

adaptest



Kaasrahastanud
Euroopa Liit



Kliimamuutuste mõjud Läänemere ökosüsteemi teenustele

Mariliis Kõuts, Ilja
Maljutenko, Rivo
Uiboupin, Urmas
Raudsepp, Jüri
Elken, Arne
Männik

12. detsember 2024

Tähelepanu :

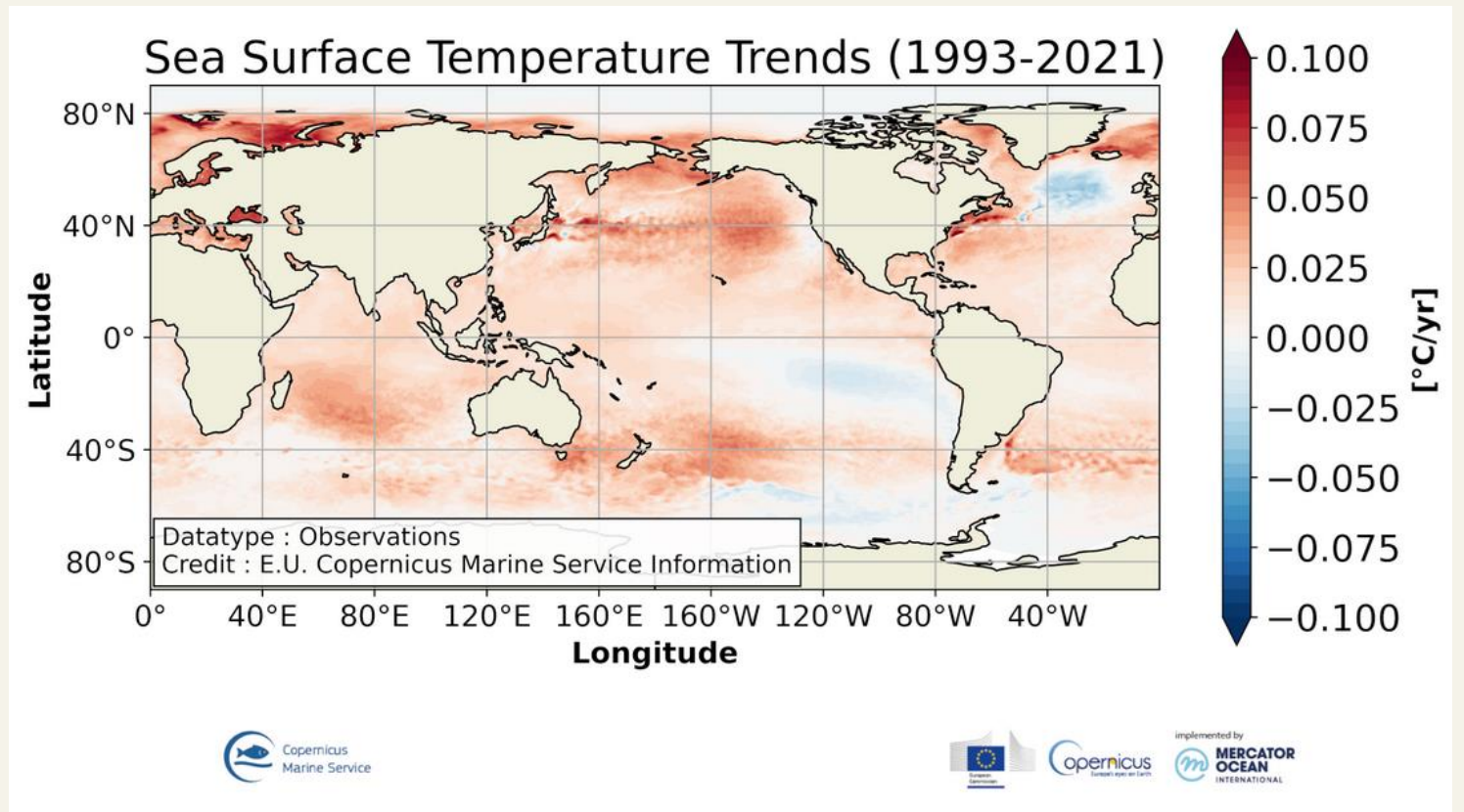
Käesoleva ettekande sisu on esialgne ja võib muutuda. Palume arvestada, et esitatud on esmased analüüsid ja need on mõeldud arutelu tekitamiseks.



Kliimamuutus Läänemeresel

Läänemeri on üks kiiremini soojenevaid meresid maailmas.

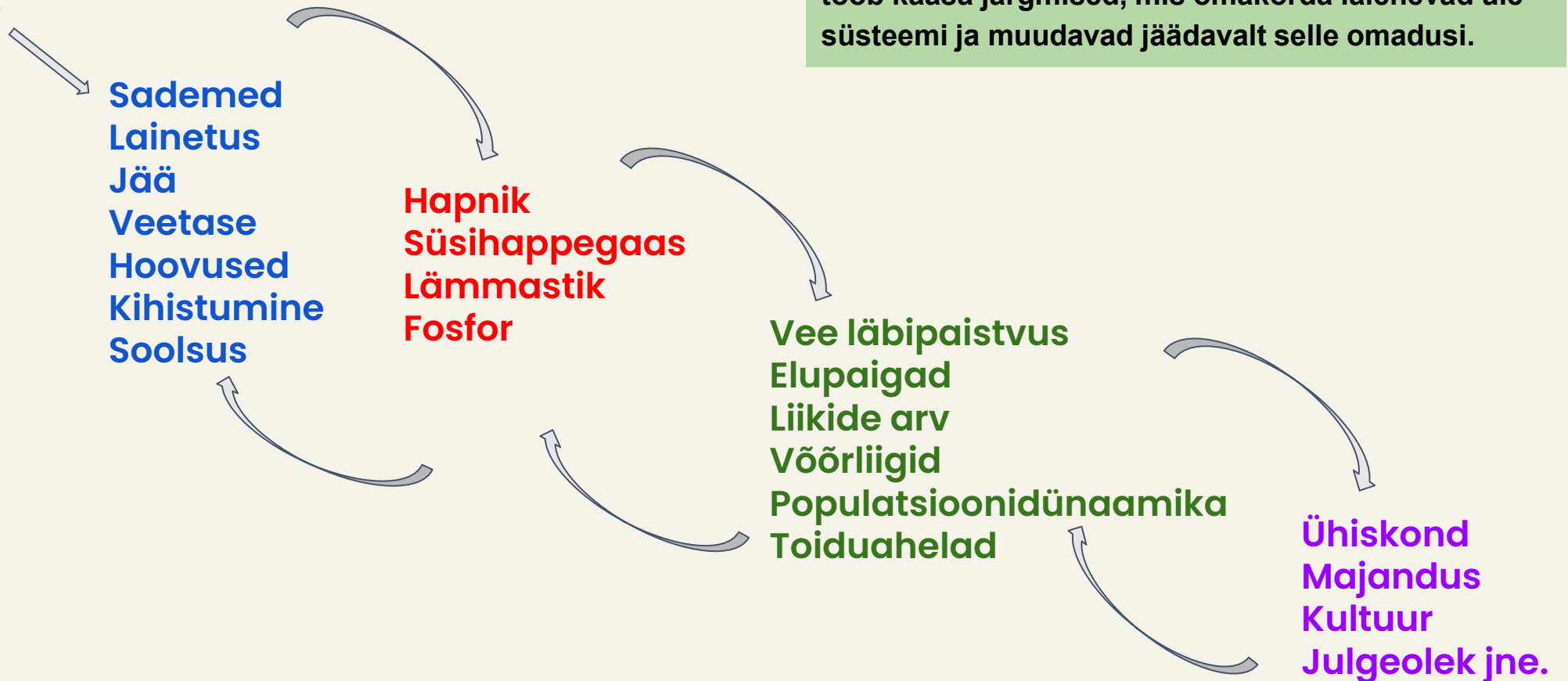
Kliimamuutuste mõjusid võimendavad Läänemere iseloomulikud tunnused nagu eutrofeerumine, väike veevahetus ning veesamba tugev kihistumine.



Muutuste ring

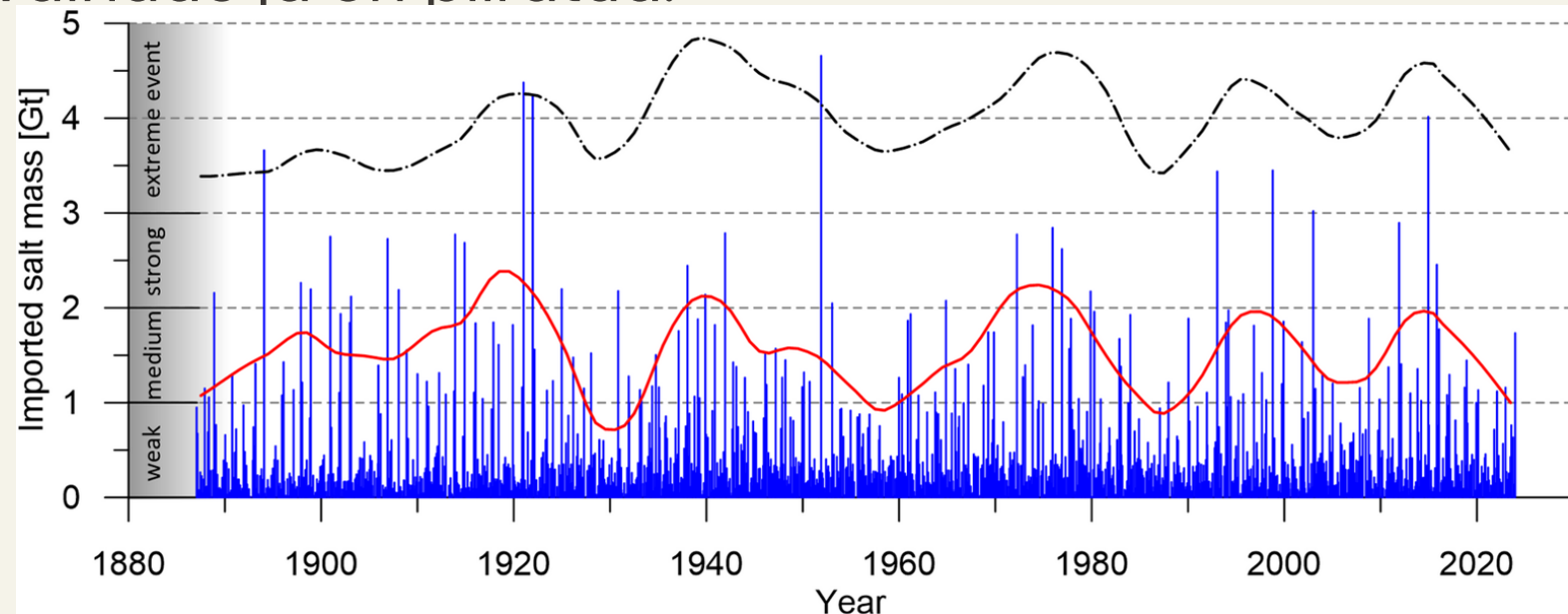
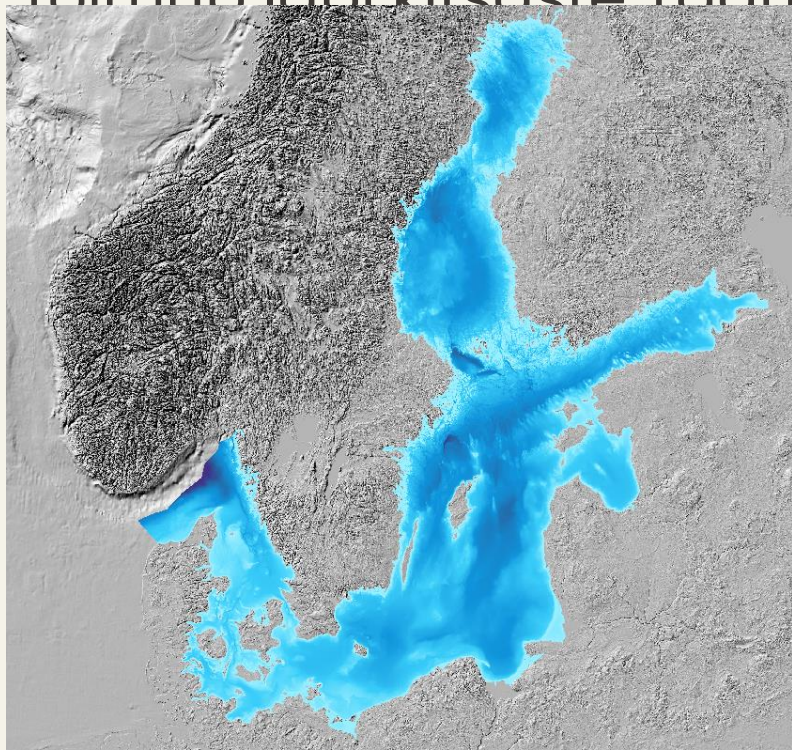
Kliimamuutus on keeruline füüsikaliste, keemiliste ja bioloogiliste muutuste kaskaad, kus üks muutus toob kaasa järgmised, mis omakorda laienevad üle süsteemi ja muudavad jäädavalt selle omadusi.

Temperatuur



Aeglane veevahetus

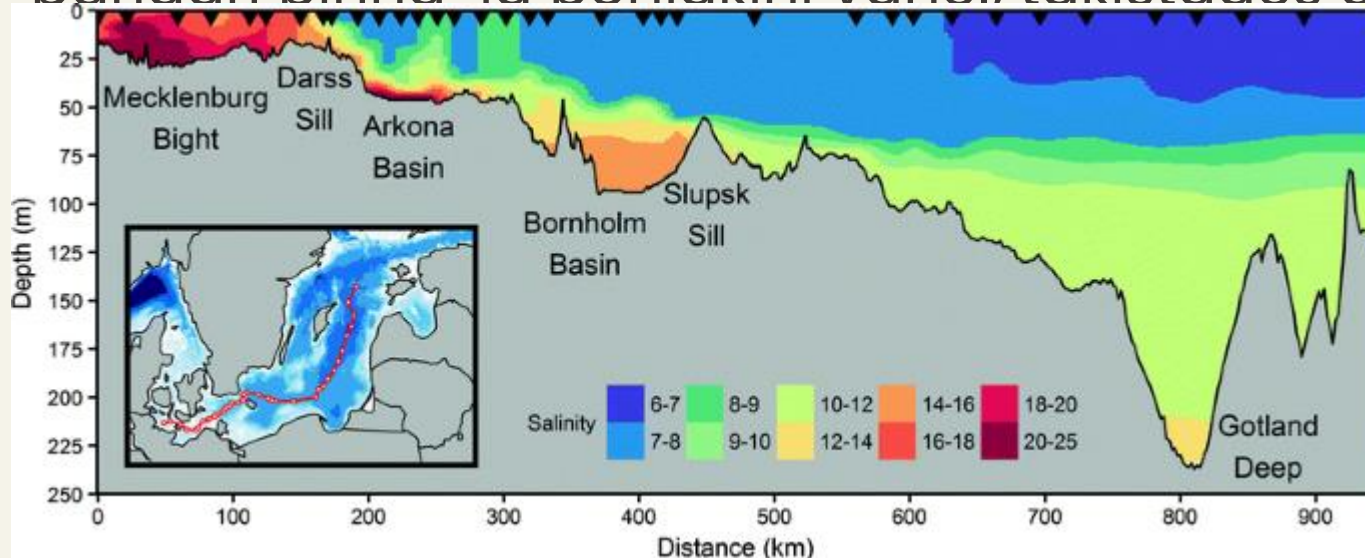
Läänemere vee viibeaeg on 20–30 aastat. Veevahetus Põhjamererega toimub läbi kitsaste Taani väinade ja on piiratud.



Suured sissevoolud Põhjamerest perioodil 1880–2020

Kihistumine

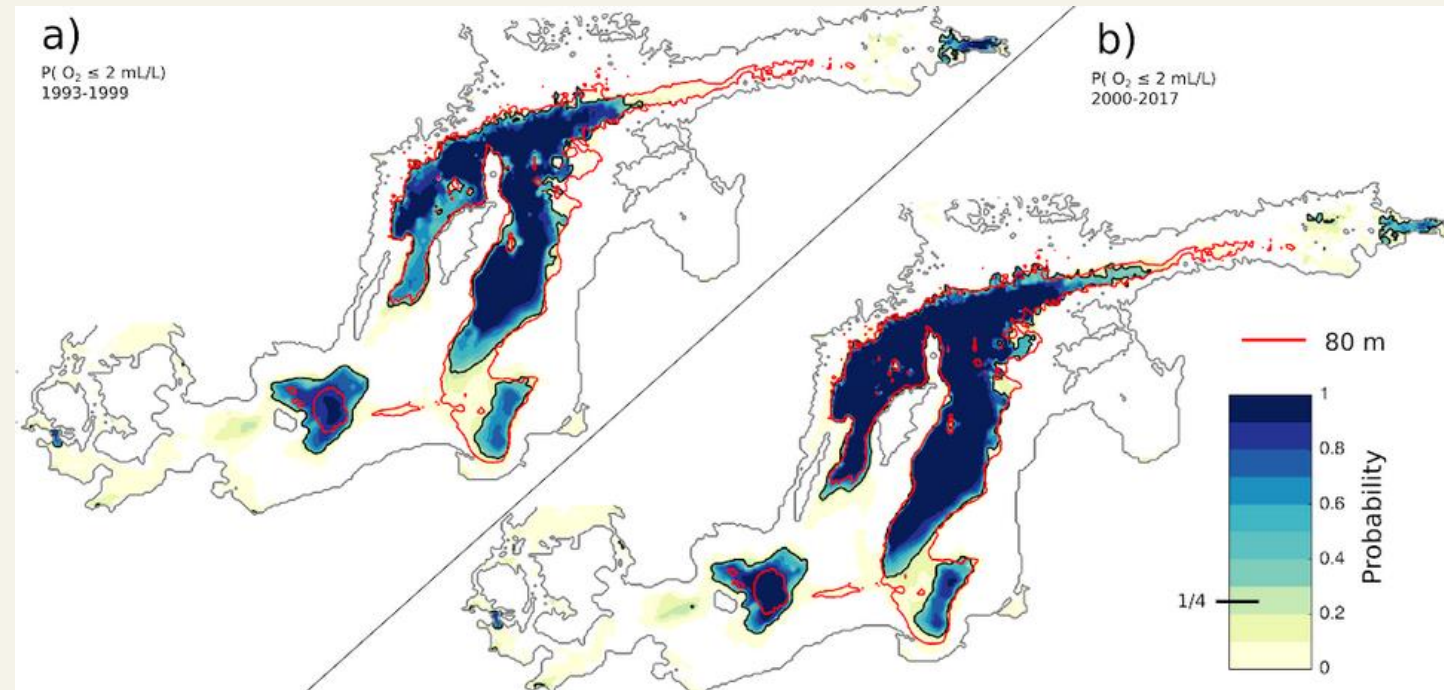
Riimveelisuse tõttu on Läänemeres püsiv halokliin (soolsuskihistumine) ning aastaajaline termokliin (soojuskihistumine). Need moodustavad bariääri pinna- ja põhiakihi vahel, takistades aine ja energia liikumist.



Läänemere vertikaalne soolsusjaotus (Schneider & Müller, 2017)

Hapnikupuudus

Läänemeres esineb piiratud hapnikupuudus looduslikult, kuid viimase sajandi jooksul on hapnikupuuduses alade ulatus eutrofeerumise tõttu oluliselt kasvanud.

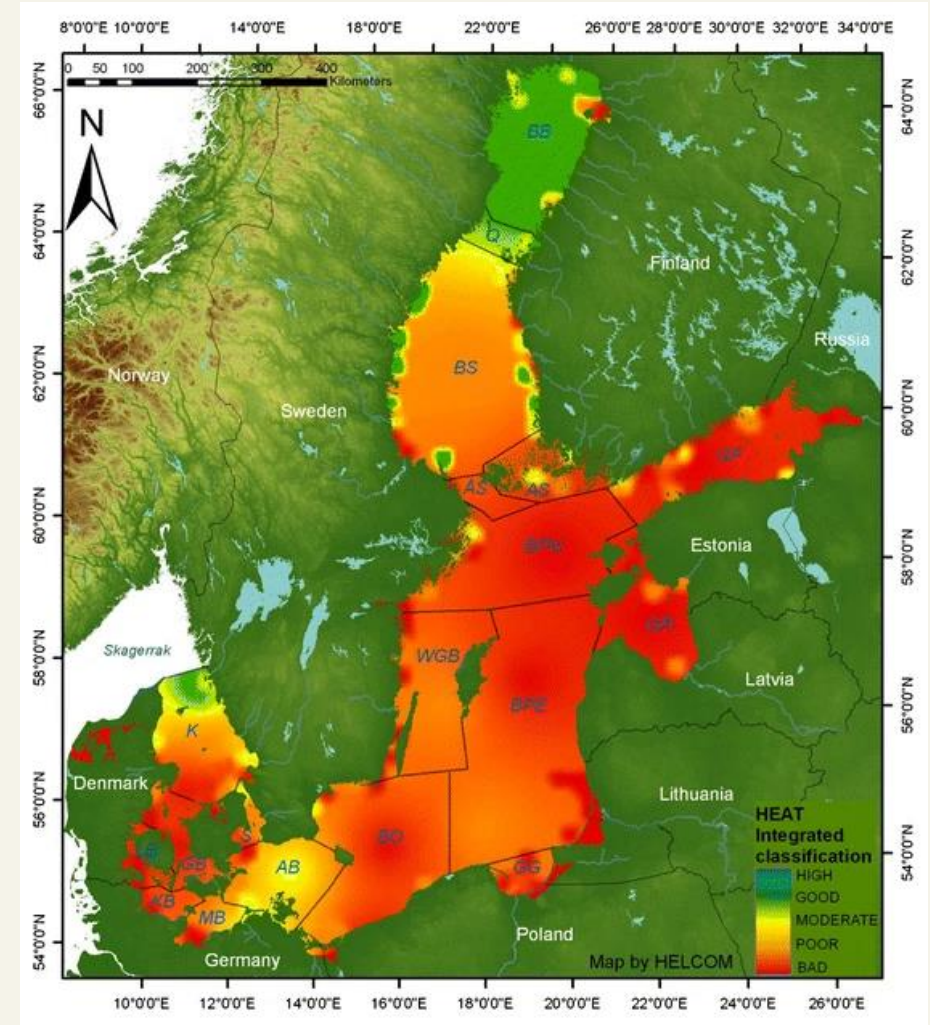


Hüpoksiliste alade tõenäosuse suurenemine perioodil 1993–2017 (Kõuts et al., 2021)

Inimmõju

Läänemeri on tugevalt inimõjuline piirkond.

Eutrofeerumine e. liigtoitelisus on siinset mereökosüsteemi oluliselt muutunud, mis võimendab ka edasisi muutuseid.



Eutrofeerumise hinnang Helcom HEAT tööriista abiga

Ökosüsteemi teenused

Ökosüsteemide olulisust (neist lähtuvat kasu) inimesele võib mõõta/väljendada läbi **ökosüsteemi teenuste** (MA, 2001).

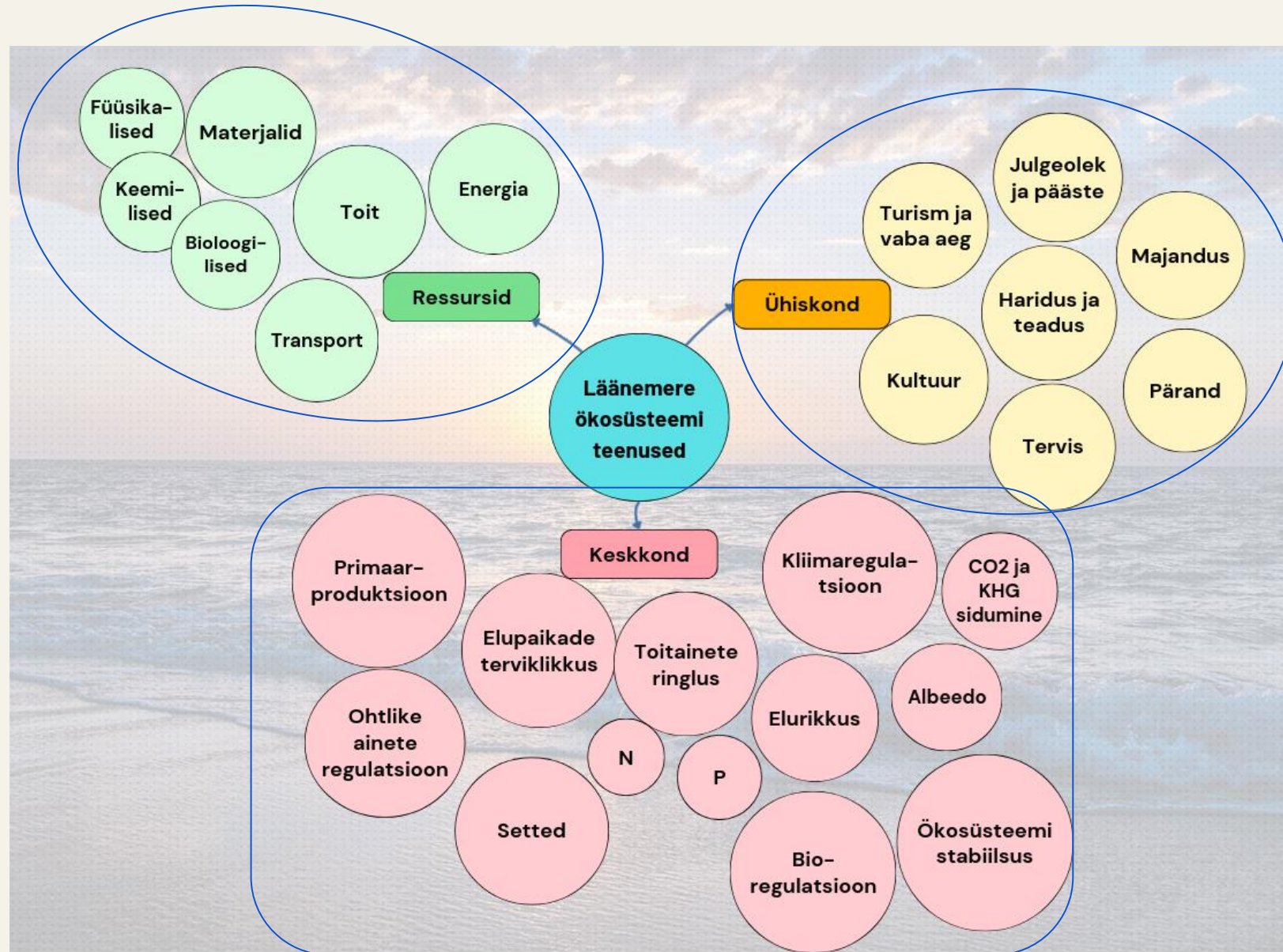
Ökosüsteemi teenused e. **loodushüved** on inimese jaoks vajalikud ökosüsteemide omadused (ressursid ja protsessid), mis loob meie harjumuspärase elukorralduse baasi.

4 tüüpi hüvesid:

- baas (toitainete ringe)
- regulatiivsed (kliima)
- materiaalsed (mereressursid)
- kultuurilised (turism)

Loodushüved saab jaotada vahe- ja lõpphüvedeks, kus esimesed loovad eelduse teisteks. Näiteks baashüved tagavad tingimused ülejäänud hüvedele.

Ökosüsteemi hüvede eeldus on terviklikud, toimivad ja kõrge vastupanuvõimega ökosüsteemid.



Kuidas hinnata kliimamuutuse mõju ökosüsteemi hüvedele?

Tegemist on näidisega, kuidas saaks meie andmeid kasutada selleks, et hinnata kliimamuutuseid meid huvitavatele valdkondadele, mis on võetud kokku ökosüsteemi teenustena.

1. Selgitame, milliseid merekeskkonna parameetreid kliimamuutused mõjutavad? (meie andmed)
2. Leiame ökosüsteemi teenuste kategooriad, mida kliimamuutused mõjutavad.
3. Selgitame, kuidas kliimamuutused ja neist tingitud merekeskkonna parameetrite muutused kanduvad üle ökosüsteemi teenustele.
4. Toome välja mõju olemuse, mõju hindamise pot. mõõdikud ning leevendus- ja kohanemismeetmed.

Temperatuuri tõus (T°)

Baas ja regulatsioon:

hapnik	primaardproduksioon
süsinik	liigirikkus
lämmastik	populatsioonidünaamika
fosfor	elupaigad
setted	toiduahelad
ohtlikud ained	võõrliigid

Materiaalsed:

toit
energia
transport
materjalid

Sotsiaalsed:

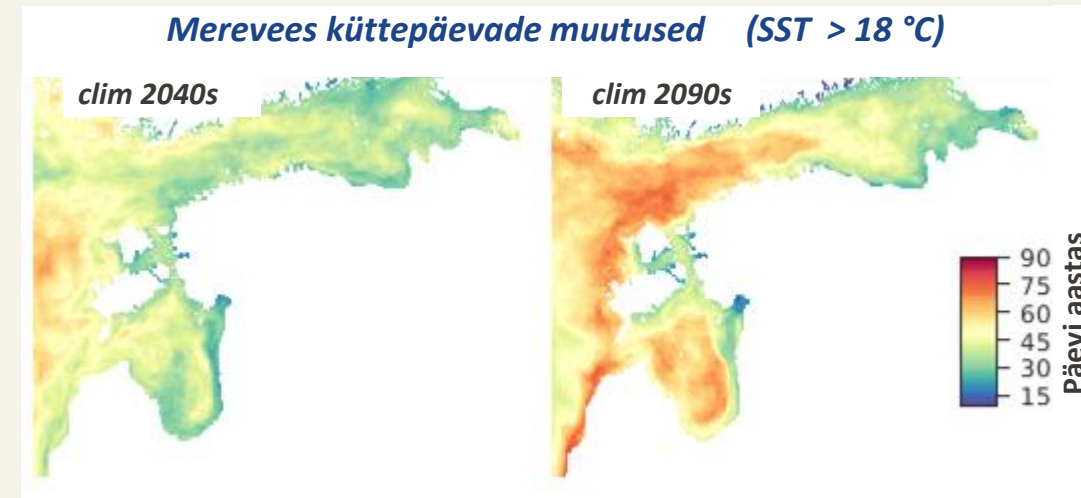
pärand ja kultuur
vaba aeg & turism
haridus & teadus
tervishoid
pääste & julgeolek

T^o tõusu mõju energiatootmisele merest

Mõju Positiivne. Kui meres salvestub rohkem soojust, siis saab seda sügis-talvisel perioodil energiana ka rohkem kasutada.

Kuidas hinnata Energiahind, mereenergia küttepäevade arv.

Kohanemine Pikaajaline strateegiline planeerimine (mitmekesine energiatootmine), mereenergia investeeringud ning taristu loomine piirkondadesse, kus selle tootmine on tulemuslik.



Hundiepa linnaosa arenduse projekt



Hiiumaa Jääkala festivali peetakse ka ilma jääta

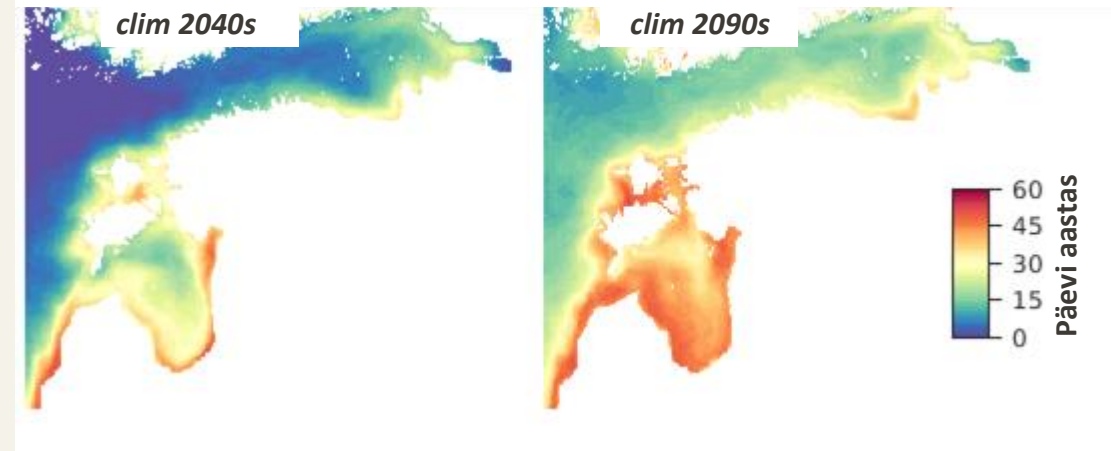
T^o tõusu mõju turismisektorile

Mõju Suhteline. Rohkem sooje ning päikeselisi päevi pikendab rannahooaega ning toob rohkem puhkajaid. Teisalt põhjustab kõrgema temperatuuriga halvenenud veekvaliteet randade ajutist sulgemist ujujatele. Unustada ei tasu ka talvist turismihooaega, mis pigem kannatab.

Kuidas hinnata ujumispäevade arv; tulu turismisektorist; rannakülastuste arv jne.

Kohanemine Suvise (ranna)turismi planeerimine, hooaja pikendamine; ohtude operatiivne seire ning reaajas info väljastamine.

Merevee rannapäevad muutused (SST > 18 °C)



Sinivetikaõitseng Läänemerel 2019 suvel (Sentinel 3)

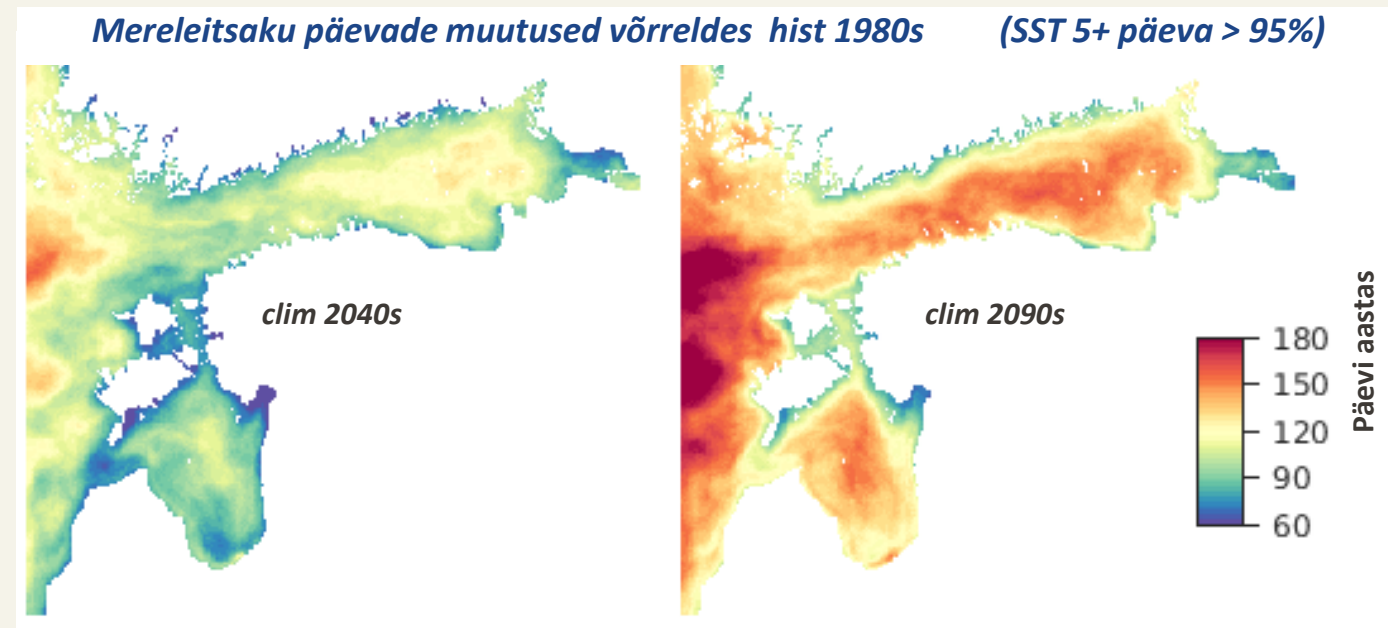
Temperatuur – ekstreemsündmused

Keskmise temperatuuri tõusu juures mängivad merekeskkonnas suurt rolli keskmise temperatuuri kestvad anomaaliad ehk mereleitsakud.

Kevadel alustas TalTech meresüsteemide osakond interaktiivse teenuse jagamist, kust saab jälgida mereliste kuumalainete e. mereleitsakute ulatust ning ajalist kestust Läänemeres:

https://cmems.msi.ttu.ee/?pic_type=sst&date=10-12-2024

Eriti ohustavad mereleitsakud mereelustikku, kes võivad olla sääraste ekstreemumite suhtes väga tundlikud.



T^o tõusu mõju kalapüügile

Mõju Negatiivne. Keskmise veetemperatuuri tõus ja ekstreemsed sündmused (mereleitsakud) avaldavad mõju, mis kaladel varieerub kergest stressist kuni massilise suremiseni ja populatsioonimuutusteni.

Kuidas hinnata Maj. oluliste liikide arvukuse hinnangud, kudemisperioodi veetemperatuurid, püüginumbrid.

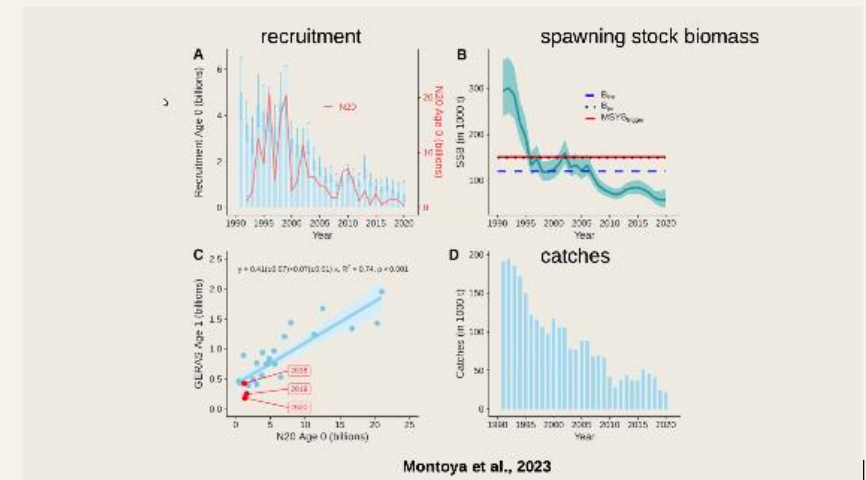
Leevendus ja kohanemine Püügimahtude vähendamine, ümberlülitumine teistele, vähem mõjutatud liikidele, akvakultuur, taimsed alternatiivid.



Merisiig (*Coregonus lavaretus lavaretus*)



Räum (*Clupea harengus membras*)



T° tõusu mõju vesiviljelusele

Mõju Suhteline. Kasvav veetemperatuur mõjutab veeorganismide kasvu ning toimetulekut. Kohalikud liigid on kehvemas seisus vrl. võõrliikidega. Ekstreemumitel on tugev negatiivne mõju.

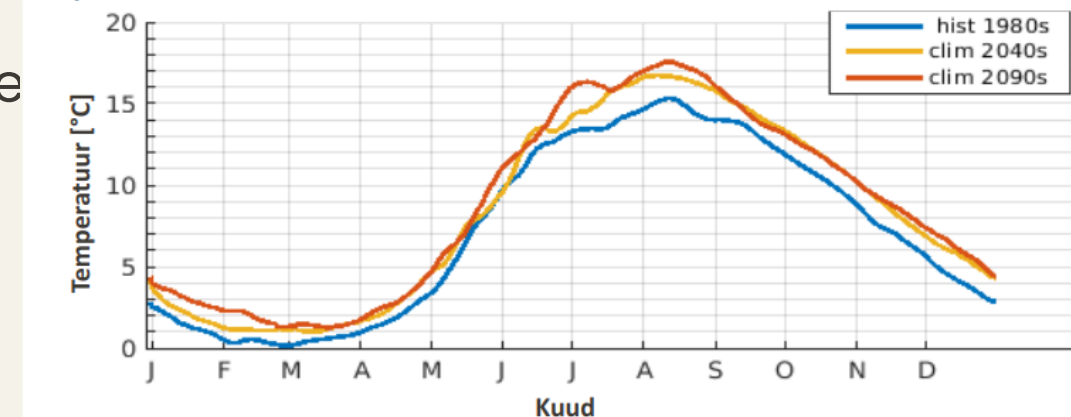
Kuidas hinnata Temperatuurandmed vesiviljeluse liikide biomass, vesifarmide arv, teenitav tulu.

Leevendus ja kohanemine Kasvatamiseks sobivate liikide valimine vastavalt temperatuuritaluvusele. Sobiv asukohavalik, mis säästaks kohalikku elustikku.



Karbifarm Tagalahas. Autor: Jonne Kotta

Temperatuuri sempoosus



T° tõusu mõju CO₂ (jt. KHG-de) regulatsioonile

Mõju Negatiivne. Kõrgem veetemperatuur vähendab merevee ja orgaanika võimet süsihappegaasi siduda ja ringest välja viia; põhjustades samas vee hapestumist.

Kuidas hinnata Hapnikutingimused merepõhjas. Arvustuslikud CO₂ sisalduse ja bilansi meetodid.

Leevendus ja kohanemine Elupaikade ja üldisemalt mere seisundi seire ning kaitse – loodusliku CO₂ sidumise võimendamise. Merre minevate toitainete voo jätkuv vähendamine.



Soolsuse muutused, kihistumine

Baas ja regulatsioon:

hapnik	primaarproduksioon
lämmastik	elupaigad
fosfor	liigirikkus
süsinik	võõrliigid
ohtlikud ained	populatsioonidünaamika
setted	toiduahelad

Sotsiaalsed:
vaba aeg & turism
haridus & teadus
tervishoid

Ressursid:
toit
materjalid

Soolsuse mõju võõrliikide levikule



Mõju Suhteline. Vee soolsuse muutused (tihti koosmõjus muude tingimustega) mõjutavad seda, millised liigid Läänemerre pidama jäävad. Soolsuse suurenemine võib soodustada merelisi võõrliike, kes omakorda konkureerivad kohalike liikidega kuni muutusteni toiduahelates ja liigirikkuses.

Kuidas hinnata uuenev võõrliikide nimekiri, arvukuse ja leviku hinnangud, ohustatud liikide arvukuse ja leviku hinnangud.

Leevendus ja kohanemine Tegevused vähendamaks võõrliikide liikumist Läänemerre (ballastvete reeglid, puhastamine, kontroll jne.) Võõrliikide majanduslik kasutamine kohalike liikide ees



Ümarmudil on muutunud nii mõnelegi rannakalurile peamiseks sissetulekuks

EESTI

Margus Muld
01.10.2024 21:21

[Kuula artiklit 3 min](#)

[Vaata galeriid](#)
14 pilti



Foto: Kalurid mudilat püüdnud. Autor/allikas: Margus Muld/ERR

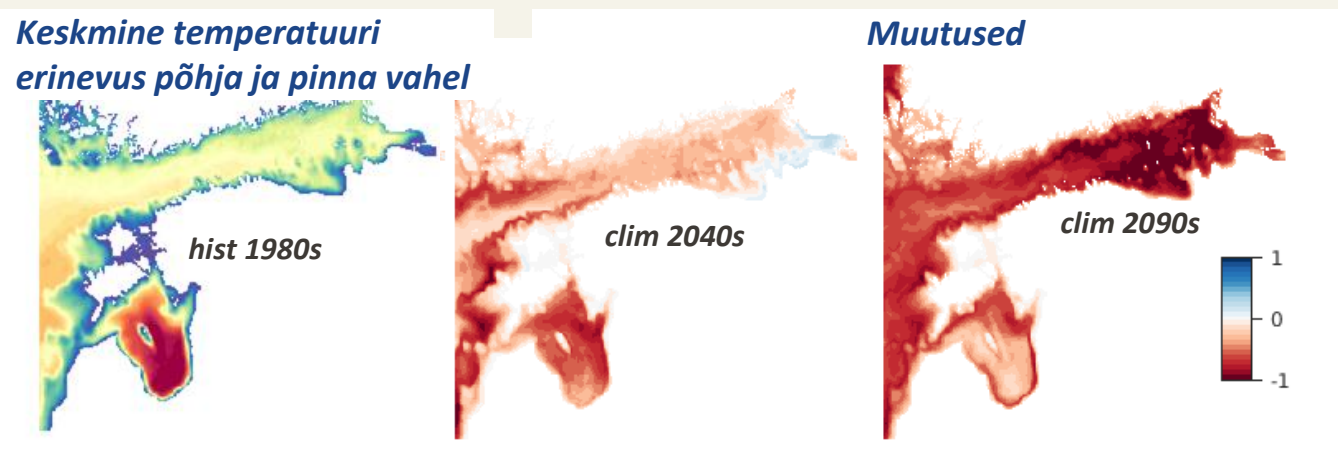
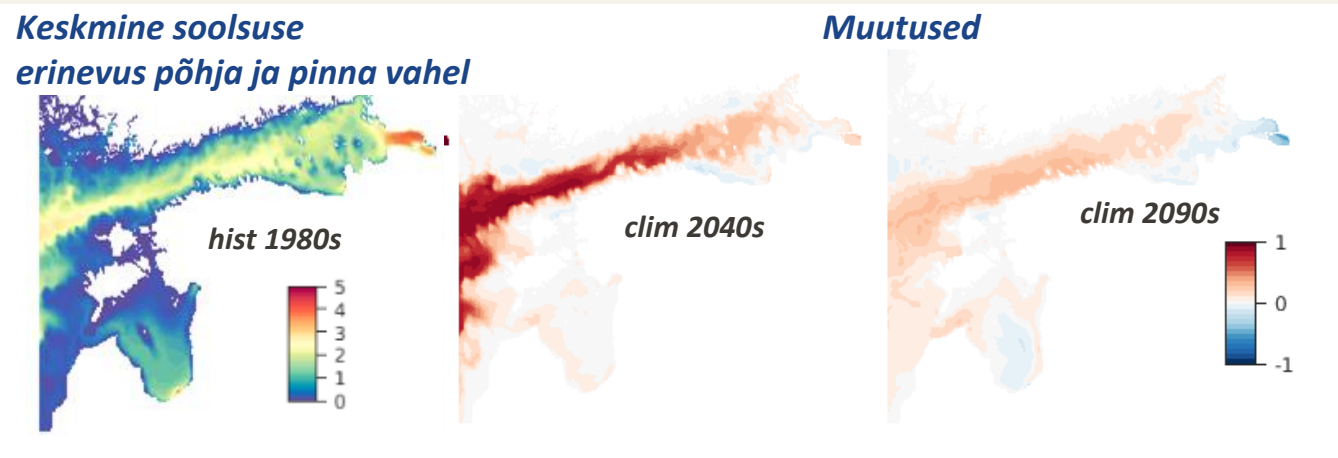
Kihistumise mõju mereelupaikadele



Mõju Negatiivne. Vee tugevam kihistumine süvendab hapnikupuudust ja eutrofeerumist ning halvendab seeläbi võtmeliikide (makrovetikad, taimed) kasvutingimusi, mis omakorda avaldab mõju kõigile teistele, neist sõltuvatele liikidele ja võrgustikele. Hapnikupuudus suurendab CO₂ ja CH₄ eraldumist setetest.

Kuidas hinnata Väärtuslike elupaikade seisundi seire, kalapüügistatistika, kalastamisega seotud turismi tulud.

Leevendus ja kohanemine Mereelupaikade ja nendega seotud liikide seire ning kaitse. Üldised meetmed mere seisundi parandamiseks.



Kihistumise mõju toitainete (N, P) ringele

Mõju Negatiivne. Soolsuse muutused ja sellega kaasnev veesamba tugevam kihistumine suurendavad eutrofeerumise ilminguid Läänemeres.

Kuidas hinnata Toitainete hulk vees. Mereõitsengute ulatus/intensiivsus.

Veekvaliteet. Hapnikuolud.

Leevendus ja kohanemine

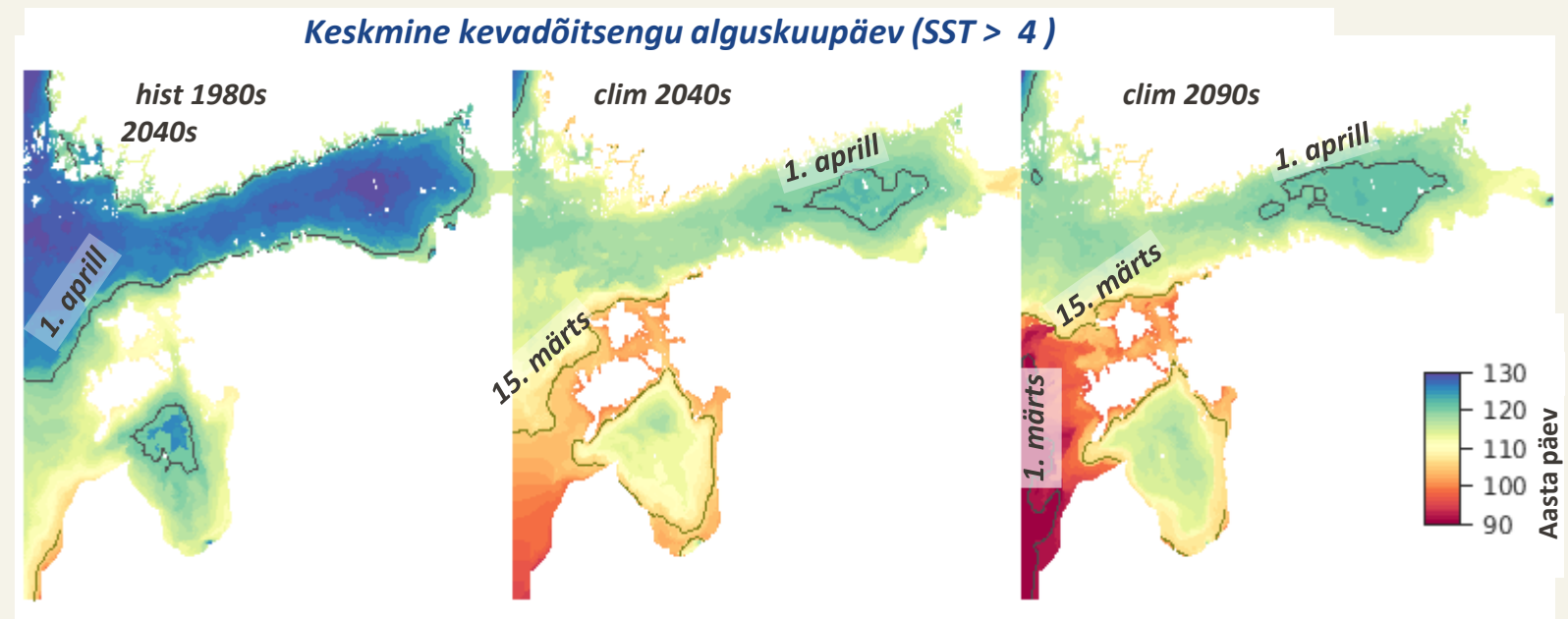
Sinimajanduse

lahendused (vetika- ja karbi-

kasvandus); merre minevate

toitainete voo jätkuv

vähendamine.



Jääkatte vähenemine

Baas ja regulatsioon:

hapnik	primaarproduksioon
süsinik	elupaigad
lämmastik	liigirikkus
fosfor	võõrliigid
setted	populatsioonidünaamika
	toiduahelad

Materiaalsed:

toit
energia
transport

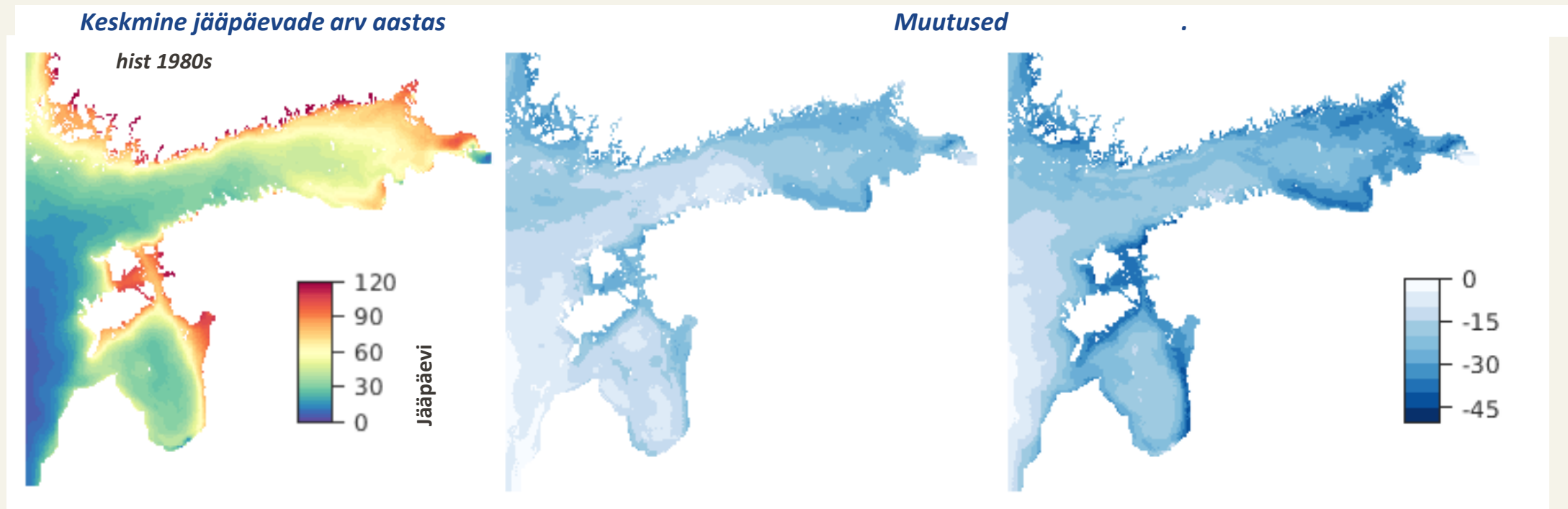
Sotsiaalsed:

pärand ja kultuur
vaba aeg ja turism
pääste & julgeolek

Jääkattega päevad Eesti rannikumeres

Jääpäevade arv väheneb Väinameres ja Liivi lahe rannikul ca 40 päeva. Mujal rannikumeres ca 20 päeva.

Paldiski saab tõenäoliselt jäävabaks



Jää vähenemise mõju transpordisektorile

Mõju Positiivne. Transpordivõimalused üldiselt paranevad. Kulutused kütusele vähenevad. Samas suureneb määramatus.

Kuidas hinnata Jäävabade päevade hulk aastas. Transpordikulud.

Kohanemine Valmisolek jääga tegelemiseks peab säilima. Jää tõenäosus küll väheneb, aga seda suurem on üllatus/segadus/rahaline kulu, kui jää ikkagi ootamatult tekib.



Kas Jäämurdja
Tarmo jääb tööta?

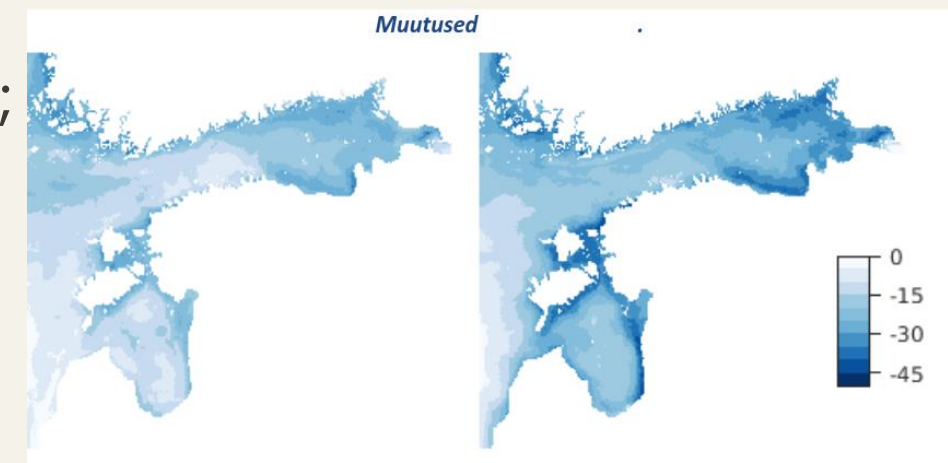


Jää vähenemise mõju mererajatistele

Mõju Suhteline. Väiksem jääkatte ulatus mõjub mererajatiste planeerimisele, ehitamisele ja teenindamisele positiivselt – väiksemad kulud. Samas säilib koos jää tekkimise võimalusega kaootamatute olukordade oht.

Kuidas hinnata jää geograafiline ulatus ja kestus; rajatiste ehitamise ja teenindamise kulu.

Kohanemine planeerimine; jätkuv arvestamine jää tekkimise ohuga ning reageerimisvõimekus



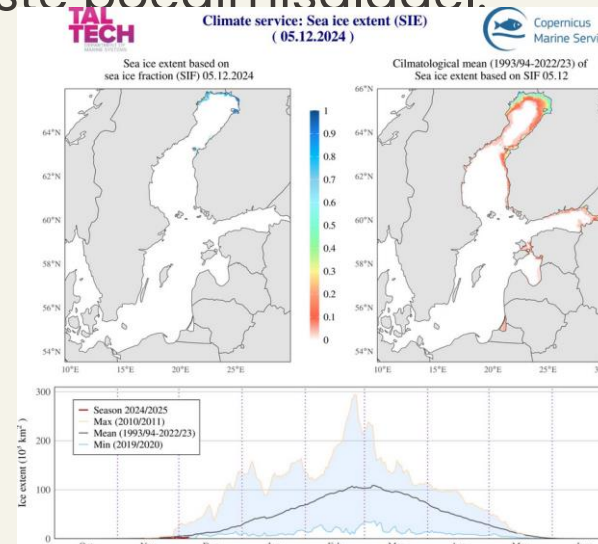
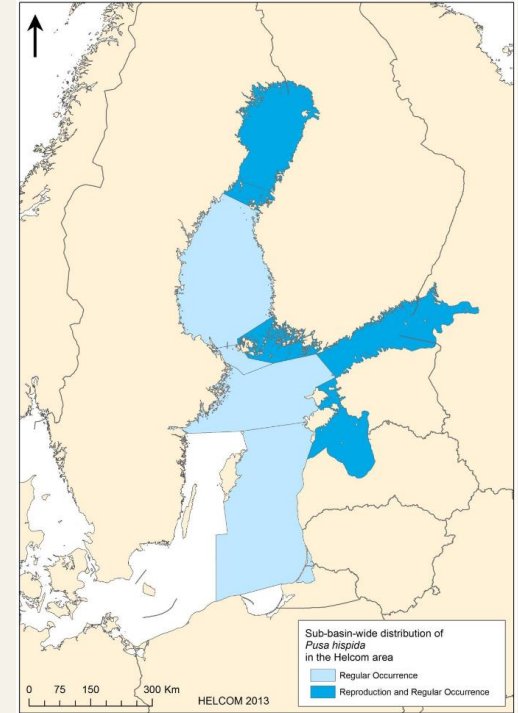
Jää vähenemise mõju mereimetajatele

Mõju Negatiivne. Järga seotud hülgeliikide paljunemine muutub keerulisemaks, populatsioonide kokkukukkumise oht (viiger Soome lahes).

Kuidas hinnata Jää ulatuse muutused hülgeste peaimisaladel. Hülgeste arvukus (hallhüljes, viigerhüljes)

Leevendus ja kohanemine Hülgejahilõpetamine. Hülgeste turismipotentsiaal. Liikide paljunemise toetamine rannikualadel (ajutiselt piiratud liikumisega tsoonid).

MSI jääkatte kliimateenus



Sea ice extent (SIE) based on sea ice fraction (SIF) over the Baltic Sea. The datasets used are from Ice chart based products provided by the Copernicus Marine Service: (1) Baltic Sea - Sea Surface Temperature Reprocessed (SST_BAL_SST_L4_REP_OBSERVATIONS_010_016) (2) Baltic Sea - Sea Ice Concentration and Thickness Charts (SEAICE_BAL_SEAICE_L4_NRT_OBSERVATIONS_011_004)
 Data processing: Department of Marine Systems, Taltech

Veetaseme muutused

Baas ja regulatsioon:

hapnik
süsinik
lämmastik
fosfor
setted
primaarproduksioon

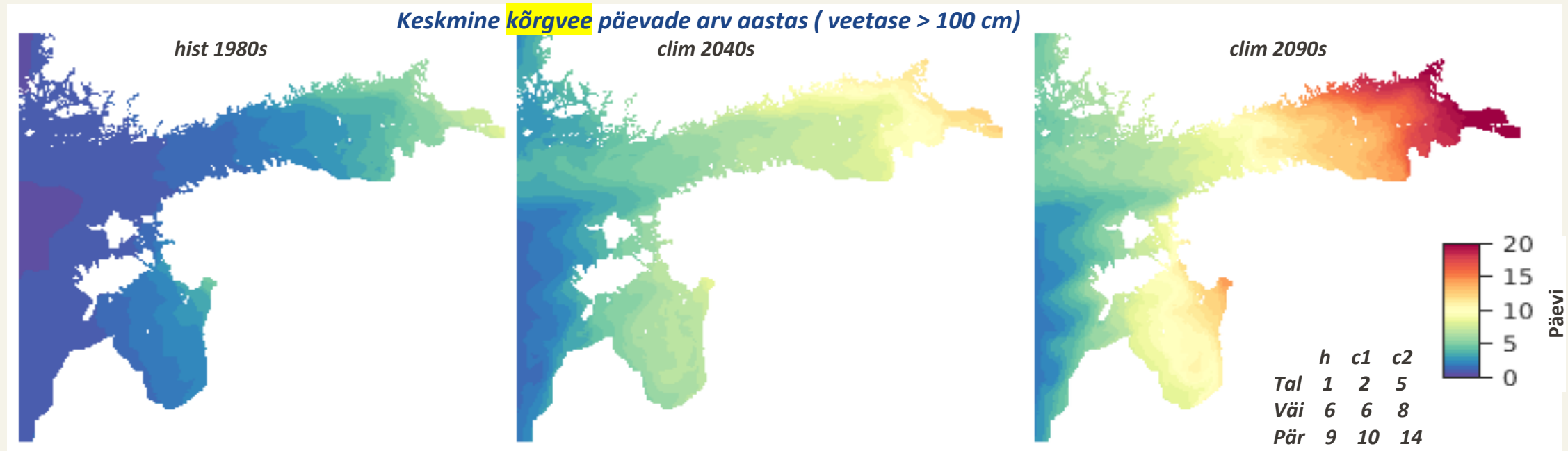
Materiaalsed:

toit
energia
transport
materjalid

Sotsiaalsed:

vaba aeg & turism
tervishoid
pääste & julgeolek

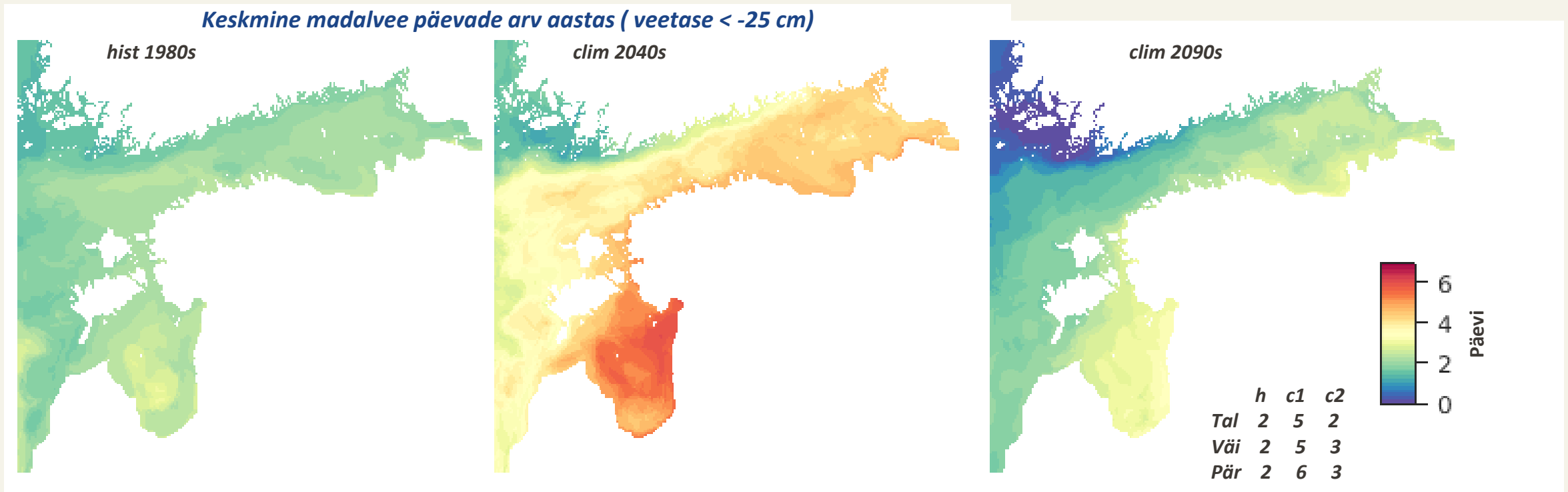
Üleujutuspäevad Eesti rannikul



- Üleujutuspäevade hulk suureneb sajandi keskel kuni 5 päeva võrra.

- Üleujutuspäevade hulk suureneb sajandi lõpuks kuni 9 päeva võrra; kõrge riskiga kohad on Pärnu ja Narva

Madalveepäevad Eesti rannikul



- Madalveepäevade hulk suureneb sajandi keskel 3-4 päeva võrra. Suurim on e

- Sajandi lõpuks on madalveepäevi sarnaselt praegusele ajale

Veetaseme tõusu mõju kinnisvarasektorile

Mõju Negatiivne. Kõrgema keskmise veetaseme ning suurenenud üleujutusriskide puhul suurenevad ehitus- ning kindlustuskulud, oluliseks muutub planeerimine koos põhjaliku eelanalüüsiga.

Kuidas hinnata Üleujutuste tõenäosuste kaart, kinnisvarasektori tulud, kindlustuskulud, rannikute ehituspiiranguvööndi suurus.

Kohanemine Riskide maandamine, planeerimine ja koostöö teadlastega (prognoosid). Ettevaatuspõhimõtete rakendamine ehitusel.

Üleujutuste ohualade kaardirakendus:
<https://xgis.maaamet.ee/xgis2/page/app/yua>

Pärnus on üleujutus kuni kesklinnani

Juhime tähelepanu, et artikkel on rohkem kui viis aastat vana ning kuulub meie arhiivi. Ajakirjandusväldi uuenda arhiivide sisu, seega võib olla vajalik tutvuda ka uuemate allikatega.



Jaanuari alguse üleujutus Pärnus — Foto: Pärnu Postimees

(Täiendatud kell 19,18)

Pärnu linna üleujutus hõlmab suure rannaäärse ala kohati kuni kesklinnani välja.



Marienholti arendus Haapsalu lahes

Madalvee mõju meretranspordile

Mõju Negatiivne. Madala veetaseme korral on laevaliiklus häiritud, eriti piirkondades, kus meri on niigi madal (nt. Väinameri)

Kuidas hinnata veetase olulistel laevaliinidel

Kohanemine Veetaseme operatiivne ning täpne prognoosivõimekus koos kindlal liinil sõitvate laevadepraamide süvise korrigeerimisega; liinilaevade ohukohtade süvendamine.



Rukki kanal mandri ja Hiiumaa vahel



Foto: Urmas Lauri

Hoovuste muutused

Baas ja regulatsioon:

lämmastik
fosfor
setted
ohtlikud ained
primaardproduksioon
elupaigad

Materiaalsed hüved:

energia
transport

Sotsiaalsed hüved:

vaba aeg & turism
pääste

Hoovuste muutuste mõju merepäästele

Mõju Suhteline. Muutlikumad hoovusekiirused ja suund mõjutavad merepääste reageerimiskiirust ning tegutsemisplaani. Üldised kulud suurenevad.

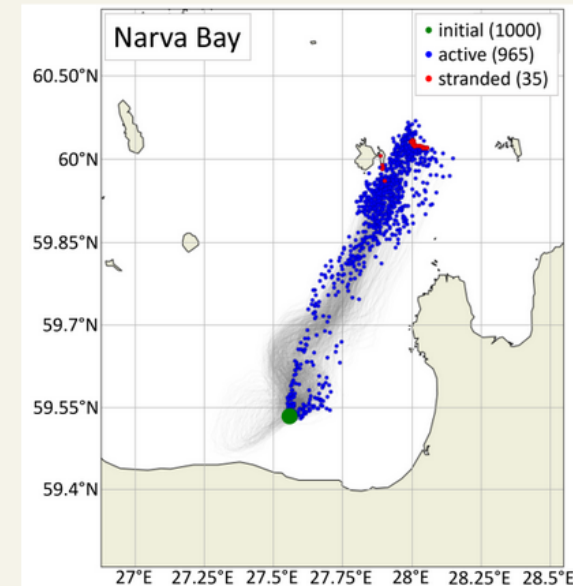
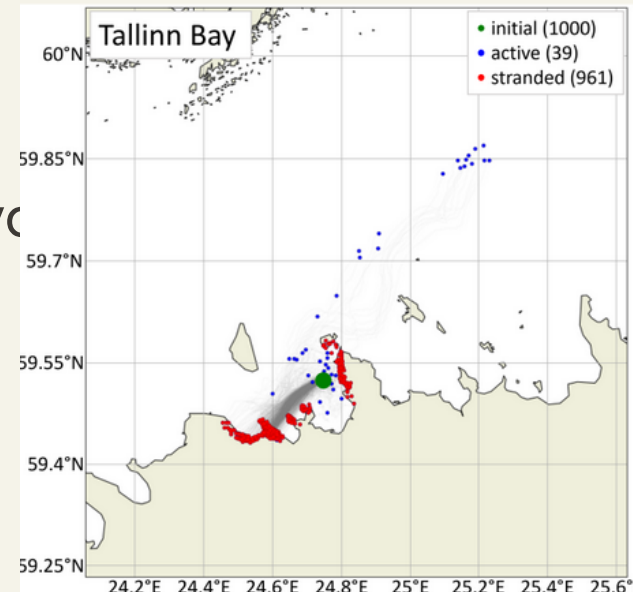
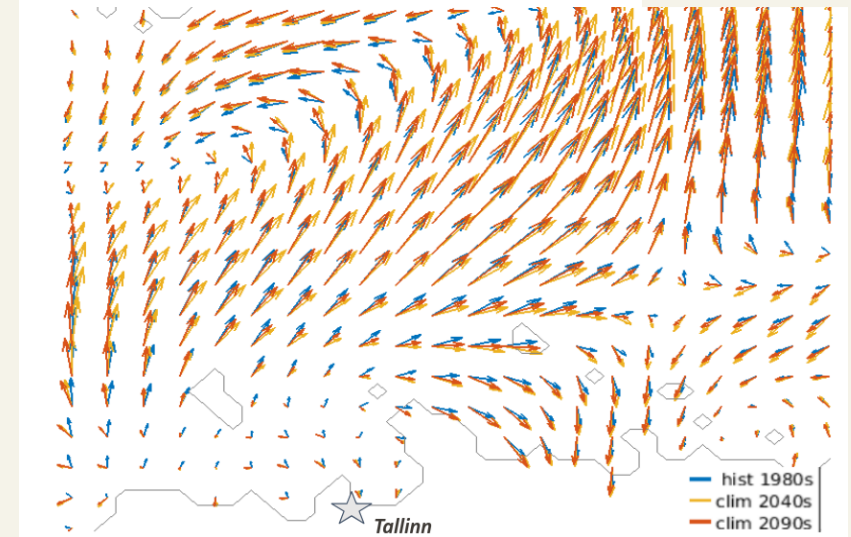
Kuidas hinnata päästekulud, töötundide arv, töökohtade arv.

Kohanemine Täiendavad kulutused päästevalmistamiseks. Pidev valmisolek ekstreemsündmusteks.

Prognoosivõime ja operatiivseire täpsuse suurendamine.

Õlireostuse levik Tallinna ja Narva lahes →

Pinnakihi hoovusväli, Soome lahe avaosas



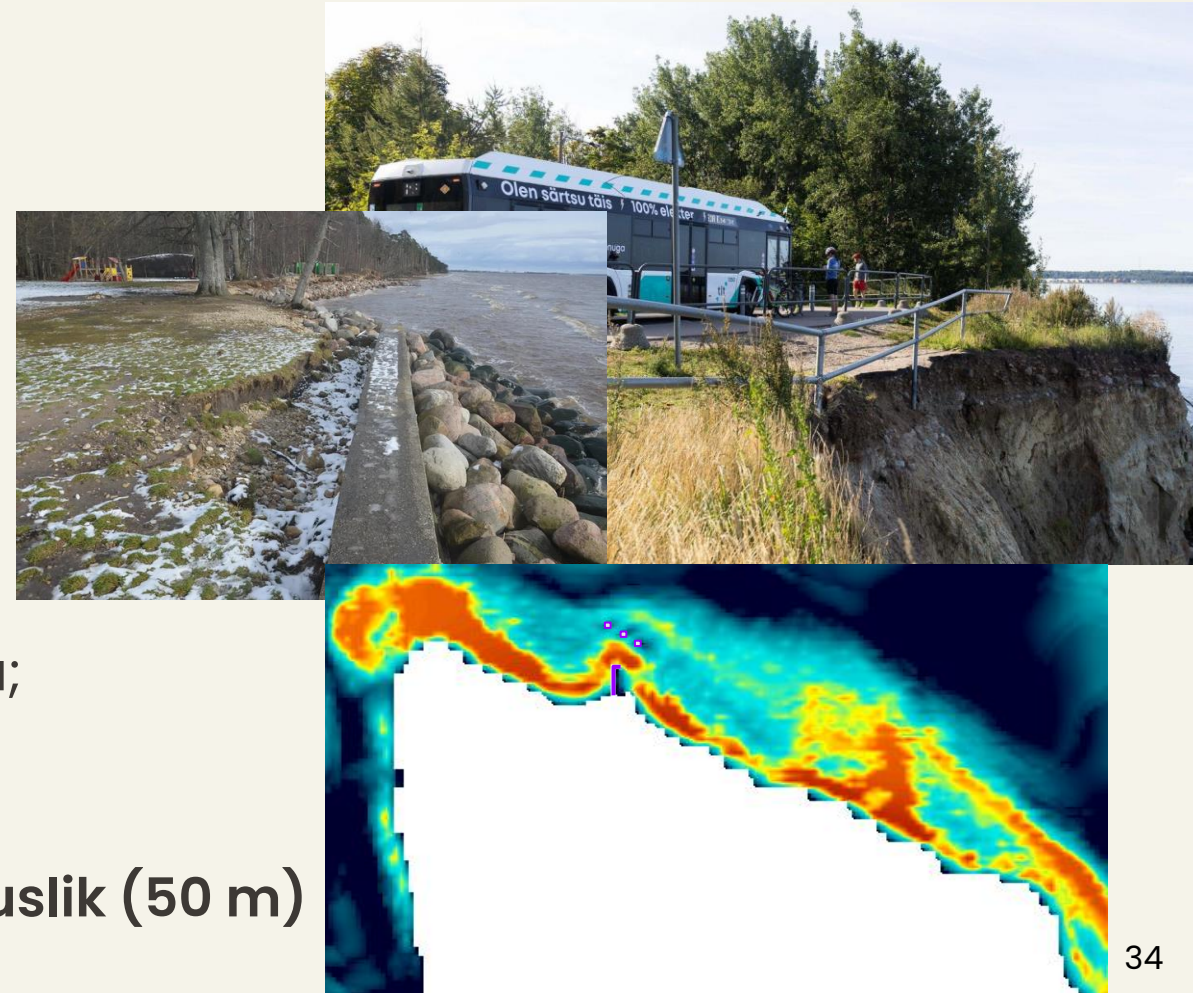
Mõju rannikuprotsessidele

Mõju Suhteline. Muutused hoovuste suunas ja kiiruses mõjutavad erosiooni- ja kuhjumisprotsesse rannikul, mis omakorda puudutab kõiki rannikutegevusi ja taristut.

Kuidas hinnata arendus- ja ehitustegevus rannikul (projektide hulk ja geograafiline jaotus); rannikuprotsesside muutustest tulevad kulud.

Kohanemine pikaajaline planeerimine koostöös teaduslike tulevikuprojektsioonidega; ohupiirkondade kaardistamine ja ohtude ennetamine.

Erosioon Pakri poolsaare kaldal, kõrglahutuslik (50 m) settemudel NEMO (1. okt, 2023) →



Kokkuvõte

- Kliimamuutus mõjutab negatiivselt pea kõiki baas- ja regulatiivseid ökosüsteemi teenuseid, mis omakorda on üldisemaks ökosüsteemide ja inimühiskonna toimimise aluseks, puhverdades muuhulgas ka kliimamuutuseid.
- Mõnedele sotsiaalsetele/kultuurilistele teenustele on kliimamuutustel positiivne mõju.
- Selleks, et vähendada kliimamuutuste negatiivset mõju ning võimendada positiivset, on vajalik (riiklike) teaduspõhiste leevendus- ja kohanemismeetmete väljatöötamine ja rakendamine.
- AdaptEst projekti raames loodav kliimaandmestik on selleks otstarbeks sobiv ning kättesaadav. Baasandmeid saab igaüks kasutada selleks, et kliimamuutusega kaasnevaid muutuseid hinnata ning kestlikke tulevikulahendusi välja töötada.

