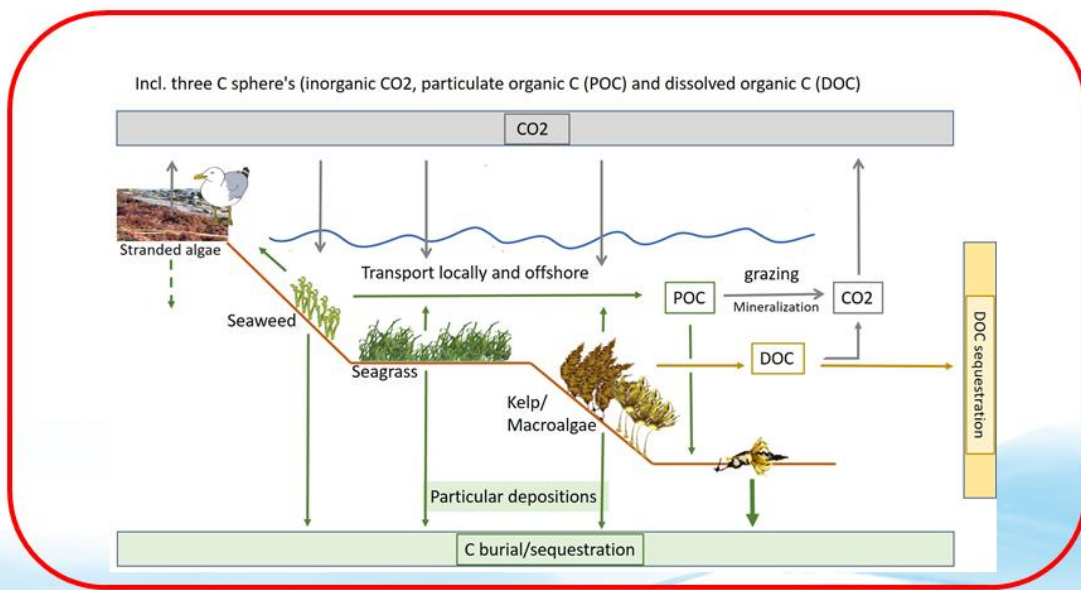
2

WP 4 – Blue forests now and in the future. Pressures and management.

Apply network analysis to better understand the **ecological relationships** and **pressures** in blue forests **today and in the future**



MANAGEMENT



Blue forests now and in the future: TASKS

- 4.1 – Schematic representations of ecological interactions and impacts in blue forests
- 4.2 – Establish Q-Press models that describes the current systems (based on 4.1)
- 4.3 – Model pressures according to expectations for future environmental change (based on 4.2)
- 4.4 – Model possible management measures (based on 4.2 and 4.3)



photo by NIVA (J Gitmark, K Hancke)



Blue forests now and in the future: TIMEFRAME

- 4.1 – Schematic representations of ecological interactions and impacts in blue forests - **Within 2017**
- 4.2 – Establish Q-Press models that describes the current systems (based on 4.1) - **Within 1. quarter of 2018**
- 4.3 – Model pressures according to expectations for future environmental change (based on 4.2) - **Within 2018**
- 4.4 – Model possible management measures (based on 4.2 and 4.3) - **Within 2019**



photo by NIVA (J Gitmark, K Hancke)



Blue forests now and in the future: STATUS

- ✓ 4.1 – Schematic representations of ecological interactions and impacts in blue forests - **Within 2017**
- ✓ 4.2 – Establish Q-Press models that describes the current systems (based on 4.1) - **Within 1. quarter of 2018**
- ✓ 4.3 – Model pressures according to expectations for future environmental change (based on 4.2) - **Within 2018**
- ✓ 4.4 – Model possible management measures (based on 4.2 and 4.3) - **Within 2019**



photo by NIVA (J Gitmark, K Hancke)



Blue forests now and in the future: Task 4.1 and 4.2

- 4.1 – Schematic representations of ecological interactions and impacts in blue forests
- 4.2 – Establish Q-Press models that describes the current systems (based on 4.1)

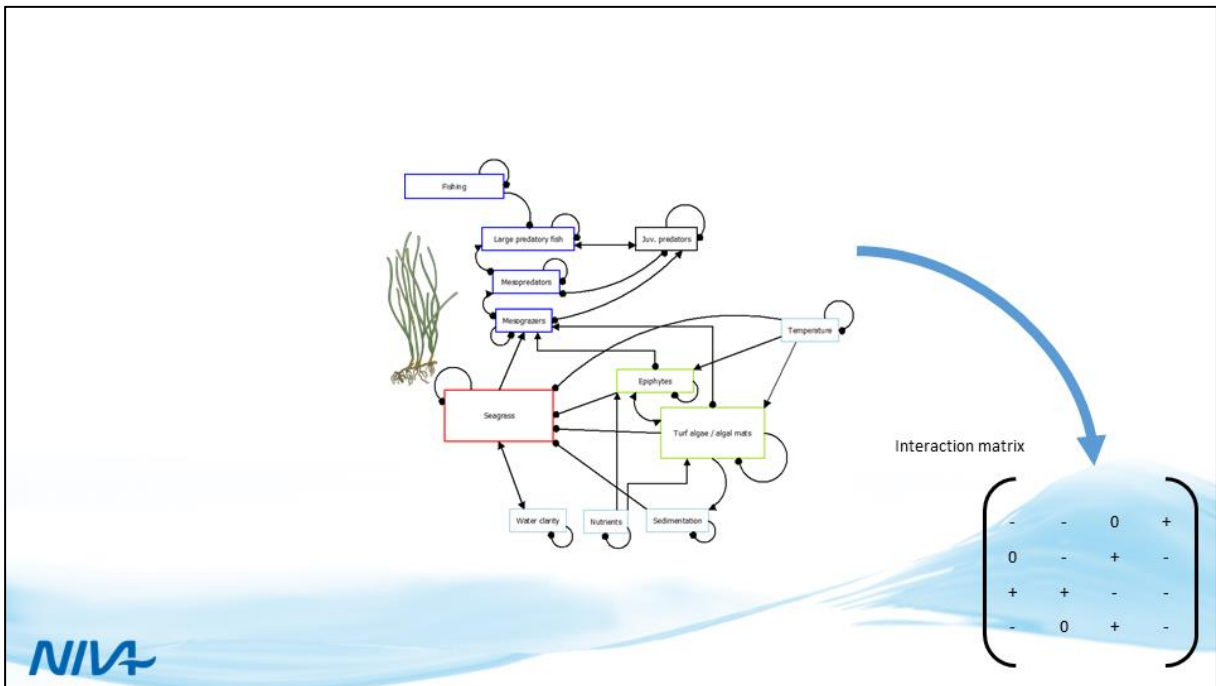
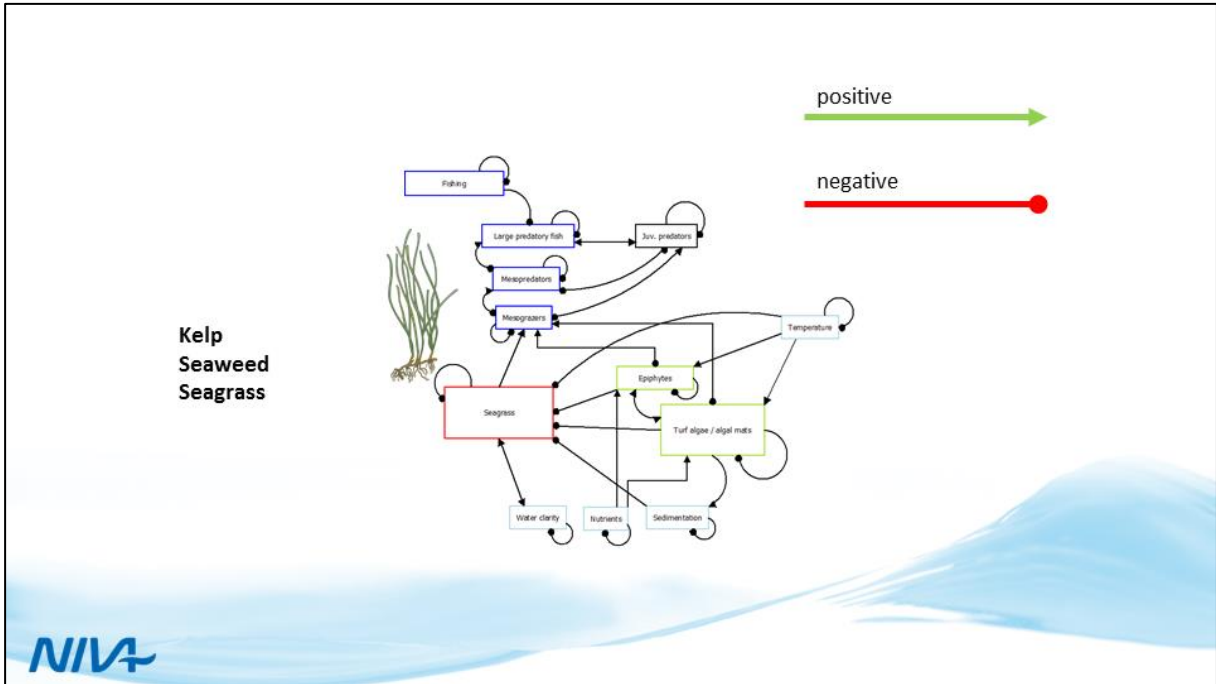
Apply network analysis to better understand the **ecological relationships** and pressures in blue forests today and in the future

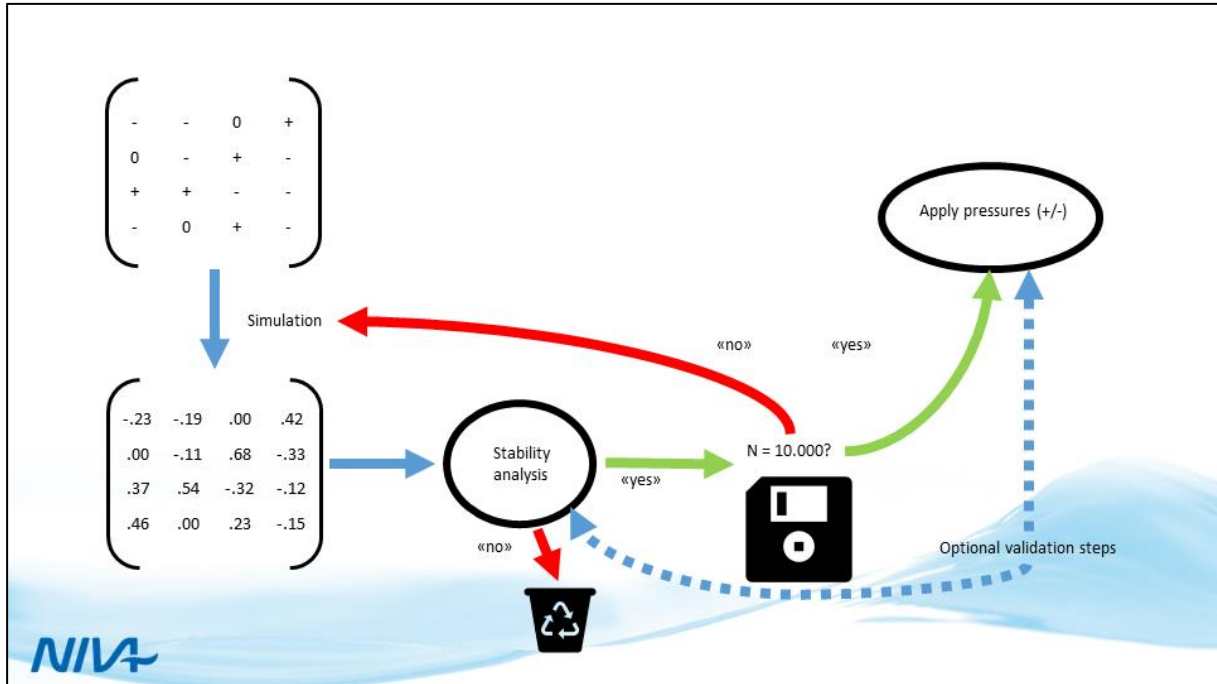


MANAGEMENT



8



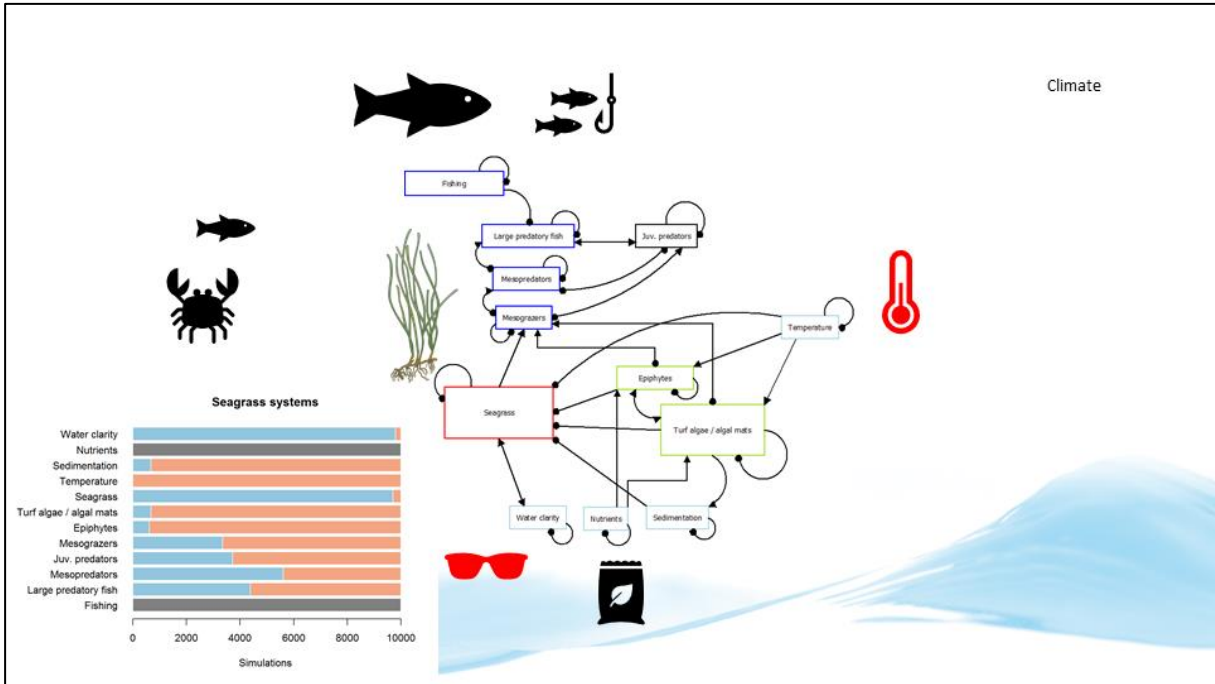


Blue forests now and in the future: Task 4.3

4.3 – Model pressures according to expectations for future environmental change (based on 4.2)

Apply network analysis to better understand the ecological relationships and **pressures** in blue forests **today and in the future**

MANAGEMENT



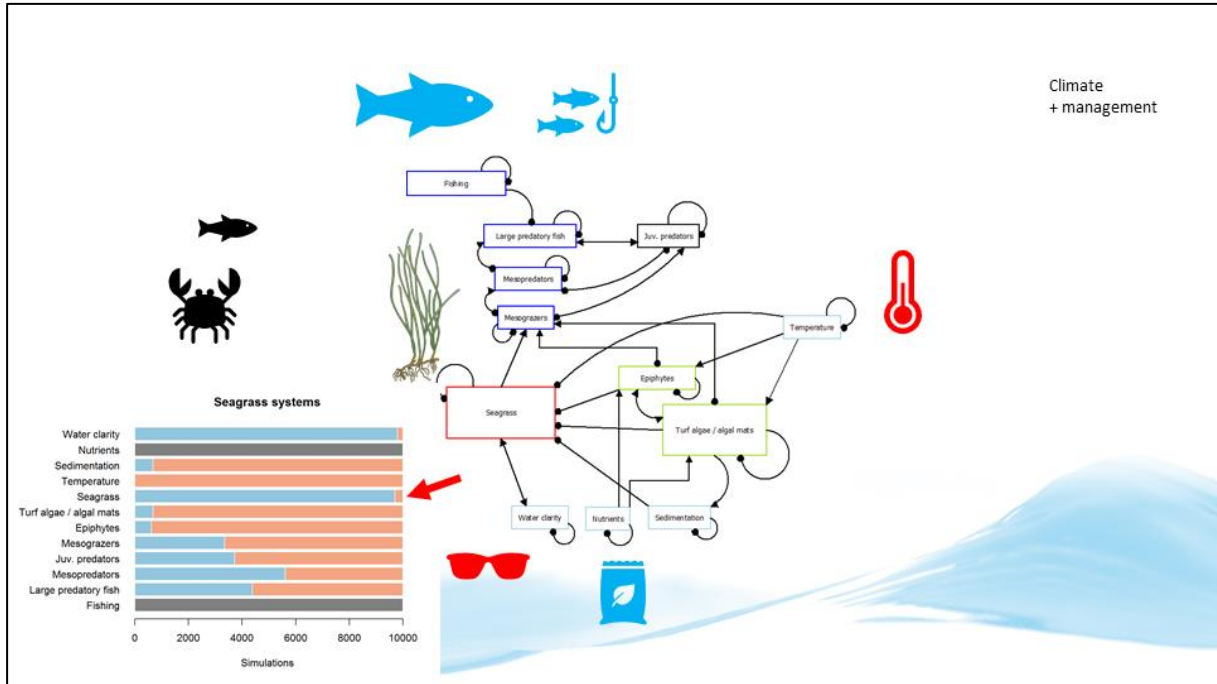
Blue forests now and in the future: Task 4.4

4.4 – Model possible management measures (based on 4.2 and 4.3)

Apply network analysis to better understand the ecological relationships and pressures in blue forests today and in the future



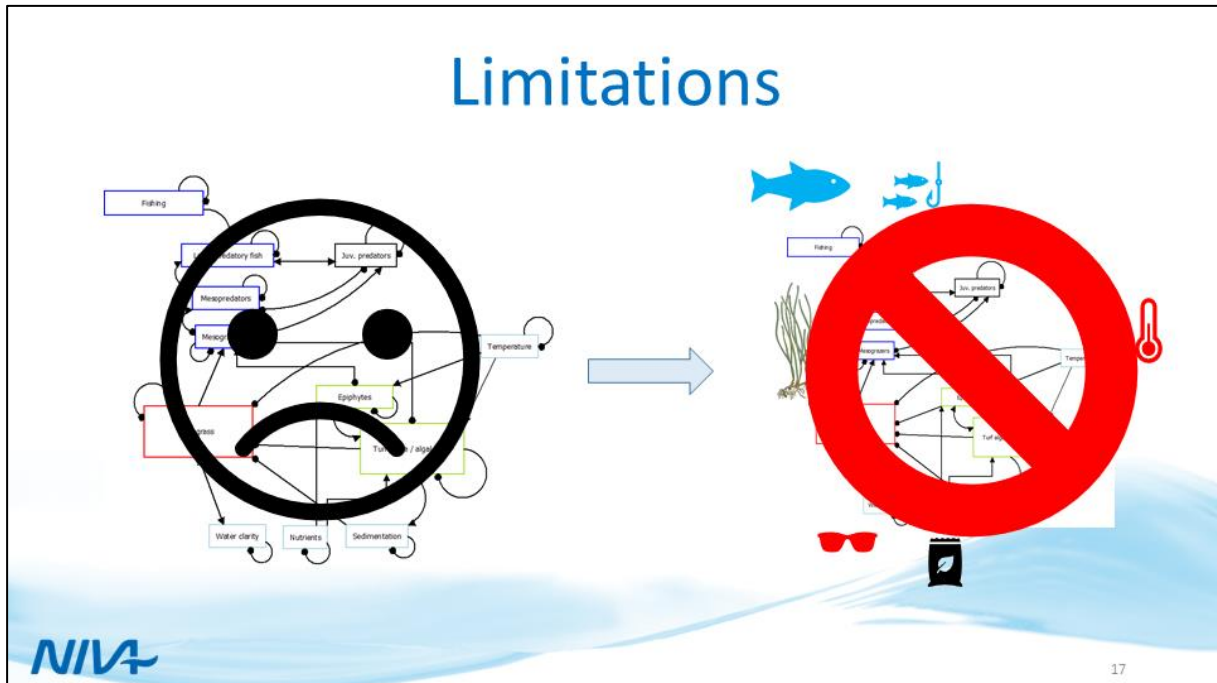
MANAGEMENT



Limitations

- The results will be useless IF:
 - important links are missed
 - the direction of links are wrong
 - relationships switch completely depending on context, and this is not accounted for
 - Other issues...?
- Bottom line: shit in -> shit out

Limitations



NIVA

17

Workshop session tomorrow (in Norwegian)

- Discuss preliminary results from QPress and the underlying assumptions (community network structures and stability)
- Discuss possibilities for management
- Discuss collaborative publication possibilities

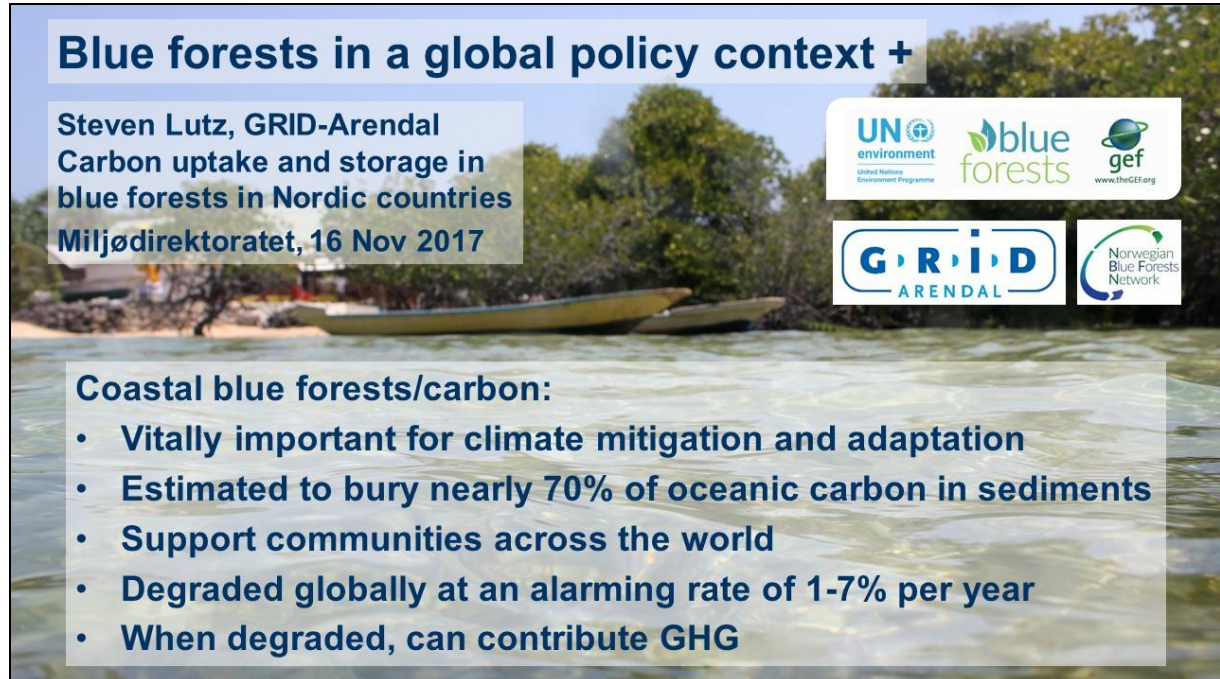
NIVA

Guri Sogn Andersen 17.11.2017

18

6. Blue carbon in a global policy context

Steven Lutz, GRID-Arendal



Blue forests in a global policy context +

Steven Lutz, GRID-Arendal
Carbon uptake and storage in blue forests in Nordic countries
Miljødirektoratet, 16 Nov 2017

UN environment | blue forests | gef
United Nations Environment Programme | www.thegef.org

GRID-Arendal | Norwegian Blue Forests Network


Coastal blue forests/carbon:

- Vitally important for climate mitigation and adaptation
- Estimated to bury nearly 70% of oceanic carbon in sediments
- Support communities across the world
- Degraded globally at an alarming rate of 1-7% per year
- When degraded, can contribute GHG

UN Environment Blue Forests Project

UN environment | blue forests | gef
United Nations Environment Programme | www.thegef.org

- Improved ecosystem management through harnessing carbon and other ecosystem values
- Implemented with partners worldwide
- Lessons learned, experiences and toolkits will help guide the global application of the blue carbon approach



Ecuador, U.S.A., Dominican Republic, U.A.E., Kenya, Mozambique, Madagascar, Thailand, Indonesia

UN environment | gef | GRID-Arendal | AGEDI | Blue Climate Solutions | blue ventures | CHARLES DARWIN UNIVERSITY | CONSERVACION INTERNACIONAL | COUNTERPART | Duke University | IUCN | The OCEAN FOUNDATION | SOUTH AFRICAN INSTITUTE OF INTERNATIONAL AFFAIRS | UNEP | WCMC | WWF

Indonesia Blue Forests



Steven Lutz



- **Mangrove, seagrass carbon & ES assessments**
- **Capacity building**
- **National policy engagement & coordination**
- **Mangroves under REDD+**

Community benefit - Kenya

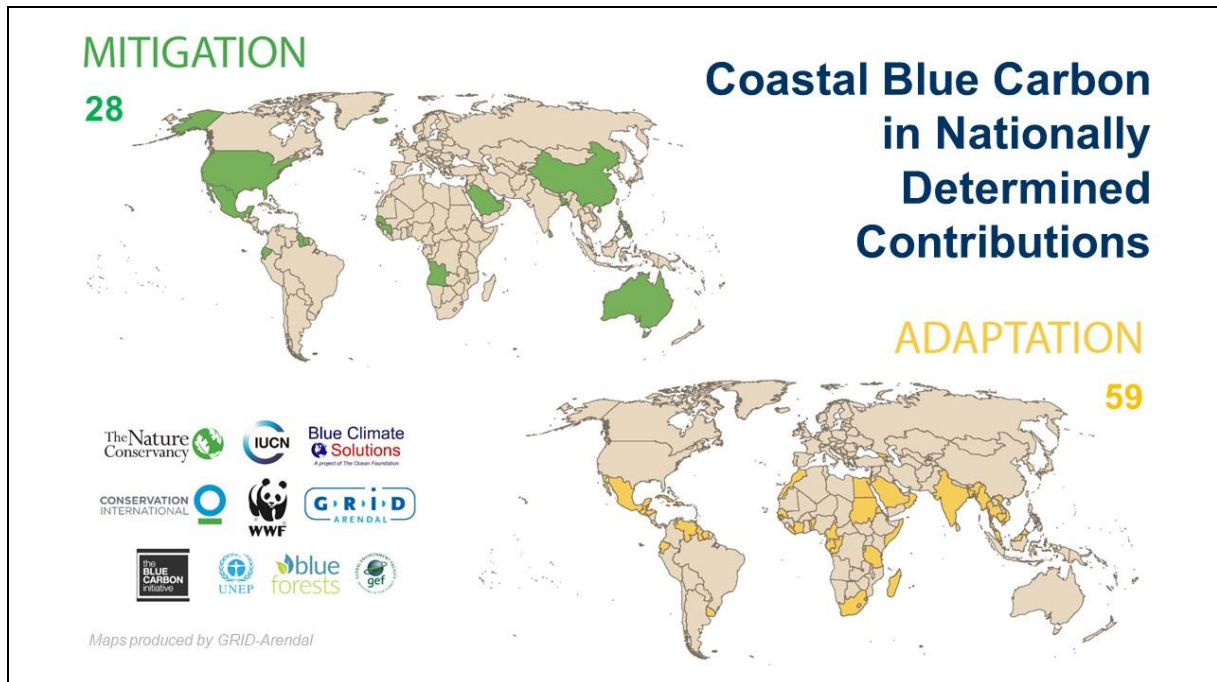


Carbon finance supporting communities though:

- **Job creation**
- **Livelihood support**
 - **Ecotourism**
 - **Energy efficient stoves**
- **Community services**
 - **Education materials for 700 school children**
 - **lean water access for 4500 community members**
- **Mangrove conservation & reforestation**



1-3: Steven Lutz



Wide range of blue carbon NDC actions



Saudi Arabia (adaptation with mitigation co-benefit):

- *Mangroves and other coastal ecosystems roles in mitigation and adaptation recognised, with explicit reference to blue carbon. Coastal zone management and planting of mangrove seedlings identified as adaptation measures.*

Antigua and Barbuda (mitigation):

- *By 2030, all remaining wetlands and watershed areas with carbon sequestration potential are protected as carbon sinks.*

Haiti (mitigation and adaptation):

- *Protect, conserve and extend mangrove forests to (19,500ha) by 2030.*

ACHEIVING THE GLOBAL GOALS THROUGH BLUE FORESTS



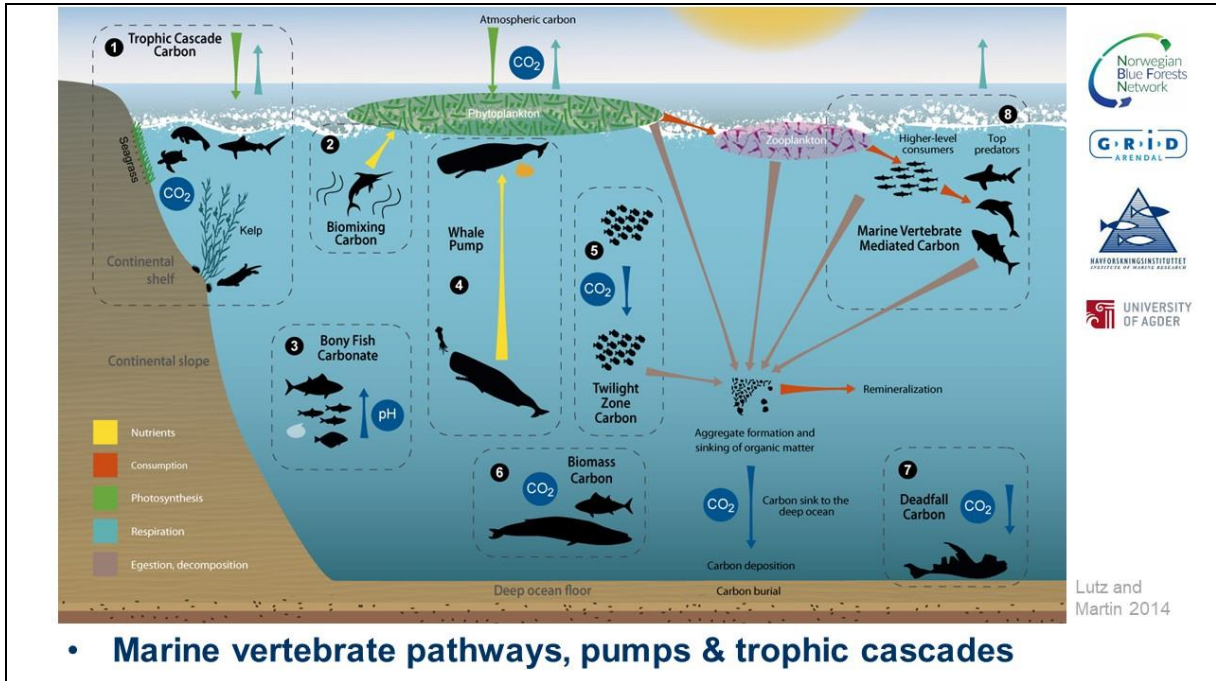
Experience from projects the Dominican Republic, Kenya, Madagascar and the United Arab Emirates show that blue carbon approach can make a direct contribution to achieving 15 of the 17 SDGs, as illustrated here:



Blue Forests at COP23



- **Australia: 6 million for Pacific Blue Carbon Partnership**
- **Indonesia: Blue carbon announcement expected today**
- **Vladimir Ryabinin, Executive Secretary IOC, Assistant Director General of UNESCO:**
 - *~ “Kelp carbon needs to be advanced just like to other coastal blue carbon ecosystems”*
- **Ronny Jumeau, Permanent Representative to the United Nations, Ambassador for Climate Change, Republic of Seychelles:**
 - *“Fish carbon is an opportunity for Small Island Developing States to get the oceans in their Nationally Determined Contributions to the Paris Agreement”*



Ingrid Taylor/flickr



6.55 million tonnes of CO2 captured
 due to predation by sea otters in kelp forests
 from Vancouver Island to the Aleutian Islands

Wilmers et al. 2012

Steve Cadman/flickr



62,506 tonnes CO2 Per Year Not Stored
due to removal of commercial species by
fisheries in the Eastern Tropical Pacific

Martin et al. 2016

AI404/flickr



35,451 tonnes CO2 Not Stored
due to removal of dolphins as by-catch 1958-
2006 by fisheries in the Eastern Tropical Pacific

Martin et al. 2016

NOAA

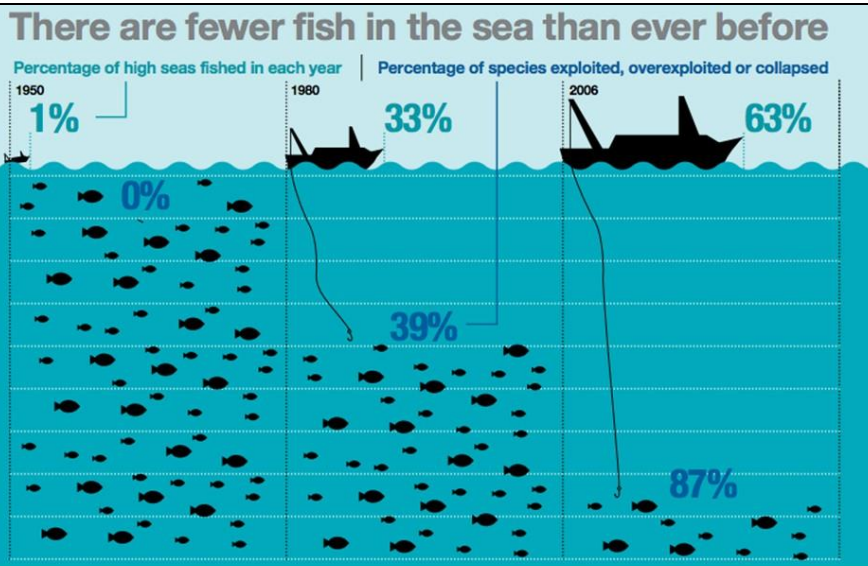


Rogers et al. 2014

Amount and value of the biological carbon-sequestering activity provided by the high seas:

- 0.448 billion tonnes of carbon annually
- USD \$74 billion to \$222 billion annually

Global Ocean Commission
Rogers et al. 2014



What is the biological-carbon sequestration value of a living ocean versus a depleted one?
Can we measure and account for this value and translate it into policy and management options?

Norwegian opportunities???

- **Mangroves under REDD+ in Indonesia and other priority areas**
- **Incorporation of blue forests in Nordic NDCs?**
- **UN assembly meeting - Premier intergovernmental discussion on advancing coastal blue forests in NDCs to the UNFCCC, etc.**
- **Regional capacity building and assessment, NDC incorporation, & implementation (UN Environment, Regional Seas, local stakeholders+)**
- **Norwegian fisheries and oceanic blue forests science in support of SIDS getting the oceans into their NDCs**
- **Representation of communities in international blue carbon dialogue**
- **Seagrass and kelp carbon research and policy**
- **International Kelp Alliance, International Seagrass Working Group (UN Environment+) & more!**

7. Integrating mangroves into REDD+: challenges and opportunities

Elizabeth Selig, Norwegian Institute for Water Research (NIVA)

Integrating mangroves into REDD+: challenges and opportunities

Liz Selig

Norwegian Institute for Water Research



Norwegian Blue Forests Network (NBFN)



Norwegian Blue Forests Network (NBFN)

Mobilizing Norwegian expertise for sustainable management of blue forests

- **Raise awareness in Norway** on the role of blue forests
- **Conduct research** on the role of blue forests in addressing global climate change and providing vital ecosystem services
- **Develop and execute action oriented projects** in Norway and beyond to conserve and improve ecosystem management of blue forests
- **Support the Norwegian blue forests policy and research agenda** and its implementation nationally and internationally, including as requested by the Parliament and Government



Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation (REDD+)

Financial incentives for avoiding carbon loss from deforestation and degradation

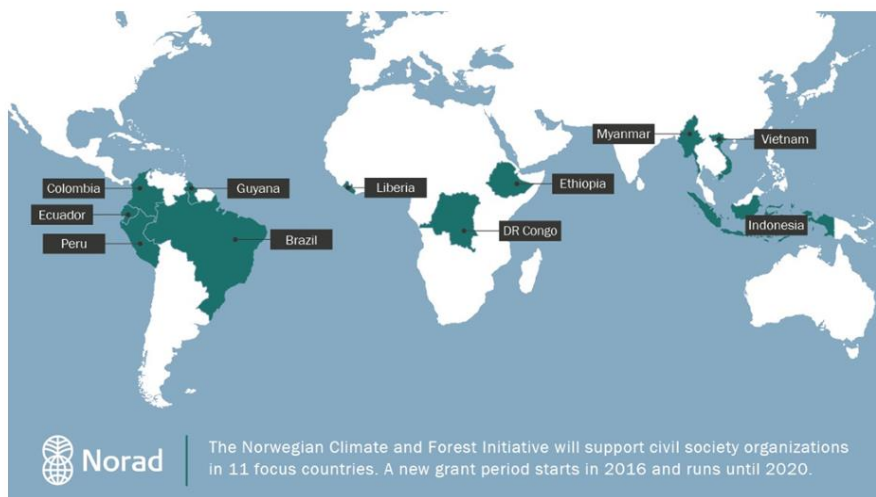
Integrating mangrove forests into REDD+ workshop



Norway's International
Climate and Forest Initiative
(NICFI)



Integrating mangrove forests into REDD+ workshop



Incorporating mangroves in REDD+: requirements for results-based payments

1. National REDD+ strategy or action plan

3. National forest monitoring system

2. National forest reference emission level and/or reference level

4. Safeguards Information System: how the REDD+ safeguards are being addressed and respected

Workshop goals

- Identify key challenges and potential solutions for integrating mangroves into REDD+ strategies
- Identify focal themes and points of engagement with the Oslo REDD Exchange in 2018

Challenges shared with terrestrial tropical forests

Social issues

- Capacity for governance, monitoring, etc.
- Social justice considerations and safeguards

Policy issues

- Establishing REDD+ readiness
- Tenure issues
- Overlapping ministries/jurisdictions



Challenges shared with terrestrial tropical forests

Market-based

- Functional carbon markets
- Benefits distribution: equity, empowerment, and marginalized populations
- Avoiding perverse incentives, i.e. compensating after poor performance
- Avoiding double counting

Challenges specific to mangroves

Social

- Making the case for REDD+ for mangroves may be harder due to cultural and social perceptions of mangroves

Policy

- Definitions!

Challenges specific to mangroves

Market-based

- Opportunity costs in mangrove areas are often much greater than in tropical forests
- Mangroves also provide bundles of ecosystem services (i.e. coastal protection, fisheries, disaster risk reduction)
- Connection between livelihoods (i.e. fishing, charcoal, etc.) and the ecosystem

Challenges specific to mangroves

Monitoring

- Incomplete information on mangrove extent and carbon stocks; establishing baselines
- Monitoring drivers of deforestation/degradation
- Monitoring below ground carbon
- Capacity for measuring
- Modifying IPCC default values

Potential solutions

Social

- Find a mangrove “champion”
- Strengthen tenure and empower communities that depend on mangrove ecosystems
- “Name and shame” bad actors
- Establish a community of constructive actors
- Develop awareness raising toolbox
- Capacity building for mangrove governance and greater cross-sectoral collaboration



FORESTS

Action Statements and Action Plans



CLIMATE SUMMIT 2014
UN HEADQUARTERS · NEW YORK
23 SEPTEMBER · #CLIMATE2014

Potential solutions

Market-based

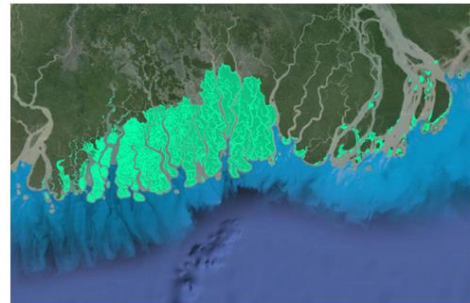
- Reduce perverse incentives for degradation
- Bundle ecosystem services in valuation studies
- Create alternative livelihood opportunities



Potential solutions

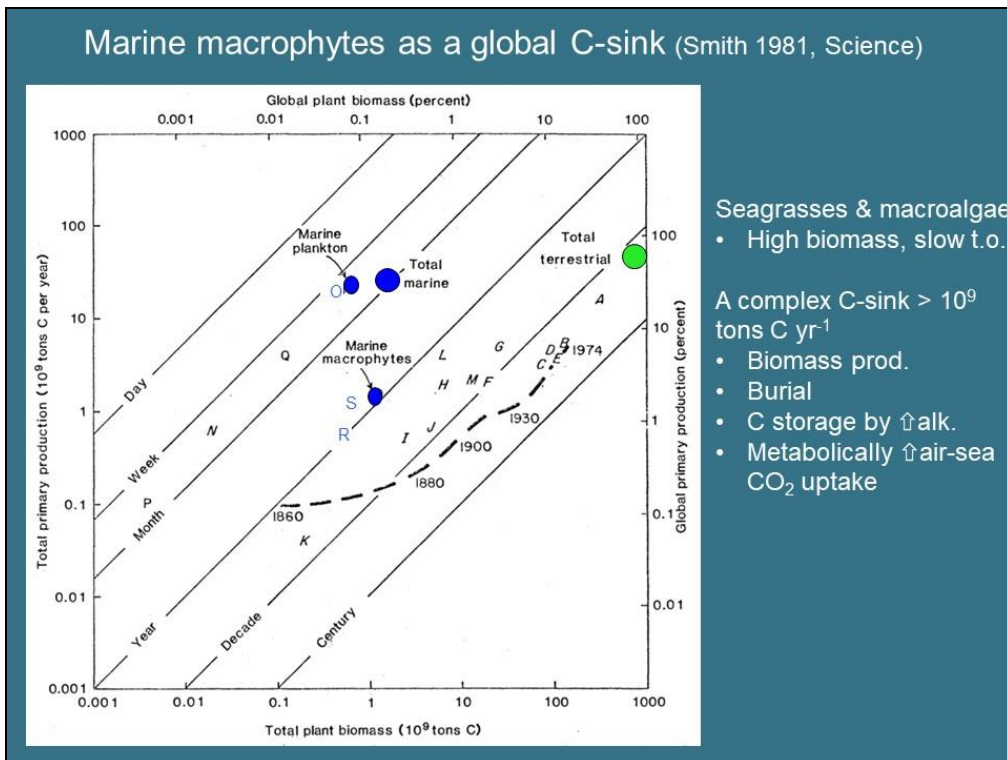
Monitoring

- Create low cost below ground sampling tools and methods for measuring soil carbon from mangroves
- Design sampling to reduce costs, but maintain accuracy
- Update IPCC defaults for mangrove carbon sequestration
- Increase capacity building for monitoring



8. Role of macroalgae in the global carbon cycle

Dorte Krause-Jensen, Aarhus University



The “Blue Carbon” concept

“Out of all the biological carbon (or green carbon) captured in the world, over half (55%) is captured by marine organisms hence it is called blue carbon”



Seagrass, mangrove and saltmarsh cover <0.5% of the sea surface, yet represent ~50% of C-burial in marine sediments



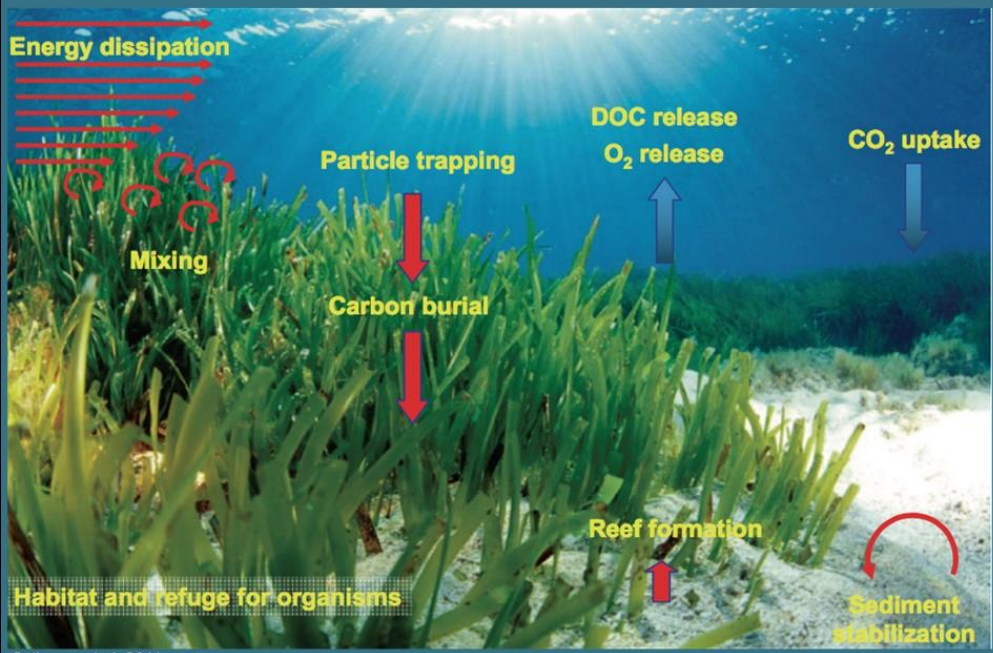
A RAPID RESPONSE ASSESSMENT

BLUE CARBON

THE ROLE OF HEALTHY OCEANS IN BINDING CARBON

Nellemann, C., Corcoran, E., Duarte, C. M., et al. (Eds). 2009. United Nations Environment Programme, GRID-Arendal. www.grida.no

Ecosystem services of marine forests

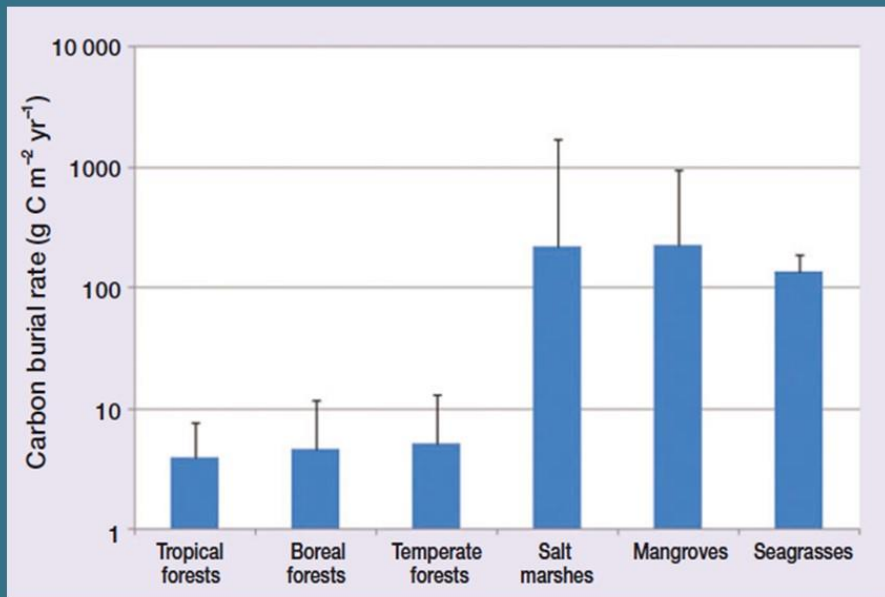


The diagram illustrates the following ecosystem services of marine forests:

- Energy dissipation:** Indicated by red arrows at the surface of the water.
- Mixing:** Indicated by red circular arrows near the water surface.
- Particle trapping:** Indicated by a red arrow pointing down from the water column.
- Carbon burial:** Indicated by a red arrow pointing down into the sediment.
- DOC release:** Indicated by a blue arrow pointing up from the seagrass.
- O₂ release:** Indicated by a blue arrow pointing up from the seagrass.
- CO₂ uptake:** Indicated by a blue arrow pointing down into the seagrass.
- Habitat and refuge for organisms:** Indicated by a red arrow pointing up from the sediment.
- Reef formation:** Indicated by a red arrow pointing up from the sediment.
- Sediment stabilization:** Indicated by a red circular arrow at the sediment surface.

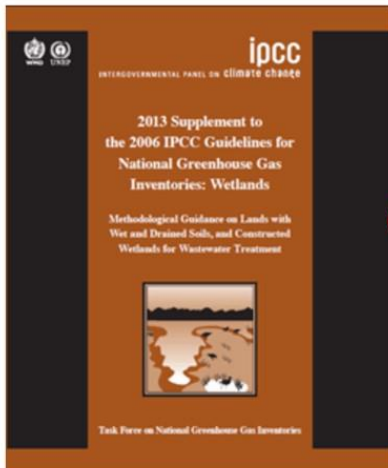
Gutierrez et al. 2011

C burial of marine forests much faster than of land forests



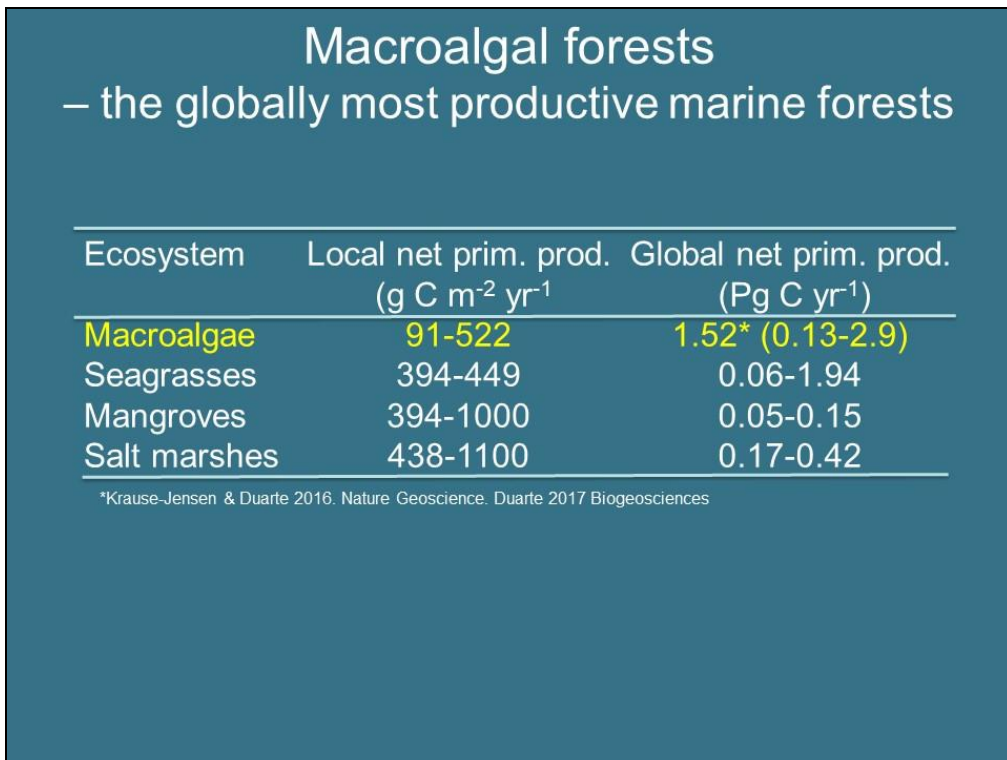
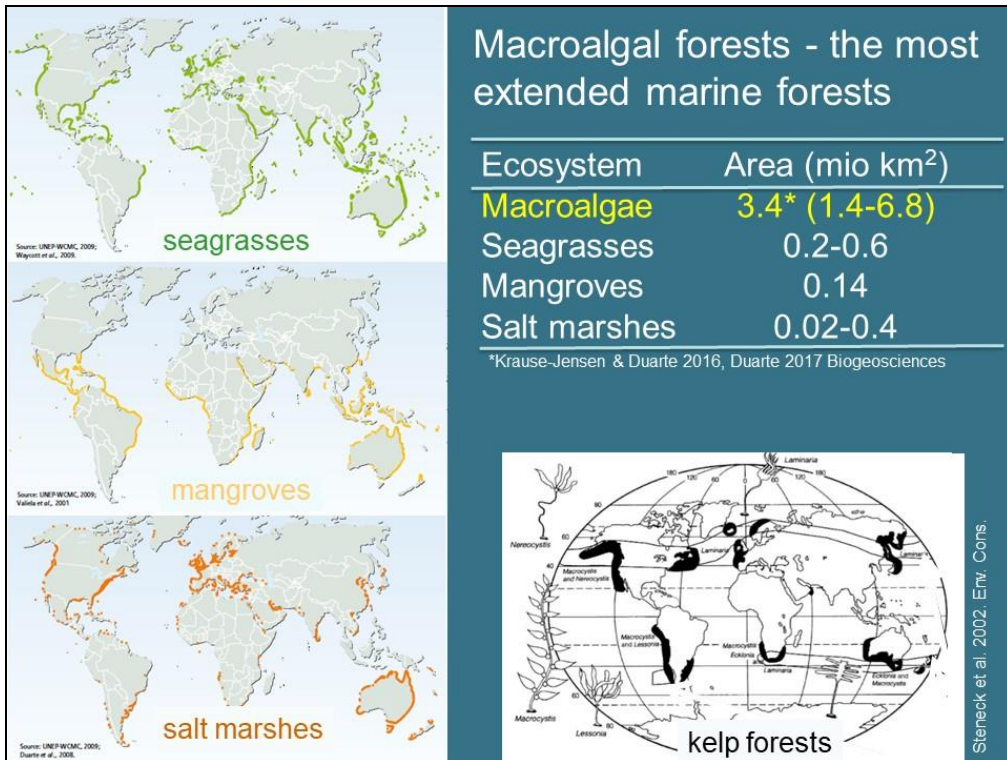
McLeod et al. 2011 Front Ecol Environ

2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands



The 2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands (Wetlands Supplement) extends the content of the 2006 IPCC Guidelines by filling gaps in coverage and providing updated information reflecting scientific advances, including updating emission factors. It covers inland organic soils and wetlands on mineral soils, coastal wetlands including mangrove forests, tidal marshes and seagrass meadows, peatlands, and conversion to flooded lands, and limited guidance for drained organic soils.

More information on the development of the Wetlands Supplement can be found [here](#).



New focus on macroalgae as C-sinks

LIMNOLOGY and OCEANOGRAPHY

© 2015 Association for the Sciences of Limnology and Oceanography
doi: 10.1002/lno.10128

ASLO

Limnol. Oceanogr. 60, 2015, 1689-1706

Available online at <http://link.springer.com>

SpringerLink

Can macroalgae contribute to blue carbon? An Australian perspective


Ross Hill,¹ Alecia Bellgrove,² Peter J. Ralph³

Ocean Sci. J. (2015) 50(1):1-8
<http://dx.doi.org/10.1007/s12601-015-0001-9>

Review

Potential Blue Carbon from Coastal Ecosystems in the Republic of Korea

Calvyn F. A. Sondak^{1,2} and Ik Kyo Chung^{1*}



pISSN 1738-5261
eISSN 2005-7172

Calculating the global contribution of coralline algae to carbon burial

van der Heijden, L. H. and Kamenos, J.

EUROPEAN JOURNAL OF PHYCOLOGY, 2017
<https://doi.org/10.1080/09670262.2017.1362593>

Discussions, 12(10), pp. 7845-7877. (doi:10.1080/17513758.2017.1362593)

Check for updates

The possible roles of algae in restricting the increase in atmospheric CO₂ and global temperature

John A. Raven

Comparison of marine macrophytes for their contributions to blue carbon sequestration

STACEY M. TREVATHAN-TACKETT,¹ JEFFREY KELLEWAY,¹ PETER I. MACREADIE,² AND ALECIA BELLGROVE^{4,5}

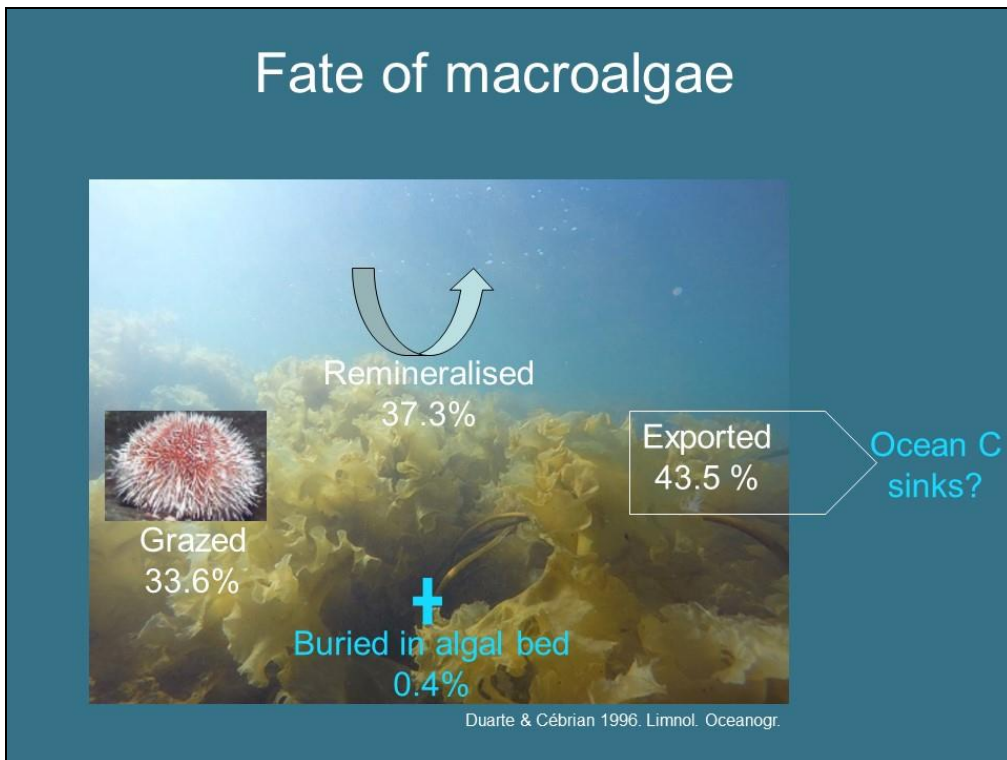
nature geoscience

PROGRESS ARTICLE

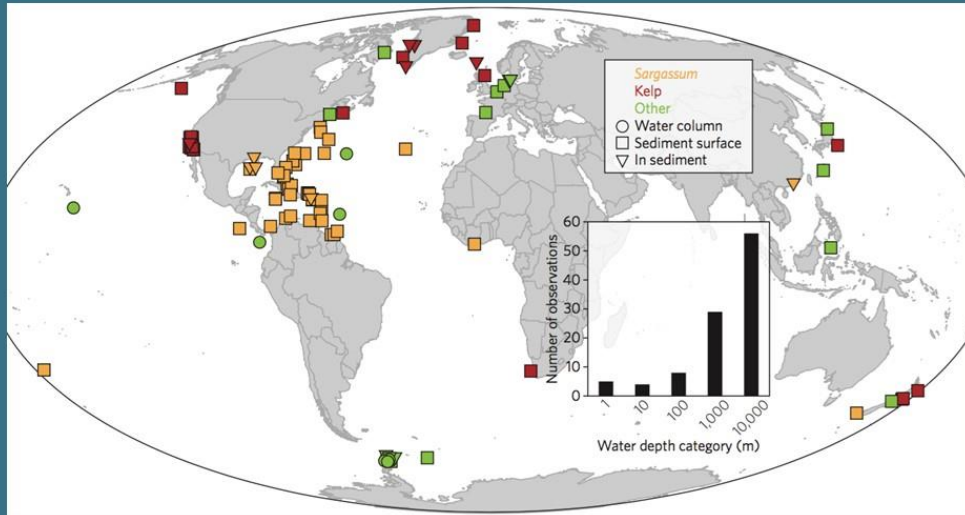
PUBLISHED ONLINE 12 SEPTEMBER 2016 | DOI: 10.1038/NNGEO2790

Substantial role of macroalgae in marine carbon sequestration

Dorte Krause-Jensen^{1,2*} and Carlos M. Duarte³



Locations where macroalgal carbon storage has been reported



Krause-Jensen & Duarte 2016

Macroalgae on the deep sea floor


Contents lists available at ScienceDirect

International Journal of Coal Geology
 ELSEVIER journal homepage: www.elsevier.com/locate/ijcoalgeo

Petrology and hydrocarbon potential of microalgal and macroalgal dominated oil shales from the Eocene Huadian Formation, NE China
 Xiaomin Xie*, John K. Volkman, Jianzhong Qin, Tenger Borjigin, Lizeng Bian, Lunju Zhen

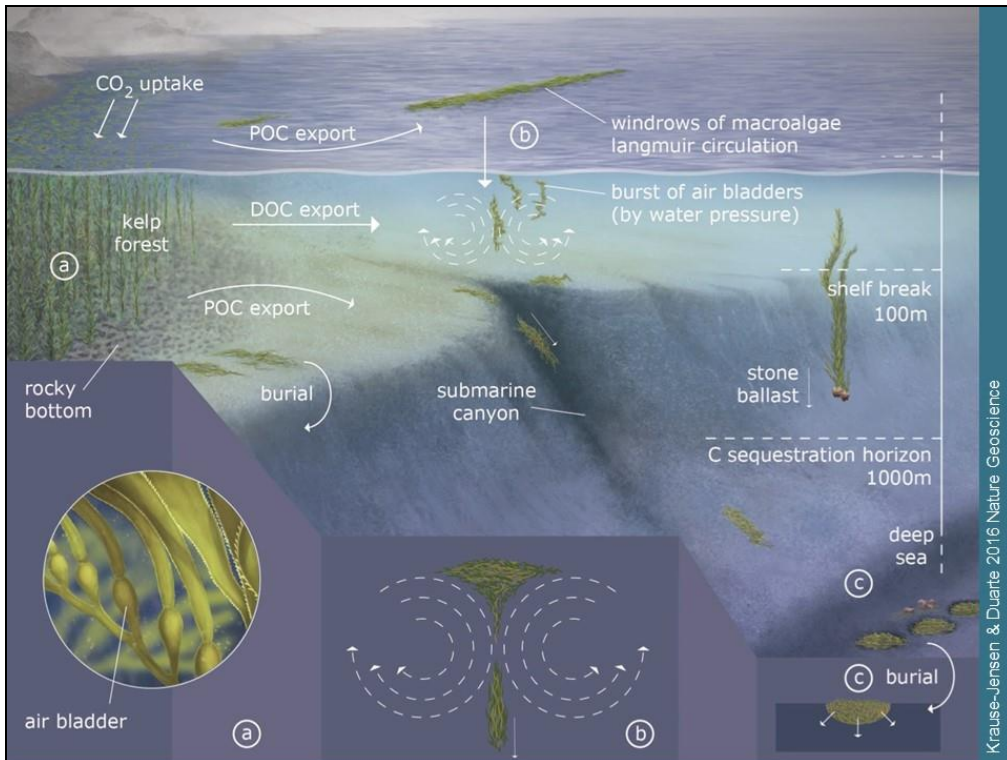
Contents lists available at ScienceDirect

Sedimentary Geology
 ELSEVIER journal homepage: www.elsevier.com/locate/sedgeo

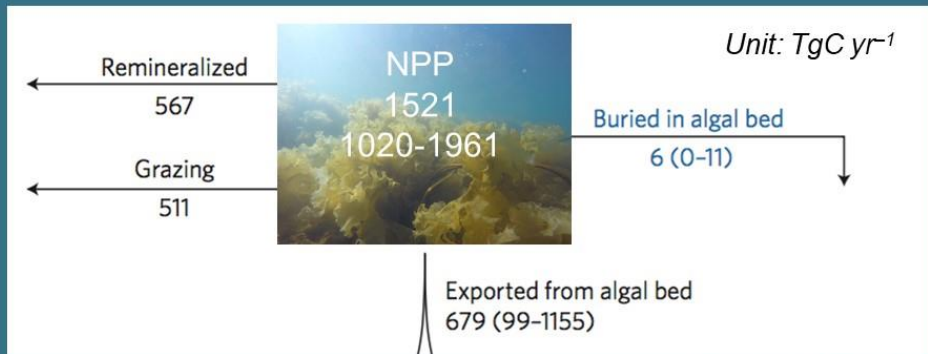
Voyages of seaweeds: The role of macroalgae in sediment transport
 Christopher J. Garden, Abigail M. Smith* 

Sargassum in guts of deep sea fauna down to 6475 m
 Wolf 1962. Galathea Reports

Sargassum, Sargasso Sea, 5310 m depth
 Schoener & Rowe 1970. Deep-Sea Research

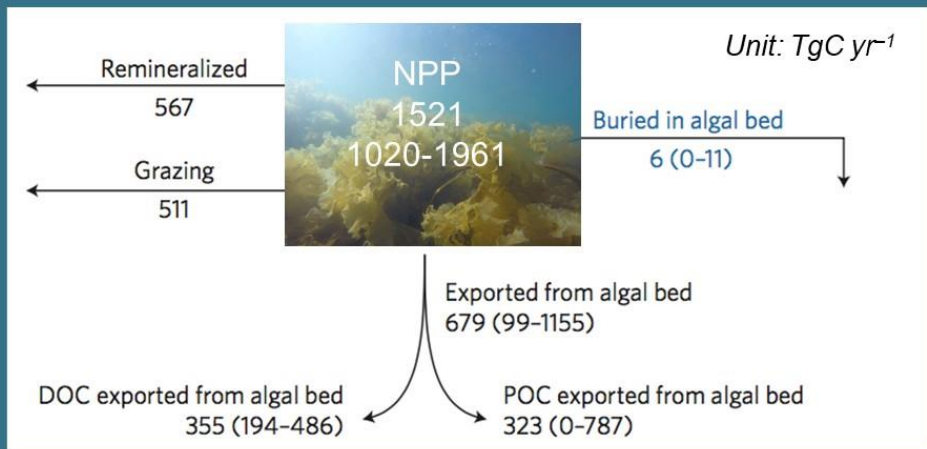


Macroalgal C-flow

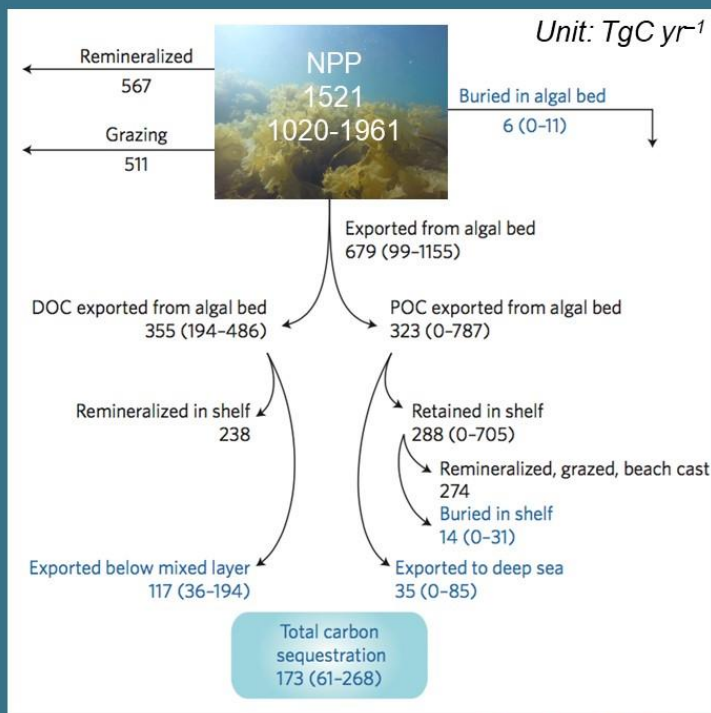


Krause-Jensen & Duarte 2016

Macroalgal C-flow



Krause-Jensen & Duarte 2016



Krause-Jensen & Duarte 2016

Macroalgae support globally important C sequestration

Ecosystem	Global C-burial rate TgC yr ⁻¹
Macroalgae	173 (61-268)*
Seagrasses	48.0-112 + 30%**
Mangroves	22.5-24.9+?
Salt marshes	4.8-87.3 +?

Duarte et al. 2013. Nature Climate Change, *Krause-Jensen & Duarte 2016. Nature Geoscience.
 **Duarte & Krause-Jensen 2017 Export from seagrass meadows.
 Contribution by export to C-sinks outside the vegetated habitat

- Double the previous C-burial estimate of marine forests
- Need for field evidence!

Macroalgal detritus and food-web subsidies along an Arctic fjord depth-gradient

Paul E. Renaud^{1,2*}, Therese S. Løkken^{3,4}, Lis L. Jørgensen⁴, Jørgen Berge^{2,3} and Beverly J. Johnson⁵

→ Macroalgal detritus contribute significantly to near-shore Arctic food-webs, a trophic link that may increase if macroalgae increase in the Arctic as predicted

Food source:

Benthic taxa: POM & macroalgal detritus (even at 410 m)

Suspension-feeding bivalves: >50% kelp & rockweeds

**LIMNOLOGY
and
OCEANOGRAPHY**

ASLO
Limnol. Oceanogr. 00, 2017, 00-00
© 2017 Association for the Sciences of Limnology and Oceanography
doi: 10.1002/lno.10740

Kelp detritus provides high-quality food for sea urchin larvae

Colette J. Feehan ^{1,2*} Beatrice C. Grauman-Boss,¹ Richard R. Strathmann,¹
Megan N. Dethier ¹ David O. Duggins¹

¹Friday Harbor Laboratories, University of Washington, Friday Harbor, Washington
²Department of Biology, Montclair State University, Montclair, New Jersey



Climate change adaptation potentials
- e.g. as buffers against ocean acidification


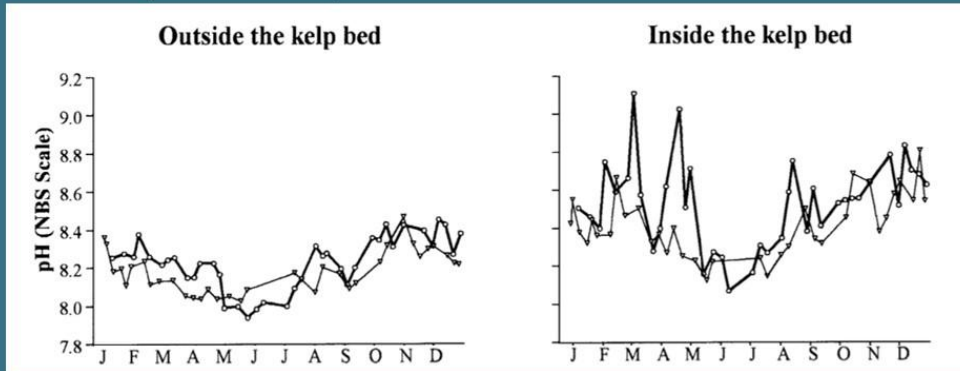


Foto: J.Gitmark, NIVA

Inside/outside seaweed habitat

Macrocystis forest, Southern Ocean

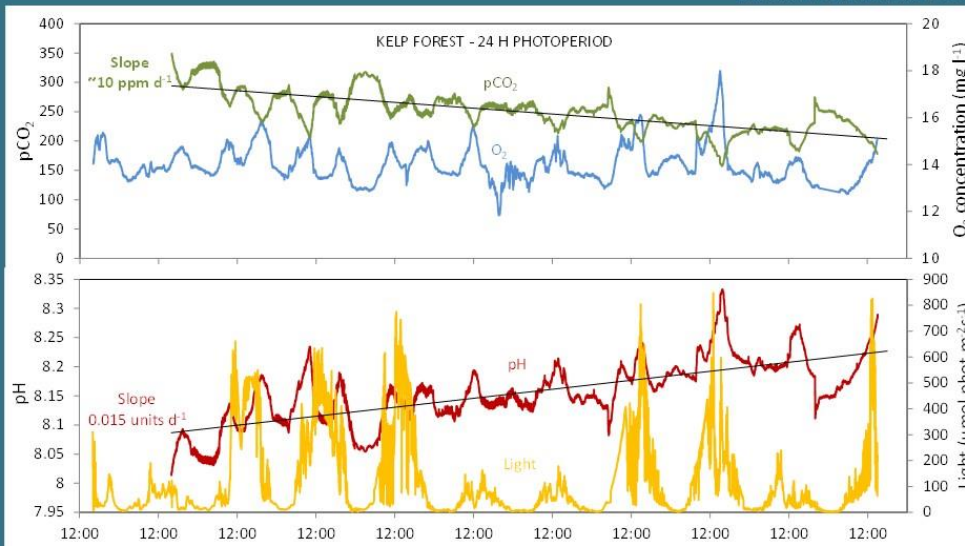


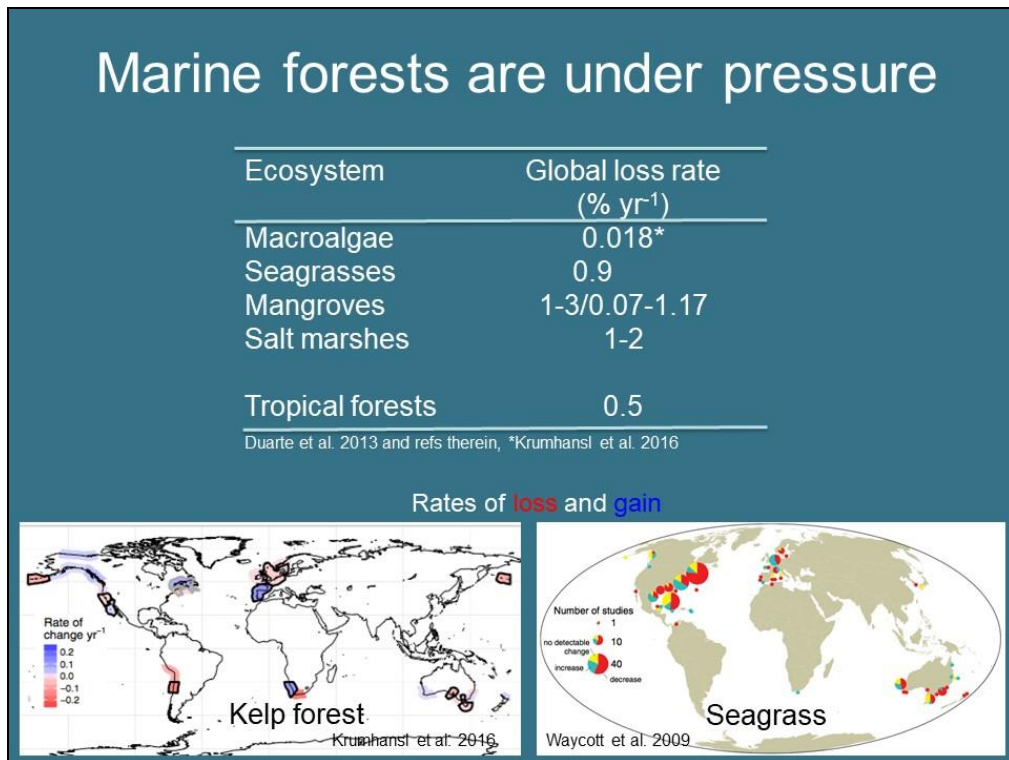
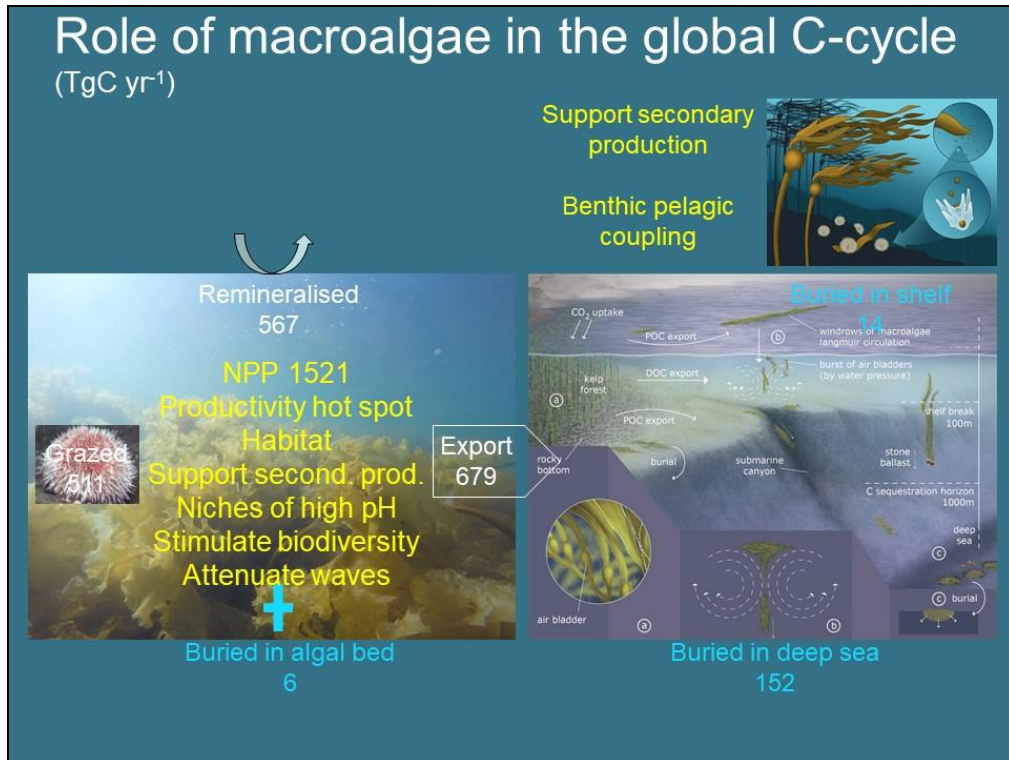
Delille et al. 2000



High Arctic - Disko Bay (24:0) Jun 16-25, 2014

Krause-Jensen et al. 2016



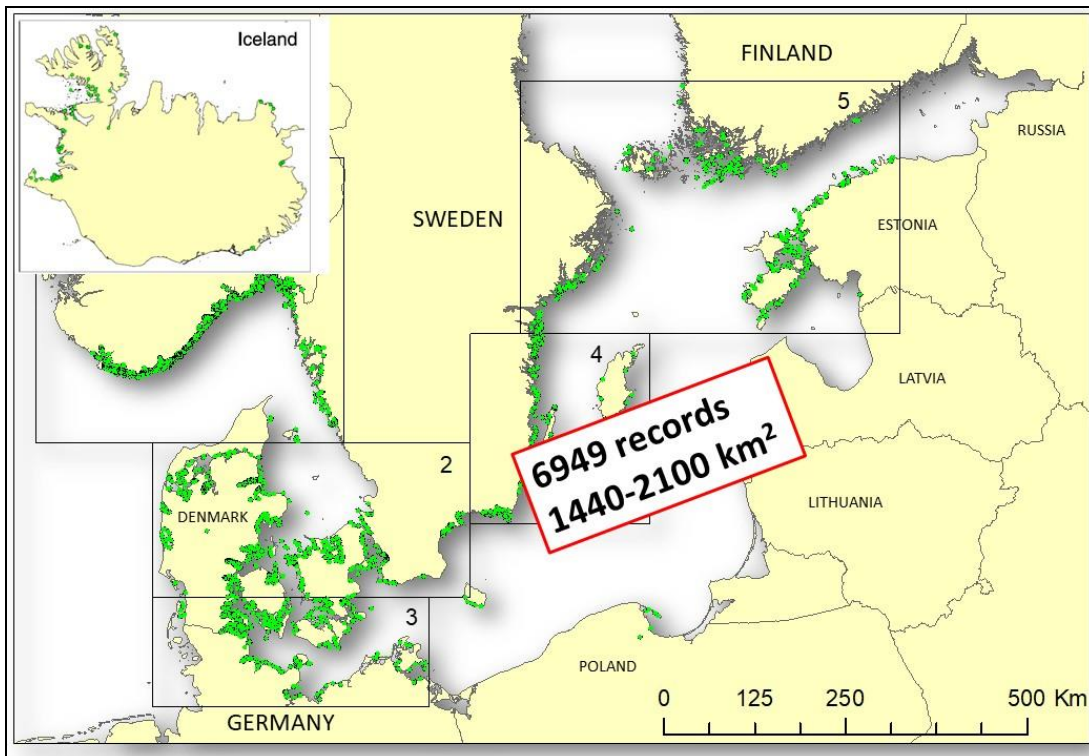
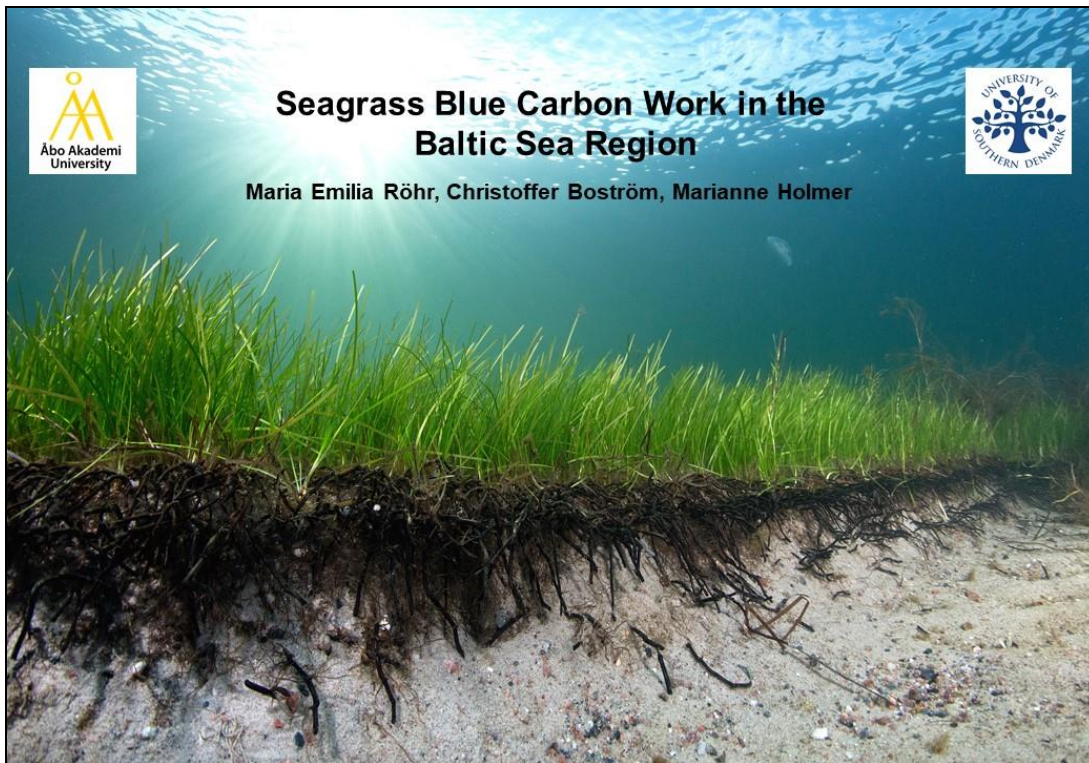


Conclusion & perspectives

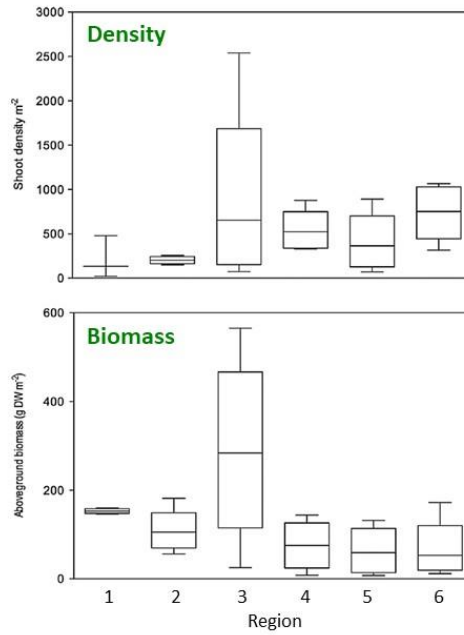
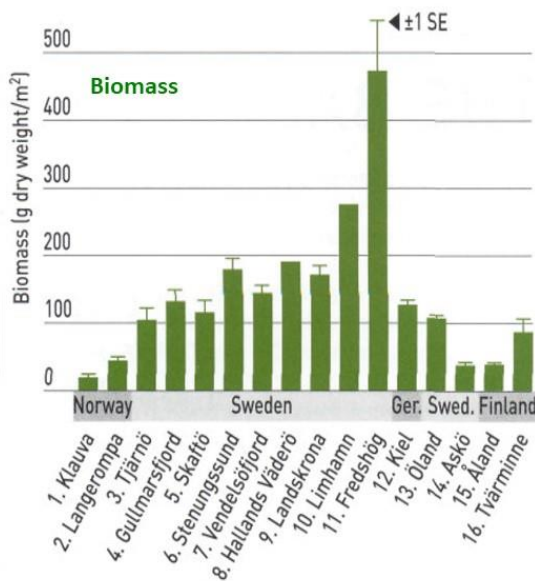
- Macroalgal forests are hot spots of productivity and key coastal habitats
- They support globally important C-sequestration and their inclusion doubles previous Blue Carbon C-sequestration estimates
- Macroalgal forests also have potentials in climate change adaptation – e.g. by increasing pH
- Sustainable management of macroalgal habitats support ecological quality and offer opportunities to mitigate and adapt to climate change

9. Baltic region

Christoffer Boström, Åbo Akademi University



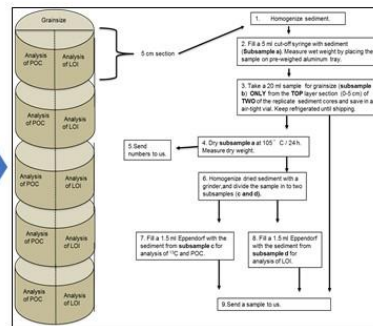
Seagrass shoot biomass & density



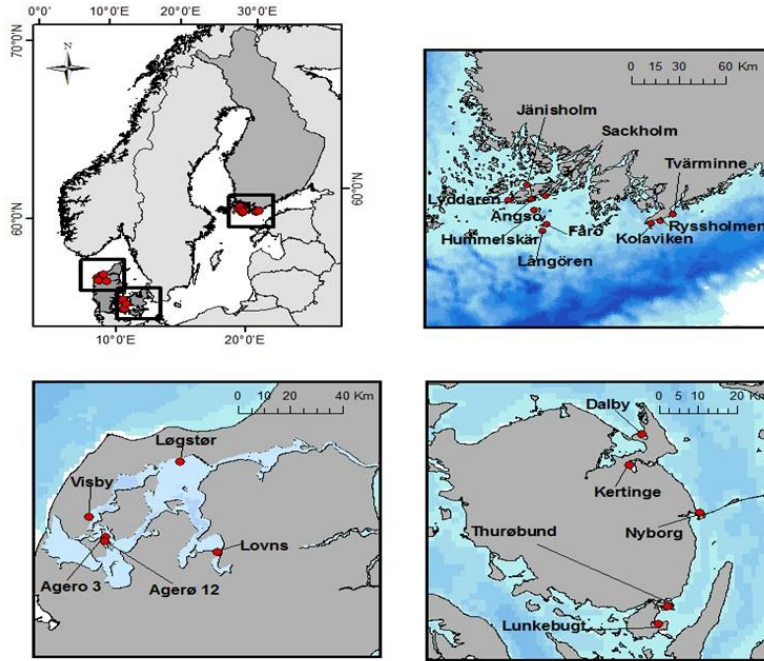
Boström et al. 2003 World Atlas of Seagrasses

Research questions

1. How large is the carbon storage capacity of Baltic Sea eelgrass meadows?
2. Which are the most important environmental factors determining the variability of carbon storage and accumulation ?
3. How much carbon is presently stored in Finnish and Danish eelgrass meadows?

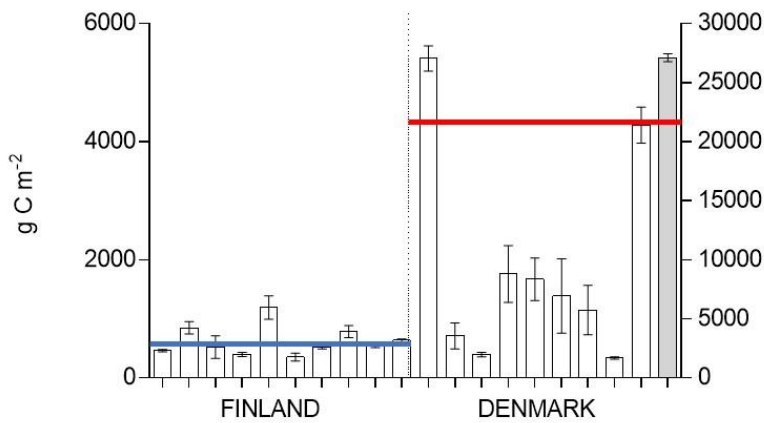


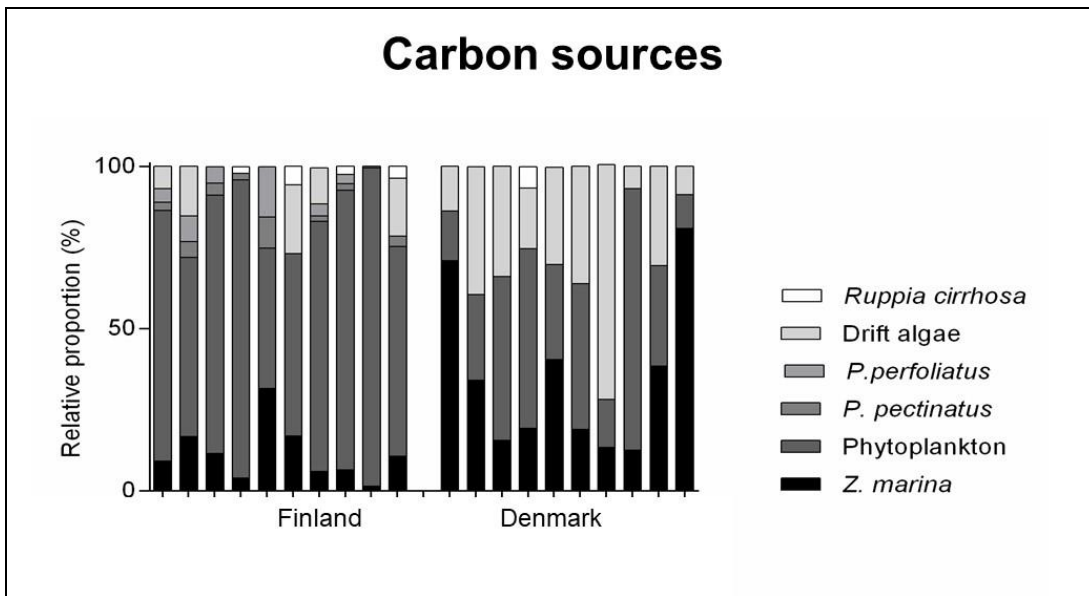
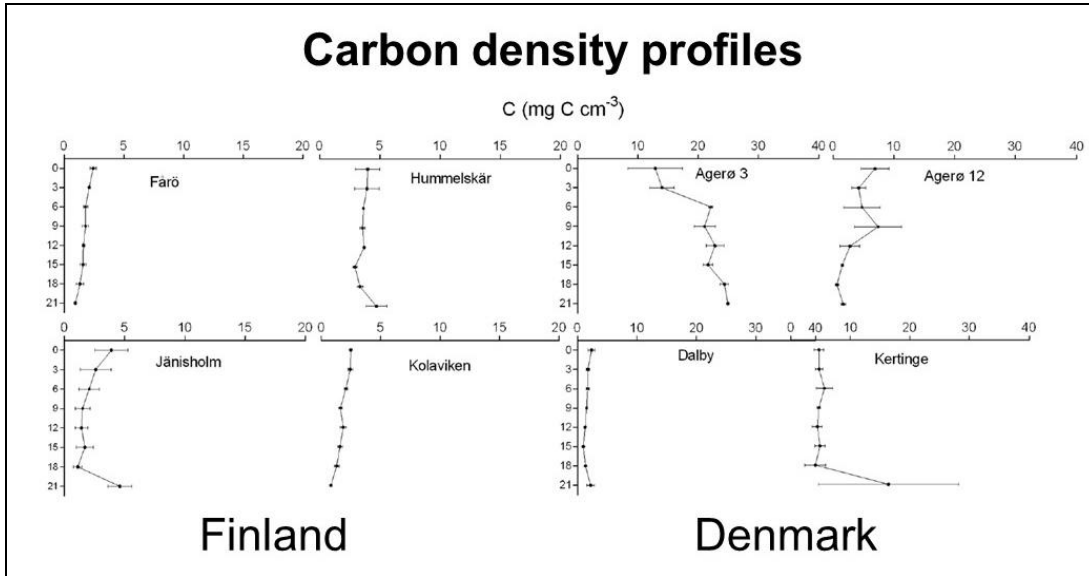
Study regions and sampled sites



Mean Corg stocks


Total Corg stocks Mega Tonnes		
Finland	0.019±0.001	(30 km ²)
Denmark	2.2±0.005	(673 km ²)
Denmark	5.8±0.014	(1345 km ²)






Environmental variables explaining Corg stocks


Variable	AICc	P- value	Proportion	Cumulative proportion
1. Silt content (%)	357.4	0.001	0.369	0.369
2. Root:shoot-ratio	346.0	0.001	0.127	0.497
3. <i>Z. marina</i> content (%)	333.6	0.001	0.109	0.606
4. Production	332.2	0.037	0.023	0.630
5. Density	331.3	0.049	0.020	0.650
6. Porosity	330.8	0.056	0.017	0.668



Blue carbon storage capacity of *Zostera marina* – a global survey

Maria Emilia Röhr, Christoffer Boström, Marianne Holmer
&
Baum J, Chin D, Chalifour L, Cimon S, Cusson M, Dahl M, Duffy JE, Fodrie J, Geyer J, Griffin JN, Gullström M, Hamaoka H, Hereu C, Hori M, Hovel KA, Hughes R, Jorgensen P, Kiriakopolos S, Moksnes P-O, Nakayoka M, Tomas Nash F, O'Connor M, Peterson B, Reiss K, Reynolds PL, Rossi F, Ruesink J, Stachowicz J, Song HJ, Unsworth RKF, Ziegler S





Project framework <http://zenscience.org>



Duffy



Stachowicz



Reynolds



Hovel

Quantify how nutrients and grazing interactively affect biomass, production, and trophic transfer in eelgrass meadows along natural gradients.

Research questions



1. What is the magnitude and variation of eelgrass sediment carbon stocks in the northern hemisphere?

Research questions



Storage

1. What is the magnitude and variation of eelgrass sediment carbon stocks in the northern hemisphere?

Drivers

2. What are the abiotic and biotic variables causing variation in eelgrass sediment carbon stocks?

Research questions



Storage

1. What is the magnitude and variation of eelgrass sediment carbon stocks in the northern hemisphere?

Drivers

2. What are the abiotic and biotic variables causing variation in eelgrass sediment carbon stocks?

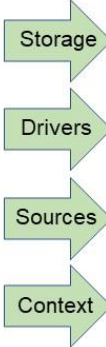
Sources

3. What are the sediment carbon sources, and do they vary systematically across sites, regions and ocean margins?

Research questions

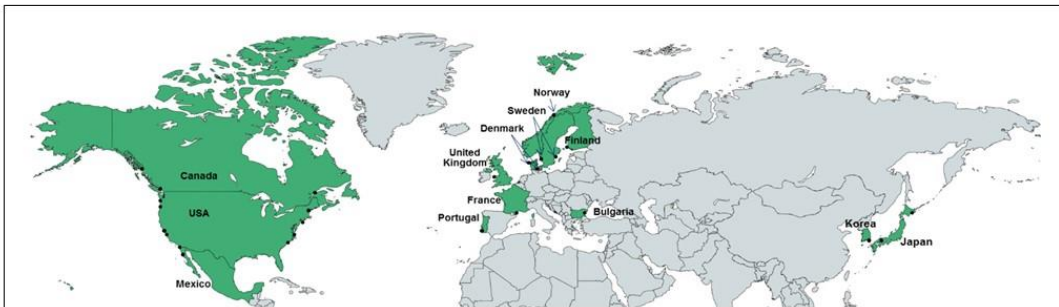


© Juan-Luis Duggas/Peter Arnold Inc.

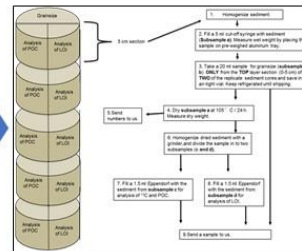


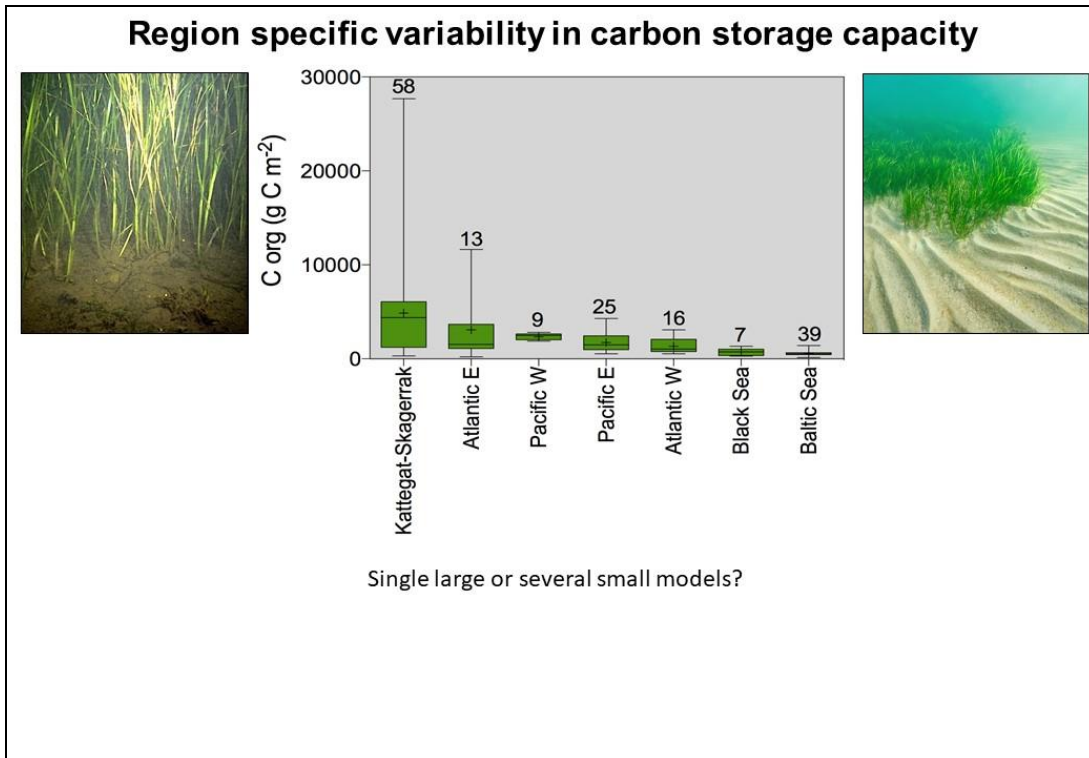
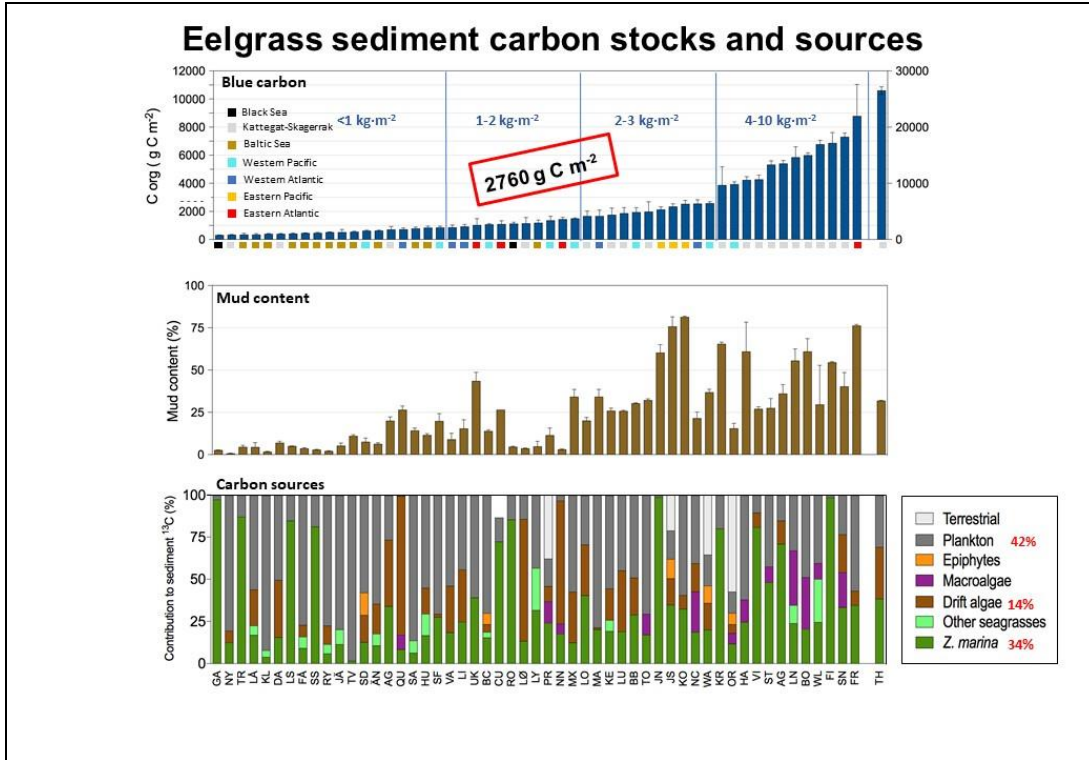
1. What is the magnitude and variation of eelgrass sediment carbon stocks in the northern hemisphere?
2. What are the abiotic and biotic variables causing variation in eelgrass sediment carbon stocks?
3. What are the sediment carbon sources, and do they vary systematically across sites, regions and ocean margins?
4. How do eelgrass carbon stocks and storage capacity rank globally compared to other carbon sink ecosystems?

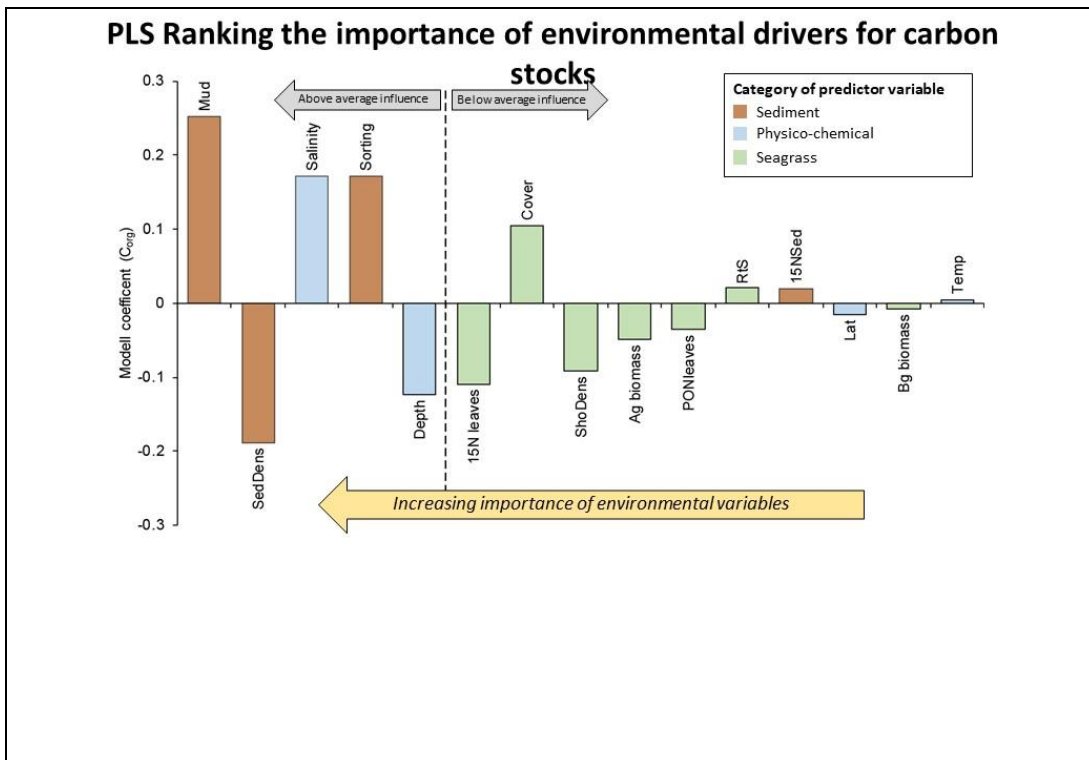
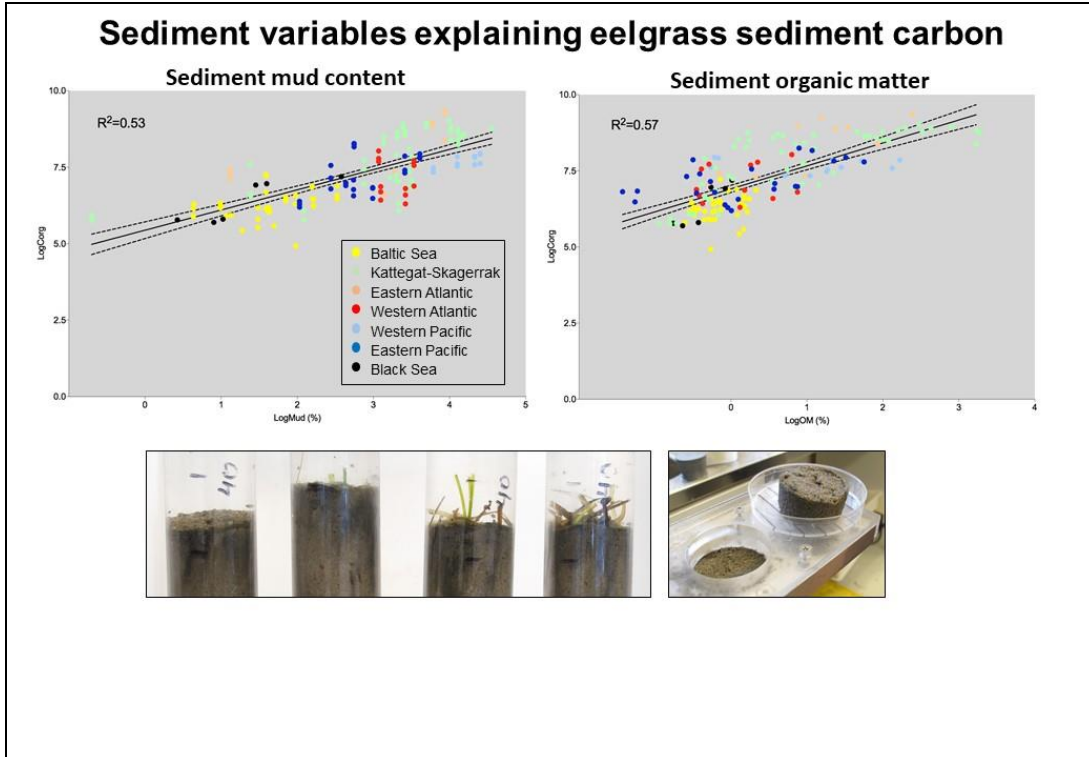
Study area and methods

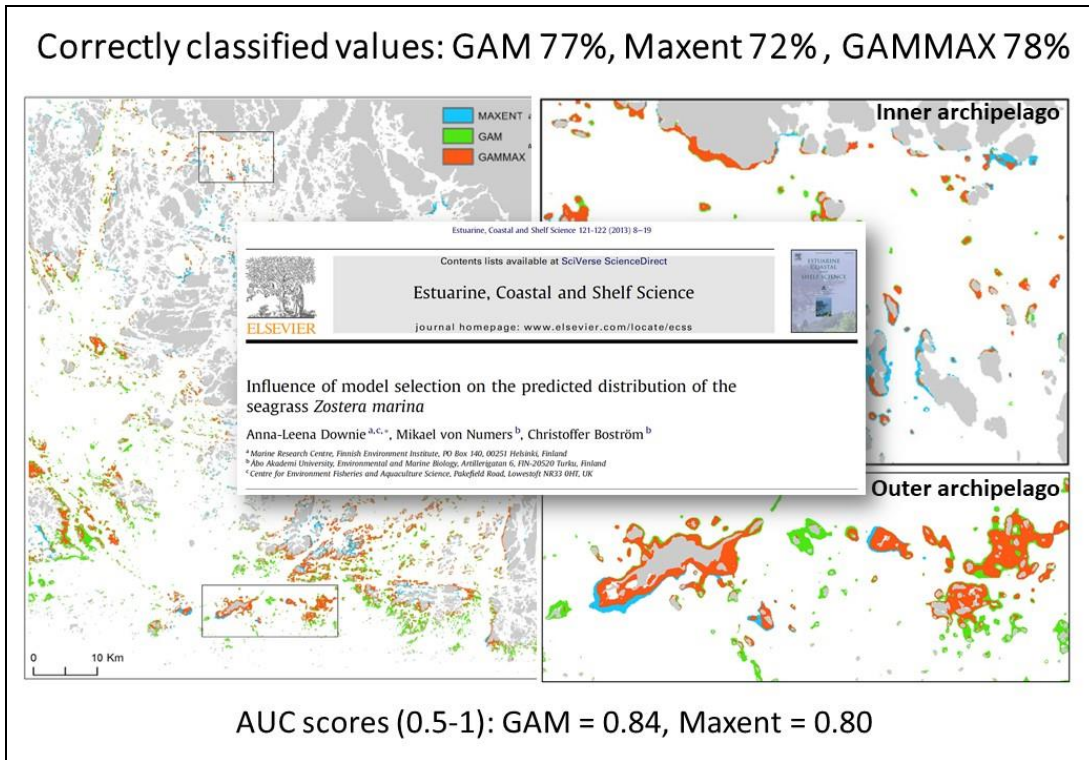
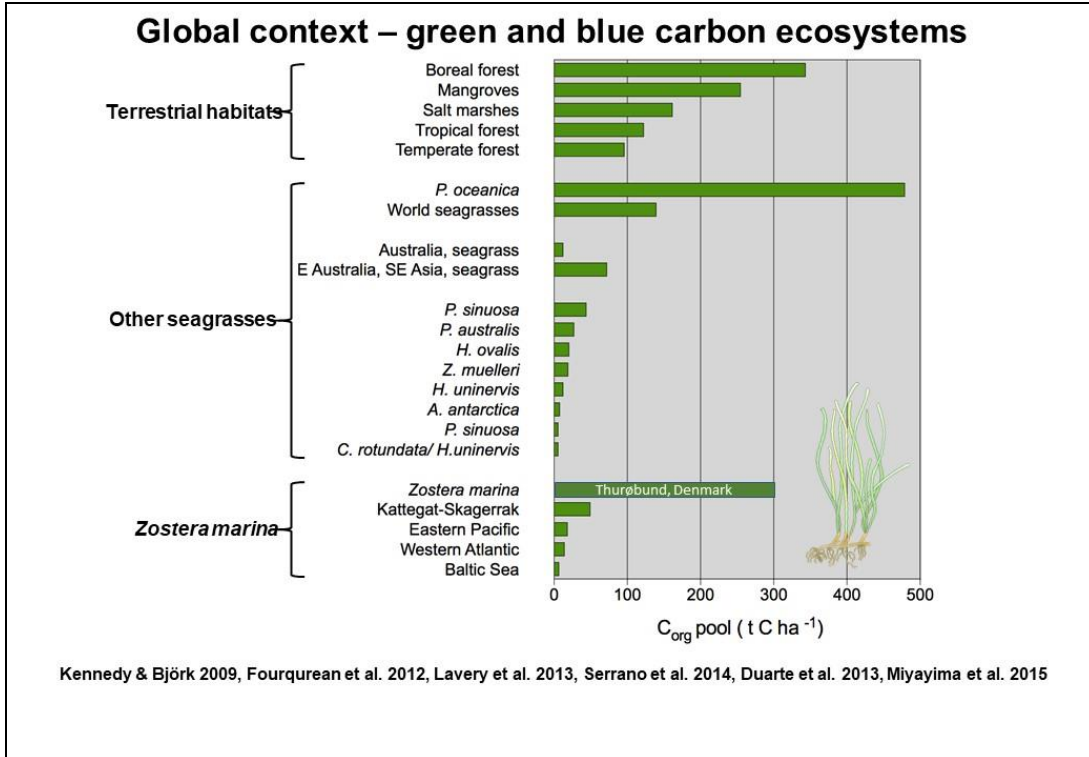


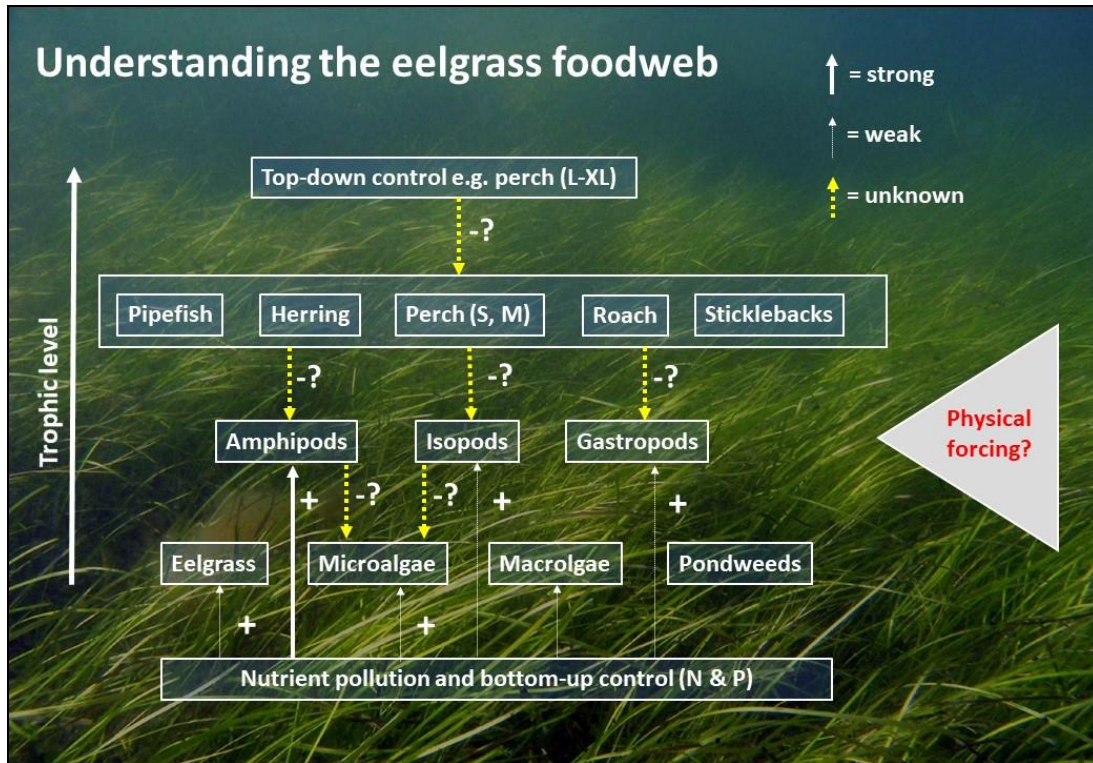
- June-September 2015**
- 7 ocean margins
 - 13 countries
 - 36 degrees of latitude
 - 54 *Zostera* meadows
 - 162 cores (30 cm deep)
 - 0.5-3 m depth
 - 6.5-38.8 salinity
 - 6 meadow/plant variables
 - 9 sediment/water variables











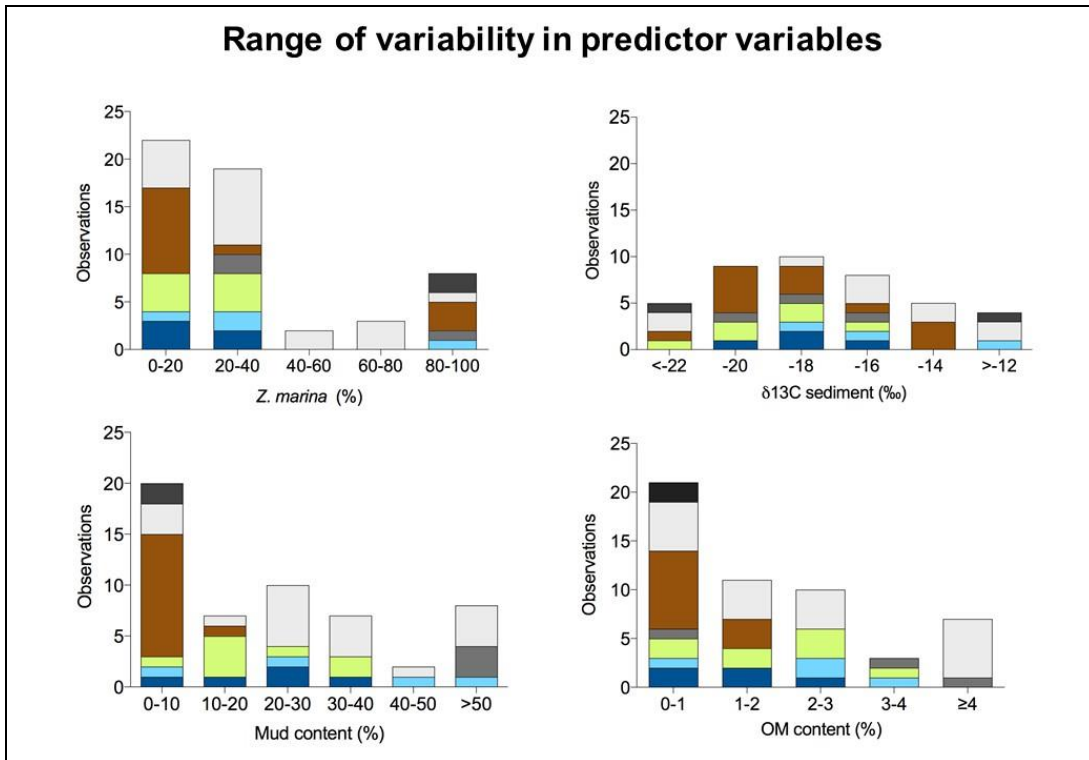
Helcom: 5x5 km Substrate

EMODnet
 European Marine
 Observation and
 Data Network

Seabed Habitats

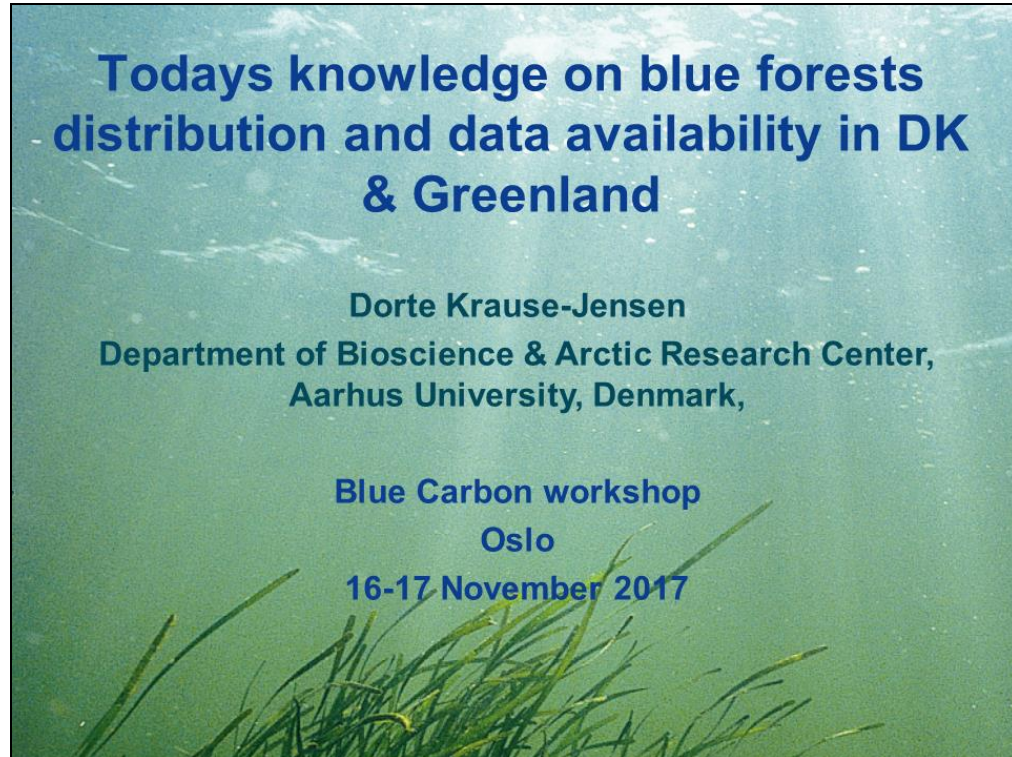
Home
Access data
Contribute data
Resources
News
About
Help & feedback

MAP AND DATA SERVICE



10. Denmark and Greenland.

Dorte Krause-Jensen, Aarhus University, Denmark



**Today's knowledge on blue forests
distribution and data availability in DK
& Greenland**

Dorte Krause-Jensen
Department of Bioscience & Arctic Research Center,
Aarhus University, Denmark,

Blue Carbon workshop
Oslo
16-17 November 2017



Outline

- 1. Intro: Global blue forests – area & methods**
- 2. Blue forests in Denmark – areas?**
 - Eelgrass meadows**
 - Macroalgal forests**
- 3. Blue forests in Greenland – areas?**
 - Eelgrass meadows**
 - Macroalgal forests**
- 4. Summary**

Biogeosciences, 14, 301–310, 2017
 www.biogeosciences.net/14/301/2017/
 doi:10.5194/bg-14-301-2017
 © Author(s) 2017. CC Attribution 3.0 License.

Biogeosciences
 Open Access
 EGU

Reviews and syntheses: Hidden forests, the role of vegetated coastal habitats in the ocean carbon budget

Carlos M. Duarte^{1,*}

Habitat	Area (10 ⁶ km ²)	Reference	Confidence
Mangroves	0.137	Giri et al. (2011)	High
Salt marshes	0.02	Chmura et al. (2003)	Lower limit
	0.38	Woodwell et al. (1973)	Low
Seagrass	0.15	Green and Short (2003)	Lower limit
	0.35	Duarte et al. (2005)	Low
	0.6	Duarte and Chiscano (1999)	Upper limit
Macroalgae	4.32	Gattuso et al. (2006)	Upper limit
	1.4	Duarte et al. (2013a)	Low
	2	Gattuso et al. (1998)	Upper limit
	2.4	Charpy-Roubad and Sournia (1990)	Low
	5.71	Gattuso et al. (2006)	Upper limit
	6.8	Charpy-Roubad and Sournia (1990)	Upper limit

Area distribution: assessment methods

Potential distribution area

- Based on known habitat requirements and where these are jointly fulfilled

Actual distribution area

- Remote sensing via satellites, aerial photos, drones or by acoustics...
- In situ observations + interpolation
- Model-based approaches

A new initiative!

From all around the world

Citizens worldwide are providing pictures (taken at low tide or underwater) to map the worldwide distribution of marine forests. This important information is available for everyone to use.



> hundreds of records > hundreds of citizens > thousands of followers

And growing. Join us at marineforests.com!

Biogeosciences, 3, 489–513, 2006
 www.biogeosciences.net/3/489/2006/
 © Author(s) 2006. This work is licensed
 under a Creative Commons License.



Light availability in the coastal ocean: impact on the distribution of benthic photosynthetic organisms and their contribution to primary production

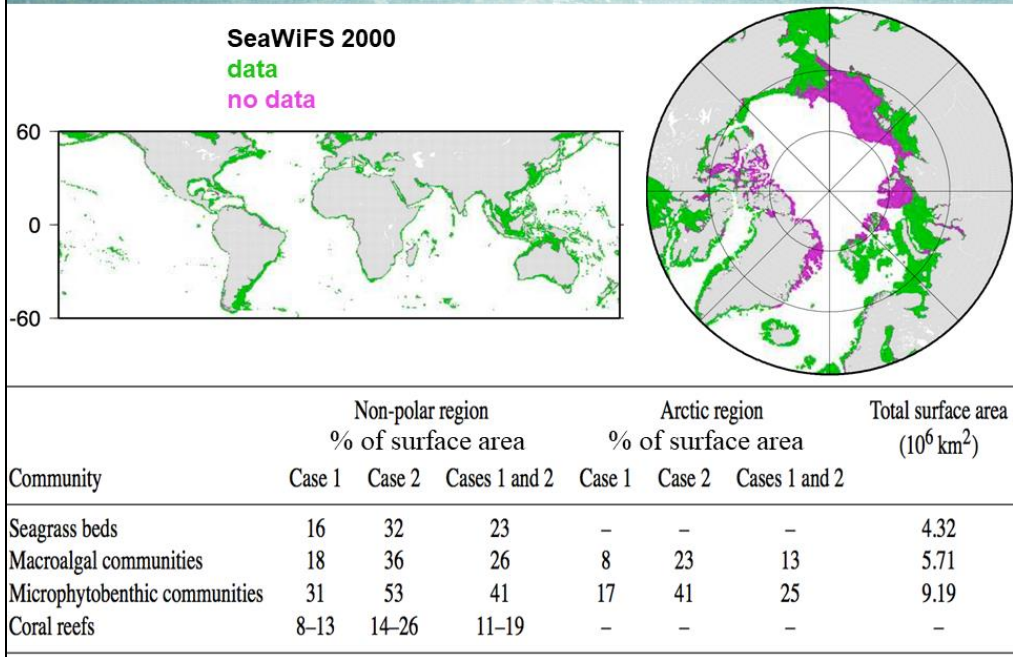
J.-P. Gattuso¹, B. Gentili¹, C. M. Duarte², J. A. Kleypas³, J. J. Middelburg⁴, and D. Antoine¹

Procedure

Combined info. on underwater light, global bathymetry and light requirements to estimate the potential area available for macroalgae, seagrass & benthic microalgae

- SeaWIFS 1998-2002 (Jun-Oct)
- Secchi depth (World Ocean Database)
- Surface areas&depths (ETOPO2, GMT)
- Estimate of irradiance on the seafloor
- Review of vegetation light requirements
- Estimate of area with vegetation & area where NPP >0
- For non-polar & Arctic regions

Gattuso et al. 2006 continued..



Denmark – New projects

“Havets skove” (Marine forests) Oct 2017-Dec 2018

→ Potential distribution area of seagrasses/macroalgae & quantification of services.

- Funded by the Villum Foundation
- Participants: SDU, AU, GEUS, DTU-Aqua

Projects on the potential of satellites/aerial photos/drones for assessing eelgrass areas (Funded by EPA, DCE) 2017-2019

....For now only coarse estimates of area cover of Danish marine forests

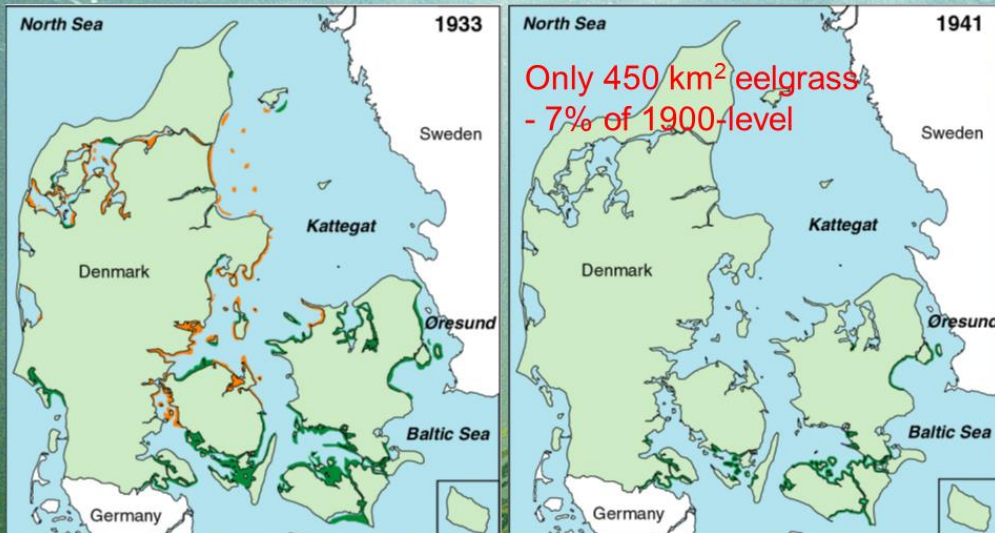
Danish eelgrass meadows ~ 1900

~ 6726 km²
~ 1/7 of DK sea area
Annual production
~ 8 mio. ton dry matter

Redrawn from Petersen (1901)

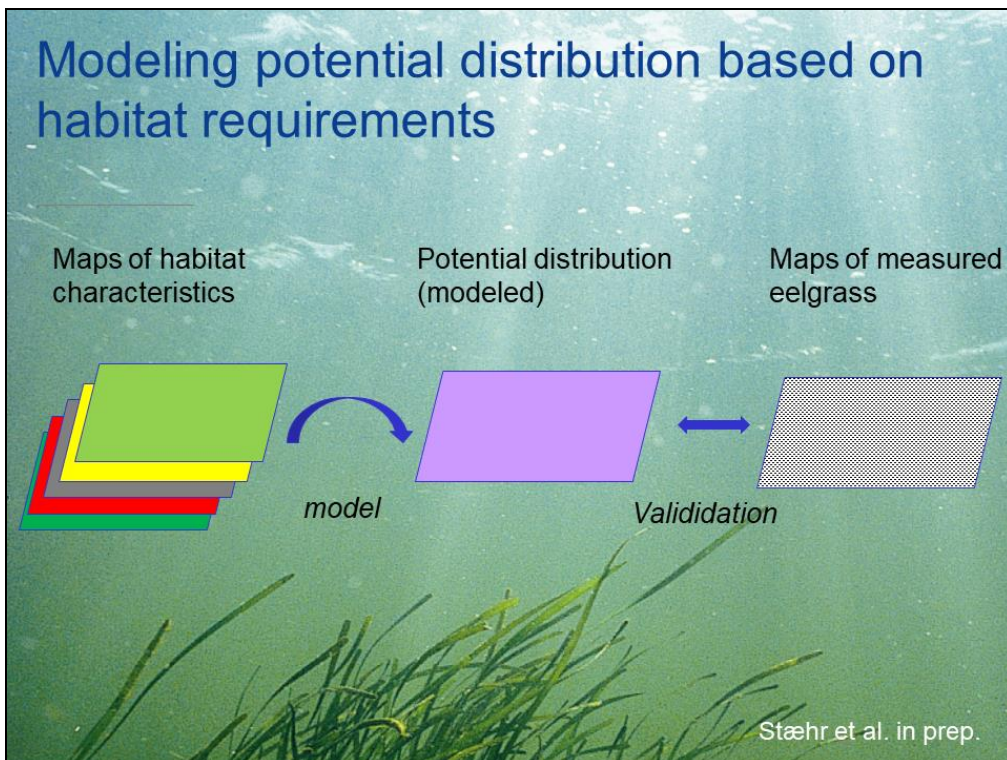
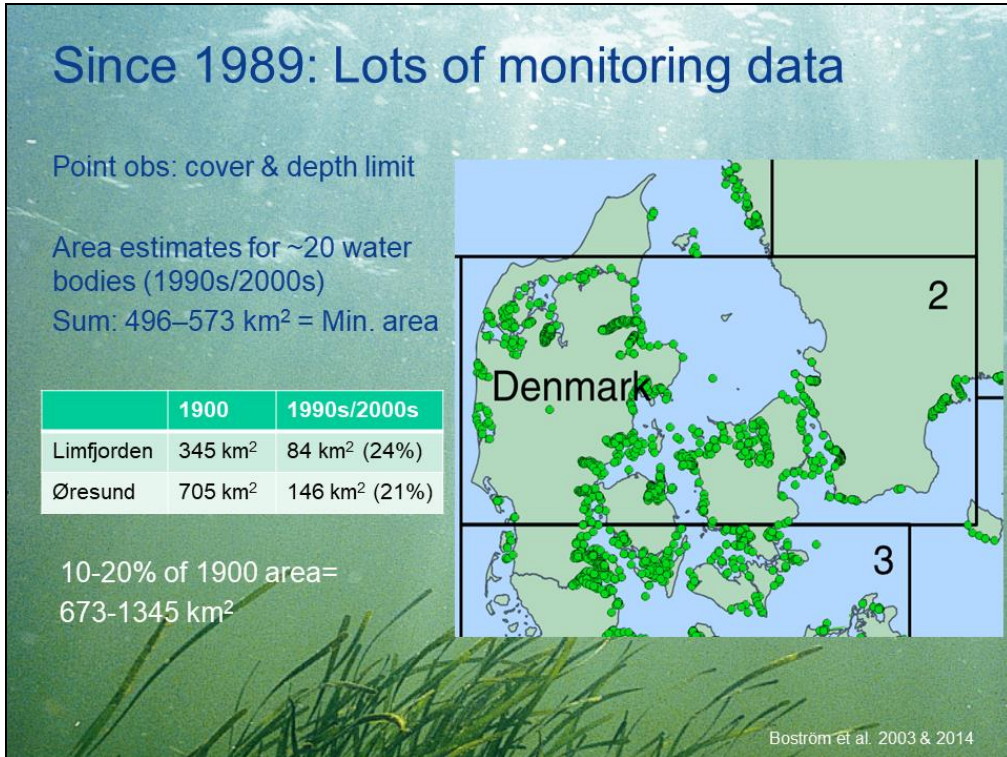


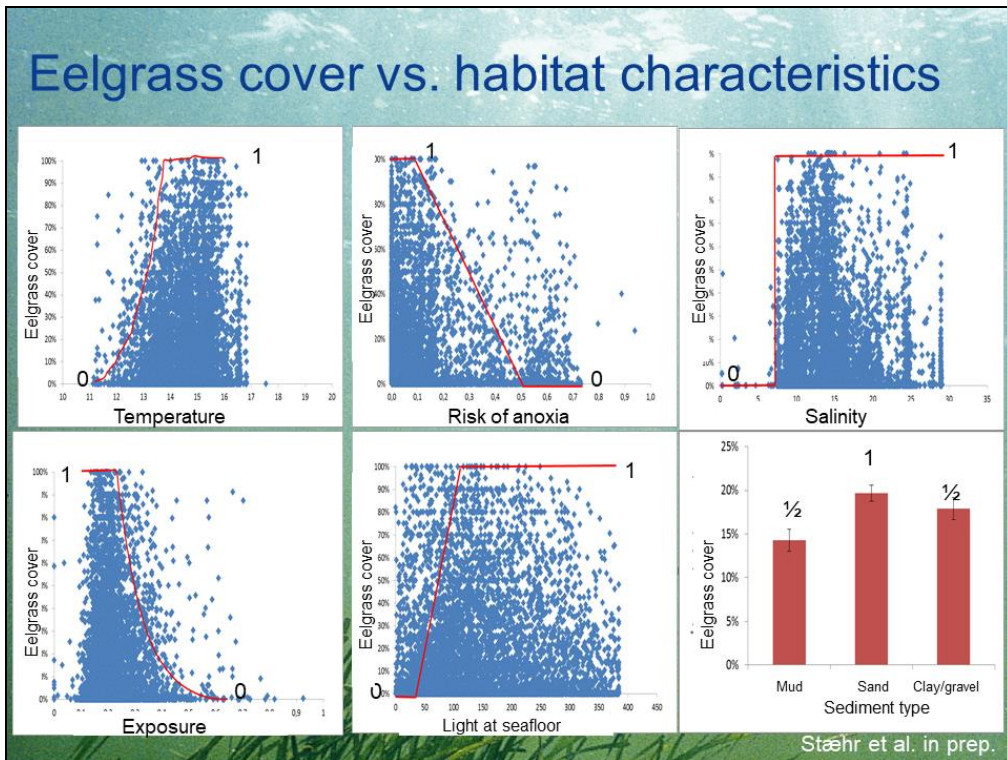
1930s: Declines due to the wasting disease



Redrawn from Blegvad (1935)
Based on survey among fishery officials

Redrawn from Lund (1941)





Mechanistic model

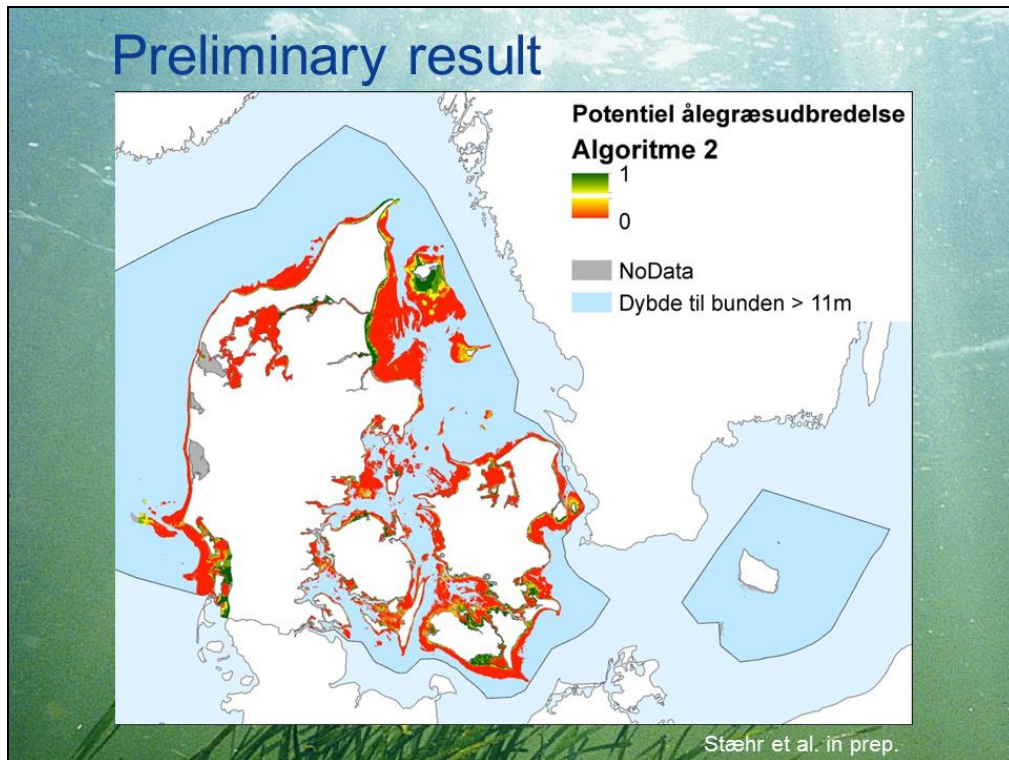
Probability of eelgrass (index 0 → 1):

$$\text{Light}_{\text{index}} \cdot \text{Exp}_{\text{index}} \cdot (\text{Temp}_{\text{index}} + \text{Oxy}_{\text{index}} + \text{sed}_{\text{index}} + \text{sali}_{\text{index}}) / 4$$

Light & Exposure: multiplicative (only eelgrass if both fulfilled)

Layers: mean Apr-Oct 2000-2010, < 10 m depth

Stæhr et al. in prep.



Other DK eelgrass model initiatives

Ecological Modelling xxx (2016) xxx-xxx

Contents lists available at [ScienceDirect](#)

Ecological Modelling

journal homepage: www.elsevier.com/locate/ecolmodel

Review

**Validating C
Limfjorden**

Paula Canal-Ve
Mogens R. Flin

Ecological Modelling

Volume 333, 10 August 2016, Pages 11-42

Review

Using a GIS-tool to evaluate potential eelgrass reestablishment in estuaries

Mogens R. Flindt^{a,*}, Erik K. Rasmussen^b, Thomas Valdemarsen^a, Anders Erichsen^b, Hanne Kaas^b, Paula Canal-Vergés^c

Ecological Modelling

journal homepage: www.elsevier.com/locate/ecolmodel

Review

Modelling stressors on the eelgrass recovery process in two Danish estuaries

Kadri Kuusemäe^{a, b, c, ✉}, Erik Kock Rasmussen^b, Paula Canal-Vergés^c, Mogens R. Flindt^a

Ecological Modelling

journal homepage: www.elsevier.com/locate/ecolmodel

Review

Using a GIS-tool to evaluate potential eelgrass reestablishment in estuaries

Mogens R. Flindt^{a,*}, Erik K. Rasmussen^b, Thomas Valdemarsen^a, Anders Erichsen^b, Hanne Kaas^b, Paula Canal-Vergés^c

Ecological Modelling

journal homepage: www.elsevier.com/locate/ecolmodel

Review

Using a GIS-tool to evaluate potential eelgrass reestablishment in estuaries

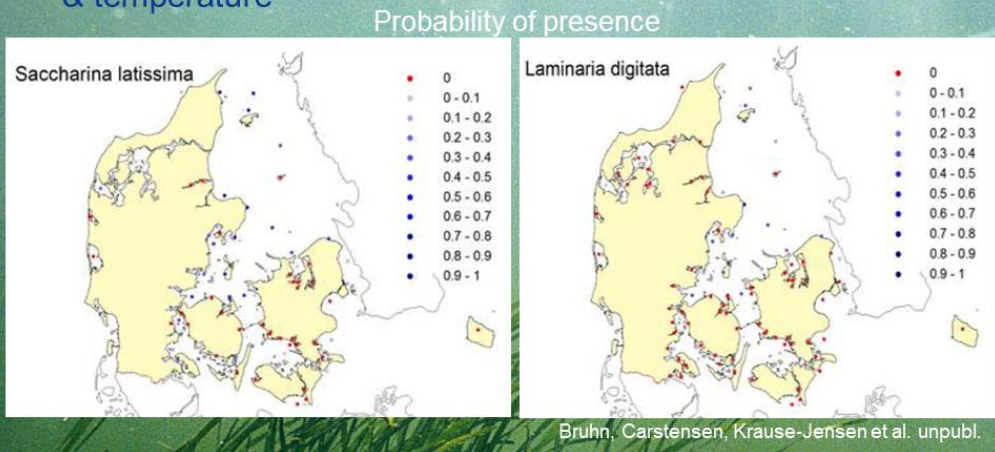
Mogens R. Flindt^{a,*}, Erik K. Rasmussen^b, Thomas Valdemarsen^a, Anders Erichsen^b, Hanne Kaas^b, Paula Canal-Vergés^c

Ecological Modelling

journal homepage: www.elsevier.com/locate/ecolmodel

Kelps/macroalgae in Denmark

- Large monitoring dataset for coastal areas & stone reefs since 1989
- Only coarse quantification of distribution area
- Kelps: at the edge of their distribution range regarding salinity & temperature



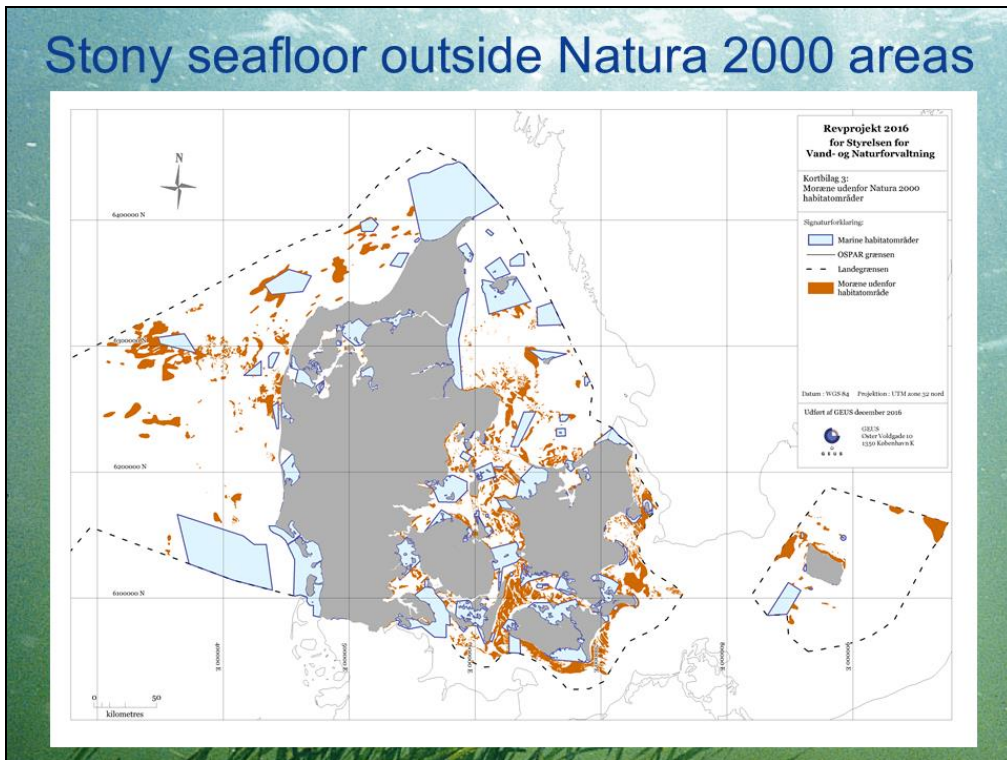
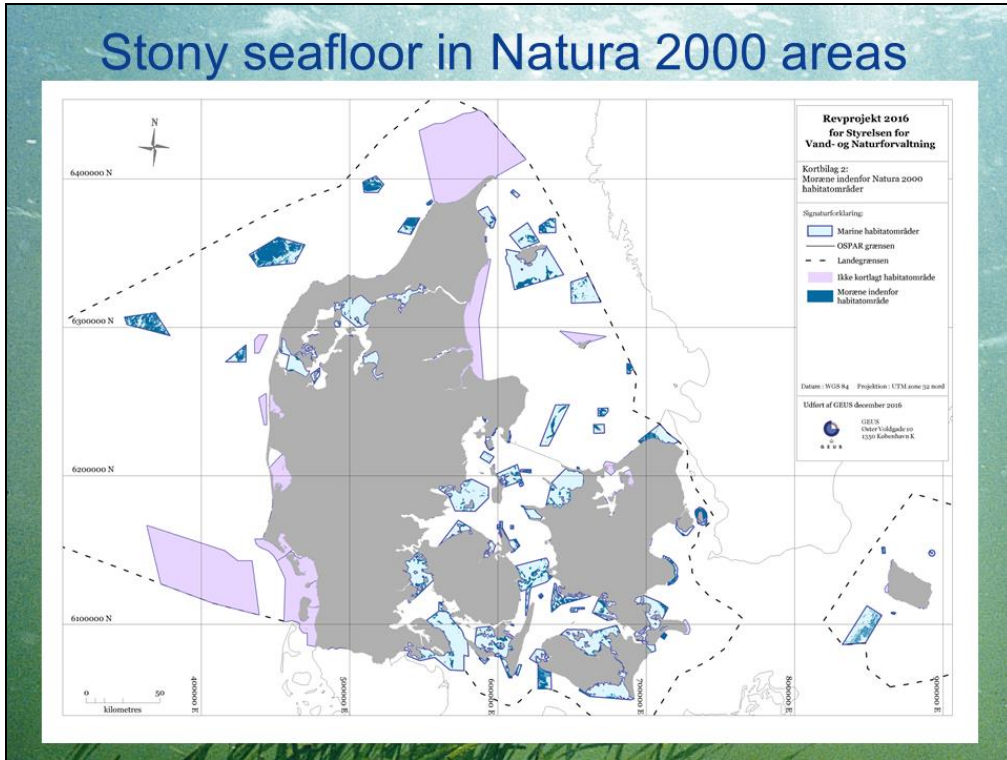
Danish macroalgal area

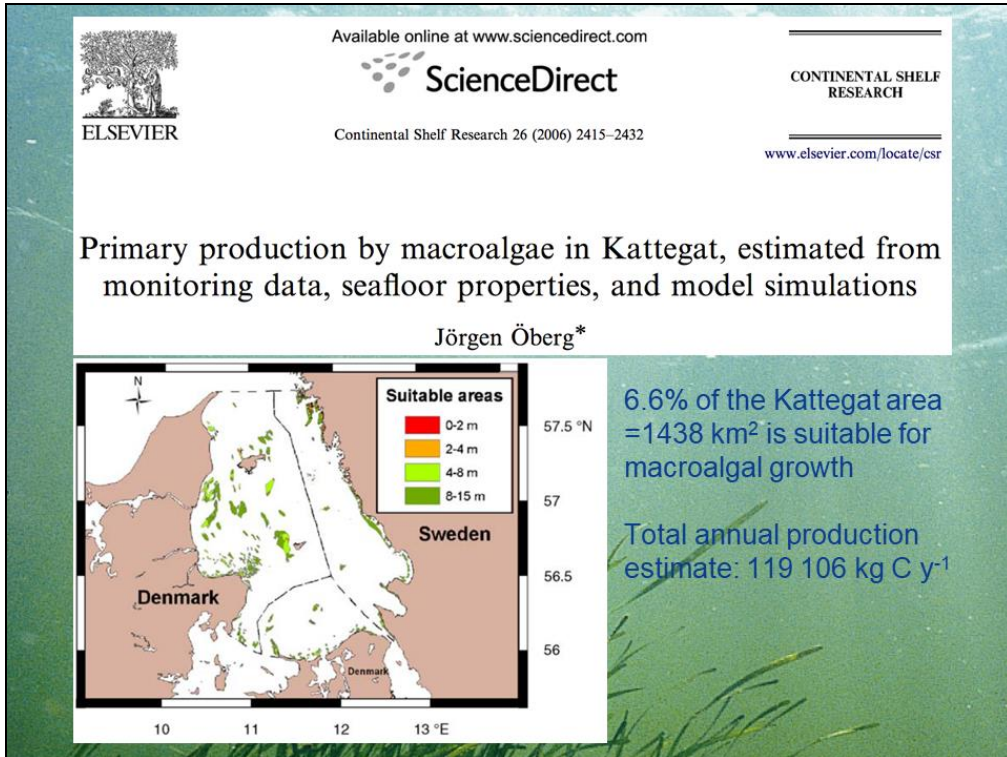
A very first estimate of the potential area

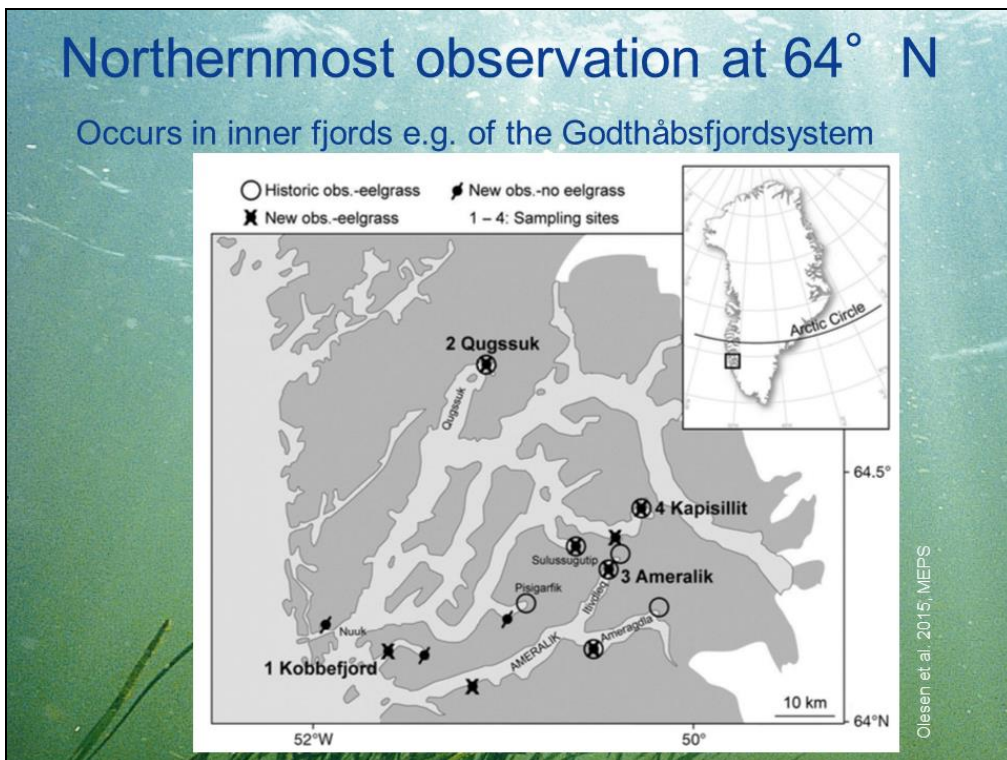
- Based on GIS maps of bathymetry, and seafloor composition and assuming a photic zone of 20 m depth
- Produced by Ziyad Al-Hamdani (GEUS) 12.11.17!

	Stony seafloor < 20 m depth (km ²)
Natura 2000 areas	1216
Other areas	4243
Total	5459

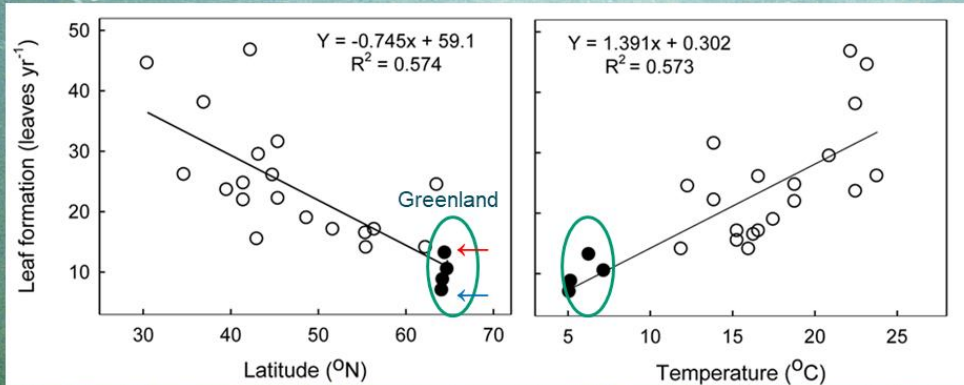
Ziyad Al-Hamdani, unpublished







Similar biomass but slower leaf turnover in Greenland as compared to further south



Leaf life-time:
Greenland: 140-220 days
Southern pop.: 32.7 days

1.4 times faster leaf formation
per 1 °C increase in temperature

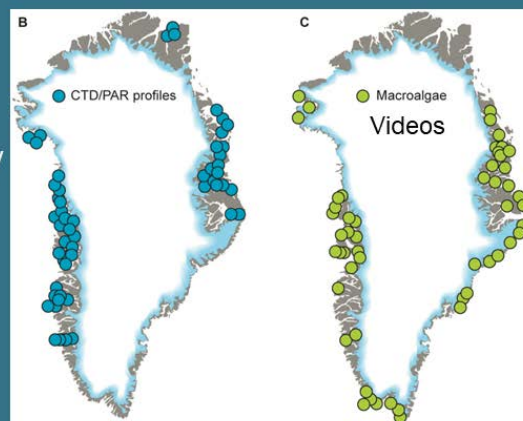
Olesen et al. 2015, MEPS

Kelp forests in Greenland

Initiatives applied

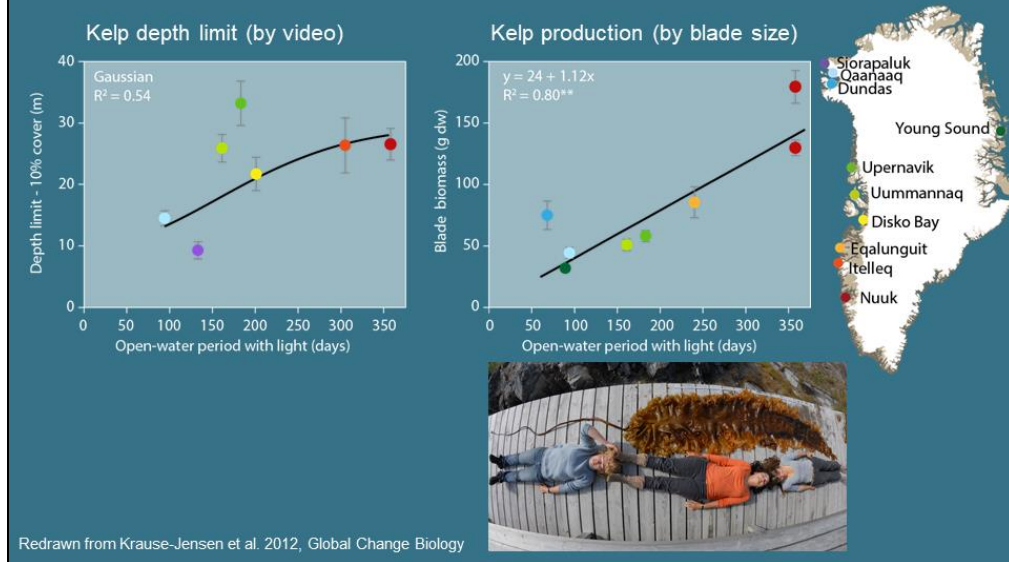
- *Danish Research Foundation* (reply May 2018)
Distribution area from satellites (light) & bathymetry – verified by video & CTD (2018-2020)
- *DANCEA* (reply May 2018)
Distribution area from compiled video-information (2018-2020)

For now, existing information.....



Data collected by Sejr, Wegeberg, Geertz-Hansen, Krause-Jensen, Marba, Rasmussen, Bruhn et al.

Deeper, more productive kelp forests in areas with longer open-water periods



Kelp area along Greenlands coast

A coarse estimate:

- Length of coastline: 44000 km (12% of global)
- Majority rocky
- Average depth limit (of 10% cover): ca 20 m
- Width of kelp belt: Based on slope/width of existing transect lines
- Correct for variable cover
- E.g. 44.000 km X 100? m belts X 100 % cover = 4.400 km²



GIS information on Greenlands coast

Environmental Oil Spill Sensitivity Atlas

for the

West Greenland Coastal Zone CD-version

A. Mosbech, K. L. Anthonsen, A. Blyth, D. Boertmann, E. Buch, D. Cake, L. Grøndahl,
K.Q. Hansen, H. Kapel, S. Nielsen, N. Nielsen, F. von Platen, S. Potter, M. Rasch.

Produced for:

The Danish Energy Agency
Ministry of Environment and Energy

and

Bureau of Minerals and Petroleum
Government of Greenland


June 2000

Summary

- Coarse estimates on area cover available for Danish & Greenland marine forests
- Better estimates for Danish eelgrass meadows by end 2018
- Better estimates for Greenland marine forests likely available around 2019
- Lots of data available for ground truth

11. Norway

Frithjof Moy, Institute of marine research, Research station Flødevigen



Todays knowledge on blue forests distribution and data availability

kelp, eelgrass, rockweed in Norway

Frithjof Moy
Institute of marine research
Havforskningsinstituttet
Research station Flødevigen

Thursday 16. November 2017 - Miljødirektoratet - 16:30 – 16:50




Photo: KM Norderhaug

Kelp

NORWAY	Km
Grunnlinjen	2 532
With fjords and bays	28 953
With islands	71 963
Norway total	100 915




Photo: FE Moy

Eelgrass

- Most of coastline: Rocky shores
- Distribution and abundance of
 - Kelp =
 - Eelgrass =
 - Rockweed =

Guess-timates





Photo: FE Moy

Rockweed








Photo: KM Norderhaug



Kelp

National mapping programme of marine biological biodiversity 2007 - 2019






Photo: FE Moy

Eelgrass


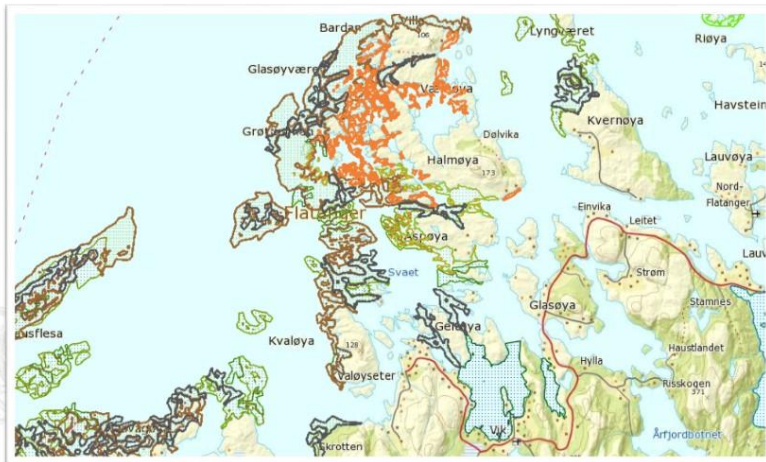


Photo: FE Moy

Rockweed

www.naturbase.no



Foldeytta	
Foldeytta	
ID	100000000
Region	Follo
Kommune	Sotra
Regionnummer	40
Stedsnummer	1000
Stedsnavn	Foldeytta
Stedsnavn2	
Opplysningsvesen	1000
Opplysningsvesen2	
Stedsnavn3	
Stedsnavn4	
Stedsnavn5	
Stedsnavn6	
Stedsnavn7	
Stedsnavn8	
Stedsnavn9	
Stedsnavn10	
Stedsnavn11	
Stedsnavn12	
Stedsnavn13	
Stedsnavn14	
Stedsnavn15	
Stedsnavn16	
Stedsnavn17	
Stedsnavn18	
Stedsnavn19	
Stedsnavn20	
Stedsnavn21	
Stedsnavn22	
Stedsnavn23	
Stedsnavn24	
Stedsnavn25	
Stedsnavn26	
Stedsnavn27	
Stedsnavn28	
Stedsnavn29	
Stedsnavn30	
Stedsnavn31	
Stedsnavn32	
Stedsnavn33	
Stedsnavn34	
Stedsnavn35	
Stedsnavn36	
Stedsnavn37	
Stedsnavn38	
Stedsnavn39	
Stedsnavn40	
Stedsnavn41	
Stedsnavn42	
Stedsnavn43	
Stedsnavn44	
Stedsnavn45	
Stedsnavn46	
Stedsnavn47	
Stedsnavn48	
Stedsnavn49	
Stedsnavn50	
Stedsnavn51	
Stedsnavn52	
Stedsnavn53	
Stedsnavn54	
Stedsnavn55	
Stedsnavn56	
Stedsnavn57	
Stedsnavn58	
Stedsnavn59	
Stedsnavn60	
Stedsnavn61	
Stedsnavn62	
Stedsnavn63	
Stedsnavn64	
Stedsnavn65	
Stedsnavn66	
Stedsnavn67	
Stedsnavn68	
Stedsnavn69	
Stedsnavn70	
Stedsnavn71	
Stedsnavn72	
Stedsnavn73	
Stedsnavn74	
Stedsnavn75	
Stedsnavn76	
Stedsnavn77	
Stedsnavn78	
Stedsnavn79	
Stedsnavn80	
Stedsnavn81	
Stedsnavn82	
Stedsnavn83	
Stedsnavn84	
Stedsnavn85	
Stedsnavn86	
Stedsnavn87	
Stedsnavn88	
Stedsnavn89	
Stedsnavn90	
Stedsnavn91	
Stedsnavn92	
Stedsnavn93	
Stedsnavn94	
Stedsnavn95	
Stedsnavn96	
Stedsnavn97	
Stedsnavn98	
Stedsnavn99	
Stedsnavn100	




Photo: KM Norderhaug




Photo: FE Moy



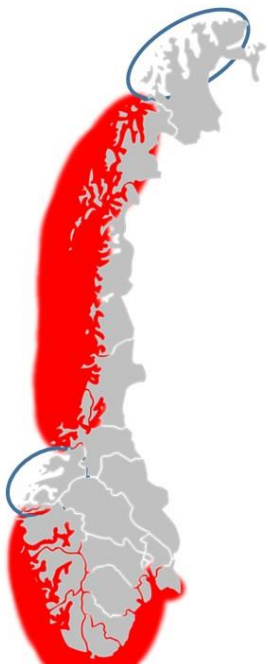



Photo: FE Moy



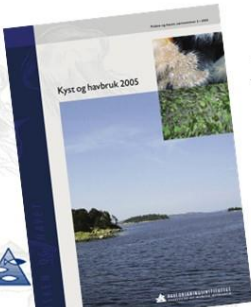
National mapping programme of marine biological biodiversity 2007 - 2019



- Kelp = 1924 km²
- Eelgrass = 61 km²
- Rockweed = ?
- *Soft shallow* = 424 km²



Gundersen et al 2010



Naturtype	Region	Nåværende areal (km ²)	Maks.* areal (km ²)		Biomasse (kg/m ²)	Stående biomasse (mill. tonn)	Maks.* biomasse (mill. tonn)
Tang	Skagerrak	14	14	178 km ²	5	0.07	0.07
	Nordsjøen	51	51		5	0.26	0.26
	Norskehavet	99	99		5	0.49	0.49
	Barentshavet	14	14		5	0.07	0.07
Stortare	Skagerrak	469	469	6652 km ² max: 7883	10	4.69	4.69
	Nordsjøen	884	884		10	8.84	8.84
	Norskehavet	4051	5507		10	40.51	55.07
	Barentshavet	500	1023		10	5.00	10.23
Sukkertare	Skagerrak	150	748	2022 km ² max: 9812	10	1.50	7.48
	Nordsjøen	979	1632		10	9.79	16.32
	Norskehavet	893	6338		10	8.93	63.38
	Barentshavet	0	1094		10	0.00	10.94
Ålegras	Skagerrak	47	47	74	1.9	0.09	0.09
	Nordsjøen	9	9		1.9	0.02	0.02
	Norskehavet	16	16		1.9	0.03	0.03
	Barentshavet	2	2		1.9	0.00	0.00
Sum		8180	17949			80	178

Steen 2005: Estimated the biomass of *A. nodosum* to around 1,8 mill tons along the Norwegian coast, in densities of 4 - 7 kg/m².

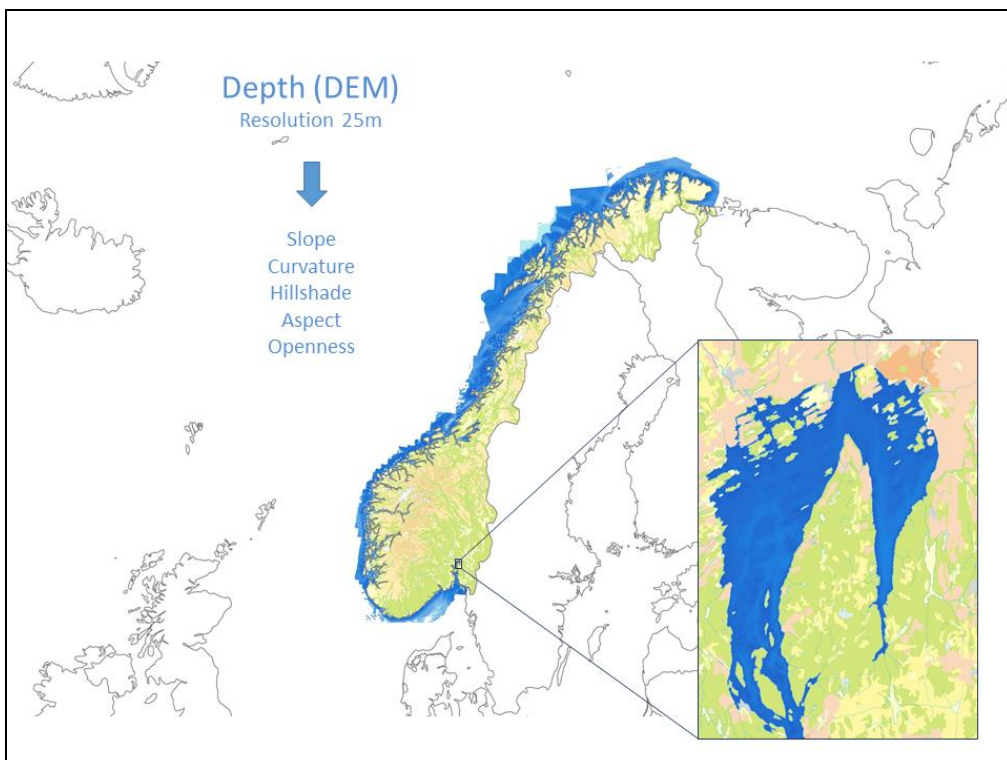
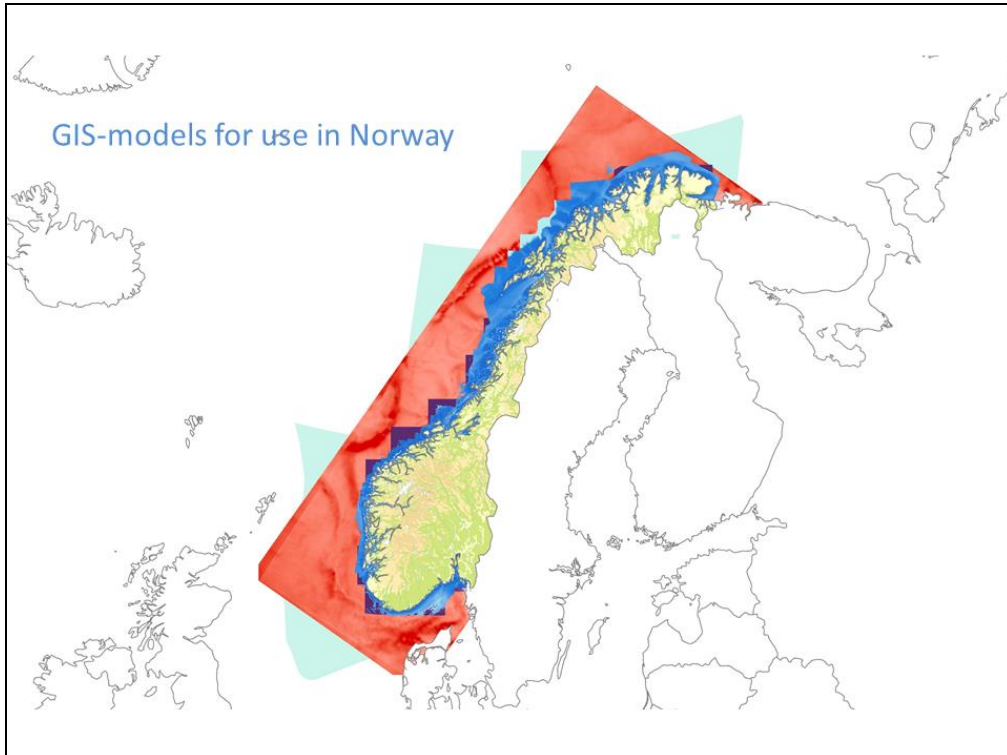
Steen 2009: Estimated standing stocks of *L. hyperborea* between 50 and 100 mill tons based on a growth area of 5 000 - 10 000 km² and average densities of 10 - 15 kg/m²

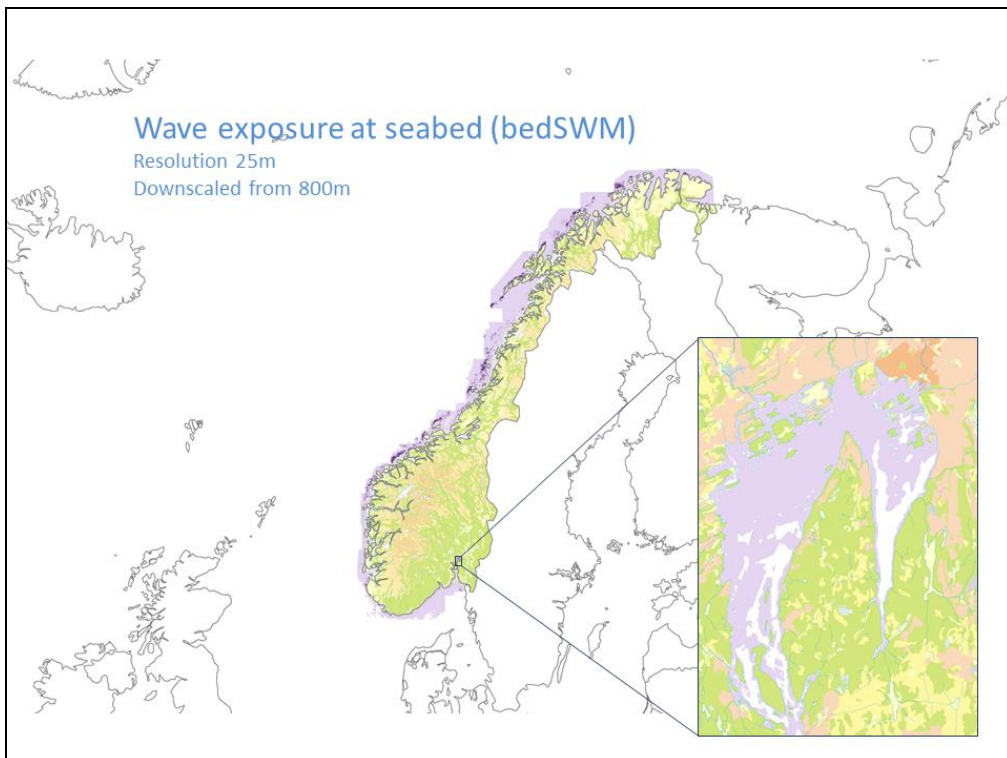
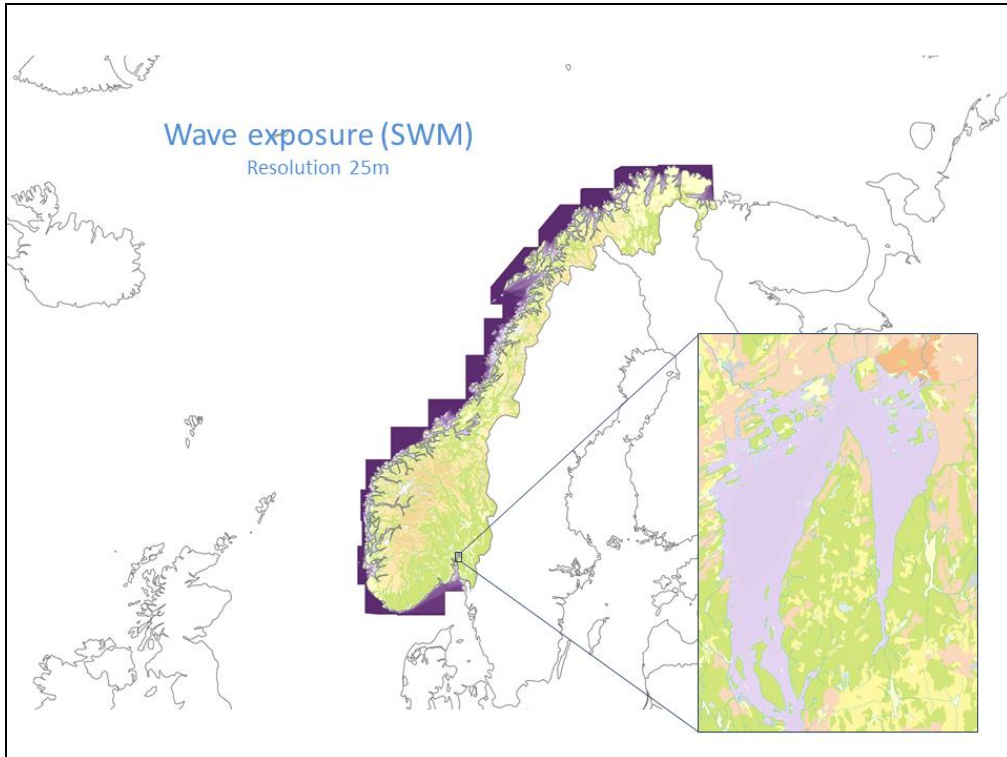
Steen, H. 2005. Chapter 2.5. Høsting av tang og tare. *Kyst og Havbruk 2005* :52 – 54. IMR

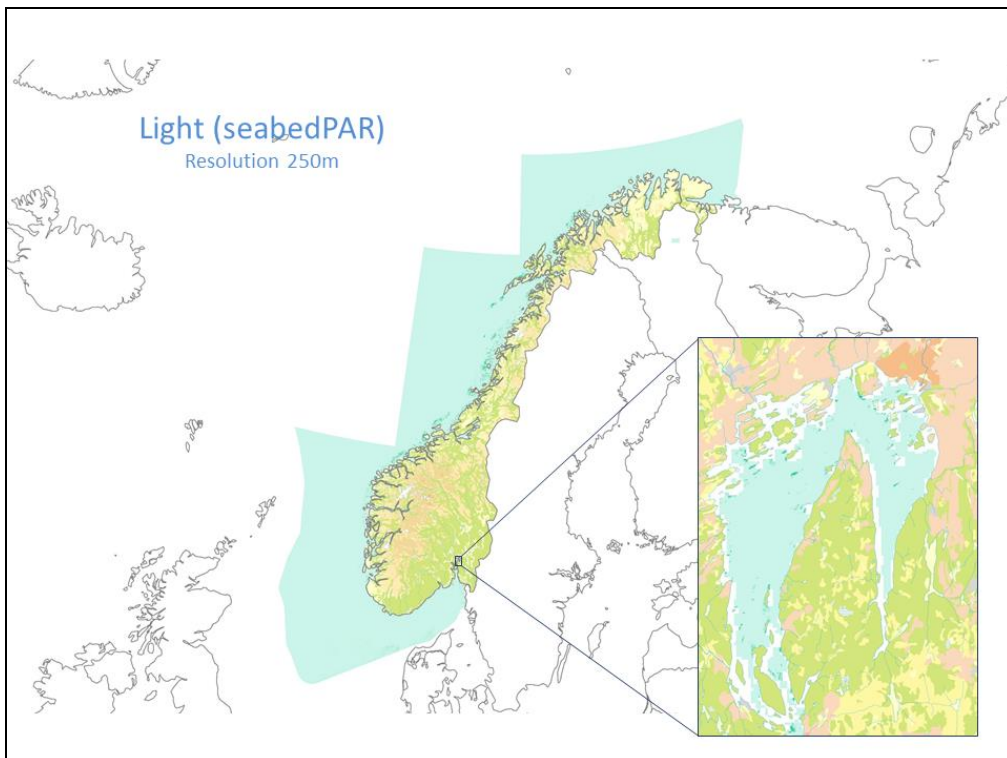
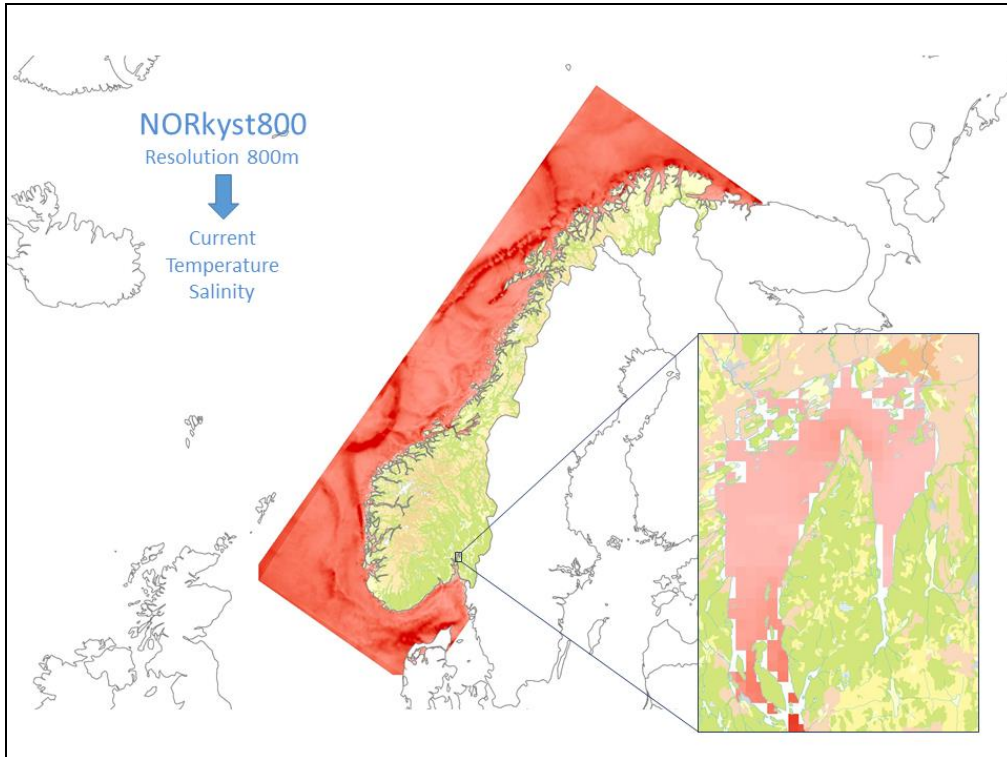
Steen, H. 2009. Chapter 2.11. Stortare. *Kyst og havbruk 2009* : 211 - 214 . IMR

12. Norwegian GIS-models

Hege Gundersen, Norwegian Institute for Water Research (NIVA)







13. Prinsipper og kunnskapsgrunnlag for regnskap for utslipp og opptak av klimagasser – basert på sektor for skog og annen arealbruk

Ellen Bruzelius Backer, Miljødirektoratet



Blått karbon i utslippsregnskapet?

Ellen Bruzelius Backer, Miljødirektoratet, 17. okt 2017



Disposisjon

Noen refleksjoner rundt

- Prinsipper for føring av et regnskap
 - Paralleller til skog og annen arealbruk
- Aktivitetsdata
- Utslippsfaktorer

Prinsipper for utslippsregnskapet

- Internasjonalt anerkjent metode (IPCC GL)
 - Struktur, metode, ligninger, default-verdier, karbonbeholdninger...
- Årlig rapportering
 - men flerårig bokføring
- Forvaltet vs ikke forvaltet
 - Skog? Våtmark?
- Beregner fluxer - ikke lager



MILJØ-
DIREKTORATET

Paraleller til skog og annen arealbruk

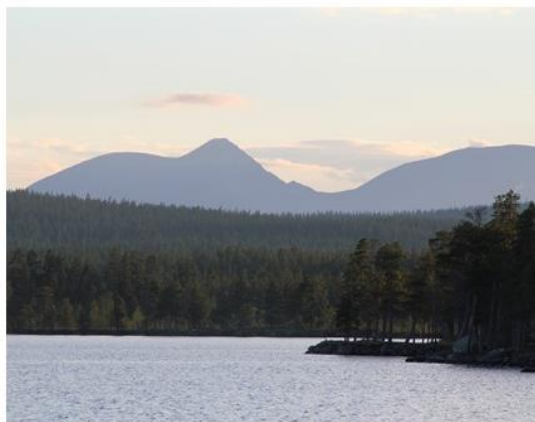
- Skog
 - levende biomasse? Hva måles, hva beregnes?
- Jord?
- Dyrka mark / beite / våtmark / annet areal?
- Tare -> gress, sedimenter -> røtter??
- Årlige vekster - hva betyr det? Vs lager i sedimenter?



MILJØ-
DIREKTORATET

Norsk territorium

- Hvordan vet vi hva som skjer på norsk territorium - hva skal godskrives?
- Opptak av karbon? Vs lagring?



MILJØ-
DIREKTORATET

Aktivitetsdata

- Geografisk omfang
- Representativitet
 - landsskogsflater
- Årlig
- Hvordan avgrenser man?



Foto: Hege Haugland

MILJØ-
DIREKTORATET

Utslippsfaktorer

- Carbon stock change - forutsetter et lager - men for blått karbon er vel fluksene mye større enn lagrene?
- Lager - hvor?
- Forutsetter informasjon om artssammensetning:
 - Treslagsfordeling, biomassefunksjoner
 - Bunnsedimenter?



MILJØ-
DIREKTORATET

Annet ...

- Usikkerhet - må håndteres
- Fluxene mye større enn lageret...
- Hvilke lagre er relevante å snakke om?
- Hva betyr det at lagrene er så langt fra hverandre geografisk?



MILJØ-
DIREKTORATET

14. Et foreløpig karbonkretsloop for tare i Norge/Carbon pathways for Nordic kelp forest

Kasper Hancke, Norwegian Institute for Water Research (NIVA)

Carbon pathways for Nordic kelp forests

Status of knowledge for Nordic carbon cycling in blue forests

16-17 November at Miljødirektoratet, Helsfyr, Oslo

Kasper Hancke, Hege Gundersen, Karen Filbee-Dexter, Eli Rinde, Eva Ramirez-Llodra, Trond Kristiansen, Helene Frigstad, Guri Sogn Andersen, Trine Bekkby (NIVA), Jon Albretsen, Kjell Magnus Norderhaug (IMR), Morten Foldager Pedersen (Roskilde Univ.), Thomas Wernberg (Univ. Western Australia)



Photos: NIVA (J.Gitmark, K.Hancke)



Kasper Hancke et al. | 05.12.2017

1

The ecological relevance of kelp forest ecosystems

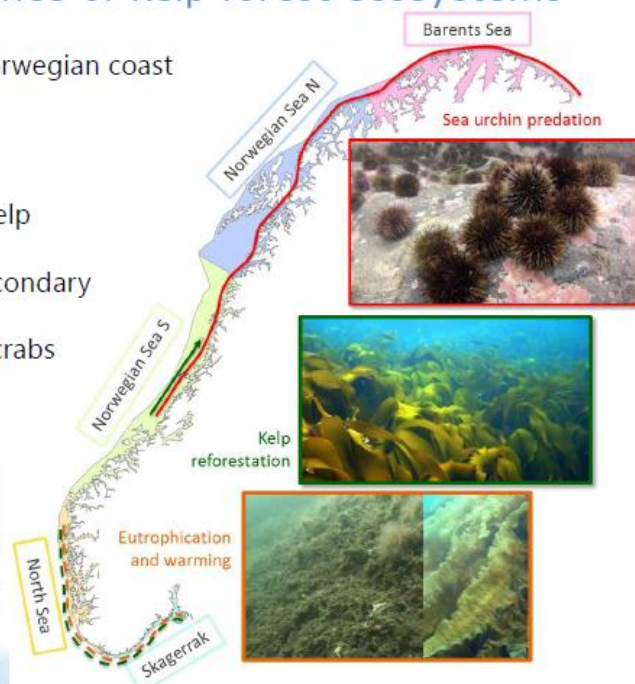
~9000 km² of kelp forest on Norwegian coast
~40 mill. ton of kelp carbon

Kelp forest ensure

- Coastal primary production (kelp biomass)
- Increasing biodiversity and secondary production
- Increase harvestable fish and crabs



Visit Norway



Gundersen et al 2010, Christie et al 2009, subm.



Kasper Hancke et al. | 05.12.2017

2

Blue carbon sinks are built by plants and trees (otherwise known as angiosperms such as mangroves, salt-marsh plants and seagrasses) but the coastal ocean also contains vast areas covered by algal beds. **Most macroalgal beds (including kelp forests) do not bury carbon, as they grow on rocky substrates where burial is impossible.**

A RAPID RESPONSE ASSESSMENT

BLUE CARBON

THE ROLE OF HEALTHY OCEANS IN BINDING CARBON

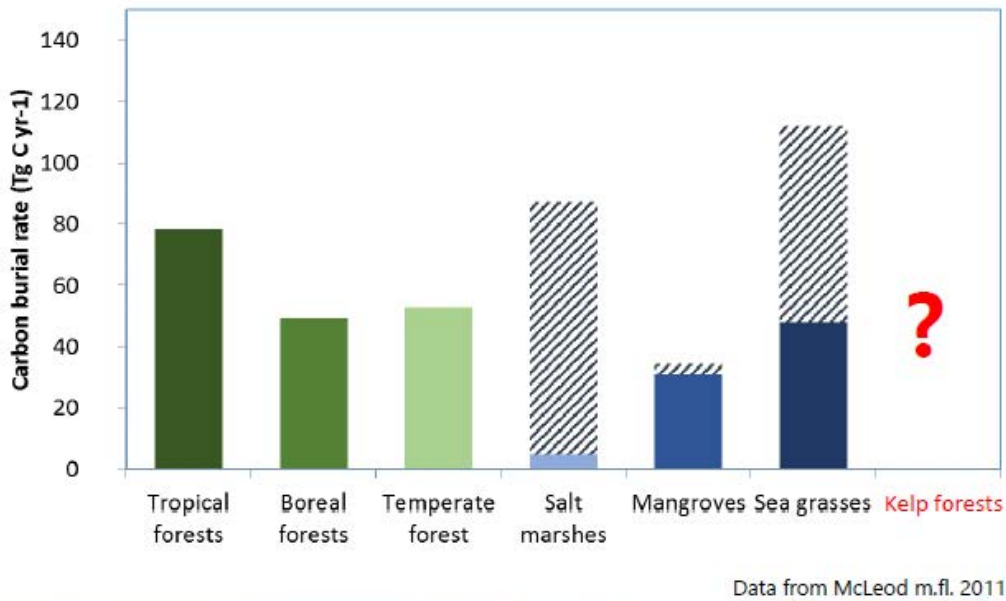
IUCN
CSIC

Modified after Nellemann m.fl. 2009

3

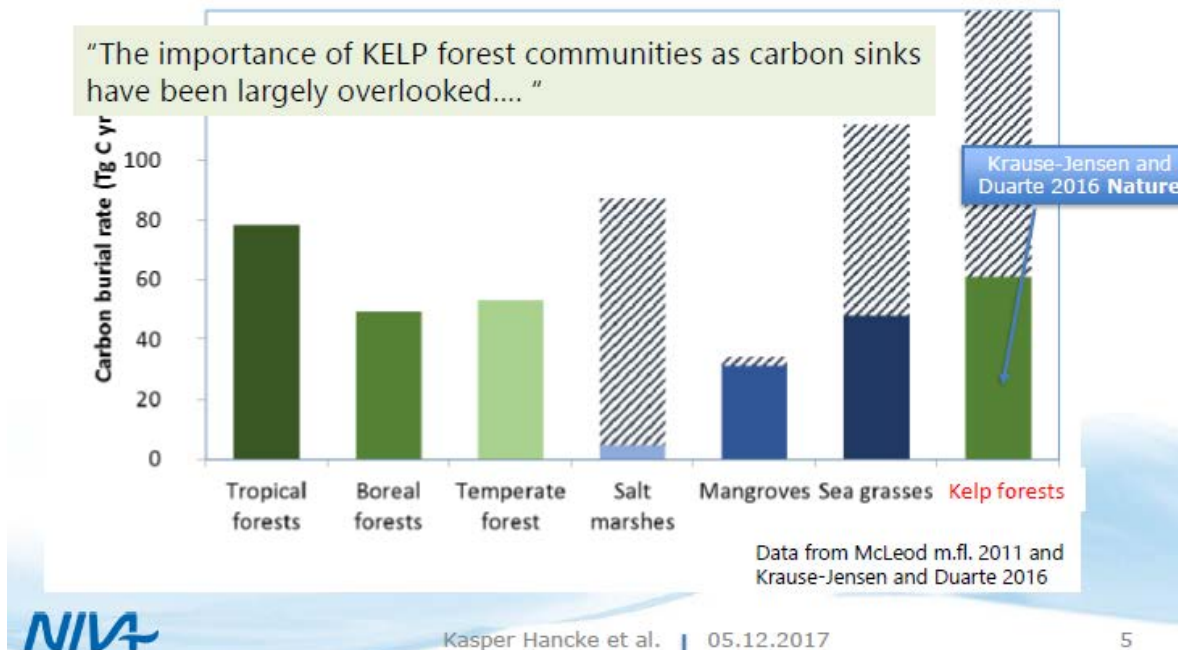
Marine *versus* terrestrial carbon storage

Globally, the marine carbon sequestration is on the same scale as the terrestrial sequestration



Marine *versus* terrestrial carbon storage

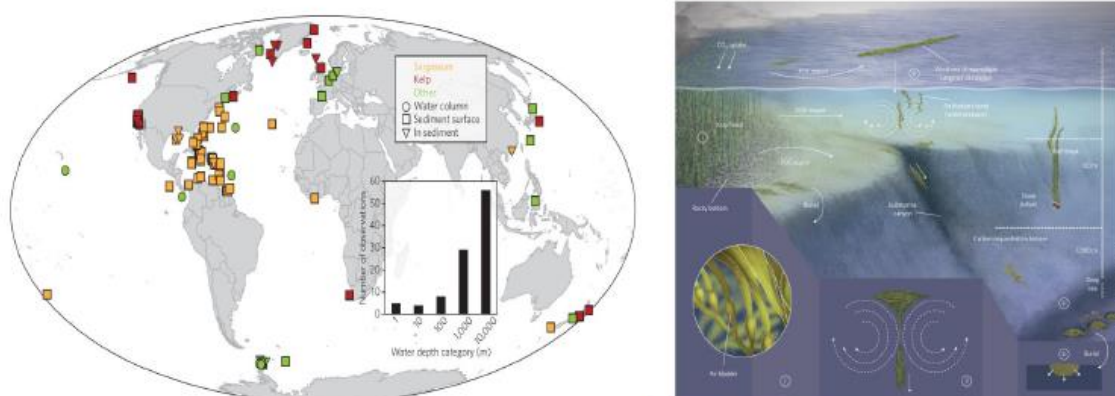
Putting marine kelp forests on the global carbon map!



nature geoscience | PROGRESS ARTICLE
 PUBLISHED ONLINE: 12 SEPTEMBER 2016 | DOI: 10.1038/NNGEO2790

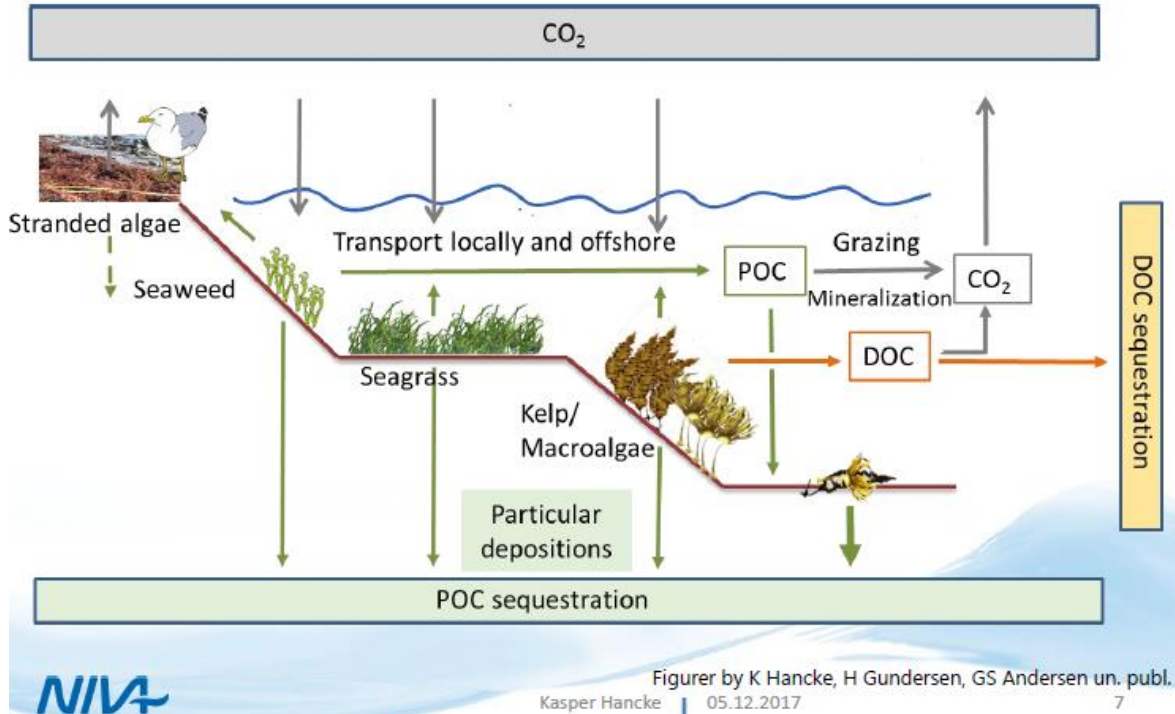
Substantial role of macroalgae in marine carbon sequestration

Dorte Krause-Jensen^{1,2*} and Carlos M. Duarte³



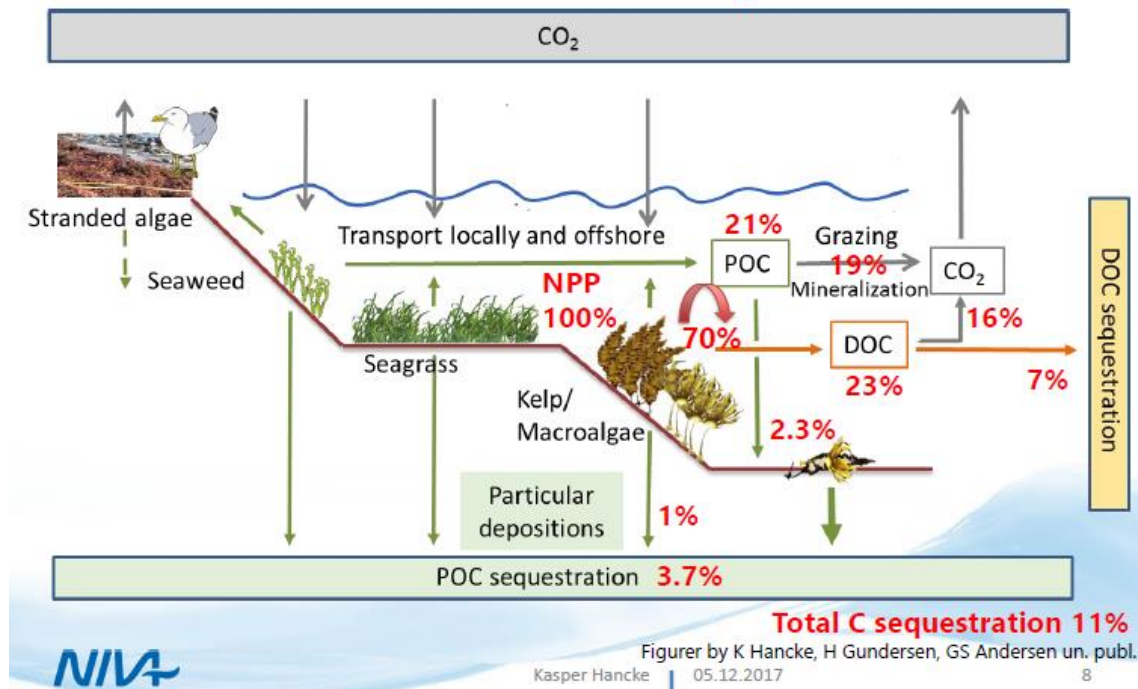
So here we are!

The major Blue Forest Carbon pathways of Nordic waters



Does the global budget apply to the Nordic?

% according to Krause-Jensen & Duarte 2016

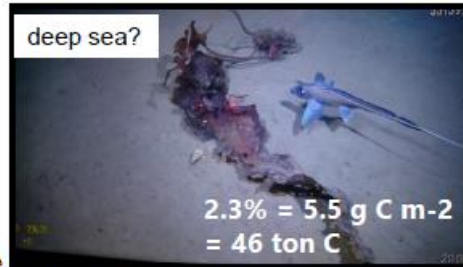
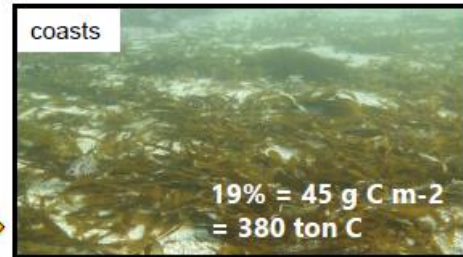


The carbon budget

Production: 100 – 500 g C m⁻²
(Krumhansl & Scheibling 2011, and others)



Photographs: K. Filbee-Dexter and T Bakken



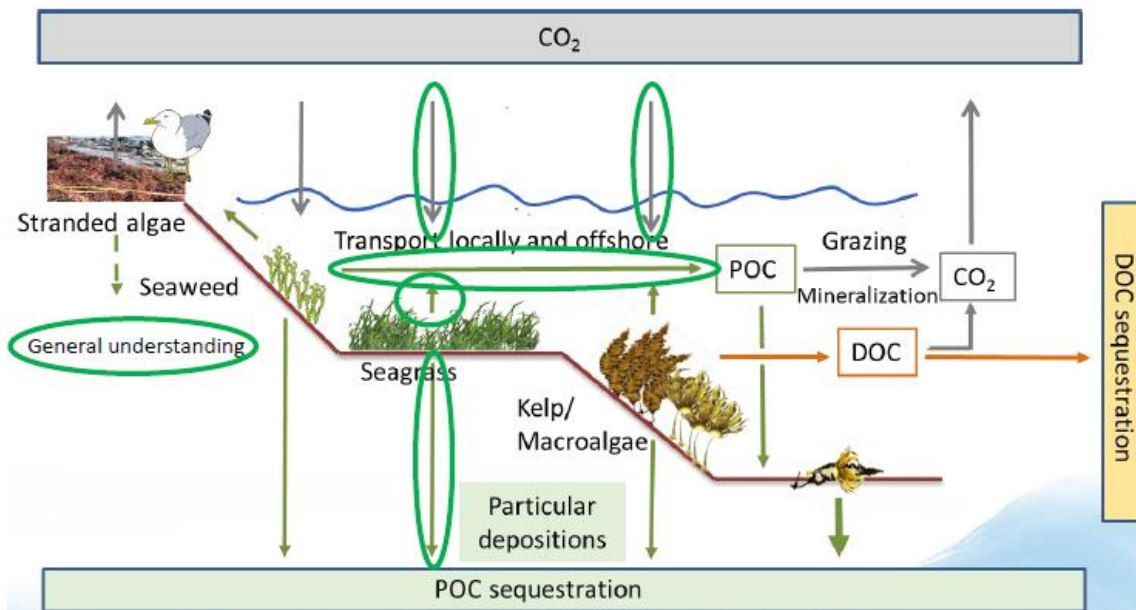
Numbers refer to C export per year to Norwegian waters, assuming 8000km² of kelp forest (calculations according to Krause-Jensen & Duarte 2016, global assessment budget).



Kasper Hancke et al.

Here was we do have a good grip on...

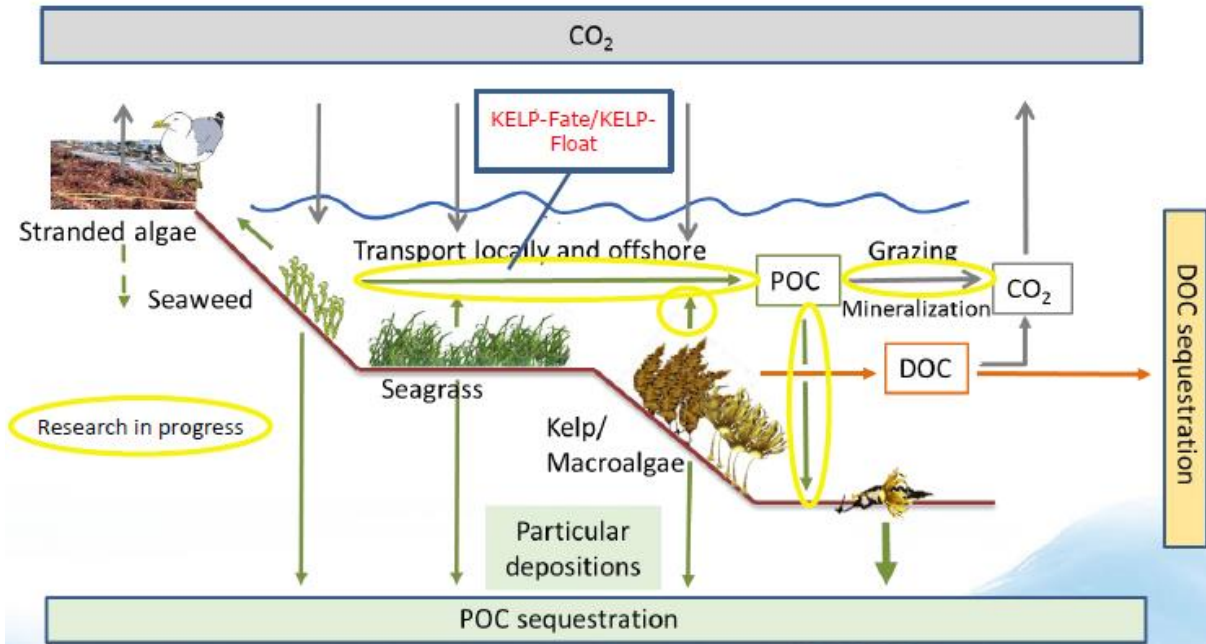
The major Blue Forest Carbon pathways of Nordic waters



Figurer by K Hancke, H Gundersen, GS Andersen un. publ.
Kasper Hancke | 05.12.2017 | 10

Research in progress....

The major Blue Forest Carbon pathways of Nordic waters

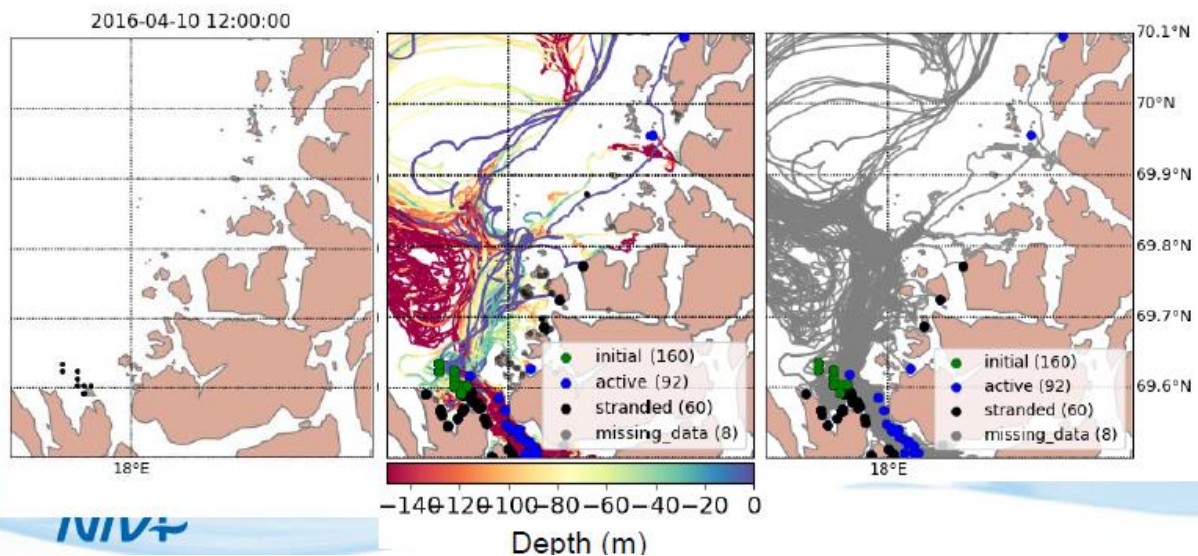


Figurer by K Hancke, H Gundersen, GS Andersen un. publ. Kasper Hancke | 05.12.2017 11

KELP-Fate & KELP-Float
Modelling the transport of drift kelp under changing ocean conditions

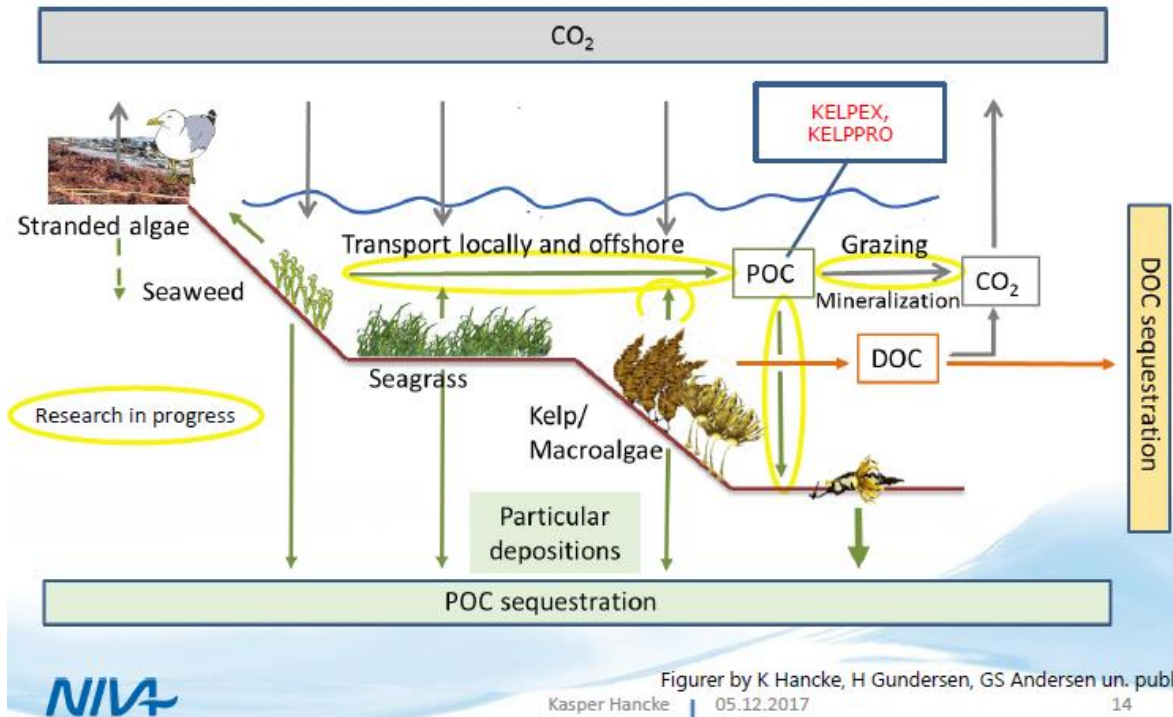
Main questions (shortened):

1. How will seasonal production impact the export?
2. How will fragmentation alter drift export?
4. How will regime shift alter drift export?

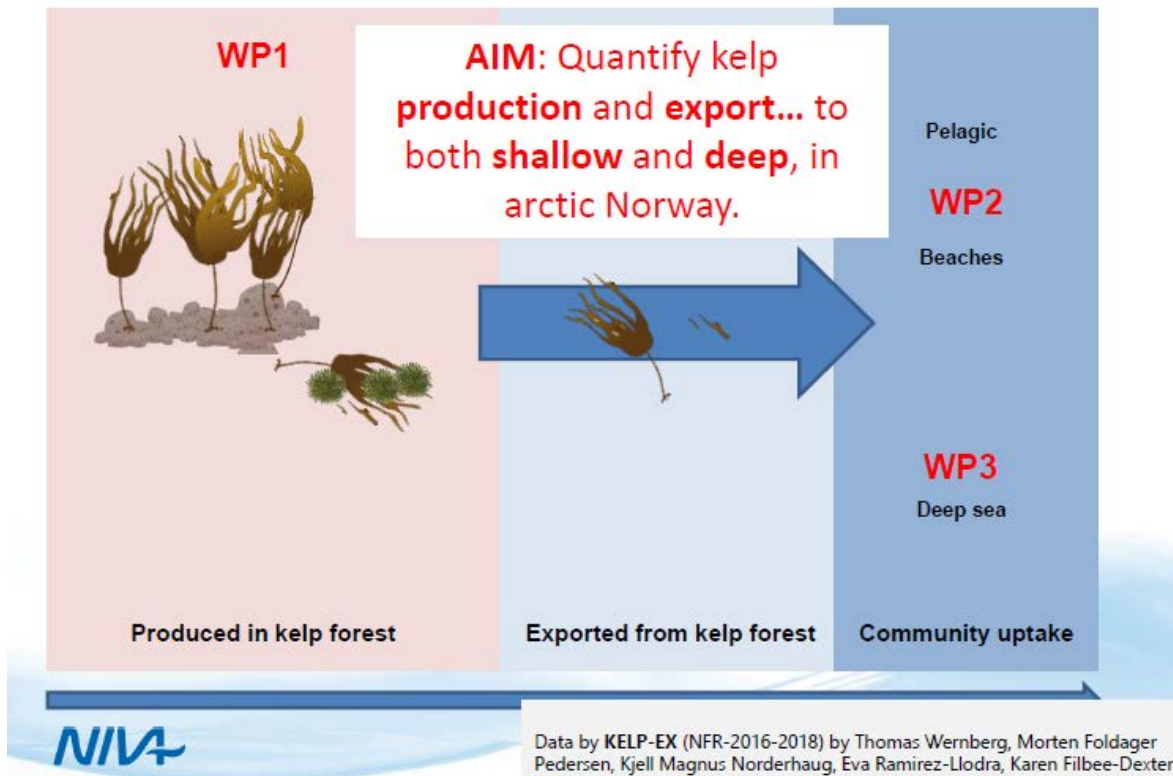


Research in progress....

The major Blue Forest Carbon pathways of Nordic waters



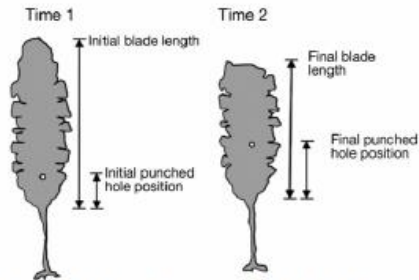
KELPEX: Project structure and aims



WP1: Production, export and turn-over of kelp detritus

Task 1.1: Quantifying the detritus budget - methods

- Repeated quantification of density, morphology, kelp biomass & production.
- Growth & erosion measured using the hole punch method.



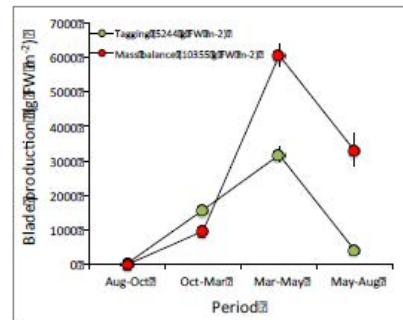
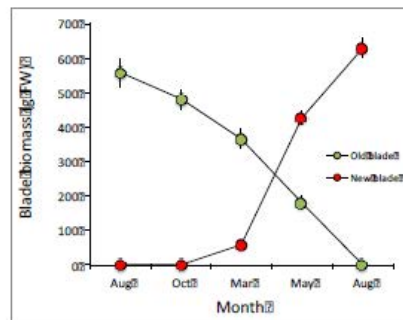
- Detritus formation based on:
 - blade erosion (hole punch method),
 - loss of entire blades in winter,
 - loss of whole individuals (loss of tagged plants).



Data by KELP-EX (NFR-2016-2018) by Thomas Wernberg, Morten Foldager Pedersen, Kjell Magnus Norderhaug, Eva Ramirez-Llodra, Karen Filbee-Dexter

WP1: Production, export and turn-over of kelp detritus

Task 1.1: Kelp growth & productivity:



Seasonal changes in individual blade biomass and blade production m⁻².

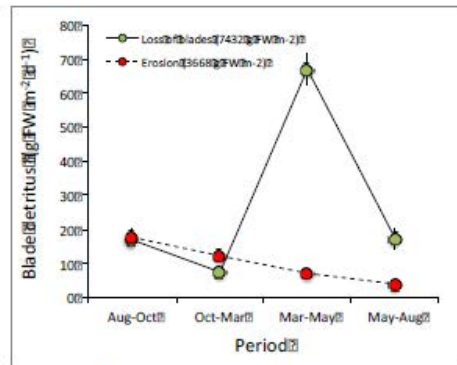
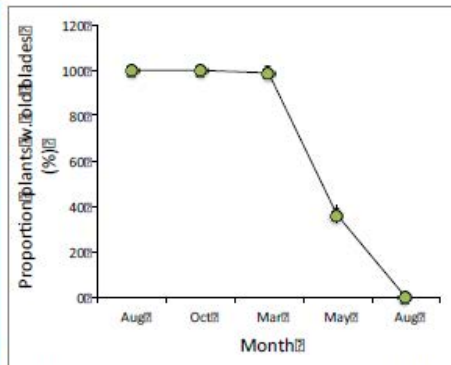
- Individual blade biomass increases rapidly in winter/spring and decreases through autumn/winter.
- Annual kelp production reaches 5 - 10 kg FW m⁻² depending on method (tagging seems to under-estimated true growth by ca. 50%).



Data by KELP-EX (NFR-2016-2018) by Thomas Wernberg, Morten Foldager Pedersen, Kjell Magnus Norderhaug, Eva Ramirez-Llodra, Karen Filbee-Dexter

WP1: Production, export and turn-over of kelp detritus

Task 1.1: Loss of kelp material - detritus formation:



Proportion of plants carrying an old blade and detritus 'production' due to loss of whole blades and through erosion.

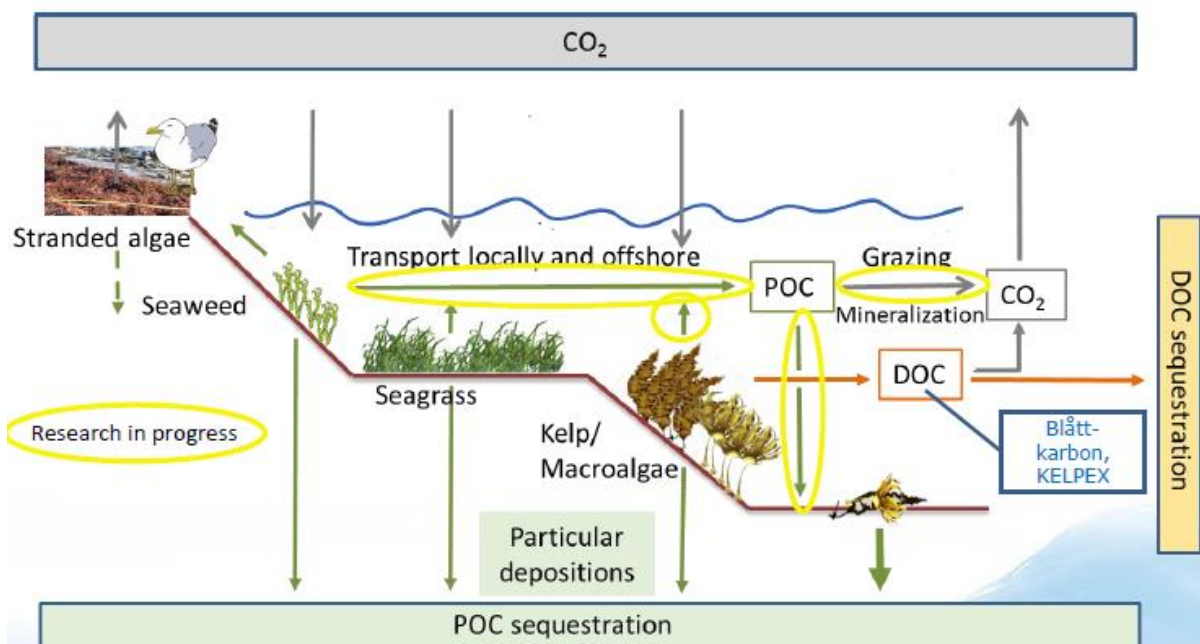
- Old blades are mainly lost between March and May-June – the annual loss of whole blades (old, new and attached to lost plants) = 7.4 kg FW m⁻².
- Loss through distal blade erosion occurs at low rate over the year – the annual loss through erosion = 3.7 kg FW m⁻².



So here we are!

Data by KELP-EX (NFR-2016-2018) by Thomas Wernberg, Morten Foldager Pedersen, Kjell Magnus Norderhaug, Eva Ramirez-Llodra, Karen Filbee-Dexter

The major Blue Forest Carbon pathways of Nordic waters



Figurer by K Hancke, H Gundersen, GS Andersen un. publ. Kasper Hancke | 05.12.2017 19

WP2 - Fieldwork – kelp carbon export and sequestration

2.3 Production of Dissolved Organic Matter (DOC) in kelp forests

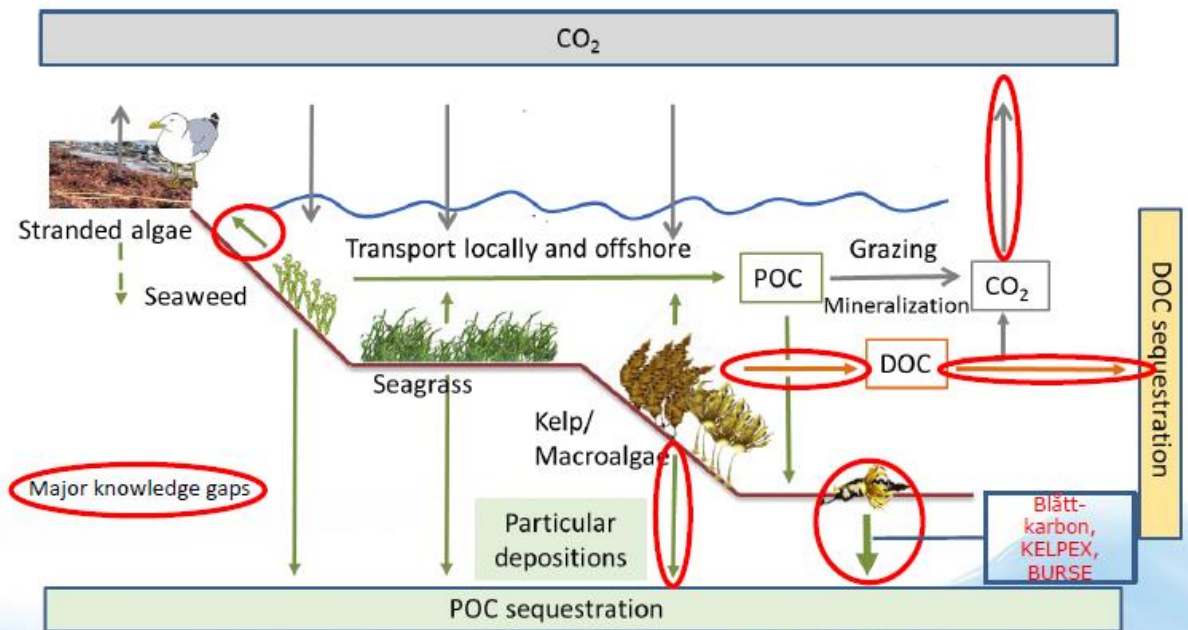
Work in progress..... (samples in the lab from fieldwork Aug 2017)



Kasper Hancke | 05.12.2017

Major knowledge gaps..!

The major Blue Forest Carbon pathways of Nordic waters



Figurer by K Hancke, H Gundersen, GS Andersen un. publ.
Kasper Hancke | 05.12.2017 21

WP2 - Fieldwork – kelp carbon export and sequestration

2.2 Degradation rates and long-term storage of kelp organic matter in sediments

- **Fieldwork** in the Trondheimsfjord region, **sediment cores** will be collected to track kelp organic matter and its degradation
- Possible trace methods include:
 - Isotope analysis (C, N)
 - Corotenoids
 - eDNA
 - Lipid analysis
 - Aging using Pb210



photo by TBakken



Figur 2. Kjerneprøvetaker og sedimentkjerner (Foto: NIVA)

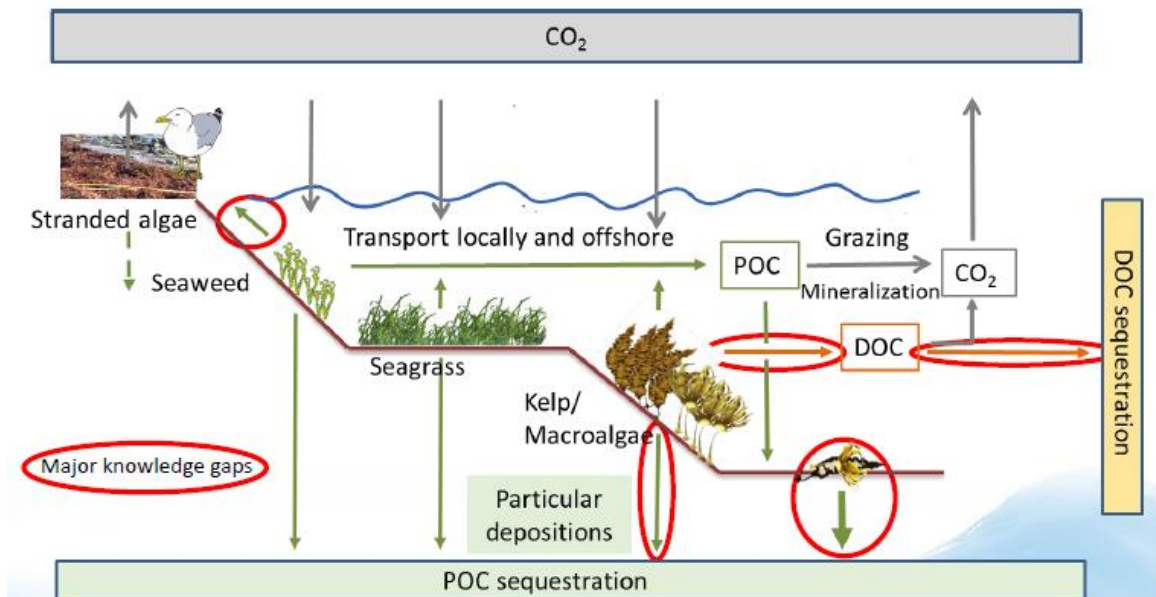


Kasper Hancke | 05.12.2017

23

Major knowledge gaps.. Summering up.

The major Blue Forest Carbon pathways of Nordic waters



Figurer by K Hancke, H Gundersen, GS Andersen un. publ.

Kasper Hancke | 05.12.2017

24



Any questions or comments?

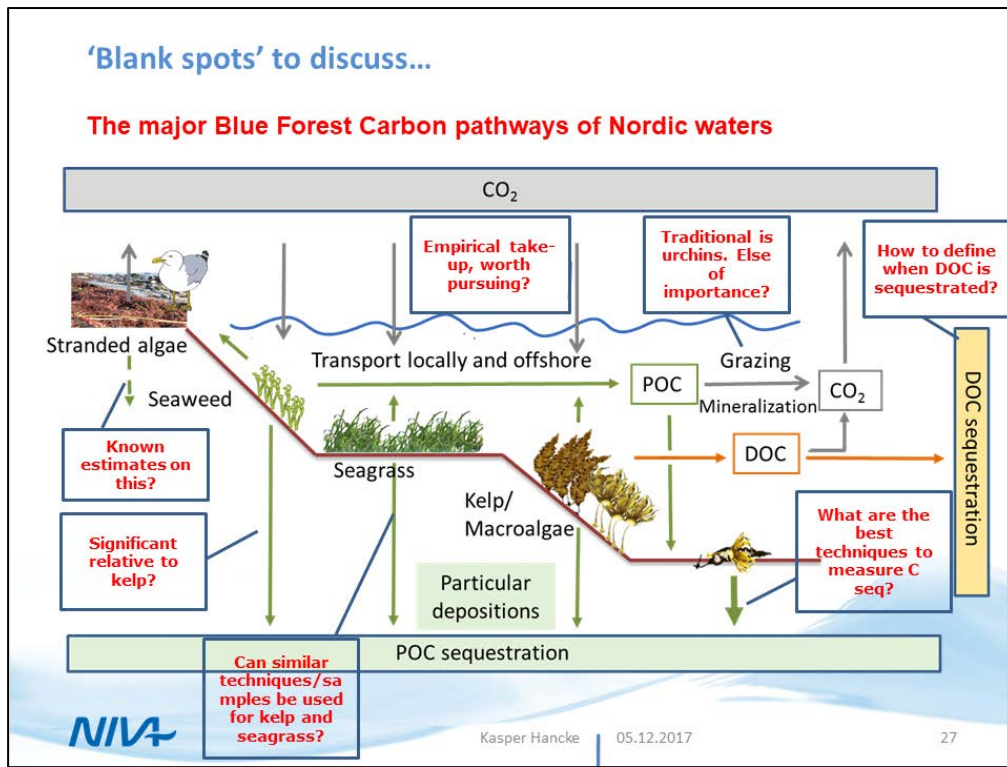
Thanks to all the contributing authors and related on-going research projects:

Hege Gundersen, Karen Filbee-Dexter, Eli Rinde, Eva Ramirez-Llodra, Trond Kristiansen, Helene Frigstad, Guri Sogn Andersen, Trine Bekkby (NIVA), Jon Albretsen, Kjell Magnus Norderhaug (IMR), Morten Foldager Pedersen (Roskilde Univ.), Thomas Wernberg (Univ. Western Australia).

*KELP-EX (NIVA)
KELP-Fate (NIVA)
KELP-Float (NBFN)
KELP-PRO (NIVA)
BURSE (NBFN)
SEAME (NBFN)*

*Looking forward to further collaborations with:
Dorte Krause-Jensen (Aarhus Universitet), Christoffer Boström (Åbo Akademi University), and Susanne Baden (Göteborg Universitet), and others...*

15. Diskusjon for kunnskapsgrunnlaget for tarekarbon og muligheter for å inkludere dette i regnskap for utslipp og opptak av klimagasser.



16. Forvaltningens behov knyttet til overvåking og bevaring av de blå skogene

Katrine Skajaa Gunnarsli, Miljøvernnavdelingen, Fylkesmannen i Aust- og Vest-Agder



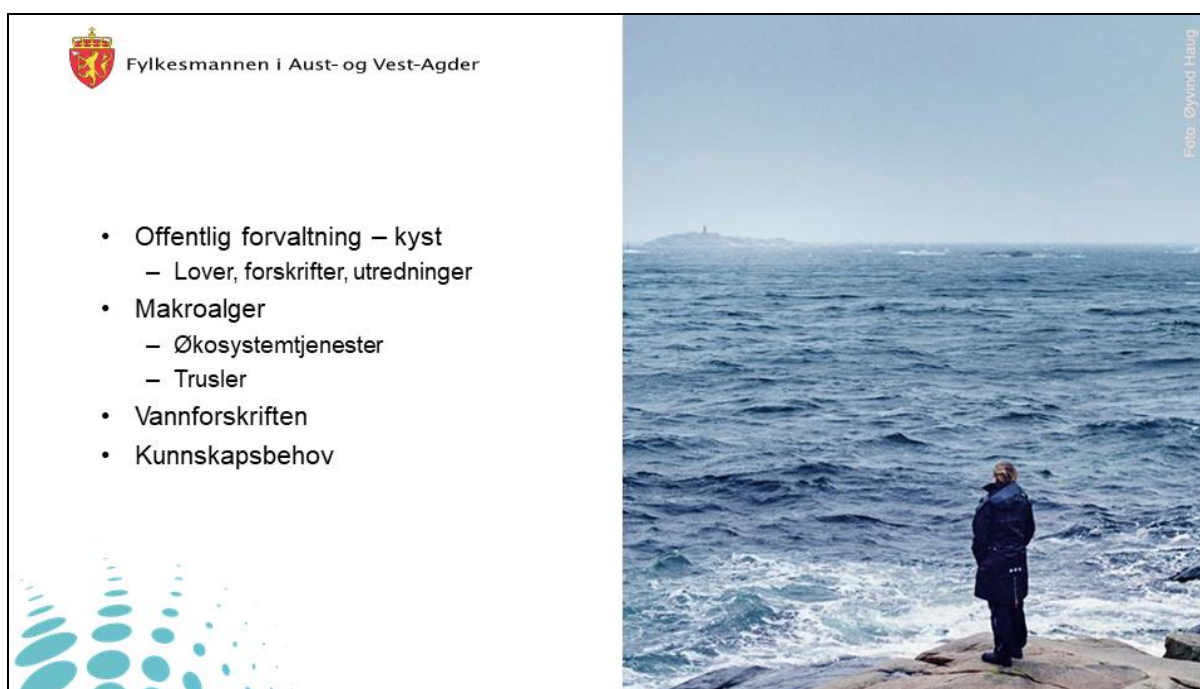
The cover features the logo of Fylkesmannen i Aust- og Vest-Agder at the top left. The title is prominently displayed in the center. Below the title, the author's name and the workshop details are provided. The right side of the cover is a photograph of a person in a dark jacket standing on a rocky shore, looking out at a vast, blue ocean under a clear sky. A vertical credit line on the right edge of the photo reads 'Foto: Øyvind Haug'. At the bottom left, there is a decorative graphic of blue circles of varying sizes.

Fylkesmannen i Aust- og Vest-Agder

Forvaltningens behov knyttet til overvåking og bevaring av de blå skogene

Katrine Skajaa Gunnarsli, fagleder natur, Miljøvernnavdelingen
Workshop blått karbon, Miljødirektoratet 16. - 17. november 2017

Foto: Øyvind Haug



This page contains a bulleted list of management needs. It features the same logo and decorative elements as the cover. The right side of the page is a photograph of a person standing on a rocky shore, looking out at the ocean, identical to the one on the cover. A vertical credit line on the right edge of the photo reads 'Foto: Øyvind Haug'.

Fylkesmannen i Aust- og Vest-Agder

- Offentlig forvaltning – kyst
 - Lover, forskrifter, utredninger
- Makroalger
 - Økosystemtjenester
 - Trusler
- Vannforskriften
- Kunnskapsbehov

Foto: Øyvind Haug



Fylkesmannen i Aust- og Vest-Agder

Offentlig forvaltning - kyst

- Mange etater
- Flere lovverk, utredninger
- Bærekraftig samfunnsutvikling
- Biologisk mangfold
- Forurensning
- Klima
- Gi tillatelser/planprosesser
- Habitat restaurering / tiltak
- Verdiskaping / næringsutvikling

Kunnskapsbasert forvaltning av helhetlige økosystemer



Fylkesmannen i Aust- og Vest-Agder

Makroalger - økosystemtjenester

- Renser havet – begrenser eutrofiering
- Reduserer havforsuring
- Karbonlagring – klimaregnskapet
- Artsmangfoldet (havets regnskog)
- Demper bølger, hindrer erosjon...



http://www.dykking.no/bilder/tareskog_stor_christian_skauge.jpg



Fylkesmannen i Aust- og Vest-Agder

Makroalger - trusler


- Eutrofiering
- Større tiltak
- Mudring/dumping
- Forurensing
- Høsting

→ Trusselbildet er konsekvens av de avgjørelser forvaltningen tar (eller ikke tar)

Kunnskap - tilgjengeliggjort
Trusler og konsekvenser/effekt av tiltak



http://www.dykking.no/bilder/tareskog_stor_christian_skauge.jpg

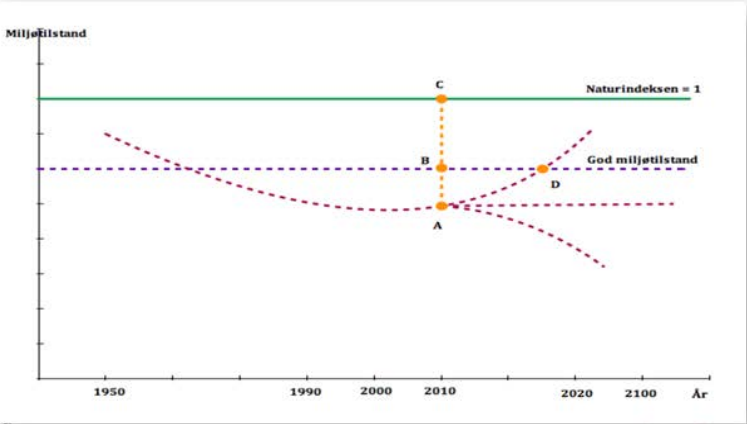


Fylkesmannen i Aust- og Vest-Agder

Vannforskriften

- Helhetlig og økosystemt
- Målet er at alle vannfore

- Referansenivå – mål
- Tilstandsvurdering - stat
- Mål: god økologisk tilstand
- Tiltak
- Overvåking – virker det? Nye trusler?



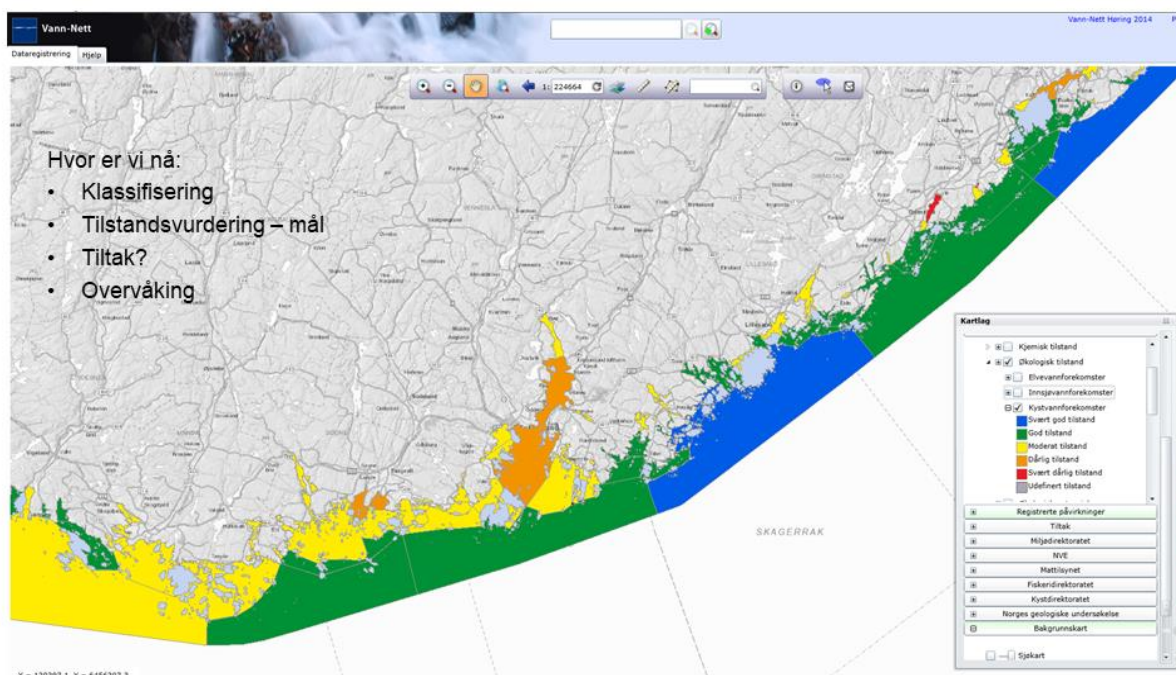



Fylkesmannen i Aust- og Vest-Agder

Tilstandsvurdering - kvalitetselementer

Tabell 8.1 Sammenfatning av kvalitetselementer og parametere i klassifiseringssystemet

	Biologiske kvalitetselementer				Fysisk-kjemisk kvalitetselementer		
	Planteplankton	Makroalger	Ålegress	Bløtbunnsfauna	Fysiske	Nærings-salter	Oksygen
Parameter	Klorofyll a	Nedre vokse-grense: MSMDI	Nedre vokse-grense	Artsmangfold Ømfintlighet Sammensatte indekser og abundans:	Siktdyp Temperatur Salinitet	Nitrat + Nitritt, Fosfat, Total fosfor Total	Oksygen





Fylkesmannen i Aust- og Vest-Agder

Viktig natur

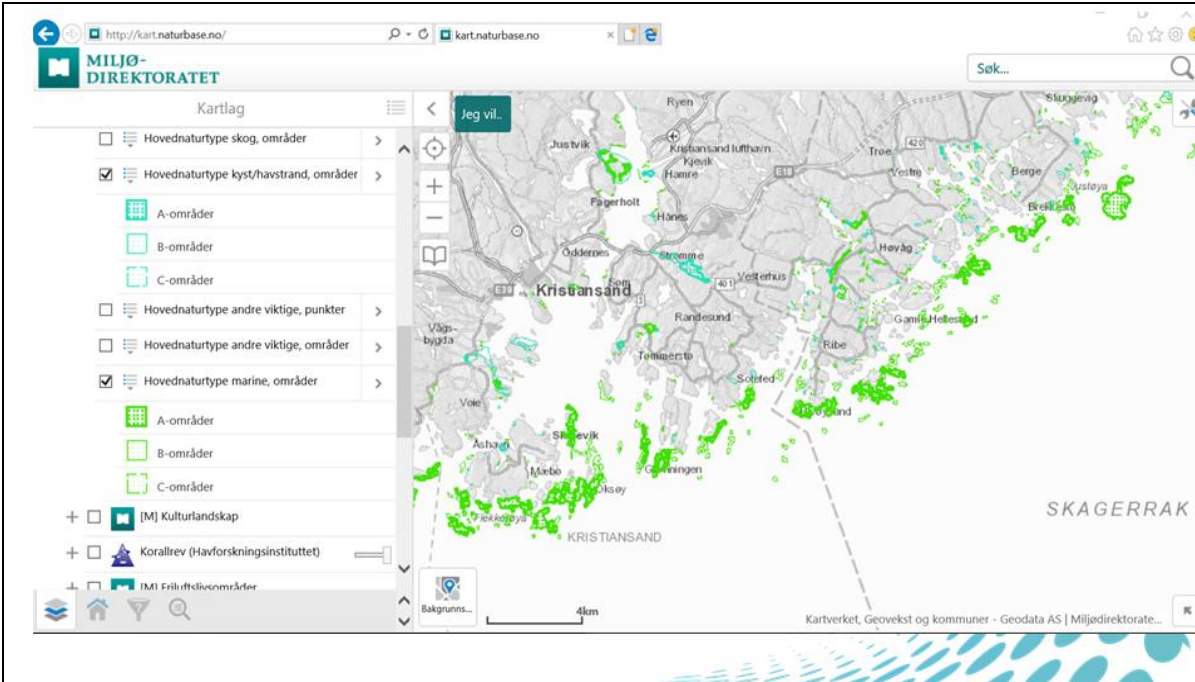
Naturtyper i kystvann



<http://forskning.no/sites/default/files/alegras.jpg>

Tabell 8.10 Naturtyper og verdsettning etter DN Håndbok nr. 19: "Kartlegging av marint biologisk mangfold."

Naturtype	Verdsettning
Større tareskogforekomster	A - Lokaltetter med store, intakte tareskogområder (>500 000 m ²). I Skagerrak regnes alle større tareskogområder som svært viktige selv om utbredelsen er mindre enn 100 000 m ² . B - Mindre områder med tareskog (~100 000 m ²).
Sterke tidevannsstrømmer	A - de sterkeste strømmene, dvs strømhastighet over 10 knop eller lengden på området er >500m. B - alle strømmer over ca. 5 knop.
Fjorder med naturlig lavt oksygeninnhold i bunnvannet	A - fjordområder med permanent naturlig lavt oksygeninnhold i bunnvann (<2 ml/l) B - Fjorder der bunnvannet tidvis har naturlig lavt oksygeninnhold
Spesielt dype fjordområder	A - Fjordområder med dyp > 700 m. B - Fjordområder med dyp i intervallet 500-700 m.
Poller	A - Poller som er lite påvirket eller upåvirket av menneskelig aktivitet, som er større enn ~200 000 m ² og/eller har spesielle arter. B - Andre poller som er lite påvirket eller upåvirket av menneskelig aktivitet.
Litoralbassenger	A - Store, uørte litoralbasseng (>10 m ²).
Isandavsetninger	A - Store morenerygger med god kontrast til miljøet for øvrig. B - Mindre avsetninger.
Blattbunnsområder i strandsonen	A - Større strandflater (> 500 000 m ²) som er næringsområde for bestander av overvintrende og trekkelige vadefugler. B - Større strandflater (> 200 000 m ²) som er næringsområde for stedege fugler (vadefugler, andefugler) og fisk (kuttløng, flynder).
Korallforekomster	A - Alle store rev av Lophelia, både på eggkanten og i fjordene, og alle tette bestander av hornkoraller.
Løstliggende kalkalger	A - Store forekomster av løstliggende kalkalger (mergelbunnet). Alle forekomster av "ekte" mergelarter (sjeldne). B - enkeltfunn/mindre forekomster av løstliggende kalkalger.
Ålegrasenger og andre undervannssenger	A - Større upåvirkede komplekser av undervannssenger (> 100.000 m ²) andre undervannssenger og alle forekomster av akutt truede utforminger som Dvergbleggras, Havfrugtas og Kortsquidplante-under-vannsseng/forstrand-utforminger. B - Ålegrasenger nær kjente gyteplasser samt mindre undervannssenger (< 100.000 m ²).
Skjellsandforekomster	A - Større sammenhengende forekomster (> 100 000 m ²) av ren skjellsand på grunt vann ned til ca. 10 m dyp, ofte med spredt bevolksning av tare. B - Større forekomster av ren skjellsand (> 100 000 m ²). I Skagerrak regnes alle forekomster større enn ca. 20 000 m ² som viktige.

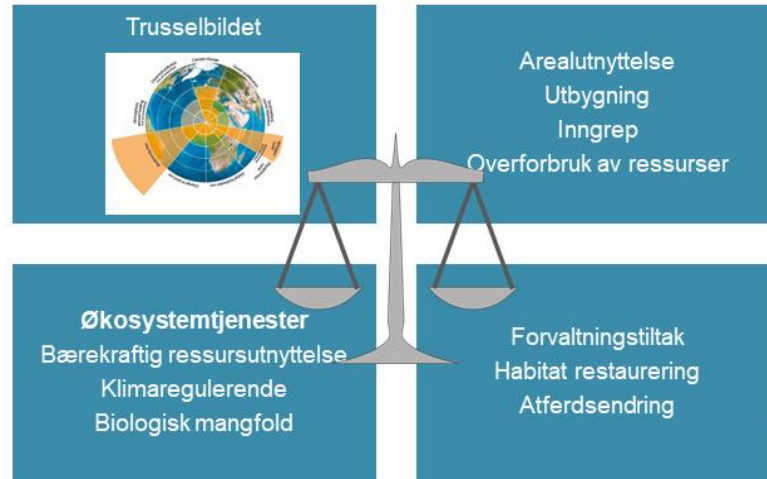


The screenshot shows the Miljødirektoratet web application interface. The browser address bar shows <http://kart.naturbase.no/>. The page title is "MILJØ-DIREKTORATET". The main content is a map of the Skagerrak region, showing various nature types highlighted in green. The legend on the left includes categories like "Hovednaturtype skog, områder", "Hovednaturtype kyst/havstrand, områder", "Hovednaturtype andre viktige, punkter", "Hovednaturtype andre viktige, områder", "Hovednaturtype marine, områder", "[M] Kulturlandskap", "Korallrev (Havforskningsinstituttet)", and "[MI] Friluftslivsområder". The map shows a scale bar of 4km and a search bar at the top right.



Fylkesmannen i Aust- og Vest-Agder

Forvaltning – ivaretagelse av blå skog



Fylkesmannen i Aust- og Vest-Agder

Forvaltning – bevaring av blå skog

Kunnskap om blått karbonkretsløpet bidrar til å bedre forstå

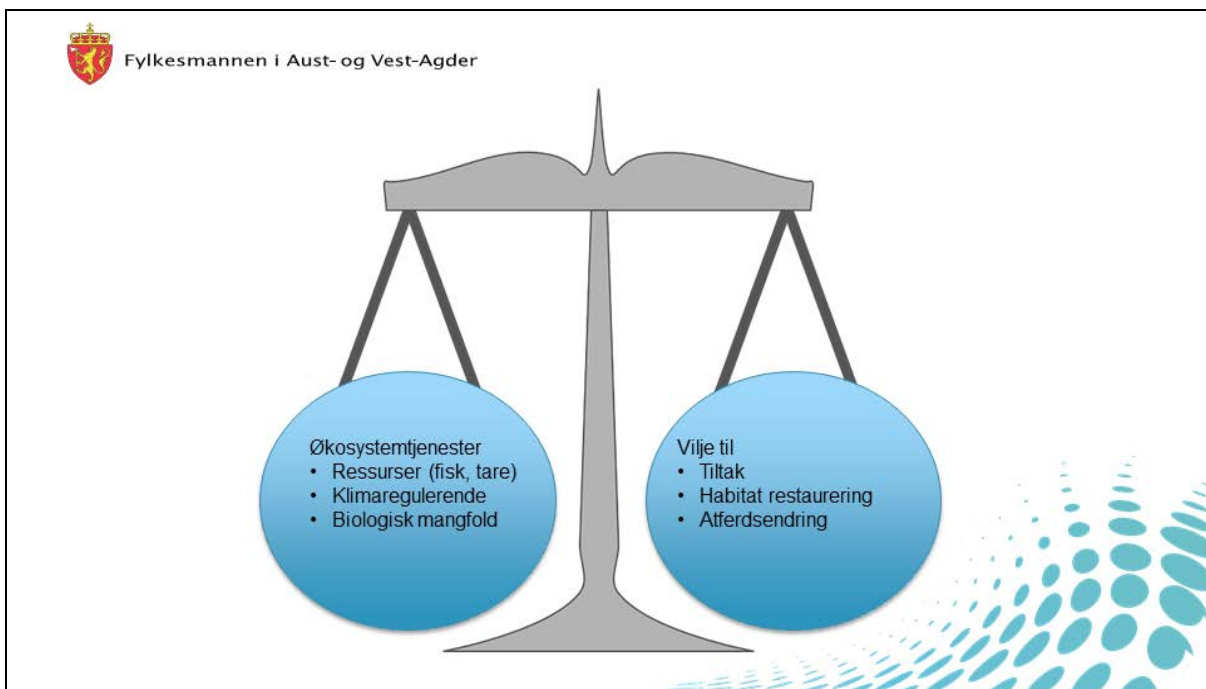
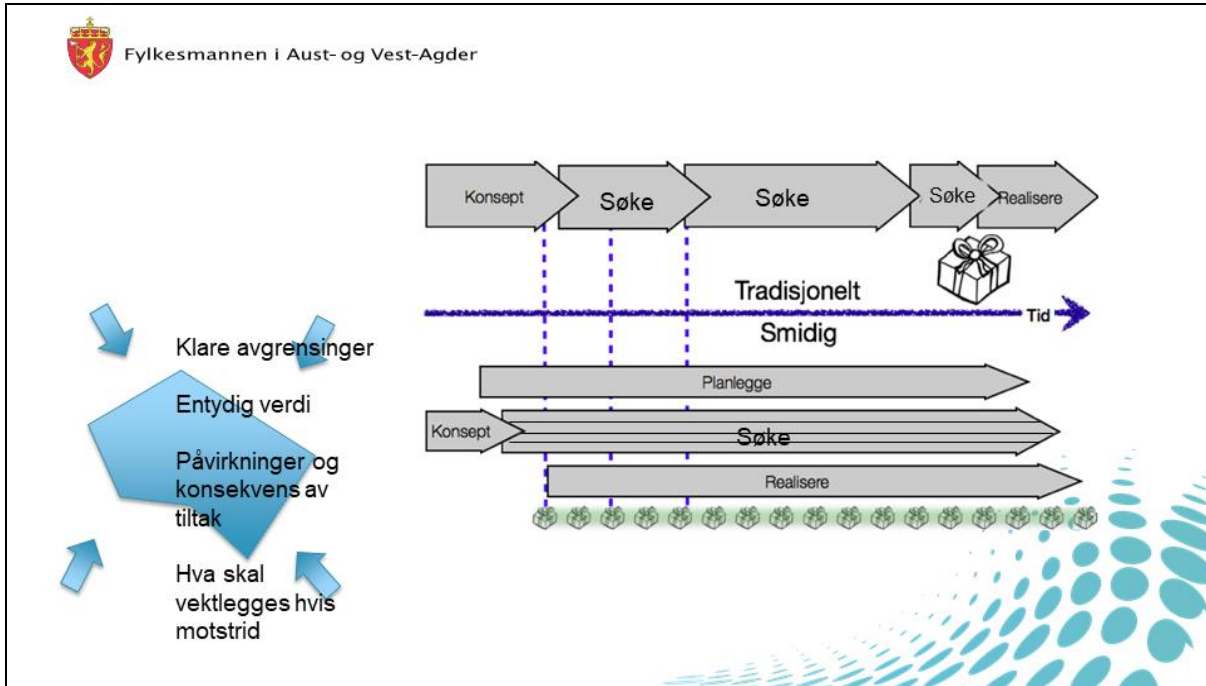
- økosystemtjenester – og betydningen av dem
- Mulige trusler
- Aktuelle tiltak?

Kunstige habitat?

Akvakultur / næring?

Høsting?





Vedlegg B. Deltakerliste Workshop

Name	Institution
Andre-Thomas Eid	Ministry of Climate and Environment, Norway
Berit Weiby Gregersen	Aust-Agder Fylkeskommune
Camilla With Fagerli	NIVA, Norway
Christoffer Boström	Åbo Akademi University, Finland
Dorte Krause-Jensen	Aarhus University, Denmark
Ellen Bruzelius Backer	Norwegian Environment Agency, Norway
Eli Rinde	NIVA, Norway
Elizabeth Selig	NIVA, Norway
Guri Sogn Andersen	NIVA, Norway
Gunnar Skotte	Norwegian Environment Agency, Norway
Frithjof Moy	Institute of Marine Research, Flødevigen Norway
Hege Gundersen	NIVA, Norway
Helene Frigstad	NIVA, Norway
Jonas Thormar	Institute of Marine Research, Flødevigen Norway
Karen Filbee-Dexter	NIVA, Norway
Karl Norling	Swedish Agency for Marine and Water Management, Sweden
Kasper Hancke	NIVA, Norway
Katrine Skajaa Gunnarsli	Fylkesmannen i Aust- og Vest-Agder
Kjell-Magnus Norderhaug	Institute of Marine Research, Flødevigen Norway
Lise Ann Tveiten	NIVA, Norway
Mai-Britt Knoph	Ministry of Climate and Environment, Norway
Maria Pettersvik Arvnes	Norwegian Environment Agency, Norway
Maria Potouroglou	GRID-Arendal, Norway
Mats Walday	NIVA, Norway
Romy Lansbergen	Intern at NIVA, Norway
Solrun Figenschau Skjellum	Norwegian Environment Agency, Norway
Steven Lutz	GRID-Arendal, Norway
Trine Bekkby	NIVA, Norway
Vigdis Vestreng	Norwegian Environment Agency, Norway
Åsa Alexandra Borg Pettersen	Norwegian Environment Agency, Norway

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

NIVA gir offentlig vannforvaltning, næringsliv og allmennheten grunnlag for god vannforvaltning gjennom oppdragsbasert forsknings-, utrednings- og utviklingsarbeid. NIVA kjennetegnes ved stor faglig bredde og godt kontaktnett til fagmiljøer i inn- og utland. Faglig tyngde, tverrfaglig arbeidsform og en helhetlig tilnæringsmåte er vårt grunnlag for å være en god rådgiver for forvaltning og samfunnsniv.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00
www.niva.no • post@niva.no