

Viļņu klimata reanalīze Rīgas Jūras līcī

Aigars Valainis, Vilnis Frišfelds, Daiga Cepīte-Frišfelde

Institute of Numerical Modelling, University of Latvia, Jelgavas 3, Riga, Latvia

Rīga 27.01.2023



NACIONĀLAIS
ATTĪSTĪBAS
PLĀNS 2020



EIROPAS SAVIENĪBA
Eiropas Reģionālās
attīstības fonds

IEGULDĪJUMS TAVĀ NĀKOTNĒ

Līguma Nr. 23-11.17e/20/246



81. Latvijas Universitātes
starptautiskā zinātniskā
konference 2023

Viļņu klimata reanalīze Rīgas Jūras līcī

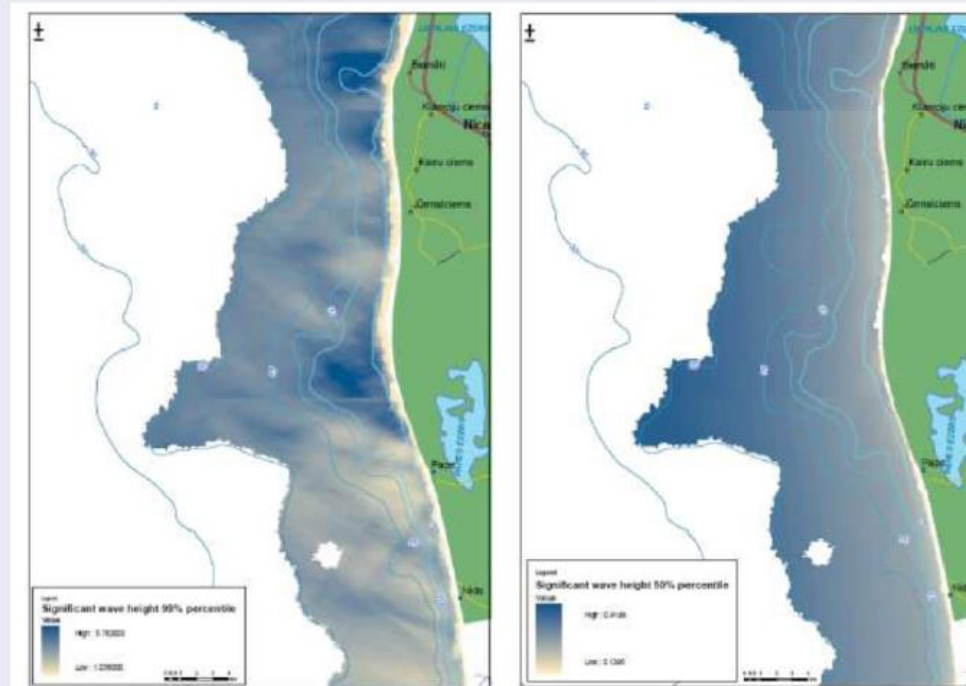
Prezentācijas saturs:

- Iedvesmas avoti
- Ce2Coast intereses/ motivācija
- Modeļapgabals un robežnosacījumi
- Viļņu spektrālais apraksts
- Viļņu ģenerācija
- Viļņu enerģijas pārnese

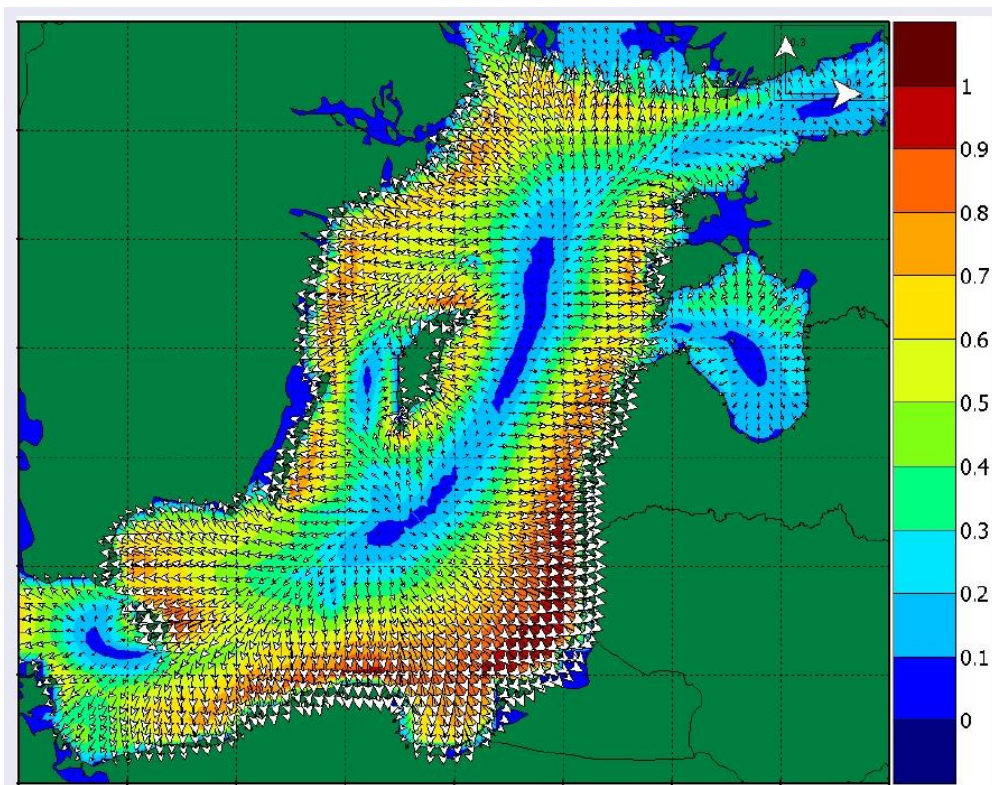


ledvesmas avoti

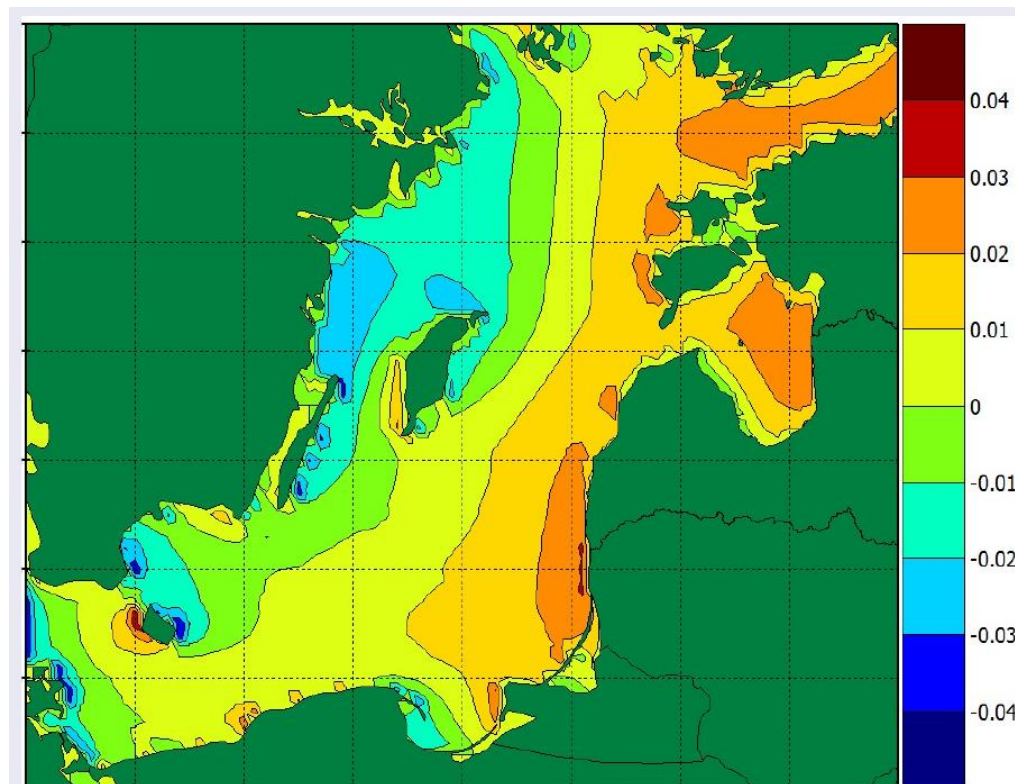
Modeling wave impact on coastal habitats along the Latvian Baltic Proper coast, *BALANCE project report*, 2007, J. Seņņikovs, A. Valainis, B. Müller-Karulis, M. Ranka.



ledvesmas avoti: EVIDENT (2016)



Energijas pārnese



Hs izmaiņa starp 1981-2010 un 2070-2100

Viļņu pētījumi Rīgas līcī un iespējamie attīstības virzieni

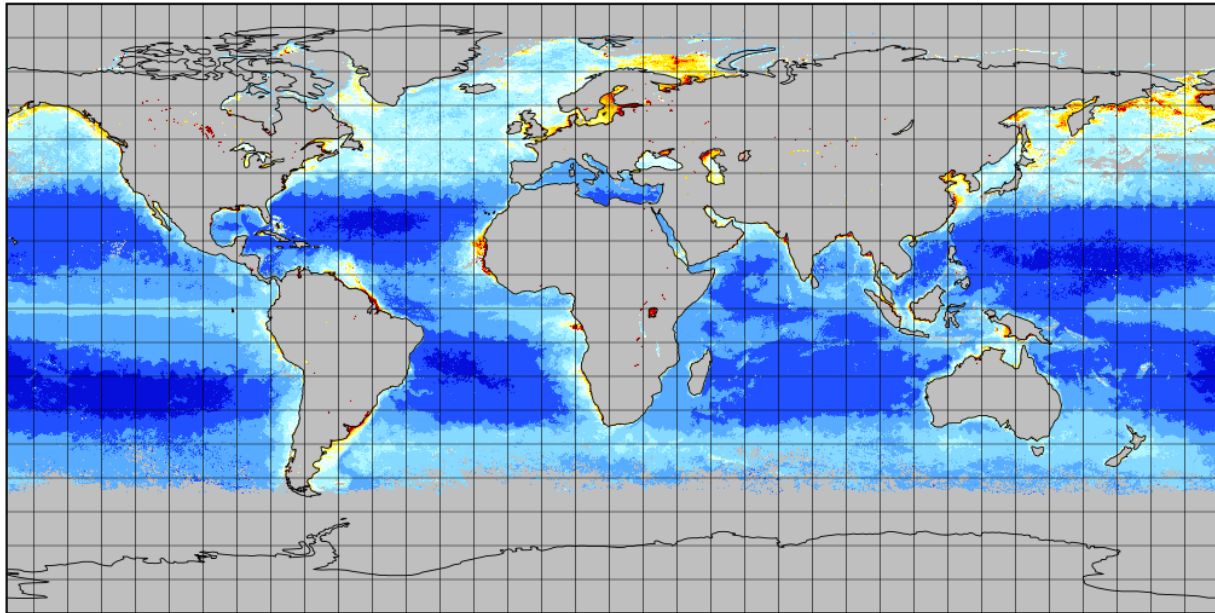
Mūs interesē ietekme uz:

- Krasta eroziju, t.i. enerģijas plūsmu uz krastu;
- Enerģijas plūsmas izmaiņa atkarībā no ledus režīma (klimata) izmaiņas;
- Ūdens krāsu/(ne-)caurspīdību, t.s. zemūdens veģetācijas augšanas apstākļiem un to izmaiņu.



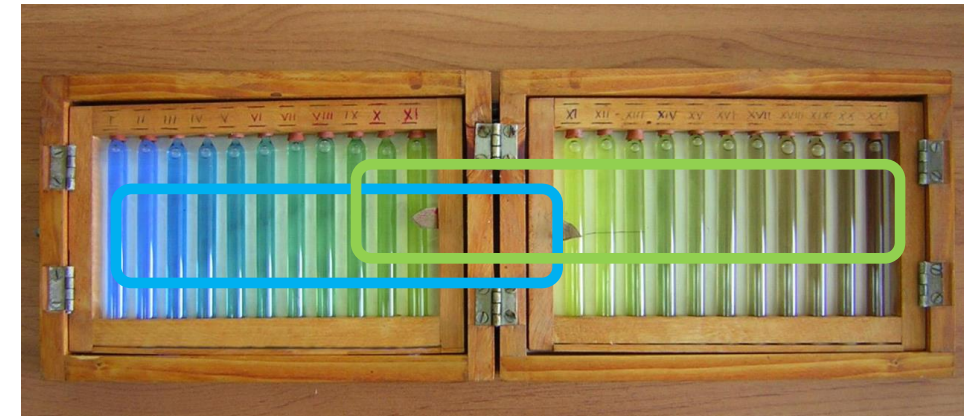
Rīgas līcis globālā kontekstā

Extended Forel-Ule index of the remote-sensing reflectance (0 to 21), according to Woerd and Wernand ...



Datu avots: *Pitarch, Jaime; van der Woerd, Hendrik J; Brewin, Robert J W; Zielinski, Oliver (2019): Twenty years of monthly global maps of Hue angle, Forel-Ule and Secchi disk depth, based on ESA-OC-CCI data.*

Ūdens krāsas etalons Forel-Ule skalā. *LHEI fotogrāfija*



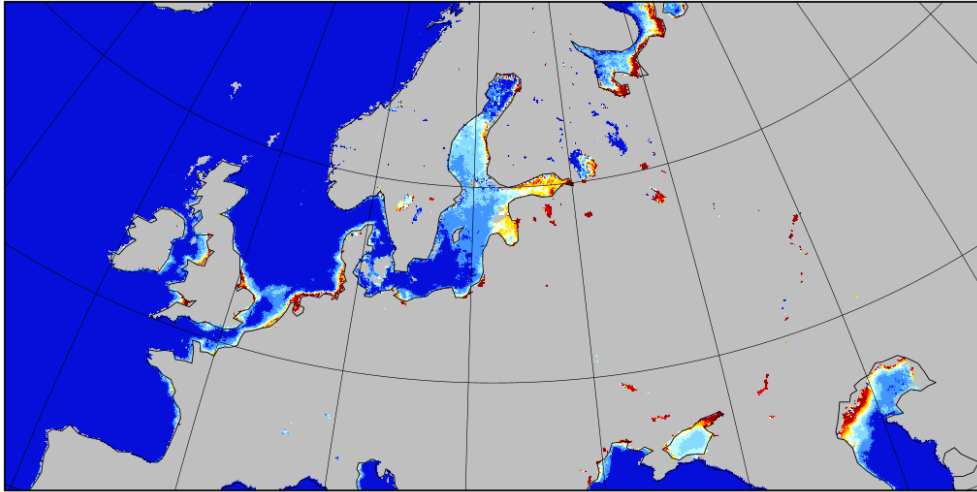
Diapazons pasaules okeānu attēlojumā pa kreisi – 2003. gada maija satelītdatu apstrāde (1-11)

Rīgas līča krāsas diapazons ilggadīgā monitoringā (9-21)

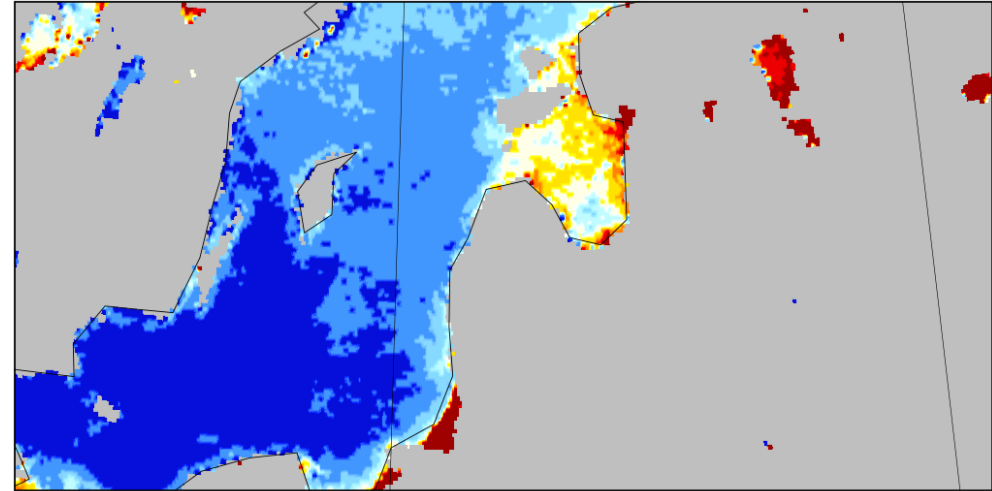


Rīgas līcis Eiropas kontekstā

Extended Forel-Ule index of the remote-sensing reflectance (0 to 21), according to Woerd and Wernand ...



Extended Forel-Ule index of the remote-sensing reflectance (0 to 21), according to Woerd and Wernand ...



Datu avots: *Pitarch, Jaime; van der Woerd, Hendrik J; Brewin, Robert J W; Zielinski, Oliver (2019): Twenty years of monthly global maps of Hue angle, Forel-Ule and Secchi disk depth, based on ESA-OC-CCI data.*

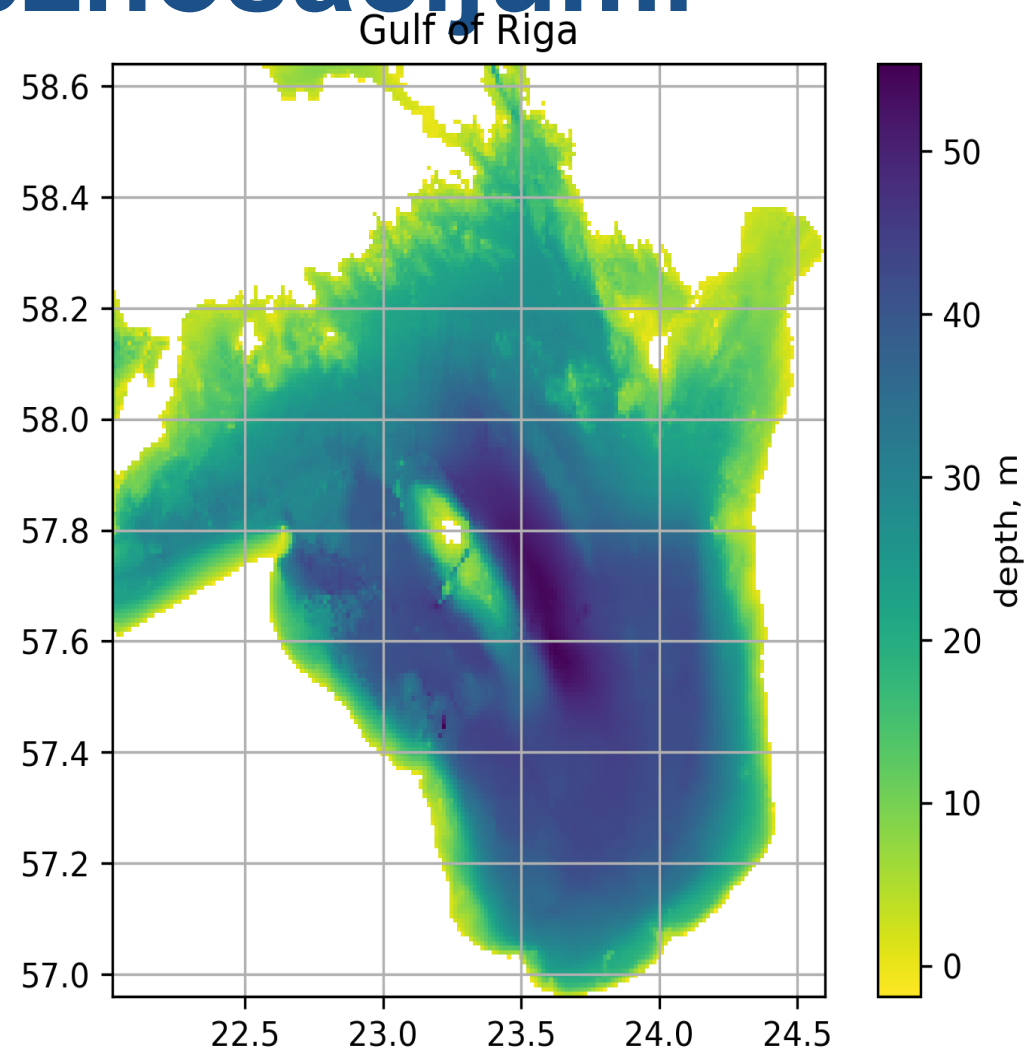
- Rīgas līcis ar salīdzinoši augstu ūdens krāsu Forel-Ule skalā, kas nozīmīgi, jo saistās arī augstu necaurspīdību. Līdzība ūdens krāsas vērtībās (att. 2003. gada maijā) ar Baltās jūras, Azova jūras, Somu līča, Kaspijas jūras ZR piekrasti, Kuršu jomu u.c.
- Līcī augstākas ūdens krāsas vērtības nereti vērojamas A-piekrastē.

Modeļapgabals un robežnosacījumi

- laika periods: 1993-**2021** (29 gadi)
- apgabals: Rīgas līcis (Lon 22°-24.6°E, Lat 56.96° - 58.64°N)
- modeļi: hidrodinamika(ledus) Hiromb-BOOS model,
 - viļņi **SWAN**
- Izšķirtspēja: 2x2 km (92x100x60x(24/37) nodes), 5 minūtes
- Parameteri: Hs, HT , HDir, Transp.

- Batimetrija: Emodnet (2018)
- BC: HD CMEMS climatic (SMHI NEMO)
 - viļņiem (**FMI reanalysis /fetch**)
- Atmosfēras “forsings”: ERA5 hourly reanalysis

- izvads: ikstundas



Viļņu spektrālais apraksts

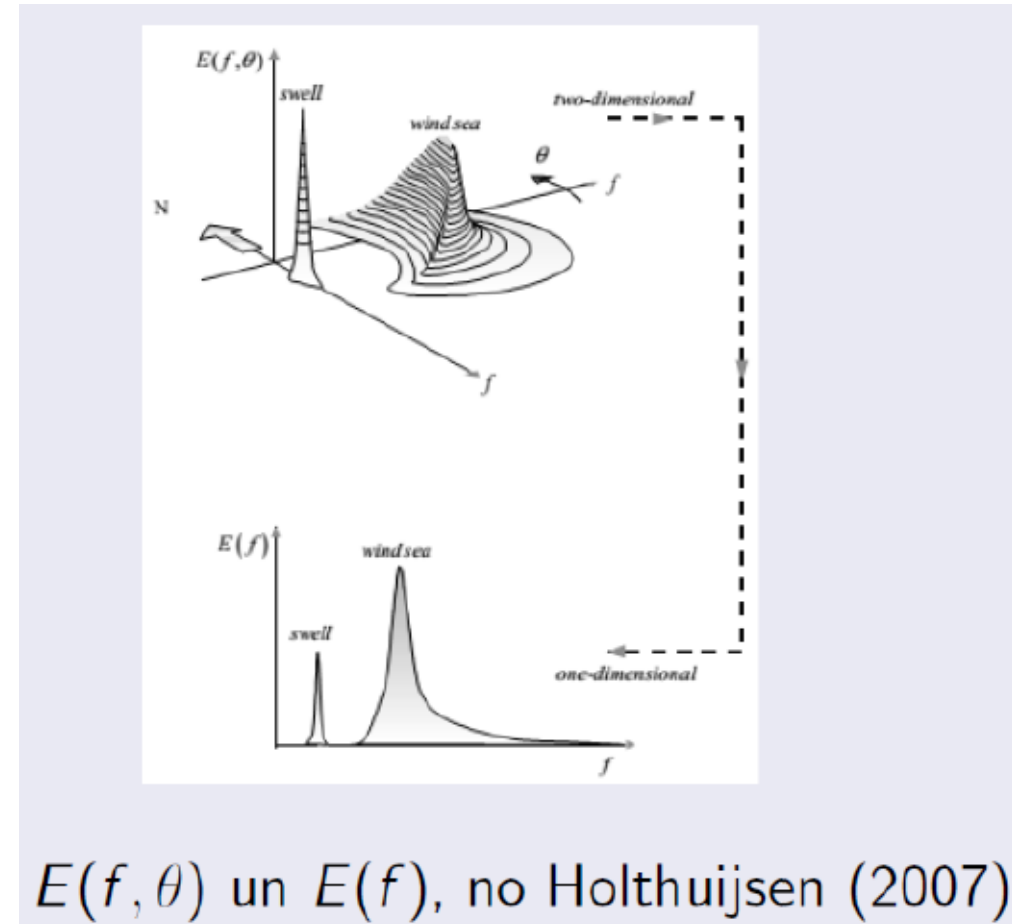
Spektrs, kas apraksta enerģijas sadalījumu pa frekvencēm un virzieniem $E(f, \theta)$, tad

$$E(f) = \int_0^{2\pi} E(f, \theta) d\theta .$$

informācija par jūras virsmu ir ietverta viļņu enerģijas blīvuma spektrā $E(f, \theta, \vec{x}, t)$, kas atkarīgs no telpas koordinātes un laika. Akcijas blīvums N tiek definēts kā $N = E/\sigma$. Tā izmaiņas nosaka akcijas saglabāšanās vienādojums:

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \nabla_{\vec{x}}((\vec{c}_g + \vec{u})N) + \frac{\partial c_\sigma N}{\partial \sigma} + \frac{\partial c_\sigma N}{\partial \theta} = \frac{S_{tot}}{\sigma} .$$

Labās puses termi attiecīgi izsaka akcijas blīvums izmaiņu laikā, izplatību divdimensionālā telpā, frekvences izmaiņu un refrakciju. Kreisās puses terms S_{tot} apraksta visus procesus, kas ģenerē vai disipē viļņu enerģiju.



Viļņu ģenerācija

Seši procesi sastāda termu S_{tot} :

$$S_{tot} = S_{in} + S_{nl3} + S_{nl4} + S_{ds,w} + S_{ds,b} + S_{ds,br} ,$$

kur : S_{in} apraksta vēja izraisītu viļņu augšanu;

S_{nl3}, S_{nl4} apraksta nelineāru enerģijas pārdali ar attiecīgi trīs un četru viļņu mijiedarbības rezultātā;

$S_{ds,w}, S_{ds,b}, S_{ds,br}$ apraksta viļņu enerģijas disipāciju, ko izraisa whitecapping, berze gar grunti, un dziļuma izraiīta viļņu lūzšana.

Vēja izraisītu viļņu augšanu apraksta ar vienādojumu

$$S_{in}(\sigma, \theta) = A + BE(\sigma, \theta)$$

Ledus izraisīta eksponenciālā enerģijas disipācija tiek mērogota ar

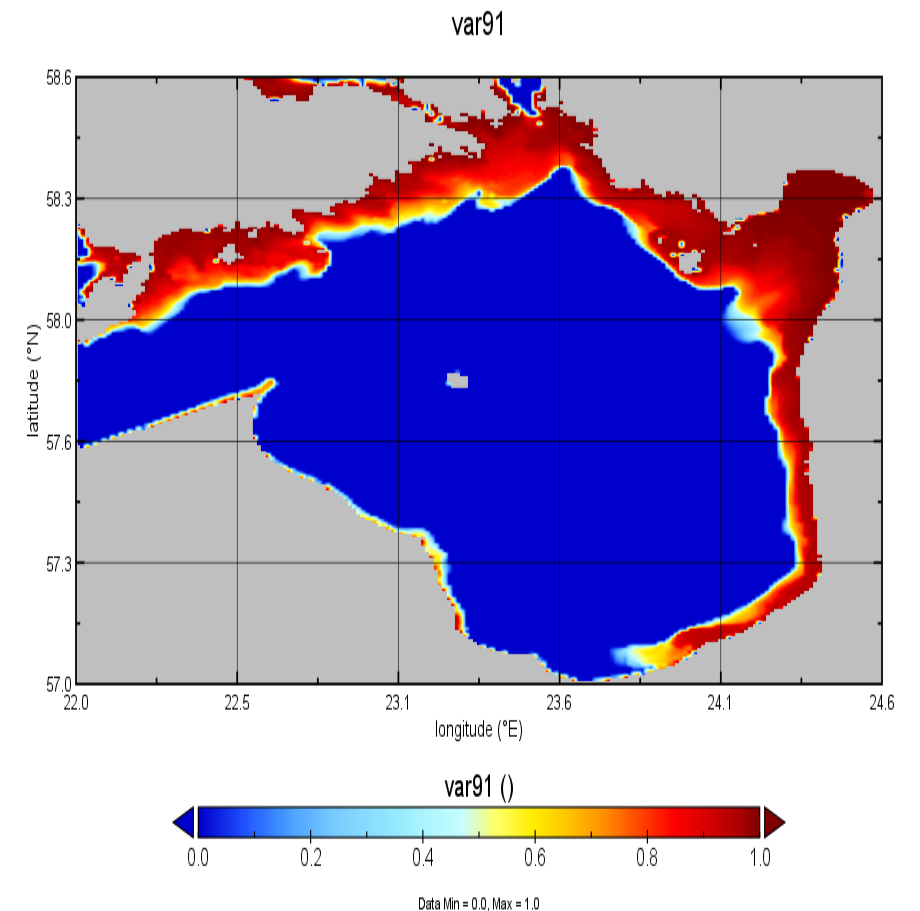
$$\text{koncentrāciju } S_{ice,2} = a_{ice} S_{ice},$$

$$S_{ice} \div E = -2C_g k_i,$$

kur C_g ir funkcija kas saista disipāciju laikā ar disipāciju telpā.

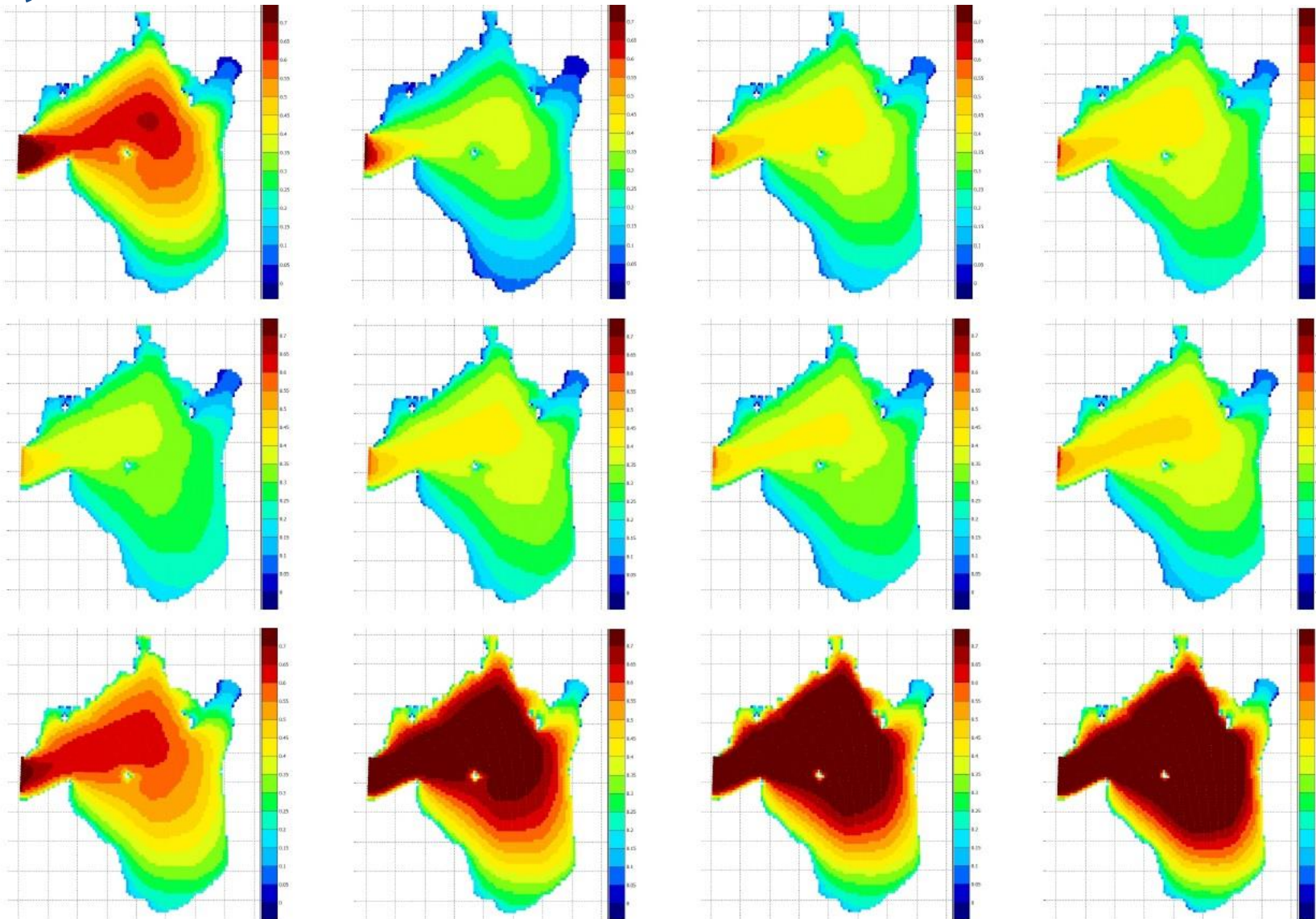
a_{ice} ir ledus koncentrācija, koeficients k_i ir empīrisks:

$$k_i = C_0 f^0 + C_1 f^1 + \dots + C_6 f^6$$



Ledus koncentrācija 1993 gada janvārī
apledojuma sākuma stadijā.

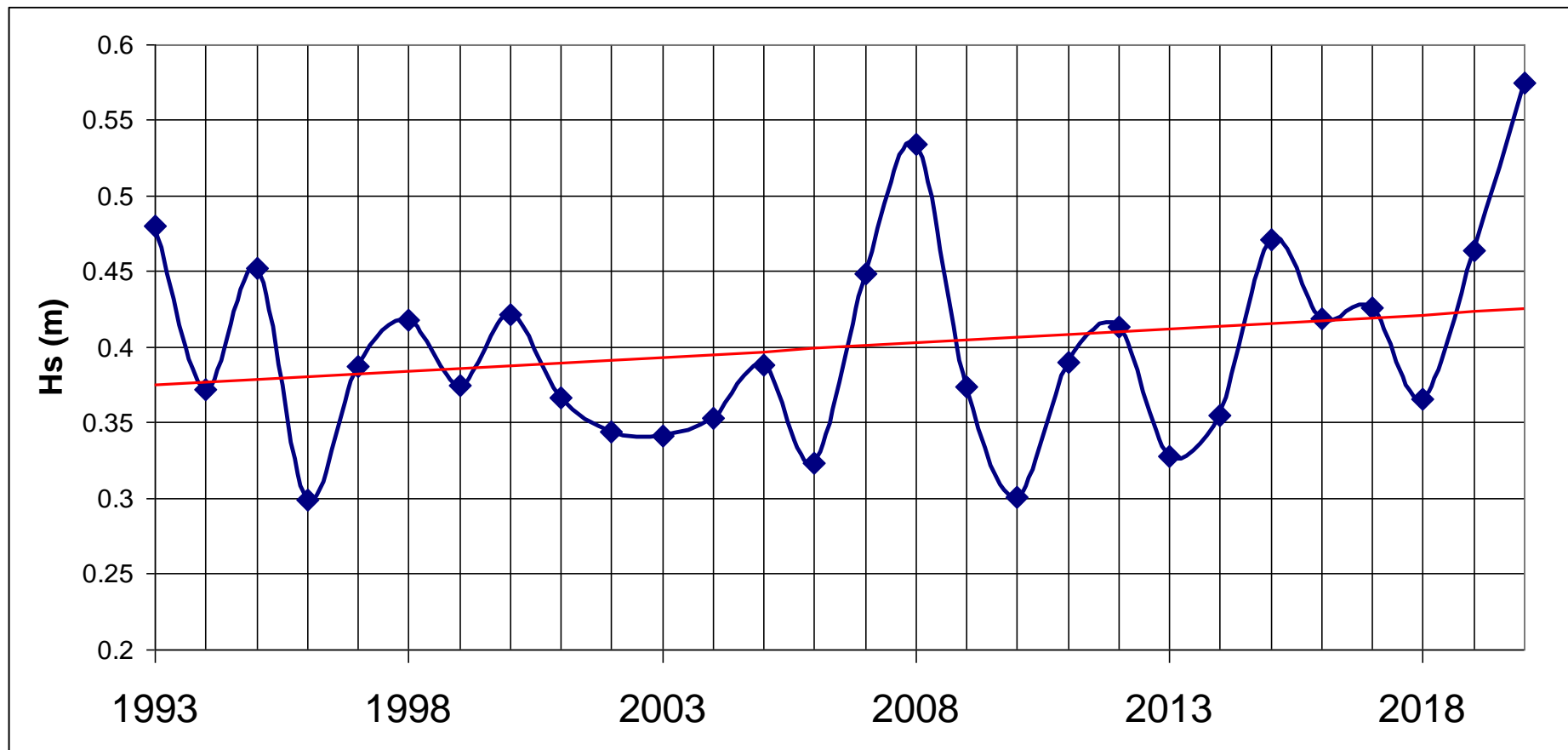
Viļņu augstumu Hs sadalījuma pa mēnešiem



Kopēja tendence ir: mazāks viļņu augstums pavasarī un vasarā, salīdzinot ar ziemu, rudeni.

Ledus veidošanas samazina statistiski vidējo (nozīmīgo) viļņu augstumu jau janvārī, bet februārī tam ir minimums. Neliela ietekme ledum uz viļņu ģenerāciju līcī ir arī martā.

Viļņu augstuma Hs trends



Vērojama vidējā viļņu augstuma pieaugums par 10% 29 gadu laikā.

Galvenais iemesls – ledus pārklājuma samazinājums ziemas mēnešos.

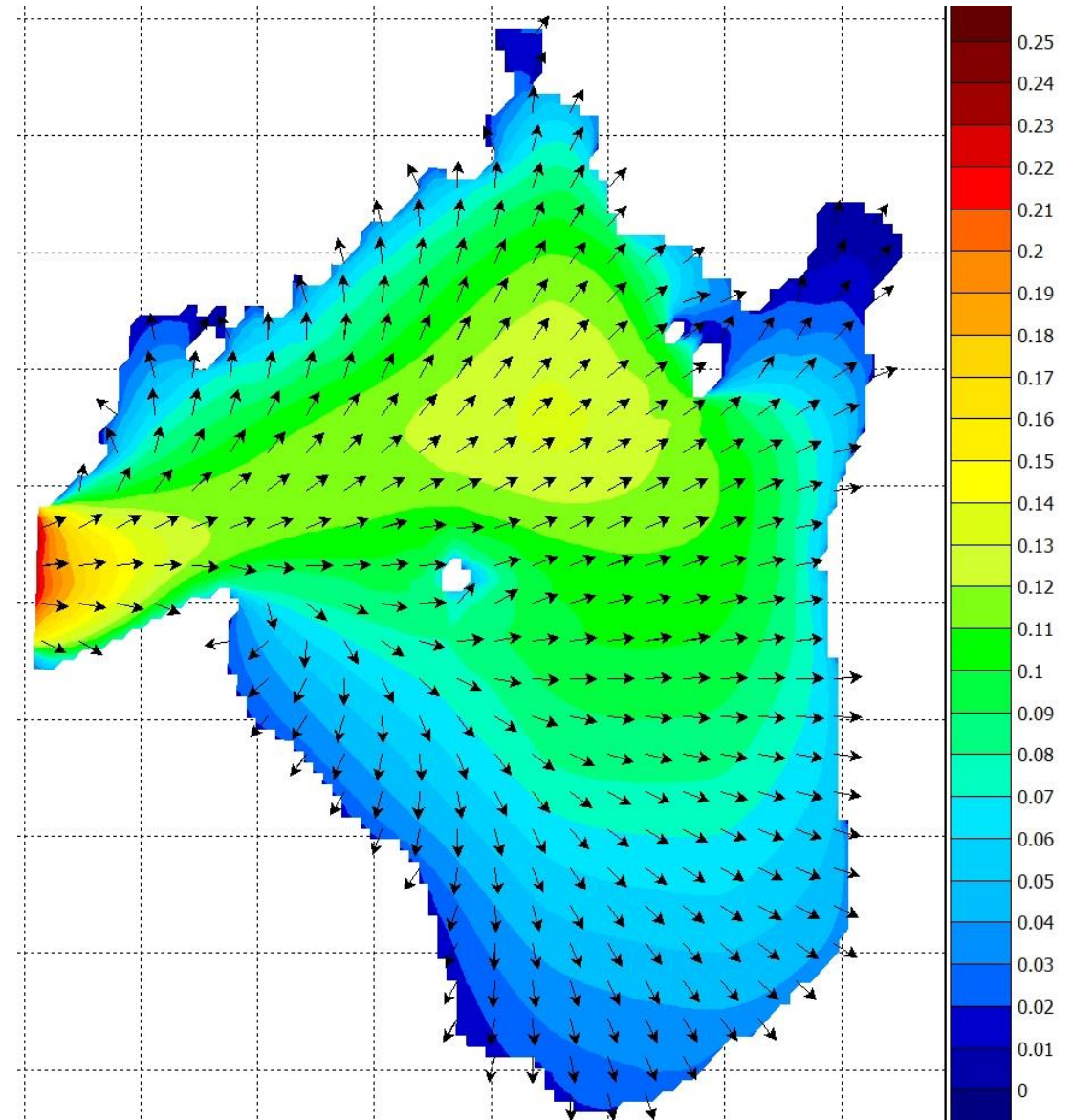
Viļņu enerģijas pārnese

Vidējais viļņu enerģijas plūsma līcī. Ar krāsu skalu attēlota enerģijas pārnese intensitāte (m^3/s), ar bultām pārnese virziens.

Eksistē pozitīva enerģijas plūsma no Baltijas jūras uz līci, kas noved pie ZA virziena vērsta enerģijas plūsmas līča Z daļā.

Ja plūsma no jūras būtu vidēji vienāda ar nulli, vai arī saistība ar jūru būtu mazāka, t.i. šaurāks savienojums, tas plūsmas maksimums būtu tuvāk pie krastiem, bet minimums līča vidū.

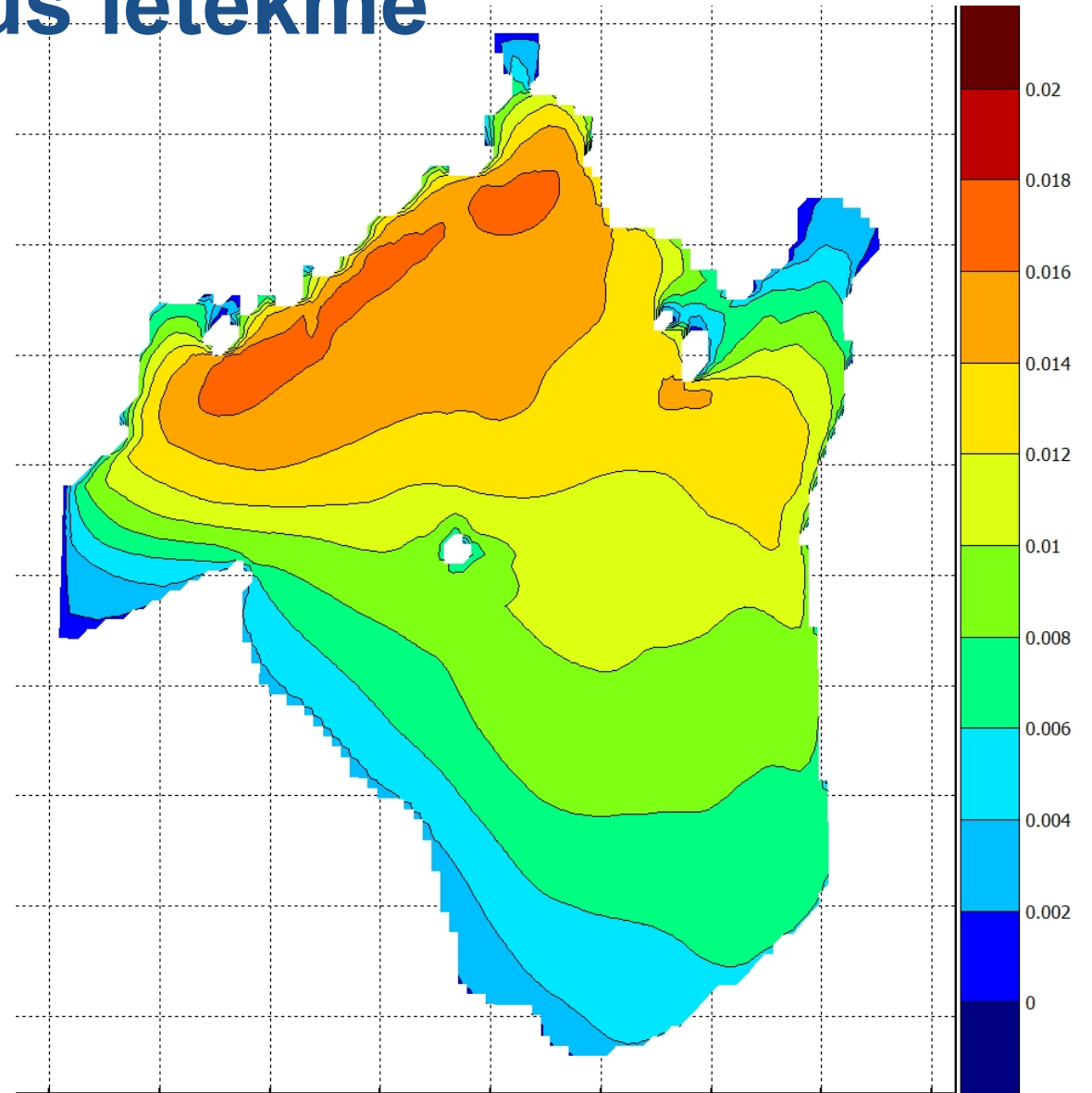
Papildus vērojama lielāka enerģijas plūsma pie austrumu krasta.



Viļņu enerģijas pārnese ledus ietekme

Ledus ne-generēta un aizturētā enerģijas plūsma, salīdzinot ar situāciju kurā ledus netiek ņemts vērā (m^3/s).

Vietām, (Sāremā salas dienvidos) ledus aiztur līdz pat 15% no enerģijas.



Paldies par uzmanību!

