



IEGULDĪJUMS TAVĀ NĀKOTNĒ



LATVIJAS  
UNIVERSITĀTE  
ANNO 1919

ERAF projekts „Atmosfēras modeļproгноžu pēcapstrādes metožu izstrāde”

Vienošanās Nr. 2013/0058/2DP/2.1.1.1.0/13/APIA/VIAA/008

Pēcapstrāžu metožu izpēte dažādiem meteoroloģiskiem parametriem ļoti īsa termiņa, īsa termiņa, vidēja termiņa prognožu gadījumā

---

*Tehniskā atskaite*

## 1. Saturs

2.	Ievads .....	3
3.	Lauksaimniecība .....	5
	Augšanas grādu stundas un lauksaimniecības augu gatavība .....	5
	Teorētiskais apraksts.....	5
	Piemēri .....	5
	Burkāni .....	6
	Zemenes.....	7
	Tālākais darbs pie šīs metodes.....	9
	Metodes pielietojums .....	9
	Augšanas grādu stundas un kaitēkļi.....	10
	Teorētiskais apraksts.....	10
	Piemērs .....	10
	Tālākais darbs pie šīs metodes.....	11
	Metodes pielietojums .....	13
	Slimības attīstības vērtības.....	13
	Teorētiskais apraksts.....	13
	Piemērs .....	13
	Tālākais darbs pie šīs metodes.....	13
	Metodes pielietojums .....	14
4.	Atpūta un veselība .....	14
	Tropiskās nakts prognoze .....	14
	Sajūtamās temperatūras prognoze.....	17
	Faktiskās temperatūras atšķirība no sajūtamās temperatūras.....	24
	Karstuma indeksa prognoze.....	25
	Ledus segas biezums .....	27
	Sniega segas biezums un ledus segas biezums ar sniegu .....	29
	Migrēna .....	32
5.	Migla un meteoroloģiskā redzamība .....	33
	Miglas tipi.....	34
	Siltumstarojuma migla .....	34

Advekcijas migla.....	34
Nokrišņu migla .....	34
Reljefa migla.....	34
Miglas galvenie iemesli .....	35
Apstākļi kas veicina miglas veidošanos.....	35
Neredzamības datu salīdzinājums .....	37
6. Modeļa izvades datu statistika (MIS, <i>Model output statistics</i> ).....	45
MIS un vēja enerģija.....	46
7. Saulaino stundu skaits dienā.....	47
8. Secinājumi.....	48
9. Citētie darbi.....	49

## 2. Ievads

Iedzīvotājus ļoti bieži interesē ne tikai tīrās meteoroloģiskās prognozes, bet arī prognozes pastarpinātiem parametriem, kuri parasti neparādās meteoroloģiskās prognozēs. Tā lauksaimniekus interesē, piemēram: veģetācija, sausuma indekss, kaitēkļu riski, utt. Transporta sistēmas uzturētājus un lietotājus interesē, piemēram: migla, salnas, plūdi, utt. Cilvēku veselību savukārt ietekmē: veģetācija, salnas, saules enerģija, apkures sezonas prognoze, sajūtāmās temperatūras prognoze, saulainība, tropiskās naktis, utt. Kā redzams katrai cilvēku grupai vai nozarei interesē dažādi dabas indikatori vai parametri, kurus var atvasināt no parastās meteoroloģiskās prognozes. Pie tam vairāki indikatori ir svarīgi vairākām nozarēm vai cilvēku grupam vienlaicīgi, piemēram: kaitēkļi un veģetācija var interesēt gan lauksaimniekus, gan par cilvēku veselību domājošas grupas.

Dažādiem indikatoriem nepieciešams izmantot dažādu laiku mērogu prognozes. Piemēram miglas vai sarmas prognozēšanai nepieciešama meteoroloģiskā prognoze ik pa stundām, bet ziedēšanas prognozei nepieciešama ilglaicīga laika attīstības scenārijs, kura var neiekļaut ikstundu prognozes, bet pietiek ar diennakts vidējās, maksimālās vai minimālās meteoroloģisko parametru vērtībām. Kā zināms tad meteoroloģiskās prognozes ir daudz maz ticamas tikai līdz laikam, kas nepārsniedz 10 diennaktis un samērā precīzas prognozes pieejamas tikai sekojošām 2-3 diennaktīm. Tāpēc tādiem ilglaicīgiem parametriem (tā sauktie kumulatīvie parametri) kā veģetācija, kaitēkļi, ledus, u.c. jāņem vērā ievāktie laika prognožu un novērojumu staciju mērījumu vēsturiskā attīstība. Klimatoloģiskās prognozes, kuras balstās uz vēsturisko klimata attīstību, ļauj novērtēt vidējās klimata izmaiņas daudz tālākā nākotnē atbilstoši kādam izvēlētam klimata attīstības scenārijam. Klimatoloģiskās prognozes ļauj iegūt vispārīgās tendences plūdiem, raksturīgam sniega biezumam, utt., bet neļauj iegūt specifiskās vērtības konkrētajam gadam.

Indikatoru prognožu mehānismu nepieciešams pārbaudīt pirms tos var lietot reālām vajadzībām. Tāpēc nepieciešams izmantot vēsturiskās meteoroloģiskās datu kopas kopā ar veikto novērojumu datiem, lai

veiktu salīdzināšanu un izdarītu secinājumus par prognožu ticamību jeb tā saukto verifikāciju. Verifikācijas vispārīgo metožu apskats un rezultātu piemēri doti atskaitē Nr. 1.

Kā parasto meteoroloģisko prognožu datu avotu izmantosim dāņu meteoroloģiskā institūta (DMI) prognožu datus. Šie datus mēs savācam un saglabājam ērtākai lietošanai, izmantojot programmu FIMAR. Bez tam gan aktuālos, gan vēsturisko datus Grib formātā mēs varam iegūt no DMI datu serveriem. DMI prognozi veic ik pa 6 stundām, tātad pieejami dati 6 h, 12 h, 18 h, 24 h, 30 h, 36 h, 42 h, 48 h, 54 h prognozēm. Protams ka meteoroloģiskās prognozes tuvākajām 6 h ir vissprecīzākās un tās tad arī tiek saglabātas vēsturiskajā datu bāzē. Mums pieejamie dati ietver temperatūru virs zemes, vēja ātrumu un virzienu virs zemes un 100 m virs zemes, relatīvo mitrumu, mākoņainību, nokrišņus, u.c.

Bez meteoroloģiskajiem datiem nepieciešami arī nemainīgie lokālie dati: augstums virs jūras līmeņa, sauszeme vai ūdenskrātuve vai upe, upes baseins, augsnes dati dažāds dziļumos, augsnes lietojums, urbanizācijas pakāpe, u.c. Liela daļa no šiem datiem ir pieejami piemēram zemes lietojuma kadastrā. Šie zemes dati ir ļoti svarīgi, piemēram, lai prognozētu miglu, veģētāciju, plūdus, kaitēkļu izplatību.

Interesantākie pielietojumi Latvijā ir saistīti ar veģētācijas augšanu un gatavību, jo balstoties uz vēsturisko klimata attīstību un sekojošām prognozēm var iegūt telpiski detalizētu priekšstatu par lauksaimniecības augu gatavības pakāpi atkarībā no stādīšanas laika. Turklāt laika apstākļu attīstība ļauj prognozēt arī augu ziedēšanas laiku, kas ir ļoti svarīgi piemēram cilvēkiem ar paaugstinātu elpceļu jūtību. Bez parastās temperatūras cilvēku labsajūtai svarīgāka ir arī komforta vai sajūtamā temperatūra, karstuma indekss, tropisko nakšņu esamība, saulaino dienu skaits un citi parametri. Tos tāpat mēs varam iegūt, izejot no reģionālajām klimatiskajām prognozēm. Vēl ir novērots, ka laika apstākļi iet ciešā saiknē ar dažādām slimībām, piemēram migrēnu. Tāpēc svarīgi būtu izpētīt korelācijas starp šiem parametriem. Viens no transporta industrijā svarīgākajiem meteoroloģiskiem parametriem ir meteoroloģiskā redzamība, kura pārsvarā gadījumu netiek iekļauta reģionālajā klimatiskajā modelī. Tāpēc būtu interesanti apskatīt vai mēs varam iegūt redzamības prognozi vai sliktas redzamības risku katrā konkrētā vietā un laikā, izejot no pieejamiem meteoroloģiskiem prognožu parametriem. Jāņem vērā, ka mēs varētu prognozēt redzamību ik pa stundai, kamēr subjektīvie redzamības novērojumi (kas pieejami dažās meteoroloģiskās stacijās) parasti ir tikai dažas reizes diena. Tas ir ļoti būtiski, jo miglas attīstība varbūt stipri mainīgs process. Savukārt makšķerniekiem, slidotājiem, slēpotājiem un iedzīvotājiem pavasara palu riska zonās svarīgs parametrs ir ledus un sniega biezums, kas ir saistīts ar klimata vēsturisko attīstību. Bez tam ir jāsaprot vai reģionālās klimata prognozes dod vidēji pareizus paramaterus katrā konkrētajā vietā. Piemēram, cilvēki kas nodarbojas ar vēja enerģijas izmantošanu gribēs zināt par cik vēja ātruma prognozes var atšķirties no reālā vēja ātruma konkrētajā pozīcijā, kur uzstādīts vēja ģenerators, jo, kā zināms, tad vēja ātrums var stipri mainīties atkarībā no lokālās topogrāfijas, veģētācijas un citiem lielumiem. Visos šos jautājumus apskatīsim sīkāk, lai saprastu vai mēs varam šos jautājumus risināt, izmantojot reģionālo klimatisko modeli un tā datu savākšanu, lai pēc tam attīstītu interesantākos jautājumus līdz reālam meteoroloģiskam produktam. Sākuma stadijā viens no svarīgākajiem aspektiem ir informācijas ievākšana par līdzīgiem produktiem citur pasaulē, produktu testēšana tajā skaitā vēsturisko prognožu analīze un salīdzināšana ar zināmajiem datiem. Salīdzināšanas nolūkiem tiek paralēli attīstītas verifikācijas metodikas, kas dažādiem interesējošiem

parametriem varbūt stipri atšķirīgas. Verifikācijas metodika ir vairāk apskatīta atskaitē Nr. 1. Tas ļaus veikt prognožu uzlabošanu un optimizāciju.

### 3. Lauksaimniecība

Projekta ietvaros tika veikta literatūras izpēte par lauksaimniecībai lietderīgām meteoroloģisko prognožu pēcprārādes metodēm, kā arī šīm metodēm tika veikts pielietojuma testa aprēķins Latvijas teritorijā.

#### Augšanas grādu stundas un lauksaimniecības augu gatavība

Šī metode ir paredzēta, lai, ņemot vērā faktisko gaisa temperatūru pēc auga iestādīšanas vai iesēšanas, noteiktu auga gatavību.

#### Teorētiskais apraksts

Katram augam pēc iestādīšanas vai iesēšanas tiek akumulēts augšanas grādu stundu (AGS) apjoms. AGS summēšana tiek uzsākta ar dienu, kad augs tiek iesēts vai iestādīts. AGS apjoms tiek aprēķināts pēc sekojošām formulām:

$$AGS_{tagad} = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{24} AGS_{ij}$$
$$AGS_{ij} = \frac{\max(0, T_{ij} - T_{base})}{24}$$
$$AGS_{summa} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{24} AGS_{ij}$$

$T_{ij}$  -  $i$ -tās dienas  $j$ -tās stundas faktiskā gaisa temperatūra;

$T_{base}$  – konkrētā auga bāzes temperatūra (minimālā temperatūra, pie kuras augs turpina augšanu);

$AGS_{ij}$  -  $i$ -tās dienas  $j$ -tajā stundā akumulētais AGS apjoms;

$AGS_{tagad}$  – līdz  $k$ -tajai dienai pēc iestādīšanas akumulētais AGS apjoms;

$AGS_{summa}$  – kopējais auga izaugšanai nepieciešamais AGS apjoms;

$n$  - dienu skaits no iesēšanas/iestādīšanas līdz pilnīgai auga izaugšanai.

#### Piemēri

Aprakstītajai metodikai tika veikts testa aprēķins pēc divu augu parametriem – burkāni un zemenes.

## Burkāni

Lai veiktu burkānu augšanas testa aprēķinu bija nepieciešams sākumā iegūt aptuvenu nepieciešamo AGS apjomu. Testa aprēķins tika veikts 2010. - 2012. gada LVĢMC datiem meteostacijā Rīga LU, pēc sekojošiem pieņēmumiem:

- Burkānu bāzes temperatūra ir 4 °C.
- Burkāns izaug 95-100 dienās.
- Burkāns tiek iesēts, ja 5 dienas (120 stundas) pēc kārtas gaisa temperatūra nav bijusi zem -3 °C.

Pēc šiem pieņēmumiem tika iegūts testa apjoms burkāna izaugšanai:

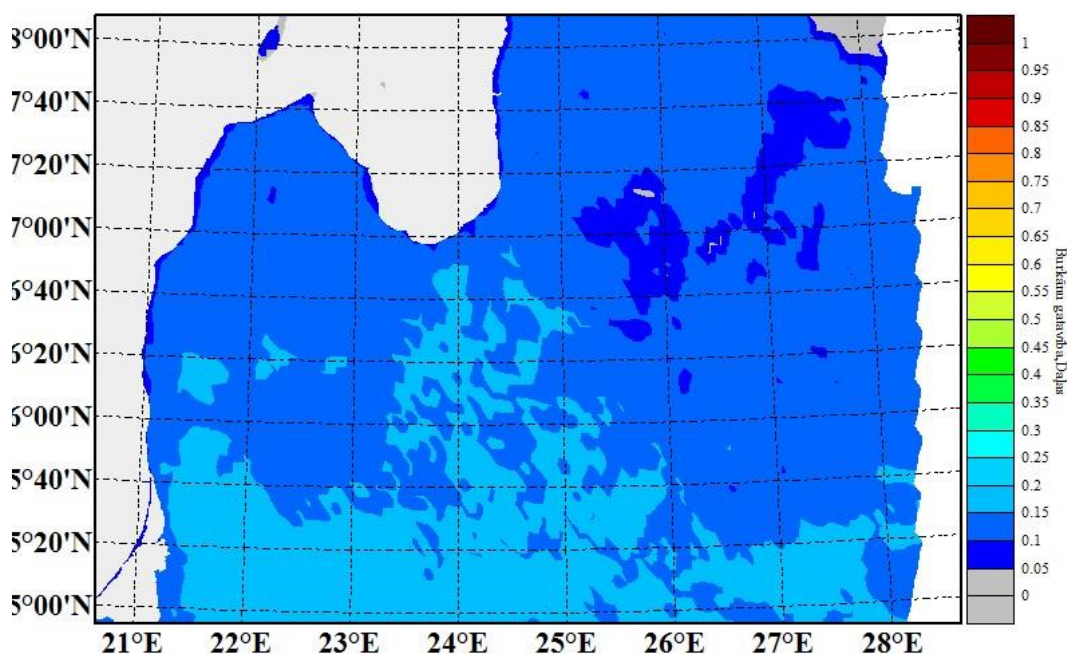
$$AGS_{summa} = 1000$$

Tālāk tika veikts testa aprēķins 2013. gada modeļa datiem, lai apskatītu, kā pēc šiem pieņēmumiem izskatās burkānu attīstība Latvijas teritorijā. Aprēķina rezultāti tika vizualizēti Fimar programmā kā daļa no kopējās burkāna gatavības, tas ir:

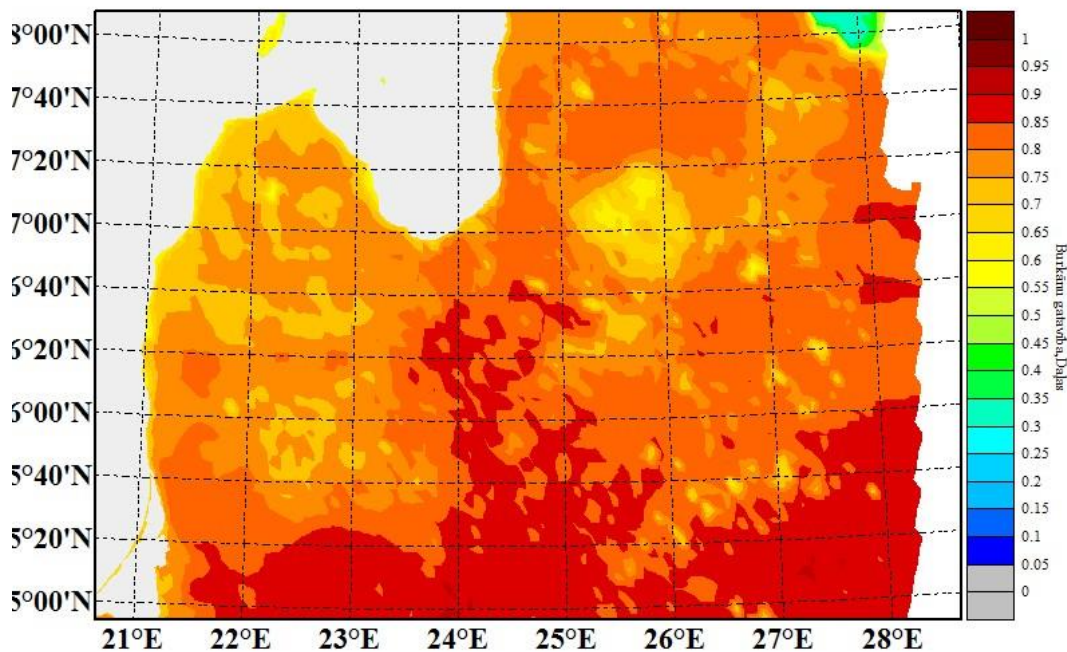
$$BG_i = \frac{AGS_{tagad}}{AGS_{summa}}$$

$BG_i$  – auga gatavība  $i$ -tajā dienā.

Attēlos 3.1 un 3.2 ir redzama burkānu attīstība dažādos datumos.



Attēls 3.1: Burkānu gatavības testa aprēķins, 10.05.2013.



**Attēls 3.2: Burkānu gatavības testa aprēķins, 30.06.2013.**

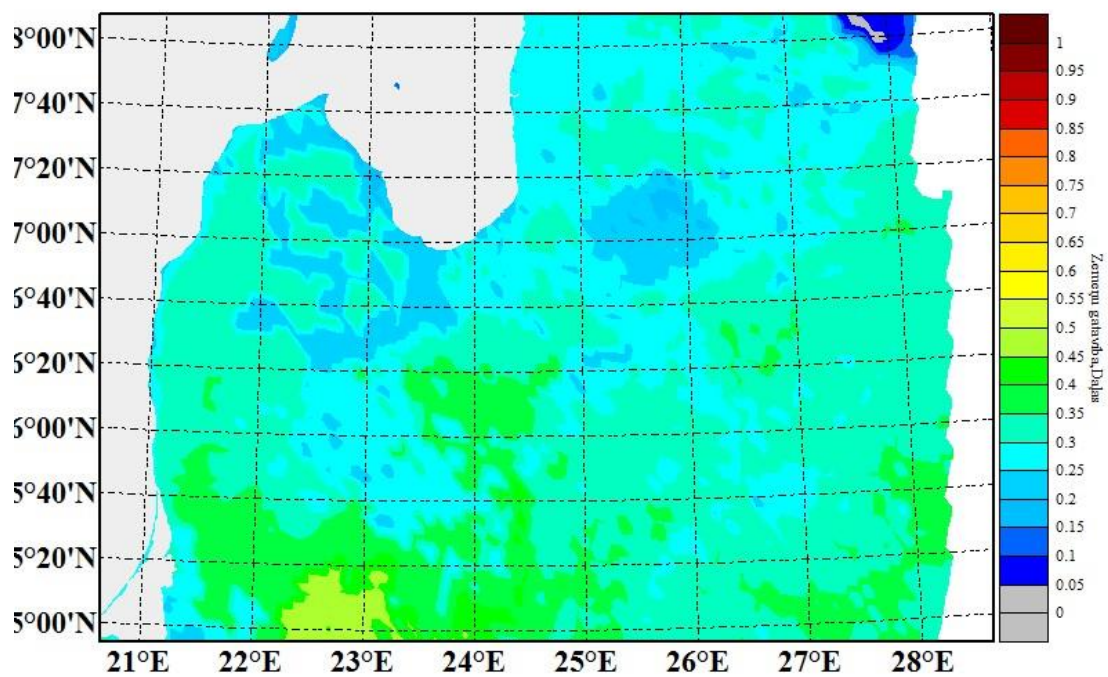
### Zemenes

Testa aprēķins tika veikts līdzīgi kā burkānu gadījumā. Atšķirības pieņēmumos bija sekojošas:

- $T_{base} = 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$
- $AGS_{summa} = 750$
- Zemenes tiek iestādītas, ja 7 dienas (168 stundas) pēc kārtas gaisa temperatūra nav bijusi zem  $0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- Zemenes sāk ziedēt 30 dienas pēc iestādīšanas, sāk dot ogas 60 dienas pēc iestādīšanas un turpina dot ogas 14-21 dienu.

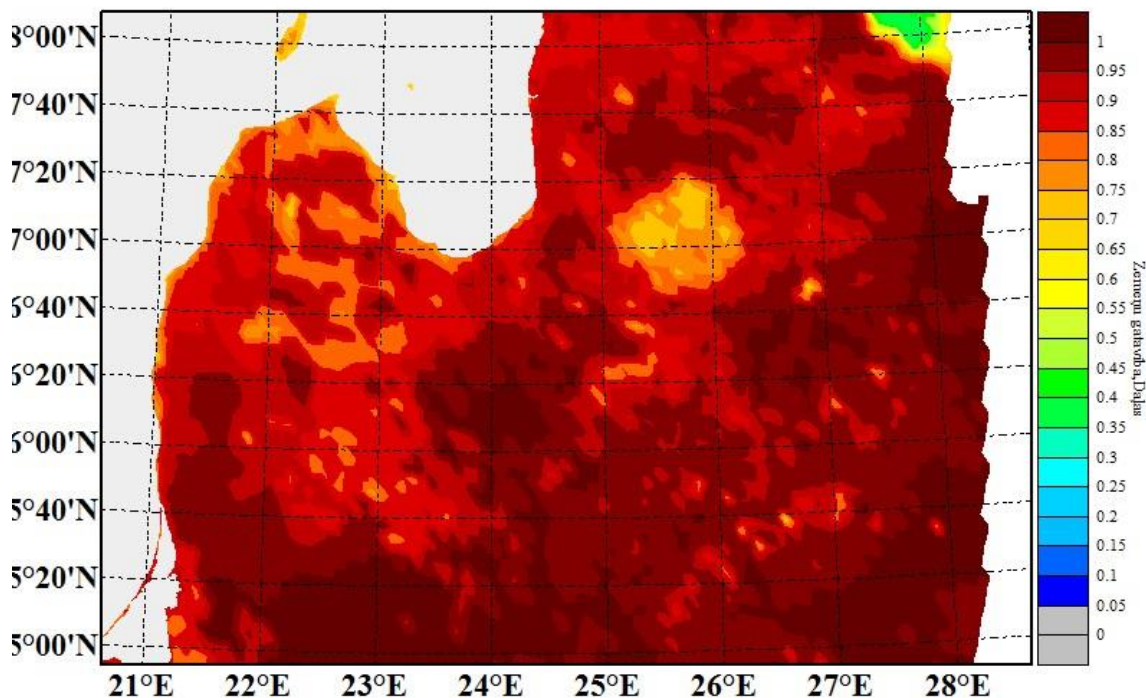
Attēlos 3.3 un 3.4 ir redzama zemeņu gatavība dažādos datumos. Attēls 3.3 attēlo situāciju, ka zemeņu ziedēšana ir sākusies tikai Zemgalē. Savukārt attēls 3.4 parāda situāciju, ka ogu laiks norisinās lielākajā daļā Latvijas. Vienīgi Vidzemes augstienē tas varbūt vēl nav sācies vai ir knapi sācies. Savukārt Zemgales un Latgales dienvidu daļā tas iet uz beigām vai jau ir beidzies.





Attēls 3.3: Zemeņu gatavības testa aprēķins, 28.05.2013.





**Attēls 3.4: Zemeņu gatavības testa aprēķins, 05.07.2013.**

#### Tālākais darbs pie šīs metodes

Līdz šim ir tikai veikta literatūras izpēte šīs metodes pielietojumam un testa aprēķins, kas balstīts uz vairākiem brīvi veiktiem pieņēmumiem. Lai pilnvērtīgi modelētu konkrēta auga attīstību būtu jāveic sekojoši darbi:

- Katram augam (un iespējams auga šķirnei) ir cita bāzes temperatūra, pie kuras notiek tā attīstība. Konkrēta auga modelēšanai būtu nepieciešams aprēķināt šo bāzes temperatūru, bet priekš šāda aprēķina ir nepieciešams pēc iespējas lielāks novērojumu skaits.
- Bāzes temperatūra iespējams ir atkarīga ne tikai no auga, bet arī no tā stadijas (piem. burkāna dīgšanas process un saknes attīstība, zemeņu ziedēšana, ogu ražošana u.tml.).
- Pēc bāzes temperatūras noteikšanas izmantojot šos pasus iepriekš pieminētos novērojumus būtu arī jāveic papildus analīze, lai noteiktu kopējai auga attīstībai nepieciešamo AGS apjomu. Līdzīgi kā bāzes temperatūra iespējams jānodala pa auga stadijām, arī AGS apjoms līdzīgi būtu jāaprēķina katrai auga stadijai.

#### Metodes pielietojums

Vienkāršots šīs metodes pielietojums – kad augam tiek noteikta vien aptuvena vidējā bāzes temperatūra un aptuvenš vidējais kopējais nepieciešamais AGS apjoms iespējams dotu tikai virspusēju pārskatu par

iespējamo auga gatavības laiku. Līdz ar to šāds modelis dotu pārskatu par konkrēta auga produktivitātes sezonām (līdzīgi kā testā apskatītais zemeņu laiks).

Savukārt veicot pilnvērtīgu noteiktas agrikulturnā šķirnes, kurai būtu dots pietiekams skaits vairākgadīgu novērojumu, analīzi, dotu iespēju modelēt, cik tuvu gatavībai augs atrodas kā arī iespējams, cik tuvu augs ir nākamajai attīstības stadijai. Šāda informācija ļautu efektīvāk plānot procesus noteiktā auga apsaimniekošana – kas var ietvert gan novākšanu, gan arī, piemēram, mēslošanu vai pesticīdu izsmidzināšanu.

### Augšanas grādu stundas un kaitēkļi

Šī metode ir paredzēta, lai, ņemot vērā faktisko gaisa temperatūru sākot no noteikta kalendāra datuma (piemēram, 1. marta), noteiktu kaitēkļa dažādu stadiju parādīšanās laiku.

#### Teorētiskais apraksts

Pēc augšanas grādu dienām var noteikt noteiktu augu kaitēkļu dažādu stadiju parādīšanos (piemēram kaitēkļa kāpuri vai lidojoši indivīdi). Atšķirībā no augšanas grādu stundām augu gadījumā, šinī gadījumā AGS akumulēšanas sākums ir fiksēts kalendārs datums, no kura tiek uzsākta AGS akumulēšana. Tas tiek darīts pēc sekojošām formulām:

$$AGS_{summa} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{24} AGS_{ij}$$
$$AGS_{ij} = \frac{\max(0, T_{ij} - T_{base})}{24}$$

$T_{ij}$  -  $i$ -tās dienas  $j$ -tās stundas faktiskā gaisa temperatūra;

$T_{base}$  – konkrētā kaitēkļa bāzes temperatūra (minimālā temperatūra, pie kuras kaitēklis turpina attīstību);

$AGS_{ij}$  -  $i$ -tās dienas  $j$ -tajā stundā akumulētais AGS apjoms;

$AGS_{summa}$  – kopējais AGS apjoms, kas nepieciešams, lai parādītos kaitēklis noteiktajā attīstības stadijā;

$n$  - dienu skaits no noteikta kalendāra datuma līdz parādās kaitēklis noteiktajā attīstības stadijā.

#### Piemērs

Testa aprēķins tika veikts kaitēklim burkānu lapu blusiņa. Burkānu lapu blusiņām gadā attīstās viena paaudze. Maija beigās vai jūnijā izlido pieauguši īpatņi. Savukārt 10 - 15 dienas vēlāk izšķīlas kāpuri.

Veicot aptuvenu testa aprēķinu pēc Valsts Augu Aizsardzības dienesta (VAAD) 2010.-2012. gada novērojumiem tika iegūts, ka, lai kaitēkļi parādītos noteiktajās stadijās, no 1. marta ir jābūt akumulētam sekojošam AGS apjomam:

Pieaugušu īpatņu izlidošana –  $AGS_{summa} = 6480$ ;

Kāpuru parādīšanās –  $AGS_{summa} = 9400$ .

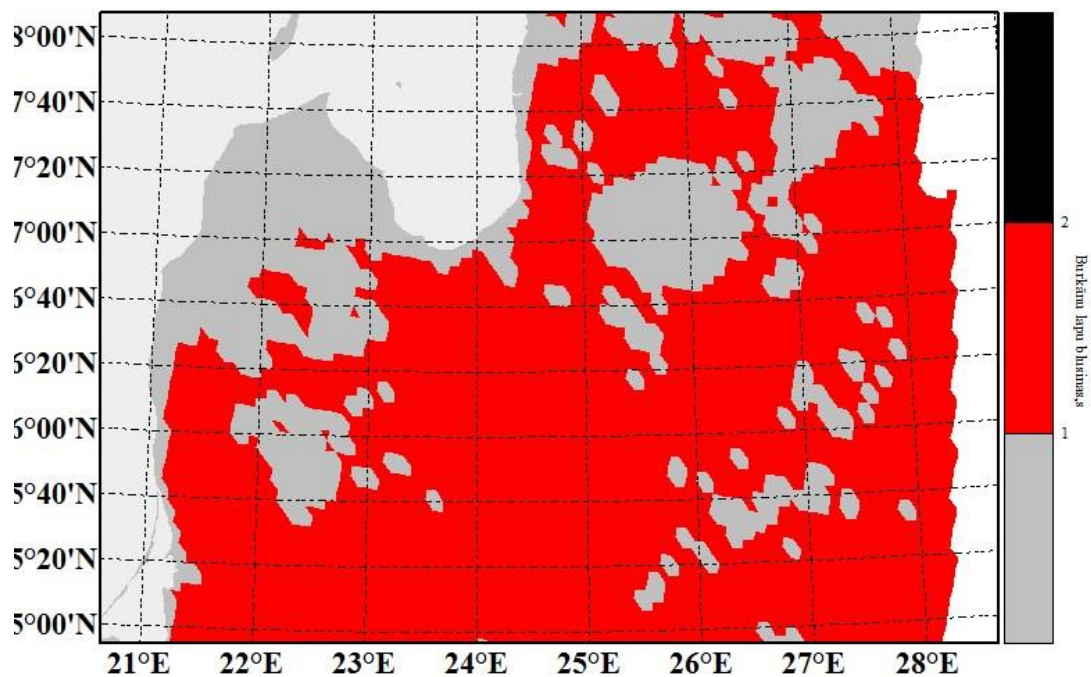
Izmantojot Fimar tika vizualizēts, kuros reģionos noteiktā datumā ir sasniegts atbilstošais AGS apjoms.

Attēlos 3.5 un 3.6 ir redzama burkānu lapu blusīņu attīstība dažādos datumos Latvijas teritorijā. Ar sarkanu ir apzīmētas teritorijās, kurās jau ir sasniegti apstākļi burkānu lapu blusīņu izlidošanai. Savukārt ar melno – teritorijas, kurās jau varētu parādīties burkānu lapu blusīņu kāpuri. Attēlā 3.5 ir redzams piemērs, kā pieaugušie īpatņi ir lielā daļā teritorijas jau izlidojuši pēc ziemas inkubācijas. Savukārt attēlā 3.6 ir redzams kā jau šķiļas kāpuri, kamēr pašā piejūras teritorijā iespējams vēl nemaz nav izlidojušas burkānu lapu blusīņas.

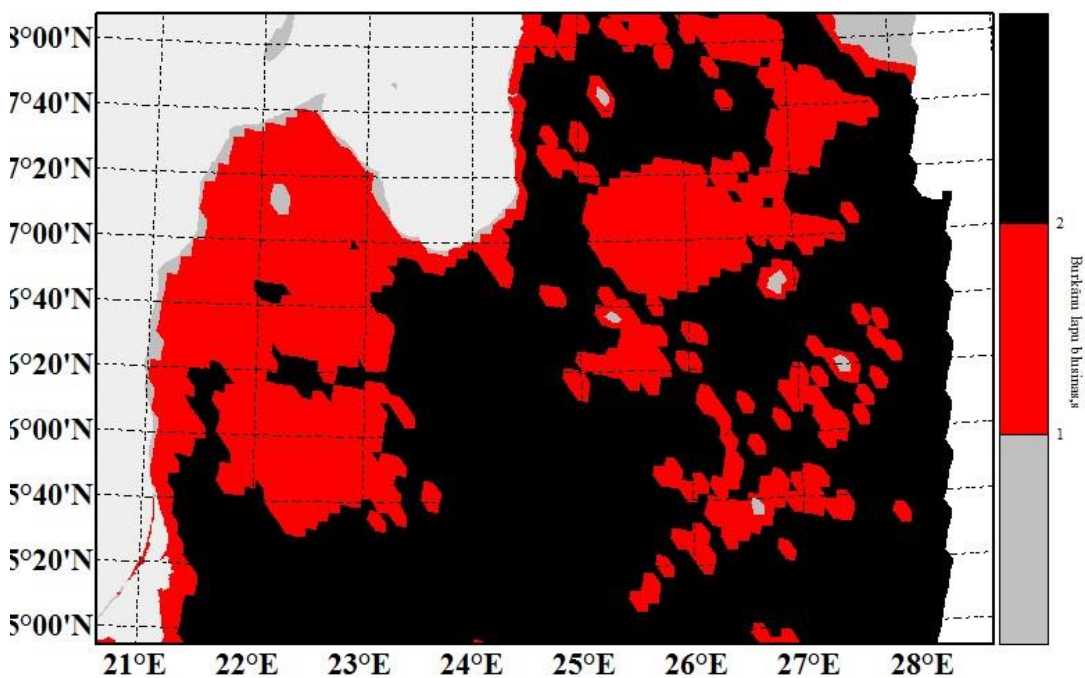
### **Tālākais darbs pie šīs metodes**

Līdz šim ir tikai veikta literatūras izpēte šīs metodes pielietojumam un testa aprēķins, kas balstīts uz vairākiem brīvi veiktiem pieņēmumiem. Lai pilnvērtīgi modelētu konkrēta kaitēkļa attīstību būtu jāveic sekojoši darbi:

- Jāveic bāzes temperatūras aprēķins. Lai to veiktu ir nepieciešams pēc iespējas apjomīgāks novērojumu skaits;
- Jāņem vērā, ka bāzes temperatūra dažādu stadiju attīstībai var būt citāda;
- Jānosaka nepieciešamais AGS apjoms katrai kukaiņa attīstības stadijai;
- Šai metodei netiek ņemta vērā kāds varētu būt kopējais kaitēkļu populācijas izmērs un atbilstoši, cik nopientus bojājumus šis kaitēklis vispār var rādīt. Viens no faktoriem, kas to varētu ietekmēt ir ziemas sali.



Attēls 3.5: Burkānu lapu blusiņas testa aprēķins, 01.06.2013.



Attēls 3.6: Burkānu lapu blusiņas testa aprēķins, 12.06.

## Metodes pielietojums

Iespējas prognozēt kaitēkļu aktivitāti dotu iespējas laiksaimniekiem precīzāk plānot pesticīdu izsmidzināšanu, tādējāni gan ietaupot finansiāli, gan arī radot mazāku kaitējumu apkārtējai videi.

## Slimības attīstības vērtības

Augu lapu plankumainības gadījumā svarīga ir ne tikai gaisa temperatūra, bet arī gaisa mitrums. Lai noteiktu šāda veida augu slimību attīstības riskus tika izmantots indekss, kas saucas Slimības attīstības vērtības (SAV, *Disease severity value*).

## Teorētiskais apraksts

SAV vērtības katrai dienai tiek noteiktas pēc sekojošas tabulas, atbilstoša noteiktās dienas vidējai gaisa temperatūrai un stundu skaitam, kurās gaisa mitrums ir  $\geq 90\%$ :

Vidējā dienas gaisa temperatūra (°C)	Stundu skaits, kurās gaisa mitrums $\geq 90\%$				
	0-6	7-15	16-20	21+	
13-17	0-6	7-15	16-20	21+	
18-20	0-3	4-8	9-15	16-22	23+
21-25	0-2	3-5	6-12	13-20	21+
26-29	0-3	4-8	9-15	16-22	23+
<b>SAV</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>

SAV tiek summēts sākot ar dienu, kad apskatītajam augam parādās pirmā lapa. Atkarībā no slimības ir nepieciešamas akumulēt noteiktu skaitu SAV vienību.

## Piemērs

Tika veikts testa aprēķins burkānu lapu brūnplankumainībai. Testa aprēķina ietvaros tika salīdzināti 2010.-2012. Gada VAAD novērojumi un atbilstošo periodu modelprognozes. Tika iegūts, ka burkānu brūnplankumainība tiek novērota, ja akumulētais SAV apjoms ir vismaz 60.

Attēlā 3.7 ir iekrāsoti reģioni, kuros ir sasniegti apstākļi burkānu lapu brūnplankumainības attīstībai.

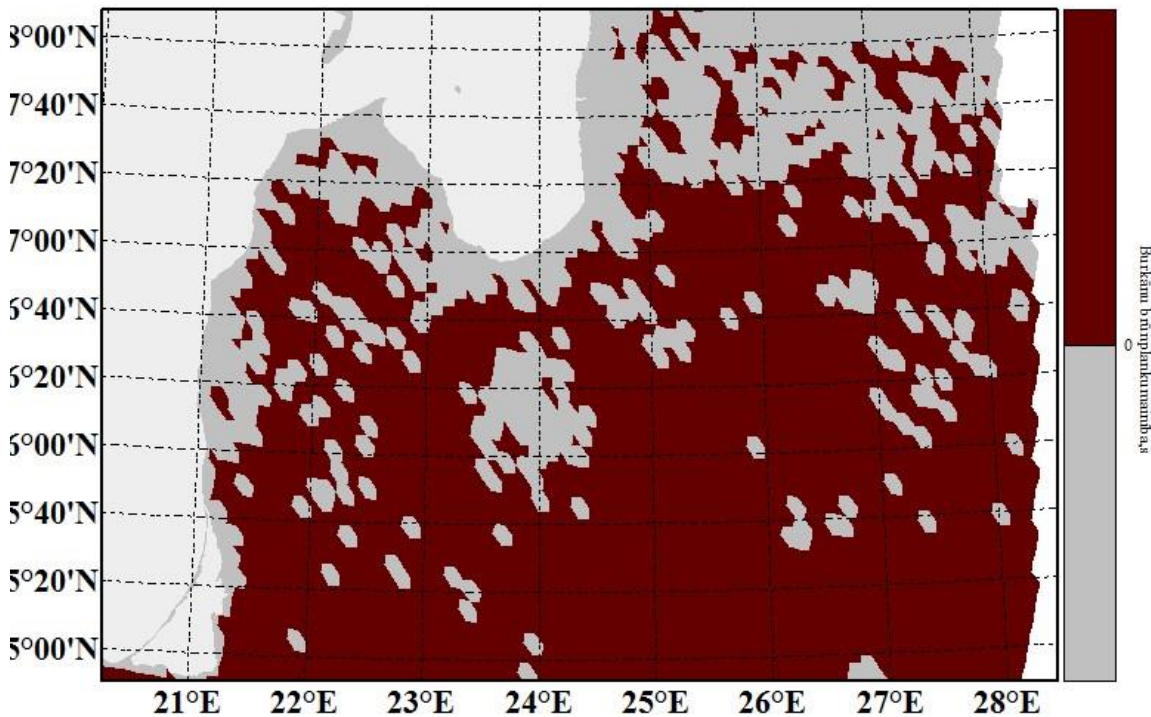
## Tālākais darbs pie šīs metodes

Līdz šim ir tikai veikta literatūras izpēte šīs metodes pielietojumam un testa aprēķins, kas balstīts uz vairākiem brīvi veiktiem pieņēmumiem. Lai pilnvērtīgi modelētu lapu plankumainības attīstību būtu jāveic sekojoši darbi:

- Iepriekš norādītā SAV vērtību tabulai iespējams ir jāveic izmaiņas, lai to precīzāk pielāgotu Latvijas klimatam;



- Stundu skaits, kurās gaisa mitrums  $\geq 90\%$ , apzīmē stundu skaitu, kurā augs lapas ir slapjas. Iespējams Latvijas klimatā arī šo kritēriju ir nepieciešams mainīt, lai precīzāk aprēķinātu lapu plankumainības risku;
- Jāaprēķina SAV apjoms konkrētai kaitei. Priekš šāda aprēķina ir nepieciešams pēc iespējas lielāks skaits lauksaimniecības novērojumu.



**Attēls 3.7: Burkānu lapu blusiņas testa aprēķins, 31.07.2013.**

#### **Metodes pielietojums**

Lapu brūnplankmainības apkarošanai tiek izmantoti fungicīdi. Iespējas prognozēt periodu, kad ir augstāks risks augu plankumainībai, dotu iespējas lauksaimniekiem precīzāk plānot fungicīdu pielietojumu, tādējāni gan ietaupot finansiāli, gan arī radot mazāku kaitējumu apkārtējai videi.

## **4. Atpūta un veselība**

### **Tropiskās nakts prognoze**

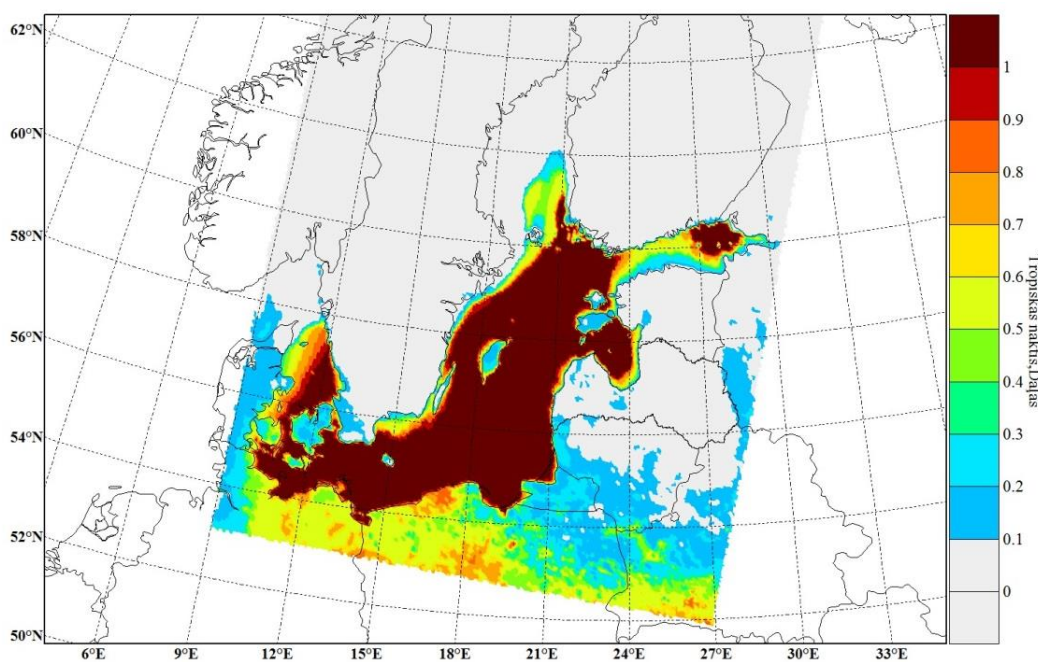
Izmantojot faktiskās ikstundas FIMAR METEO temperatūras prognožu arhīva datus, tika izvirzīts uzdevums – izveidot prognozi no temperatūras tieši atkarīgam integrālam lielumam, kas raksturotu temperatūru naktī. Indikators nosaukts – tropiskā nakts, tā apzīmējums turpmāk tekstā – TN. Praktiska interese par

indikatora vērtībām var būt saistīta ar ražošanas, uzglabāšanas situācijām, kurām būtiski, lai pa nakti iekārtas/telpas kā angāri u.c. metālistas, nesiltinātas konstrukcijas, jumta stāvi paspētu atdzist, lai nodrošinātu termiskā komforta apstākļus nākamās dienas laikā. Tāpat indikators aktuāls arī no cilvēku veselības un atpūtas viedokļa – tas var būt interesants, lai izvairītos vai gluži otrādi – dotos uz vietām, kur paredzētas īpaši siltas vasaras nakts.

TN ierosinātais aprēķināšanas veids: konkrētam datumam

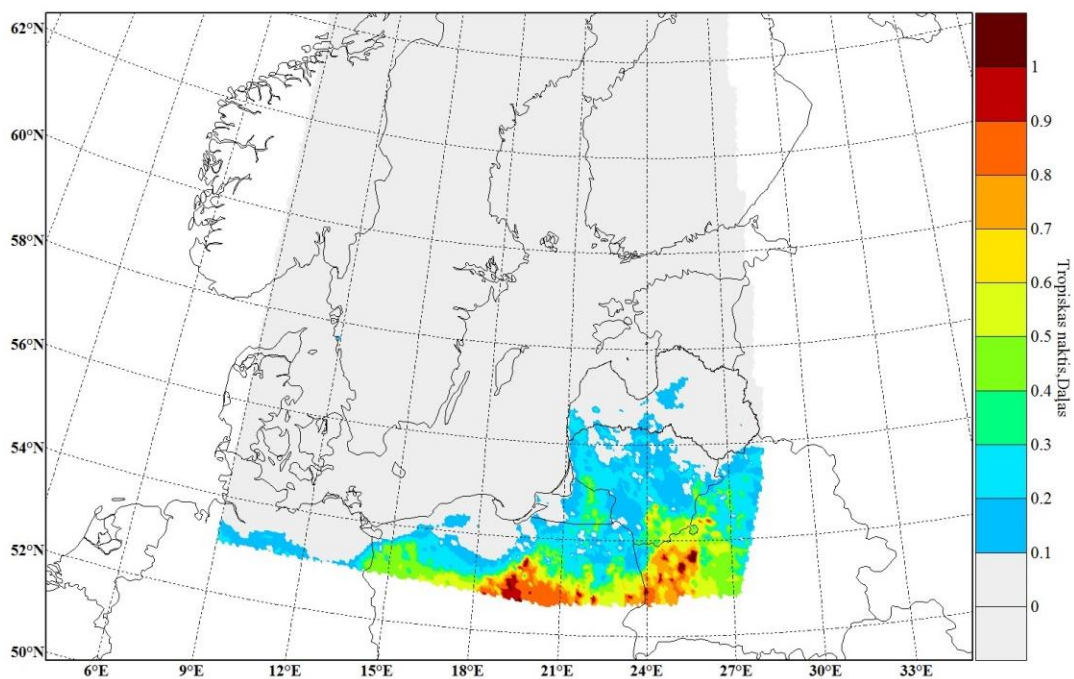
- TN=1, ja faktiskās temperatūras datu arhīvā ikstundas vērtības šī datuma plkst. 22, 23, kā arī nākamā datuma 00, 01, 02, 03, 04, 05, 06, 07 pārsniedz 20 °C;
- TN=0, ja neviena no šīm ikstundas vērtībām nepārsniedz 20 °C;
- TN daļveida, ja daļa no šīm vērtībām pārsniedz 20 °C (proporcionāli stundu skaitam no kopējā, kurās faktiskā temperatūra pārsniedz 20 °C).

Aprēķinā tiek attēlots TN tikai datumiem, kuriem pieejamas vērtības plkst. 22, 23, kā arī tiem sekojošās stundās 00, 01, 02, 03, 04, 05, 06, 07 nākamajā datumā (nepieciešami arhīva dati divos sekojošos datos – vienai pilnai naktij). Ja dati pieejami tikai vienā no datumiem, tad TN netiek rēķināts.

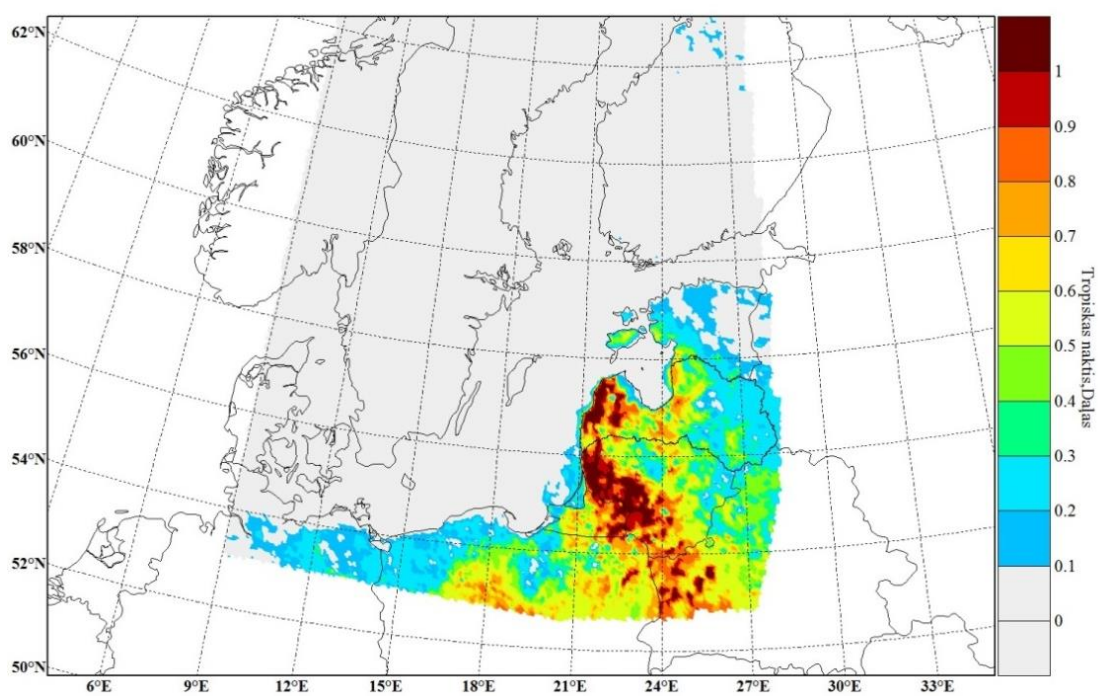


**Attēls 4.1.** No faktisko temperatūras vērtību modeļproгноžu arhīva sagatavots indikatora TN vērtību lauks naktī no 2010. gada 21. jūlija uz 22. jūliju.





(a)



(b)

**Attēls 4.2.** No faktisko temperatūras vērtību modeļproгноžu arhīva sagatavots indikatora TN vērtību lauks naktī no 2012. gada 5. jūlija uz 6. jūliju (a), no 2012. gada 6. jūlija uz 7. jūliju (b).

TN vizualizācija iespējama gan virs sauszemes, gan jūras. Indikatora testēšanai apskatītie 2010. – 2013. gada vasaras periodi ilustrē, ka jūra var būt nozīmīgs karstās dienās saņemtā siltuma akumulators, tādēļ

nereti temperatūra virs jūras mūsu platuma grādos naktis ir augstāka (ar lielāku TN nekā TN virs sauszemes), attēlā 4.1. Tajā pat laikā indikators identificē arī atsevišķus gadījumus, kad karstās gaisa masas pārvietojas virzienā no iekšzemes uz jūras pusi un tropiskai naktij tuva situācija realizējas arī Latvijas iekšzemē, attēlā 4.2ab.

### Sajūtamās temperatūras prognoze

Faktiskā temperatūra, kuru uzrāda novērojumu stacijas nepilnīgi atspoguļo cilvēka temperatūras izjūtu, jo nozīme ir arī apkārtējās vides relatīvam mitrumam, vēja ātrumam, solāram siltuma starojumam u.c. fizikāliem parametriem.

Indikators testēšanai izvēlēts ar mērķi veidot metodiku, lai sniegtu cilvēka sajūtām atbilstošas temperatūras prognozi, kā arī lai gūtu iespēju analizēt – kuri reģioni Latvijā (Baltijā) ir ar būtiski zemākām sajūtamām temperatūrām nekā faktiski novērotā, kuri reģioni – ar augstākām. Arhīva datu iegūšana dod iespēju potenciāli arī izvērtēt atšķirības sezonāli un klimatiski.

Indikators, kura nosaukums sajūtamā temperatūra un saīsinātais apzīmējums HIT izvēlēts tads, kas aktuāls visa gada griezumā, jo ietver gan relatīvā mitruma, gan vēja ātruma ietekmi uz sajūtamā temperatūru.

Aprēķina metodika: sajūtamās temperatūras vērtība tiek aprēķināta, ņemot vērā vēja ātruma ietekmi pie temperatūrām, kas < 20 °C. Pie temperatūrām, kas lielākas par 20 °C tiek aprēķināta relatīvā mitruma ietekme.

Vēja ietekme tiek ievērota šādi:

1) pie temperatūras < 10°C tiek lietotas formulas

$$W = V \cdot 0.001 \cdot 3600 / 1.609$$

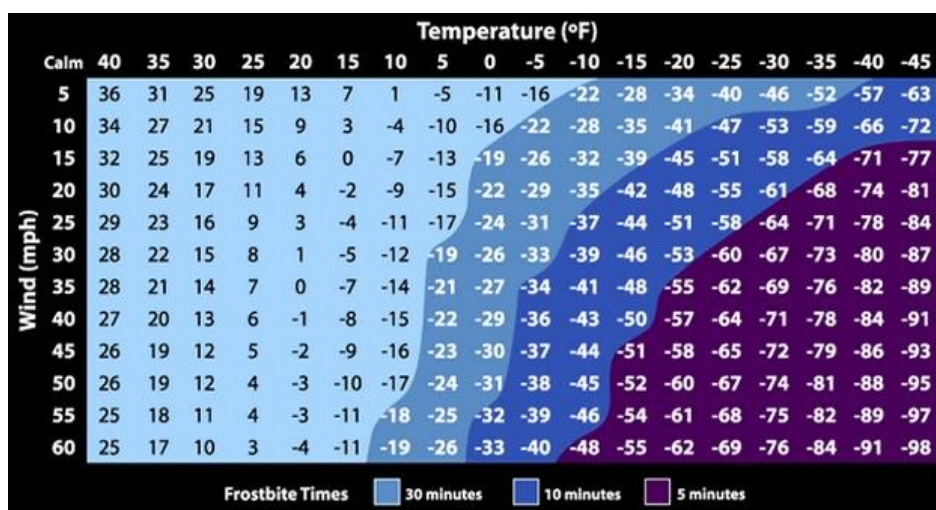
$$HIT = (35.74 + 0.6215 \cdot T - 35.75 \cdot W^{0.16} + 0.4275 \cdot (T \cdot 9 / 5 + 32) \cdot W^{0.16} - 32) \cdot 5 / 9, \text{ kur}$$

HIT – sajūtamā temperatūra (apparent temperature), °C;

W – vēja ātrums, jūdze/stundā;

V – vēja ātrums, m/sekundē;

Saskaņā ar šo formulu iegūta vēja ietekme uz temperatūru attēlota attēlā 4.3.



Attēls 4.3. Vēja ietekme uz temperatūras izjūtu pie zemām temperatūrām. Saskaņā ar datiem ASV Valsts okeanogrāfijas un atmosfēras administrācijas valsts laika apstākļu servisa (*National Oceanographic and Atmospheric Administration's National Weather Service Office of Climate, Water and Weather Services*) interneta vietnē <http://nws.noaa.gov/os/heat/index.shtml>.

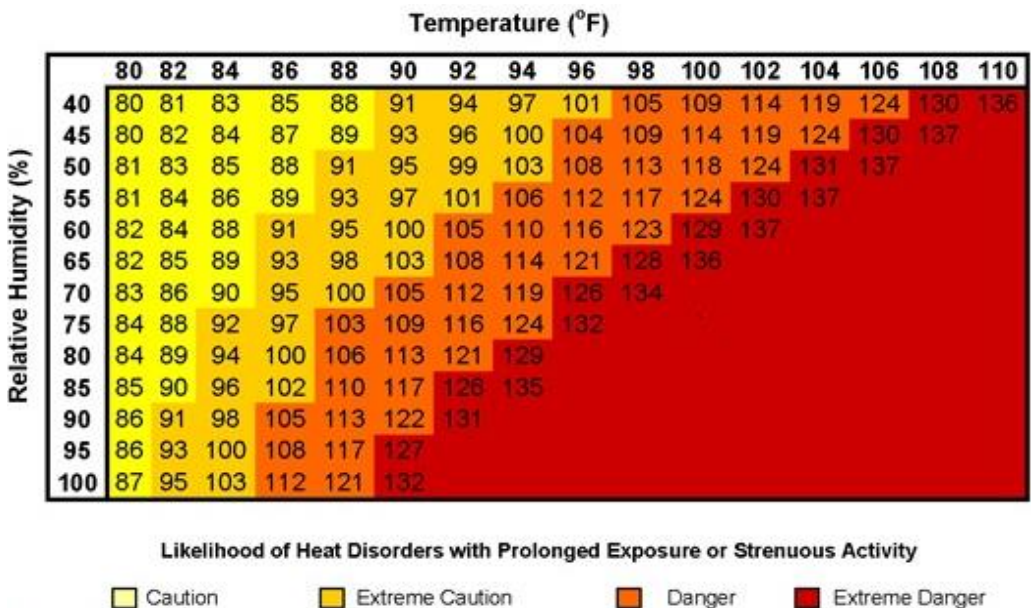






Legend: Red values, apparent temperature above air temperature; blue values, apparent temperature below air temperature

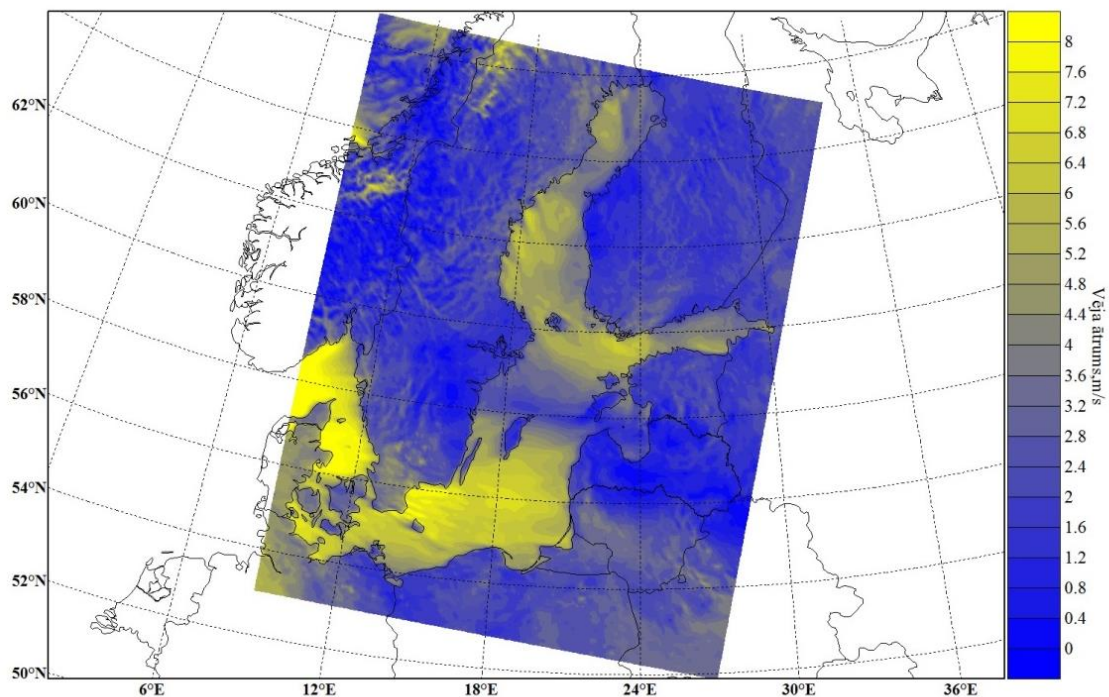
Attēls 4.5. Indikatora aprēķina modelī lietotā relatīvā mitruma ietekme uz sajūamo temperatūru saskaņā ar Steadman, Norms of apparent temperature in Australia, *Aust. Met. Mag.* 43 (1994), 1-16. Datu avots - Austrālijas Valdības Meteoroloģijas biroja interneta vietne [http://www.bom.gov.au/info/thermal\\_stress/](http://www.bom.gov.au/info/thermal_stress/).



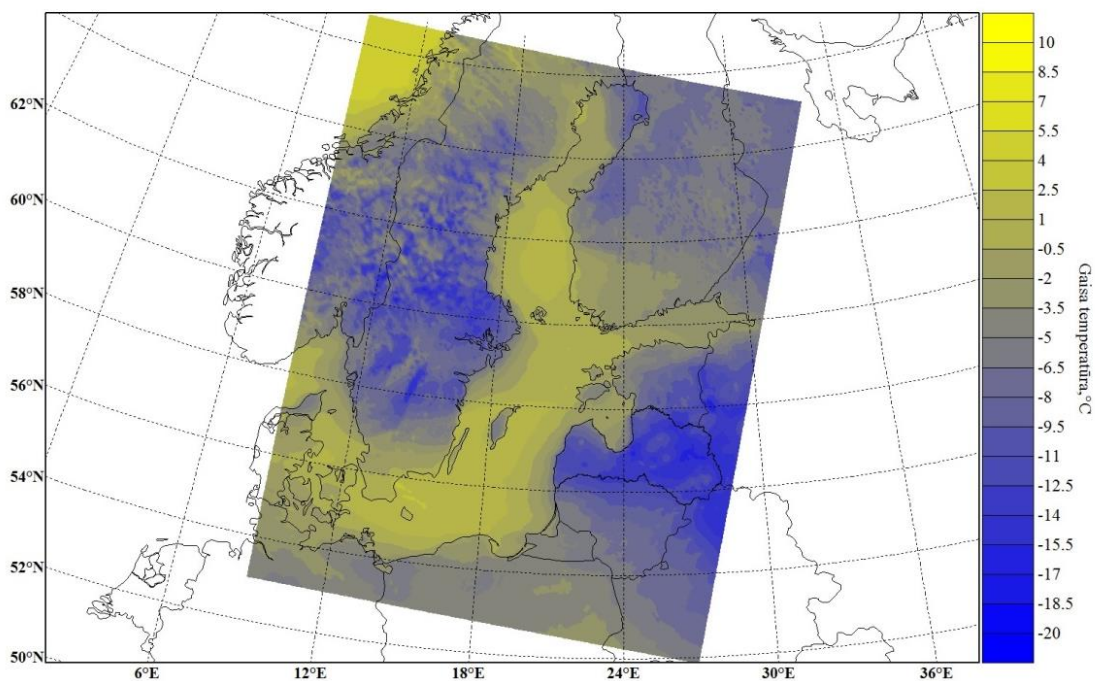
Attēls 4.6. Relatīvā mitruma ietekme uz sajūamo temperatūru pie augstām temperatūrām un augsta vai vidēji augsta relatīvā mitruma saskaņā ar NOAA National Weather Service datiem.

Indikatora vērtību lauka piemērs redzams attēls 4.7. Tajā redzama ziemai raksturīga situācija, kurā sajūamo temperatūru būtiski var ietekmēt vēja ātrums. Attēlā 4.7a redzams, ka Latvijas teritorijas lielākā daļā konkrētā laika posmā ir ļoti mazs vēja ātrums, bet lielākais vēja ātrums ir virs Baltijas jūras – izņemot dažus apgabalus ap Gotlandes, Sāremā salām, kur tas ir mazāks (ap 1-3 m/s) – vēja ātrums ir tuvs 6-8 m/s.

Analizējot tikai temperatūras datus – attēlā 4.7b – Baltijas jūras temperatūra ap Gotlandes un Sāremā salām izskatās salīdzinoši līdzīga ar situāciju pārējā jūras daļā. Savukārt sajūtamās temperatūras aina, kas attēlota attēlā 4.7c uzskatāmi rāda, ka apgabalos ar lielāku vēja ātrumu sajūtamā temperatūra ir zemāka nekā apgabalos ar mazu vēja ātrumu.

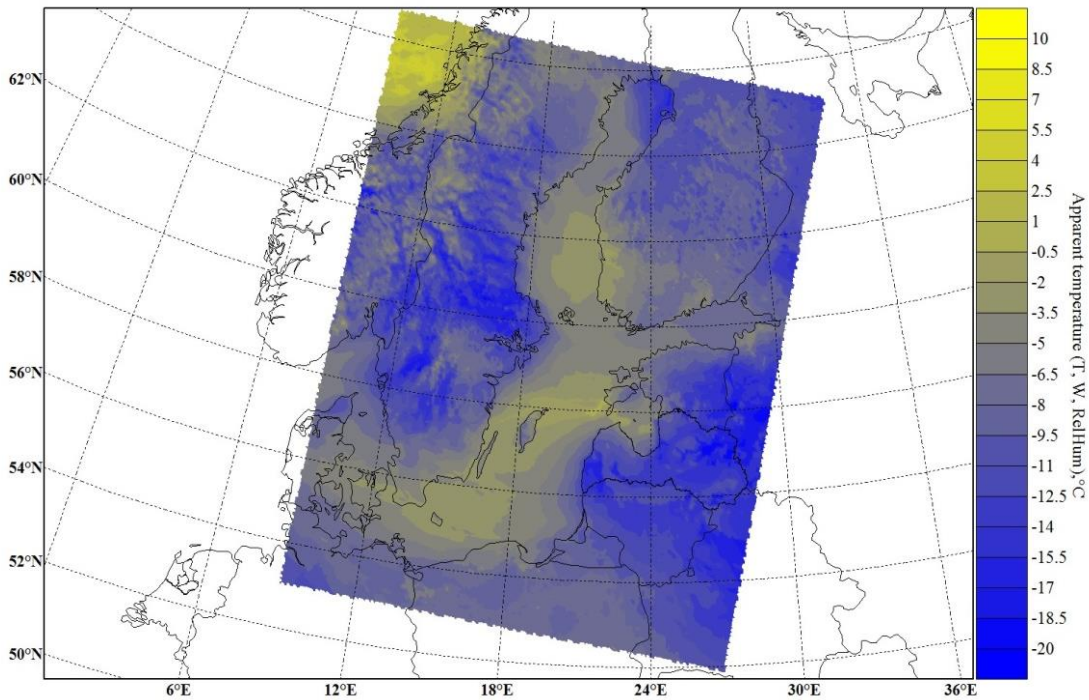


(a)



(b)

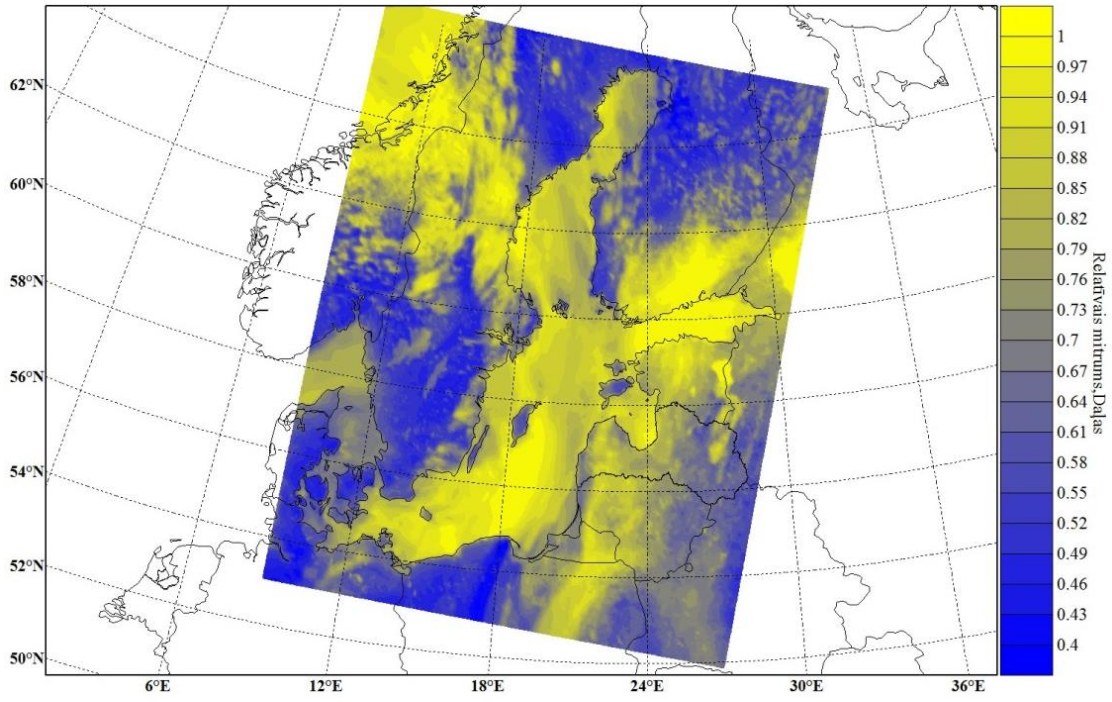




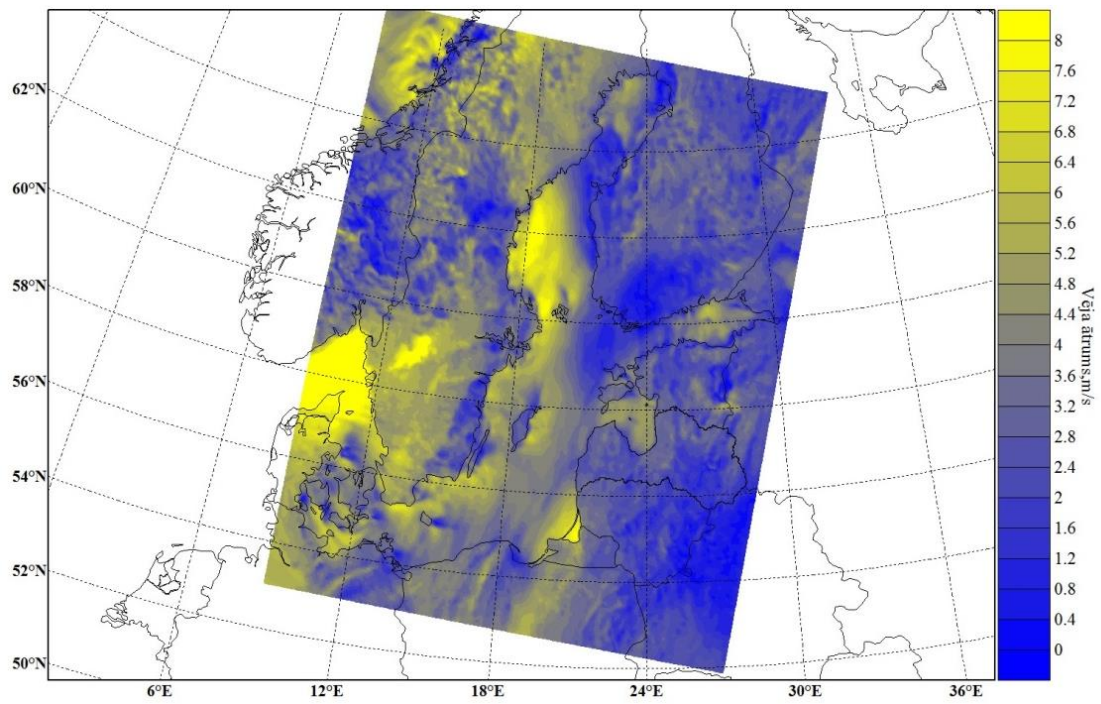
(c)

**Attēls 4.7. Modeļaprēķinu arhīva FIMAR METEO 2010. gada 12. janvāra plkst. 21 (stundas vidējās vērtības) dati: vēja ātrums (a), gaisa temperatūra (b), atbilstošā aprēķināta indikatora sajūtāmā temperatūra vērtību lauks (c).**

Vasaras periodā virs sauszemes temperatūra bieži pārsniedz 20 °C tādējādi būtiska ietekme uz sajūtamo temperatūru ir relatīvam mitrumam – sajūtāmā temperatūra sagaidāma augstāka par faktisko. Tajā pašā laikā virs jūras, kā arī augstienēs temperatūra ir zemāka un gadījumā, ja vienlaikus ir vējaini apstākļi – sajūtāmā temperatūra ir mazāka par faktisko. Vasarai raksturīga situācija parādīt attēlā 4.8. Salīdzinot attēlus 4.8c un 4.8d redzams, ka apgabalos, kur vienlaikus ir silts un paaugstināts mitrums (piemēram, Latvijas austrumu daļā – sajūtāmā temperatūra ir augstāka nekā faktiskā, savukārt apgabalos, kur vienlaikus ir vēss un vējains – piemēram, Baltijas jūras Botnijas līča rietumu daļā – sajūtāmā temperatūra ir zemāka nekā faktiskā.

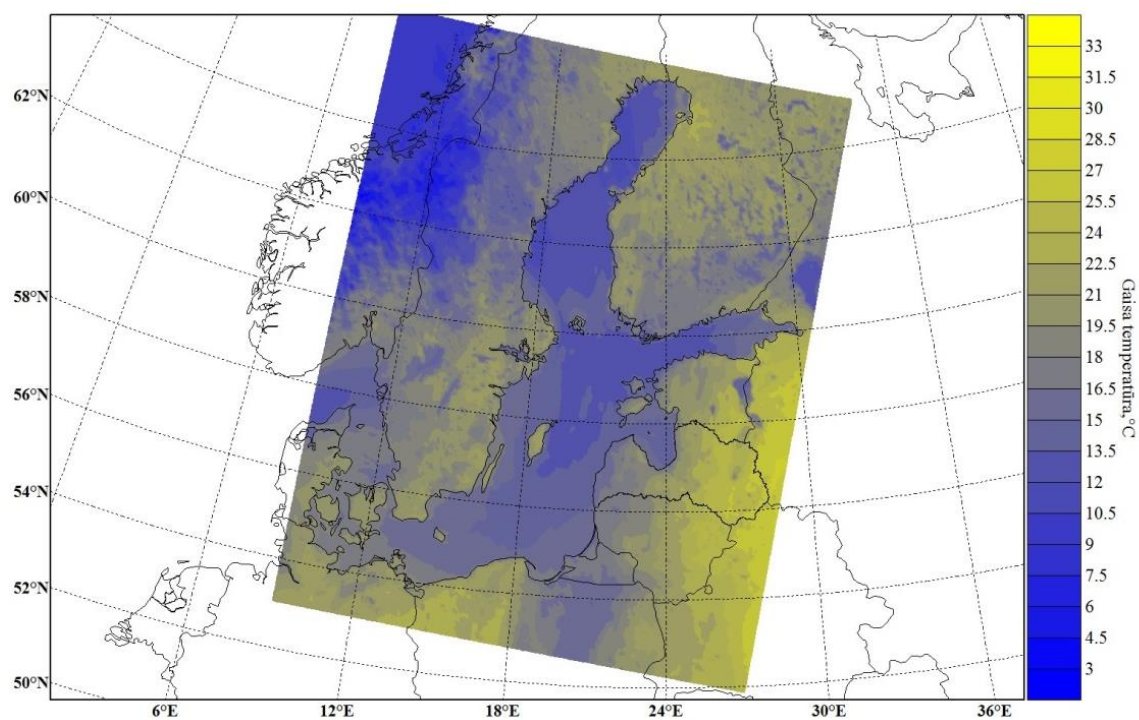


(a)

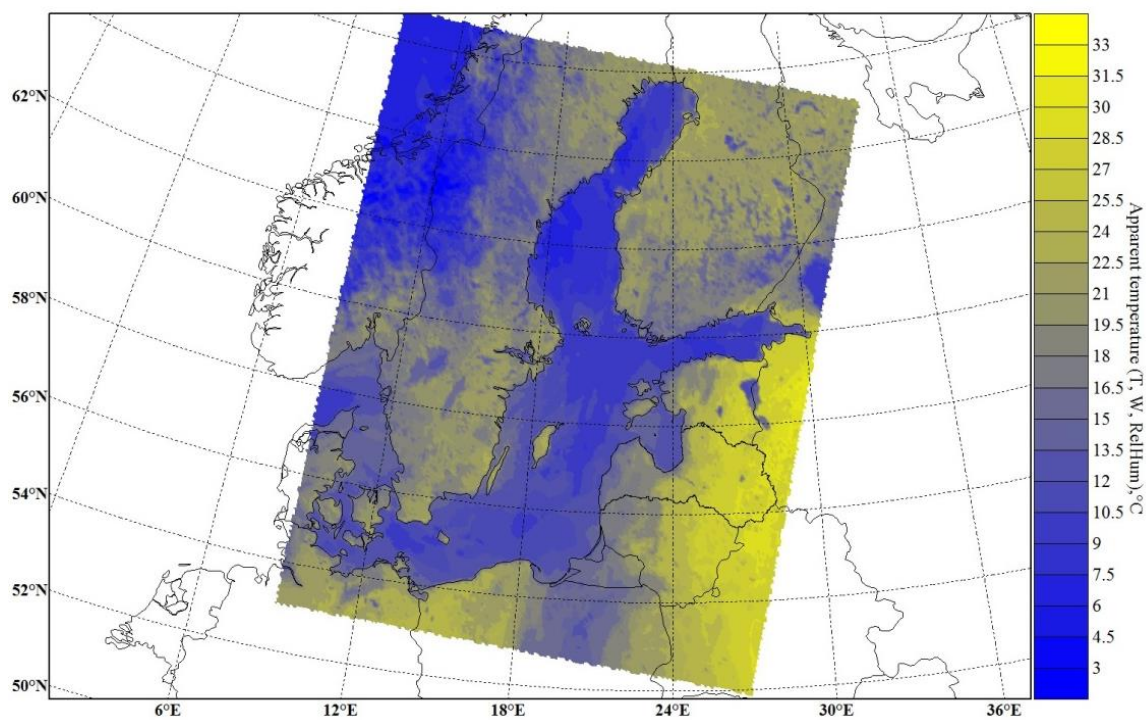


(b)





(c)



(d)

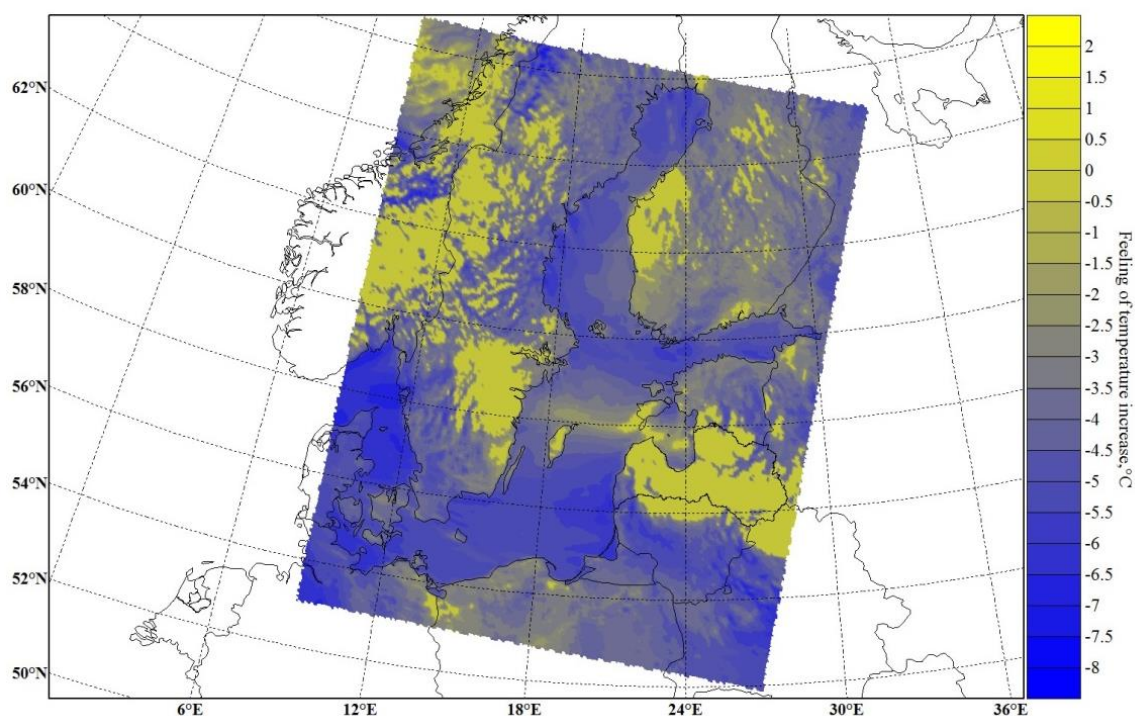
**Att. 4.8. Modelaprēķinu arhīva FIMAR METEO 2010. gada 25. jūnija plkst. 17 (stundas vidējās vērtības) dati: relatīvais mitrums (a), vēja ātrums (b), gaisa temperatūra (c), atbilstošā aprēķināta indikatora sajūtamā temperatūra vērtību lauks (d).**

### Faktiskās temperatūras atšķirība no sajūtamās temperatūras

Lai sniegtu uzskatāmāku priekšstatu par sajūtamās un faktiskās temperatūras atšķirībām, izvēlēts no tām tieši atvasināms parametrs – faktiskās un sajūtamās temperatūras atšķirība, kurš parāda par cik °C sajūtamā temperatūra ir lielāka nekā faktiskā vidējā ikstundas temperatūra.

Iespējamās vērtības: < 0, ja sajūtamā temperatūra zemāka nekā faktiskā, > 0, ja sajūtamā temperatūra augstāka nekā faktiskā, 0, ja sajūtamā temperatūra sakrīt ar faktisko.

Attēlā 4.7 atbilstošai situācijai sajūtamās un faktiskās temperatūras atšķirība attēlota attēlā 4.9. Redzams, ka lielākā daļā Latvijas teritorijas sajūtamā par 2 grādi augstāka temperatūra nekā esošā. Turpretim lielākā daļā Lietuvas un Igaunijas un it īpaši virs Baltijas jūras izņemot atsevišķus apgabalus salu apkārtnē – sajūtamā temperatūra ir par vairākiem grādiem zemāka.



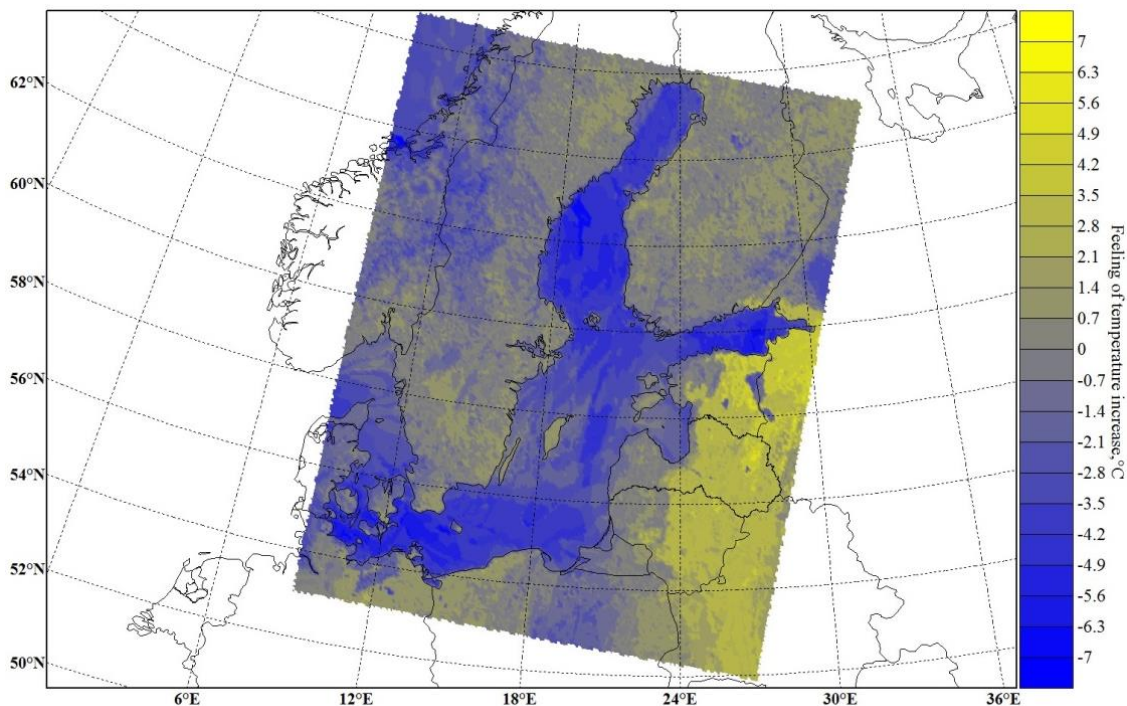
**Attēls 4.9. Modeļaprēķinu arhīva FIMAR METEO 2010. gada 12. janvāra plkst. 21 aprēķināta indikatora faktiskās un sajūtamās temperatūras atšķirība vērtību lauks.**

Attēlam 4.8 atbilstošai situācijai sajūtamās un faktiskās temperatūras atšķirība attēlota attēlā 4.10. Redzams, ka pat pie vidēji augsta relatīvā mitruma, kas Latvijas austrumdaļā konkrētā laika momenta ir ap 60% un Latvijas vasaras apstākļiem raksturīgas temperatūras 24 °C – sajūtamā temperatūra ir par 4-5°C

augstāka

nekā

faktiskā.



Attēls 4.10. Modeļaprēķinu arhīva FIMAR METEO 2010. gada 25. jūnija plkst. 17 aprēķināta indikatora faktiskās un sajūtamās temperatūras atšķirība vērtību lauks.

### Karstuma indeksa prognoze

Sajūtamās temperatūras paaugstināšanās virs noteikta līmeņa ir viens no riskiem cilvēku veselībai. Lai brīdinātu par šādu risku un, izmantojot arhīva datus arī analizētu riska iespējamību Latvijas apstākļos, daudzviet pasaulē tiek veidotas karstuma riska līmeņa prognozes.

Par karstuma riskiem brīdinoša indikatora – karstuma indekss (saīsinātais apzīmējums *HI*) aprēķinam par pamatu izmantotas saskaņā ar iepriekš aprakstīto metodiku aprēķinātās sajūtamās temperatūras *HIT* vērtības.

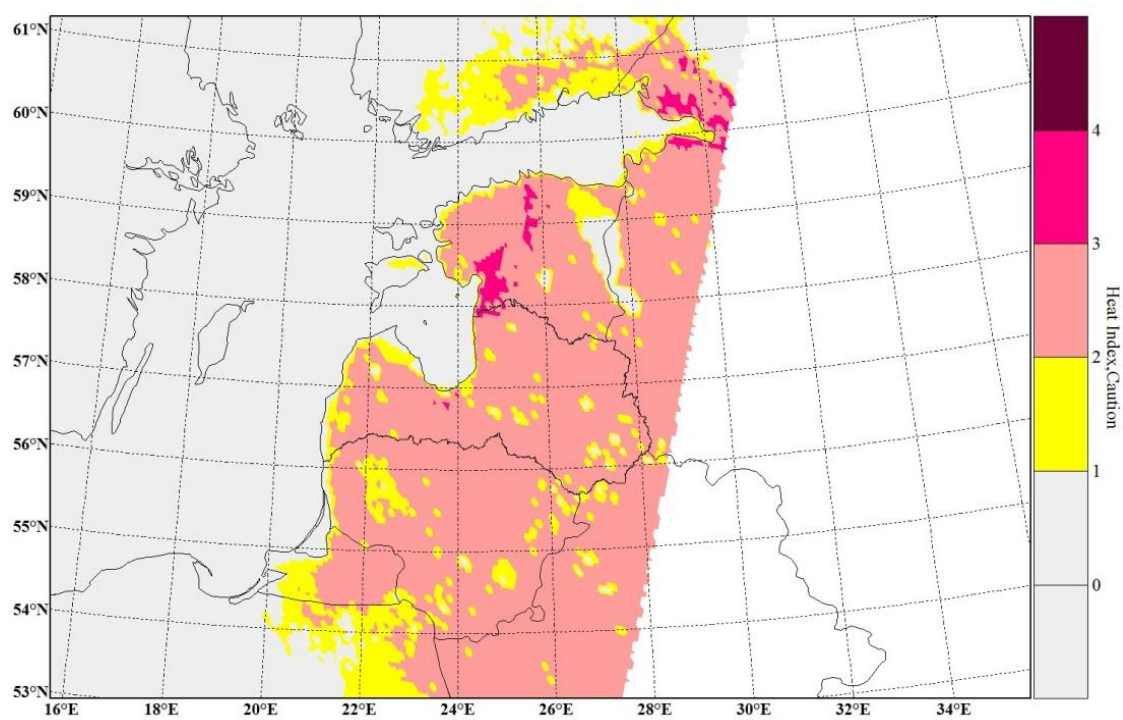
Ja relatīvais mitrums <40% vai faktiskā ikstundas temperatūra < 26.67 °C, tad  $HI = 0$ .  $HI > 0$  gadījumos, ja sajūtamās temperatūras vērtība iekļaujas attēlā 4.6 parādītā diapazonā.

Ja relatīvais mitrums  $\geq 40\%$  vai faktiskā ikstundas temperatūra  $\geq 26.67$  °C, tad

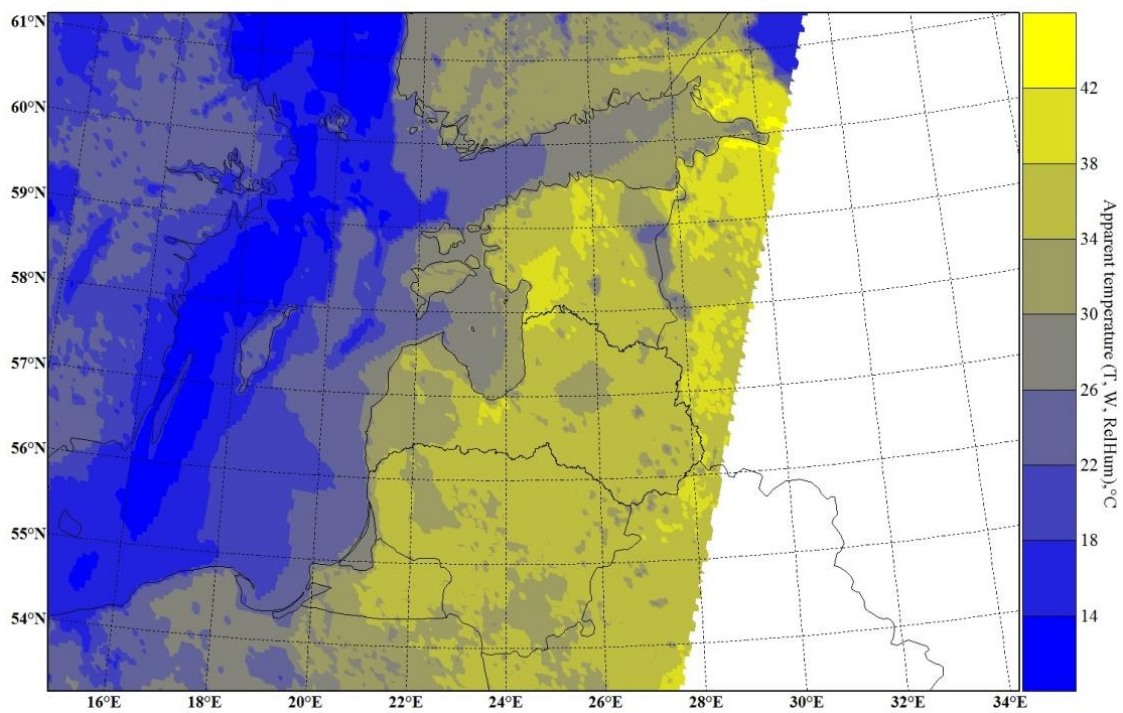
- $HI = 1$ , ja  $HIT < 91$  °F jeb gadījumos, kas attēlā 4.6 apzīmēti ar „Caution”;
- $HI = 2$ , ja  $91$  °F <  $HIT \leq 103$  °F jeb gadījumos, kas attēlā 4.6 apzīmēti ar „Extreme Caution”;
- $HI = 3$ , ja  $103$  °F <  $HIT < 126$  °F jeb gadījumos, kas attēlā 4.6 apzīmēti ar „Danger”;
- $HI = 4$ , ja  $HIT \geq 126$  °F jeb gadījumos, kas attēlā 4.6 apzīmēti ar „Extreme Danger” (Fimar iekļautā apgabalā ļoti mazvarbūtīgs).

Brīdinoša indikatora – karstuma indekss aprēķinu piemērs 2010. gada vasaras sezonai parādīts attēlā 4.11. Tajā redzams, ka augusta mēnesī ir bijusi situācija, kurā karstuma indekss atsevišķās vietās Latvijas teritorijā (aprēķinos izmantojot ikstundas temperatūras un relatīvā mitruma arhīva datu vērtības) sasniedzis 3, kas liecina par augstu karstuma izraisītu risku veselībai iespējamību. Atbilstošā sajūtamā temperatūra parādīta attēlā 4.12 – dažviet Latvijā, Igaunijā un Krievijā tā pārsniegusi 40 °C.





Attēls 4.11. Karstuma indeksa vērtības 2010. gada 7. augustā plkst. 16.



Attēls 4.12. Sajūtamās temperatūras vērtības 2010. gada 7. augustā plkst. 16.

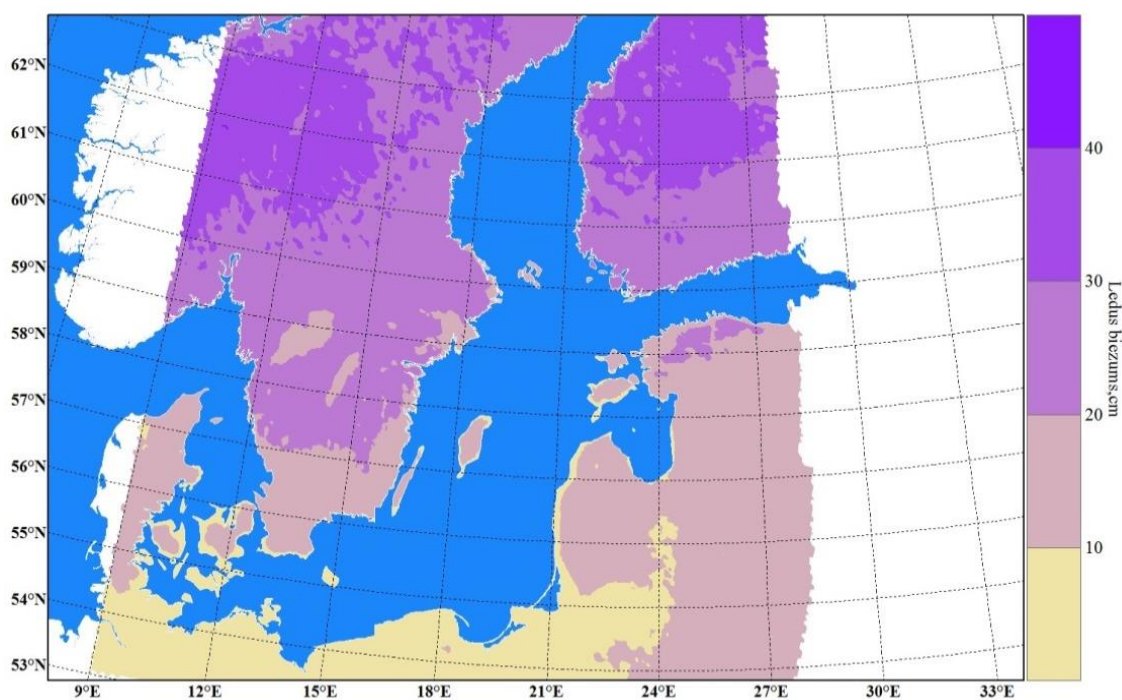
## Ledus segas biezums

Ierosinātais ledus biezuma ( $LB$ ) aprēķināšanas veids, kas ir piemērots veids ledus biezuma pieauguma aprakstam ezeros, neņemot vērā sniega segas ietekmi:

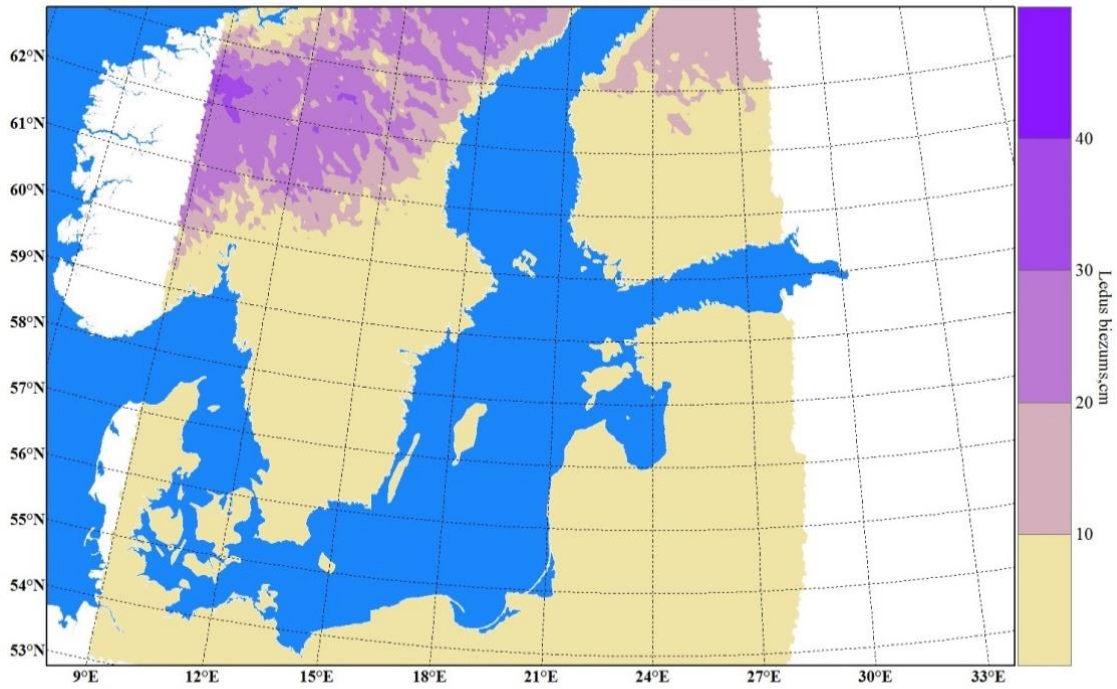
$$LB = 3.5 * \sqrt{\text{sum}(GDD)},$$

kur  $GDD$  – diennakts negatīvo grādu dienu summa (rēķināta pret 0 °C).

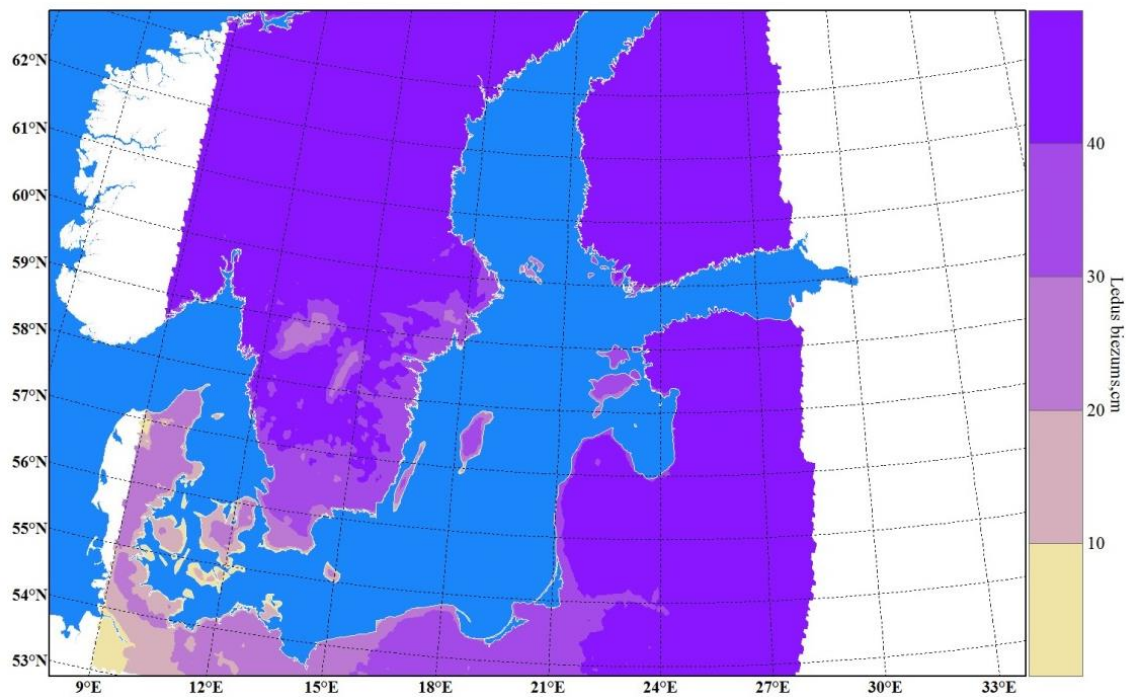
Šāds ledus biezuma pieaugums kā iespējams tuvinājums aprakstīts [George D. Ashton, River and Lake Ice Engineering (1986)].



(a)



(b)



(c)

Attēls 4.13. Potenciālais ledus biezums ezeros (neņemot vērā sniega segas ietekmi) 2012. gadā: 6. novembris (a), 17. novembris (b), 24. novembris (c). Ar zilu – Baltijas jūra, kuram konkrētais ledus modelis nav piemērojams, ar baltu – apgabals, kurā nav pieejami prognozes arhīva dati.



Ledus biezums tiek rēķināts, sākot ar brīdi, kad  $GDD > 0$  līdz brīdim, kad  $\text{sum}(GDD) < 0$ . Tiek ņemts vērā, ka vienas ziemas laikā iespējami vairāki ledus izveidošanās notikumi. Laikā starp tiem ir periods, kurā ledus ezeros nav. Ledus biezuma pieaugums un samazināšanās attēlota attēlā 4.13. – kur redzams, ka 6. novembrī izveidojusies ledus sega 17. novembrī nokususī savukārt 24. novembrī izveidojusies atkārtoti. Kā intuitīvi sagaidāms – ledus segas biezums arī, izmantojot šo vienkāršo modeli, mazāks prognozēts piejūras apgabalos, tas ir mazāks Dānijā, Polijas ziemeļos nekā Somijā, Igaunijā, Zviedrijas centrālā daļā.

## Sniega segas biezums un ledus segas biezums ar sniegu

Tā kā parametrs  $LB$  parādīja, ka līdz ar sniega segas veidošanos – nav laba aproksimācija ledus biezumam, jo izveido  $> 50$  cm ledus biezumu dienas/dažu dienu laikā, kā arī to saglabā būtiskā LV teritorijas daļā vēl maijā utt., tad tiek veidots papildus indikators  $ICE$  (Ledus biezums ar sniegu) un  $SB$  (Sniega biezums).

Ledus biezuma modelis, ievērojot sniega segu ir literatūrā daudz analizēts un joprojām līdz galam neatrisināts jautājums, jo sniega siltuma vadīšanas īpašības ļoti plašā diapazonā mainās atkarībā no tā vai tas ir smalks un tiko sniedzis sniegs aukstā laikā vai mitrs graudains utt. Savukārt nokrišņu veids un sniega segas formēšanās ziemā ir atkarīgs arī no reljefa, apauguma, kas nav vienkārši iekļaujams modelī, tādēļ kā pirmā pieeja tika izvēlēta empīriskā modeļa veidošana, piemeklējot koeficientus. Pirmie modeļa rezultāti tika veidoti, izmantojot turpmākās sakarības. Tajā pat laikā, veicot testa salīdzinājumus ar novērojumiem tika secināts, ka nepieciešama padziļināta problēmas analīze un fizikāla sniega veidošanas un ledus veidošanās modeļa izveide, kas tiks apskatīta turpmākā projekta gaitā.

Sniega biezuma  $SB[i]$  cm aprēķinā izmantotas ikstundas nokrišņu  $prec[i]$  mm un ikstundas temperatūras  $T[i]$  °C laikrindas no FIMAR arhīva:

$$SB[i] = SB[i] + A*0.1*prec[i], \text{ ja } T[i] \leq 0;$$

$$SB[i] = \max(0, SB[i] - (B + C*prec[i])*T[i]), \text{ ja } T[i] > 0;$$

Pašlaik testa aprēķini veikti ar vairākām parametru kopām, attēlos 4.13 – 4.14 atbilst rezultātiem ar  $A = 6$  ( $\text{cm mm}^{-1}$ ),  $B = 0.1$  ( $\text{cm } ^\circ\text{C}^{-1}$ ),  $C = 0.3$  ( $\text{cm mm}^{-1} ^\circ\text{C}^{-1}$ ), kas atbilst „ļoti lēni kūstoša sniega situācijai”. Jāveic tālāks darbs pie modeļa attīstīšanas un precizitātes izvērtēšanas un paaugstināšanas, kas ir nākamo aktivitāšu uzdevums.

Ledus biezuma  $ICE[i]$  cm aprēķinā testa variantā izmantots korigēts grādu dienu  $GD[i]$  aprēķins, kurš ievēro to, ka sniega biezumam pieaugot,  $GD$  aug lēnāk nekā  $T[i]$ , kā arī  $GD[i]$  pie temperatūras  $> 0$  samazinās straujāk nekā  $T[i]$ :

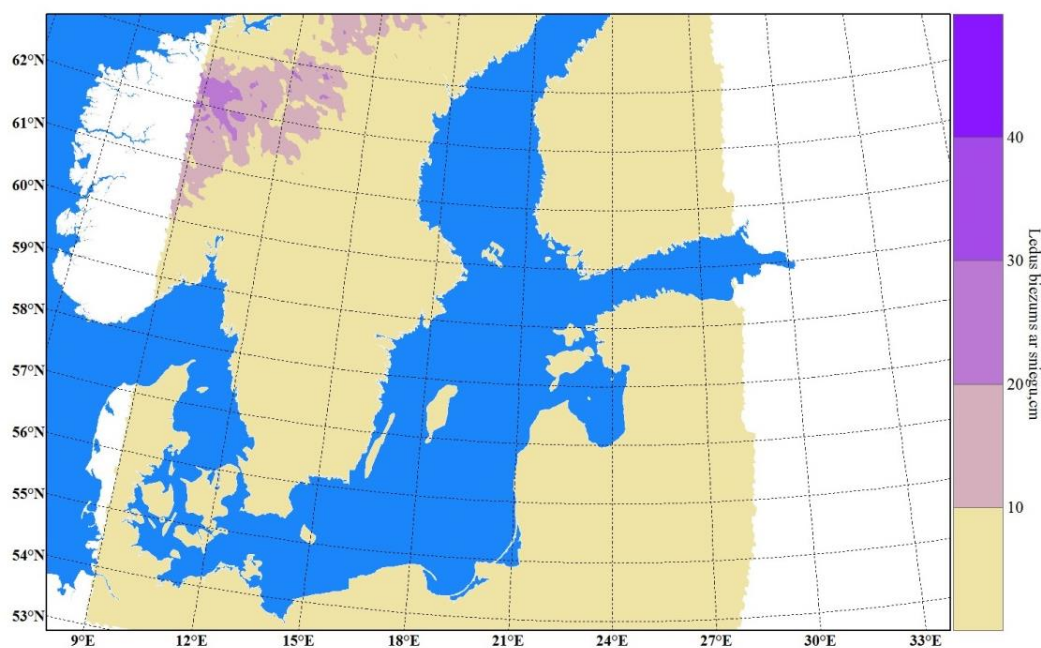
$$GD[i] = \min(0, GD[i] + \min(0.8, 3/(\sqrt{SB[i]+0.1})) * T[i]/24), \text{ ja } T[i] \leq 0;$$

$$GD[i] = \min(0, GD[i] + 1.3 * T[i]/24), \text{ ja } T[i] > 0,$$

no kura savukārt tiek aprēķināts

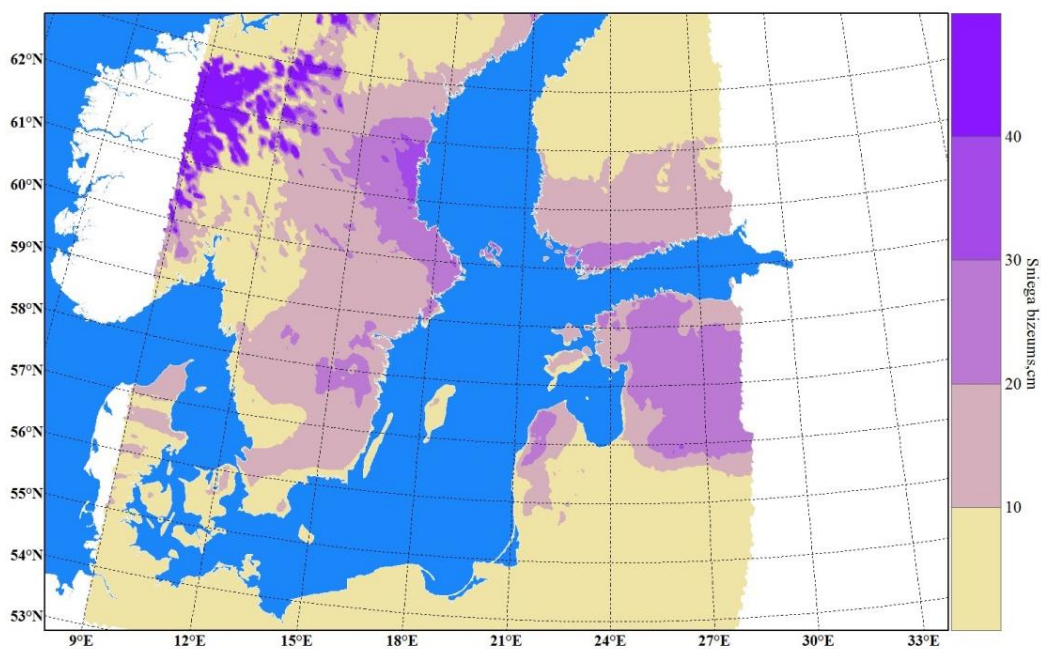


$$ICE[i] = 3.5 * \text{sqrt}(\text{abs}(GD[i])).$$

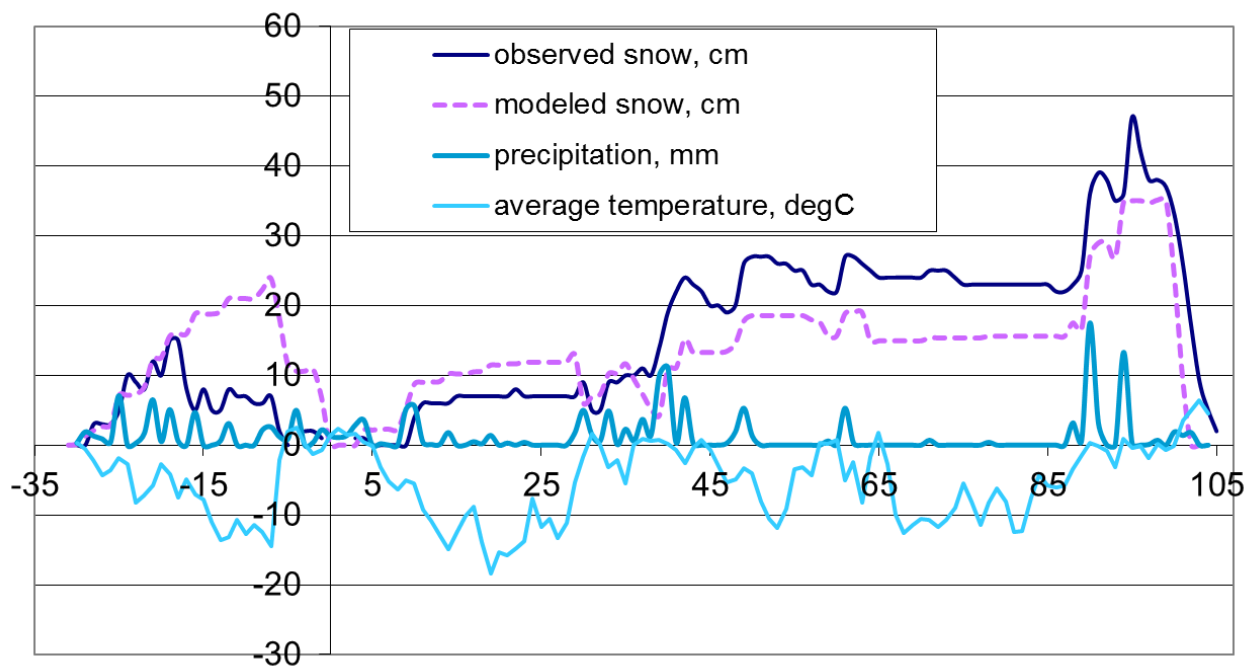


**Attēls 4.13. Potenciālais ledus biezums ezeros (testa variantā ievērojot sniega segas ietekmi un straujāku samazināšanos kūstot) 2012. gada 24. novembris. Ar zilu – Baltijas jūra, kuram konkrētais ledus modelis nav piemērojams, ar baltu – apgabals, kurā nav pieejami prognozes arhīva dati.**

Salīdzinot attēlu 4.13 ar attēlu 4.12c un zinot, ka līdz 24. novembrim sniega sega aprēķinu apgabala lielākā daļā neveidojas, redzams, ka būtiskā atšķirība iegūta dēļ straujāka ledus biezuma samazināšanās kūstot. Saskaņā ar testa modeļa rezultātiem sniega sega veidojas 2012. gada decembrī, skat. attēlu 4.14.



Attēls 4.14. Potenciālais sniega segas biezums (testa variantā ievērojot sniega segas ietekmi un straujāku samazināšanos kūstot) 2012. gada 7. decembris. Ar zilu – Baltijas jūra, kuram konkrētais sniega modelis nav piemērojams, ar baltu – apgabals, kurā nav pieejami prognozes arhīva dati.



Attēls 4.15. Daugavpils A=6 (cm mm<sup>-1</sup>), (b) B=2.4 (cm °C<sup>-1</sup>), C=0.4 (cm mm<sup>-1</sup> °C<sup>-1</sup>).

## Migrēna

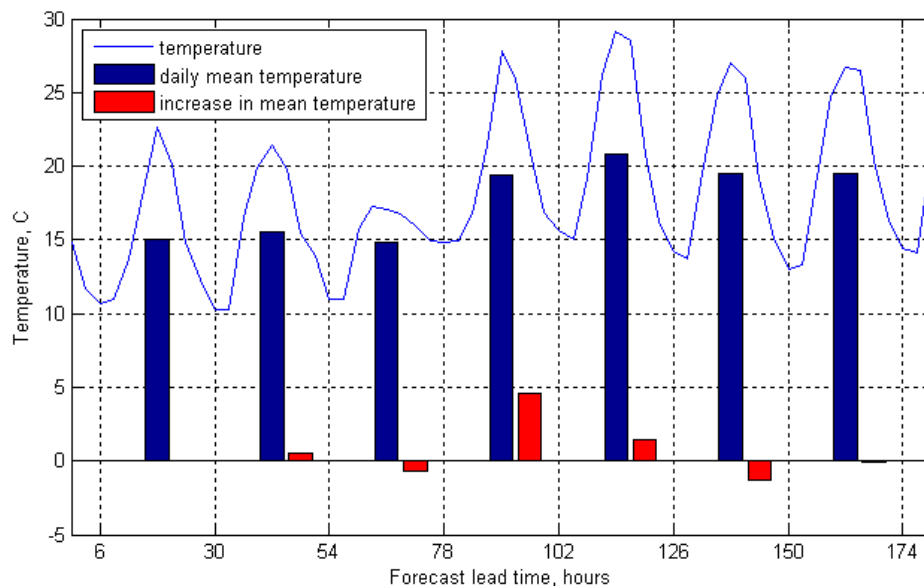
Migrēna ir spēcīgas, pulsējošas galvassāpes, kas ilgst no 2 līdz 72 stundām. Precīzs migrēnas mehānisms nav zināms. Dati par ASV liecina, ka tā piemeklē 18% sieviešu un 6% vīriešu [Mukamal, et al. 2009]. Ir zināms, ka migrēnas lēkmju varbūtību var īslaicīgi palielināt dažādi faktori, saukti par triggeriem (triggers). Šādu triggeri piemēri ir vīns, šokolāde, izmaiņas miega režīmā u.c. [Prince, et al. 2004]. Migrēnas pacientu viedokļu pētījumi apgalvo, ka ievērojams skaits pacientu (aptuveni 50%) uzskata, ka laika apstākļi ir ietekmējuši viņu migrēnas lēkmes [Becker 2010]. Vairāki pētījumi ir mēģinājuši šo pacientu viedokli apstiprināt vai noliegt, taču pētījumu rezultāti ir savstarpēji pretrunīgi.

Pieņemot, ka laika apstākļi ir migrēnas triggeris vismaz daļai pacientu, ir acīmredzami, ka savlaicīga un precīza migrēnas palielināšanās varbūtības prognoze nozīmīgi atvieglotu to cilvēku, kas cieš no migrēnas, dzīvi.

Šādai prognozei būtu jāreflektē nenoteiktība, kas šobrīd ir novērojama ar migrēnu saistītajā medicīniskajā literatūrā, tāpat kā ideja, ka varbūt tikai daļa no migrēnas pacientiem ir jutīgi pret laika apstākļiem, un papildus tam - iespēja, ka dažādi cilvēki ir jutīgi pret dažādiem laika apstākļu aspektiem.

Ņemot vērā augstākminēto, migrēnas prognozei vajadzētu būt nevis vienam skaitlim, bet gan indikatoru kopai, kur katrs indikators ir piesaistīts savam laika apstākļu izraisītam migrēnas triggerim. Proti, tā kā dažādi pētījumi ir identificējuši dažādus ar laika apstākļiem saistītus triggerus (piemēram, spiediena izmaiņas vai zibeni), tad pastāv varbūtība, ka visi šie pētījumi ir "pareizi" (par spīti to savstarpējai pretrunībai), tikai katrs parametrs attiecas uz citiem cilvēkiem.

Viens no pētījumiem ([Mukamal, et al. 2009], 7054 pacienti) secināja, ka viens no migrēnas triggeriem ir paaugstināta temperatūra un par 5 °C paaugstināta temperatūra palielina pacientu skaitu kam sekojošās 24 stundās ir konstatēta migrēna par 7.5%. Lai izveidotu šim pētījumam atbilstošu prognozi, nepieciešams precizēt attiecībā pret ko temperatūra ir paaugstināta. Pētījumā tikai saistīta pacientu uzņemšana slimnīcā ar diagnozi "migrēna" ar iepriekšējo 24h laika apstākļiem. Laika apstākļi tika salīdzināti ar laika apstākļiem citās tā paša mēneša attiecīgajās nedēļas dienās. Tā kā, piemēram, 1. janvārī nav pieejama informācija par visu pārējā mēneša dienu temperatūru pat ne prognozes līmenī, un ņemot vērā faktu, ka pētījumā secināts, temperatūras paaugstinājums atstāj iespaidu tikai nākamajās 24 h un ne ilgāk, ir iespējams pieņemt, ka migrēnas risku paaugstina temperatūras pieaugums pret iepriekšējās dienas temperatūru. Piemērs šāda riska faktora prognozei redzams attēlā 4.16, kurā attēlota Global Forecast System (GFS) globālā modeļa prognoze Rīgai, kuras sākums ir 2013. gada 20. jūlija 21:00. Attēlota temperatūras laika sērija ar 3 stundu intervālu, kā arī diennakts vidējotās temperatūras vērtības, kā arī to pieaugums pret iepriekšējo dienu, kas saskaņā ar augstāk minēto pētījumu ir proporcionāls migrēnas varbūtībai.



**Attēls 4.16. GFS prognoze 180 stundām. Prognozes sākums 2013. gada 20. jūlijs 18:00 pēc Griničas laika (21:00 pēc Latvijas laika). Rīga. Temperatūra, diennakts vidējā temperatūra un diennakts vidējās temperatūras pieaugums pret iepriekšējās diennakts vidējo temperatūru.**

## 5. Migla un meteoroloģiskā redzamība

Migla ir mazu ūdenspiļu kopums gaisā tuvu vai pie zemes virsmas. Haotiski novietotie mazie ūdens pilieni izraisa gaismas dispersiju un izkliedēšanos, tādēļ miglas apstākļos novērojama samazināta redzamība. Visvairāk redzamību (t.i. redzamās gaismas diapozonā) samazina ūdens pilieniņi ar diametru nedaudz zem 1  $\mu\text{m}$ , kas salīdzinams ar redzamo gaismas viļņu garumu. Pastāv diezgan laba atbilstība starp šādu pilieniņu koncentrāciju un redzamību, tomēr šādu lielumu ir daudz grūtāk prognozēt, kā klasiskos lielumus kā temperatūru un gaisa mitrumu. Meteorologi redzamības klasifikācijai lieto meteoroloģisko redzamību pie zemes virsmas, kura nav tiešā viedā saistīta ar dienas gaismas daudzumu. To mēra metros vai kilometros, kas norāda cik tālu dotais objekts ir saskatāms. Ideālos apstākļos pie Zemes virsmas maksimālā redzamība nepārsniedz 296 km (Releja atmosfēra), bet parasti tā nepārsniedz 50 km dažādu meteoroloģisko un mākslīgi radīto apstākļu dēļ. Parasti mums interesē tikai samazinātas redzamības risks, kad meteoroloģiskā redzamība nokrīt zem 2 km (aviotransportam arī zem 10 km). Redzamību pamatā ietekmē migla un nokrišņi (lietus, sniegs, krusa), bet var būt arī citi iemesli (smilšu putekļi tuksnesī, gaisa piesārņojums, gaisa nehomogenitāte, utt). Redzamība ir ļoti svarīgs faktors transporta industrijā. Visbiežāk samazinātās redzamības iemesli ir migla, bet ziemā arī intensīva snigšana izraisa samazinātu redzamību. Bieži vien par miglu sauc gadījumu, kad redzamība nokrīt zem 1 km. Ja redzamība nokrīt zem 100 m, tad to mēdz saukt par 0es redzamību.

Miglu vai sliktu redzamību prognozēt ir ļoti grūti. Parasti prognozē tikai sliktas redzamības riskus, kuri arī nepārāk labi saskan ar realitāti. Iemesli redzamības vai miglas sliktai prognozējamībai ir ka pietiek relatīvajam mitrumam izmainīties procenta robežās, kad redzamība var izmainīties pat 100 reizes, turklāt

novērojamas būtiskas lokālās redzamības izmaiņas atkarībā no virszemes tipiem, veģetācijas un ūdenskrātuvju tuvuma. Tomēr, veicot novērojumu analīzi iespējams noskaidrot kurās vietās migla ir vairāk iespējama un kurās mazāk. Lai precīzāk aprakstītu miglu, tad mitruma komponente ir fizikāli jāiekļauj reģionālajā klimata modelī, ņemot vērā dažādas fāzu pārejas starp ūdens agregātstāvokļiem. Pie tam ļoti svarīgs tādā fizikālā modelī ir arī detalizēts augstuma sadalījums mitrumam ieskaitot arī augsni un veģetāciju. Tā kā apjomīgu resursu trūkuma dēļ pašu spēkiem mēs nevaram izveidot konkurētspējīgu reģionālā klimata modeli, kurš sevī iekļautu arī gaisa mitruma dinamiku, tad jāveido tuvinātais miglas modelis balstoties uz pieejamiem reģionālajiem klimata modeļiem, piemēram, DMI. Ar tuvināto modeli mēs varam novērtēt miglas veidošanās risku.

Lai aprakstītu miglas veidošanos ir jāsaprot ka ir vairāki miglas tipi. Izdalīsim raksturīgākos, kas nav saistīti ar vides piesārņojumu (piemēram, automašīnu atgāzes, dūmeņi), bet gan ar ūdens tvaika kondensēšanos dabas izraisītu efektu rezultātā.

## Miglas tipi

Migla var veidoties dažādos veidos atkarībā no tā kas izsauc dzesēšanu, lai varētu notikt kondensācija.

### Siltumstarojuma migla

Siltumstarojuma migla veidojas zemei atdziestot siltumstarojuma ietekmē pēc saulrieta bezvēja apstākļos ar skaidrām debesīm. Aukstā zeme izsauc blakus esošā gaisa atdzišanu. Pilnīga bezvēja apstākļos miglas slānis varbūt plānāks par metru, bet neliela vēja turbulence veicina resnāku miglas slāni. Siltumstarojuma migla parasti novērojama naktī un pazūd diezgan drīz pēc saullēkta. Siltumstarojuma migla visbiežāk novērojama rudenī un agrā ziemā.

### Advekcijas migla

Advekcijas migla veidojas kad mitrs gaiss vēja ietekmē pārvietojas pār aukstu virsmu un tādēļ atdziest. Tas var notikt piemēram, ja siltā fronte pārvietojas pa abgabalu ar sniegu vai aukstu ūdens baseinu. Tāpēc tipiski to var redzēt virs un pie ūdenskrātuvēm.

Varbūt arī otrs gadījums, kad auksts gaiss pārvietojas pār siltiem ūdeņiem vai mitru zemi. Tad to bieži sauc par tvaika miglu. Ja pārvietojas ļoti auksts gaiss, tad kondensācijas vietā uz ūdens pilieniem var notikt fāzu pāreja uz ledus kristāliem. Ziemā tas piekrastes rajonos var izraisīt sarmas izkrišanu, ja vējš pūš no siltas jūras.

### Nokrišņu migla

Frontālā migla veidojas, kad nokrišņi krīt sausākā gaisā zem mākoņiem, tā ka ūdens pilieni iztvaiko, kā rezultātā ūdens tvaiks atdziest un sasniedzot rasas punktu tas kondensējas veidojot miglu.

Intensīvas krusas gadījumā pie zemes virsmas veidojas plāns miglas slānītis, dēļ samazinātās temperatūras un lielā gaisa mitruma.

### Reljefa migla

Kalnu migla veidojas, kad vējš dzen gaisu augšup pa kalna nogāzi. Gaiss adiabatiski atdziest, kad tas ceļās augšup, tā ka var veidoties kondensēšanās.

leplaku miglas pamatā ir radiācijas miglas efekts un tā veidojas ziemās un ir ierobežota ar lokālo topogrāfiju. Tā var ilgt pat vairākas dienas bezvēja apstākļos.

## Miglas galvenie iemesli

Ir skaidrs ka galvenie iemesli miglas veidošanā Latvijas apstākļos nav saistīti ar reljefa miglas niansēm. Savukārt nokrišņi (it sevišķi intensīva snigšana) paši izsauc pazeminātu redzamību un tai saistītā migla var veidoties augstāk atmosfērā, tāpēc nokrišņu miglu pagaidām neapskatīsim. Advekcijas miglai ir izteikti nelokāls efekts un tās aprakstīšana prasīs sajūgt detalizētu zemes-ūdens karti kopā ar klimatoloģiskajām prognozēm tai skaitā telpisko vēja karti. Kā vienkāršāko sākumā izvēlēsimies apskatīt siltumstarojuma miglu, kuru var lokāli apskatīt neatkarīgi no blakus esošās situācijas un kura arī ir visplašāk pētīta zinātniskajā literatūrā.

## Apstākļi kas veicina miglas veidošanos

Sākumā apskatīsim faktoros, kas stipri ietekme siltumstarojuma miglas veidošanos.

### 1. Piesātināts (mitrs) gaiss pie zemes virsmas

Migla veidojas tiklīdz iztvaikošana gaisā noved pie pārsātināšanās. Ja rasas punkta depresija (starpība starp virszemes gaisa temperatūru un rasas punkta temperatūru) ir zema pēc saulrieta, tad skaidras debesis veicinās ātru siltuma starojumu līdz temperatūra atdziest līdz kritiskam gaisa piesātinājumam. Rasas punkts var pieaugt pēc lietus gāzes vai arī ja augsne ir slapja vai mākslīgi laistīta. Tā kā veģetācija atdod mitrumu, tad migla sākumā veidojas virs zālainām un citām veģetācijas virsmām. Migla ir raksturīga gadījumiem, kad lietus gāzes sākumā piesātina zemes grunti vai veģetāciju un pēc tam debesis kļūst skaidras vakara un nakts stundās.

### 2. Skaidras debesis naktī

Skaidras debesis ļauj zemes virsmas temperatūrai atdzist straujāk dēļ siltuma starojuma. Pretējā gadījumā zeme saņems atpakaļ siltumstarojumu no mākoņiem. Siltumstarojuma jauda pēc Bolcmaņa formulas ir proporcionāla zemes temperatūras 4-jai pakāpei. Tāpēc sagaidāms, atdzišana norisēs straujāk pēc siltas dienas. Pie zemas rasas punkta depresijas gaisa piesātinājums var būt pat visu nakti. Migla var neveidoties, ja zeme ir pilnīgi sausa, veģetācija ir reta vai rasas punkta depresija ir pārāk dziļa.

### 3. Mitra augsne vai lielum pakļauta veģetācija

No mitras augsnes vai slapjas veģetācijas iztvaikojas ūdens. Tas ļauj gaisa temperatūrai un rasas punkta temperatūrai tuvināties straujāk. Tā pēcpusdienas lietus ar sekojošām skaidrām debesīm un bezvēju visticamāk izsauks miglas veidošanos.

### 4. Mazs vējš

Ja gaiss pie zemes ir gandrīz piesātināts, tad mazs vējš netraucēs gaisam tādām arī palikt. Turpretī stipri vēji sajauks piesātināto gaisu pie zemes ar augstāk atmosfērā esošo gaisu. Tā ka gaiss augstāk atmosfērā parasti ir sausāks, tad stiprs vējš neļauj veidoties miglai.

## 6. Augsts rāsas punkts

**Siltam gaisam ir lielāka kapacitāte saturēt un iztvaicēt ūdens tvaiku kā aukstam gaisam. Tāpēc miglas siltā jūras gaisā parasti ir biezākas kā miglas, kas veidojas pie ļoti zemām temperatūrām.**

Rezumējot varam teikt ka siltumstarojuma migla tipiski veidojas gadījumos ar skaidrām debesīm, lielu gaisa mitrumu un gaisa turbulences neesamību augsnēs ar veģetāciju vai smalku struktūru (piemēram māls).

Viens no svarīgākajiem faktoriem siltumstarojuma miglas veidošanā ir siltuma plūsma augsnē:

$$S = K dT/dZ$$

kur  $K$  ir augsnes siltumvadītspēja un  $dT/dZ$  ir vertikālais temperatūras gradients augsnē. Zema augsnes termālā vadītspēja veicina siltumstarojuma miglas veidošanos, jo tā bremzē siltuma piekļuvi no dziļākiem augsnes slāņiem un ļauj straujāk atdzist augsnes virskārtai siltumstarojuma ietekmē. Tāpēc virs māla un smalku putekļu sanesumu augsnēm siltumstarojuma migla ir varbūtīgāka, jo tām ir zemāka augsnes siltumvadītspēja, jo tie sastāv no ļoti sīkiem graudiņiem. Tomēr, lai modelis ietvertu zemes vadītspēju, tad modelī būtu jāiekļauj augsnes lokālais sadalījums.

Sākumā attīstīsim konceptuālo modeli kas dots darbā [Baker et al. 2002]. Siltumstarojuma migla ir gaidāma, ja temperatūra zem veģetācijas  $T$  nokrīt par pāris grādiem zemāk nekā temperatūra  $T_{Xover}$ , kur  $T_{Xover}$  ir minimālā rāsas punkta temperatūra siltākajās diennakts stundās.

Ja  $T = T_{Xover}$ , tad meteoroloģiskā redzamības novērtējums ir 2-5 km, bet ar mazākas redzamības risku it sevišķi piekrastes rajonos.

Ja  $T \leq (T_{Xover} - 3^{\circ}\text{C})$ , tad prognozētā redzība ir zem 1 km, ja vien nav turbulentās vēja plūsmas kas neļauj veidoties miglai.

Šī metode ir vienkārša un efektīva, kas palīdz prognozētājam novērtēt kādas būs mitruma izmaiņas diennakts laikā.

Tomēr, zināms mitruma sadalījums nav pietiekams, lai prognozētu siltumstarojuma miglu. Tāpēc jāpievieno ir arī kāds parametrs, kas raskturo vēja turbulento iedarbību. Viens no variantiem ir iekļaut modificēto Ričardsona skaitli ( $MRi$ ):

$$MRi = (T_b - T_{sfc})/U^2$$

Kur:

$T_b$  = atmosfēras turbulentā robežslāņa temperatūra ( $^{\circ}\text{C}$ ),  $U$  = vēja ātrums robežslānī (m/s).

Ja  $MRi \leq 0.006$  tad migla tiek samaisīta. Turbulents samaisīts robežslānis neļauj atdzist zemākajam 70 m atmosfēras slānim. Ja tomēr gaisa piesātinās, tad izveidojās drīzāk zems viendabīgs slāņu mākonis (ne augstāks kā 2 km) nevis migla.



Ja  $MRI$  ir starp 0.006 un 0.01 tad efekts ir uz robežas.

Ja  $MRI \geq 0.01$ , tad piezemes vēji vāji korelējas ar vējiem augstāk atmosfērā. Nesamaisīts robežslānis nodrošina stipru atdzišanu zemākajos atmosfēras 70 m. Ja gaiss piesātinās, tad veidojas migla.

Šīs robežas nosaka tikai vai siltumstarojuma migla veidosies. Ja migla jau ir izveidojusies, tad  $MRI$  ir jāsamazinās līdz 0.002 vai zemāk, lai izdzenātu miglu.

### Neredzamības datu salīdzinājums

Ērtības labad redzamības vietā lietosim apgriezto lielumu neredzamības faktoru  $U$ , lai novērtētu siltumstarojuma miglu, tā ka tas ir robežās no 0 (ideāla redzamība) līdz 1 (pilnīga neredzamība). Ņemot miglas veidošanās apstākļus, varam ieviest sekojošu novērtējumu miglas prognozes neredzamības faktoram  $U_v$ :

$$U_v = \min((airT[k]+20)/(30+20),1) * \min(\exp(Tcross[k]-airT[k]-1.8),1) * \min(MRI[k]/0.01,1) * Ncli[k] * \exp(50*(RelHum[k]-0.99)),$$

kur  $k$  apzīmē doto stundu. Pirmais reizinātājs nosaka to, ka augstākas temperatūras migla ir blīvāka un mazāk caurredzama. Otrais reizinātājs nosaka gaisa atdzišanu salīdzinot ar dienas vidus zemāko rāsas punkta temperatūru. Trešais reizinātājs ietver vēja faktoru, kas var izdzenāt gaisa masas, ka migla neveidojas. Ceturtais reizinātājs nosaka cik skaidras ir debesis. Jo vakarā un naktī ir skaidrākas debesis, jo migla ir iespējamāka. Piektais reizinātājs ievēro to ka dotajā telpas punktā var tikt atnestas sausākas vai mitrākas gaisa masas, atbilstoši DMI laika prognozes aprēķiniem. Ja ieplūst sausāks gaiss, tad miglas veidošanās kļūst mazvarbūtīgāka. Šim piektajam reizinātājam ir minimāla ietekme, jo bezvēja apstākļos parasti miglas veidošanos veido lokālā gaisa piesātināšanās.

$airT$  – labāk būtu ņemt temperatūru zem veģetācijas vai augsnes virsmas temperatūru, bet tā ka skaitliskajās prognozēs to nav, tad var ņemt temperatūru 1 m augstumā virs zemes, kas pieejams praktiski visas prognozēs, tajā skaitā DMI prognozēs

$Tcross$  – minimālā rāsas punkta temperatūra diennakts siltākajā laikā (ne mazāka kā 2 °C no diennakts augstākās temperatūras)

$MRI = (T100 - airT)/W100^2 \approx 2/W100^2$  – vidējotais pa laiku vēja faktors, kas var sabojāt siltumstarojuma miglas veidošanos. Ideāli kā temperatūru  $T100$  būtu ņemt atmosfēras turbulentā robežslāņa temperatūru un ka vēja ātrumu atmosfēras robežslāņa vēja ātrumu. Robežslāņa augstums mainās atkarībā no vēja intensitātes, bet parasti ir ar kārtu 100 m. DMI prognozēs vēja ātrums dots tikai 1 m virs zemes un 100 m augstumā, tāpēc lietojam vēja ātrumu 100 m augstumā:  $W100$ . Temperatūra pieejamās DMI prognozēs diemžēl dota tikai 1m augstumā virs zemes, bet ne citos augstumos. Tāpēc sākumā rupji pieņemam, ka raksturīgā temperatūru starpība starp robežslāni un zemes virskārtu ir 2 °C.

$Ncli = (1 - Ncl)$  – vidējotais pa laiku debess skaidruma (nemākoņainības) koeficients, kas mainās robežās no 0 (pilnīgi pamākušās debesis) līdz 1 (pilnīgi skaidras debesis).

Vidējošana pēdējiem diviem lielumiem notiek no brīža, kad sasniegta minimālā rasas punkta temperatūra diennakts siltākajā laika līdž aktuālajam brīdim, kad jāveic (ne)redzamības prognoze.

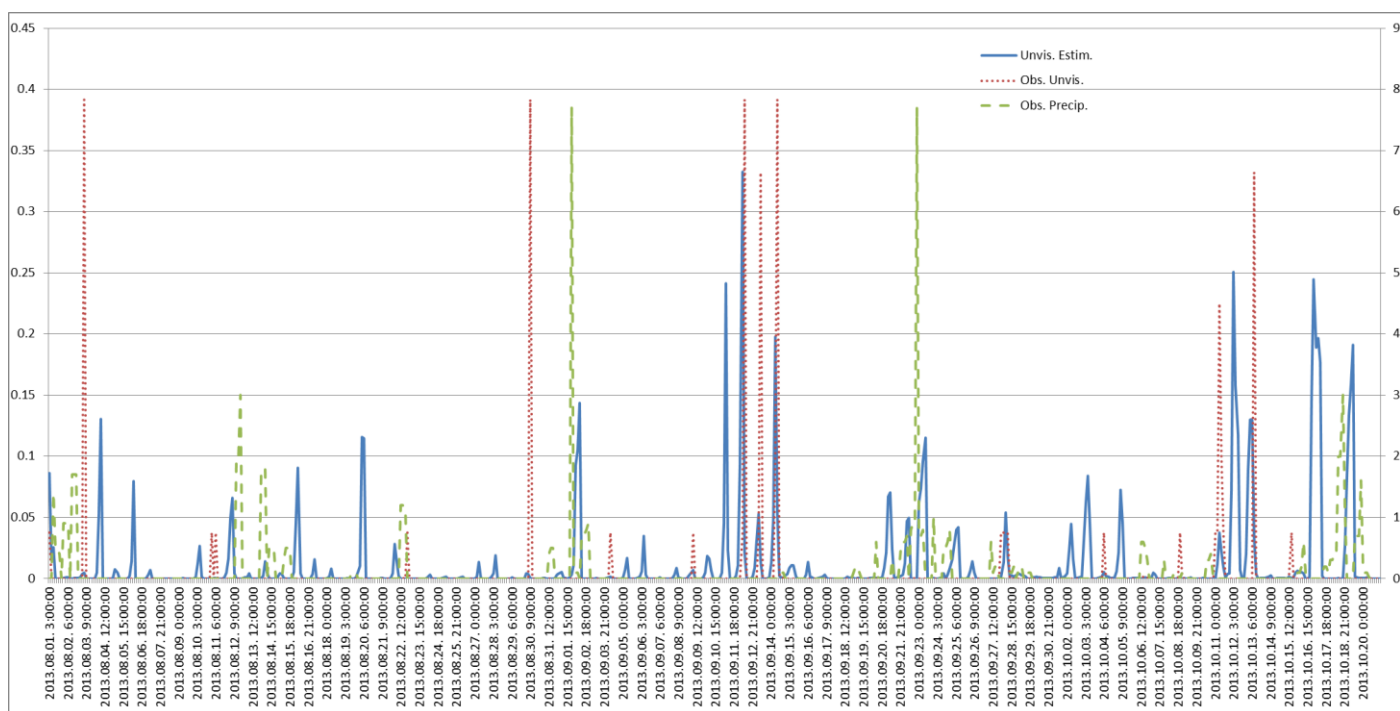
Jaunas dienas cikls sākas no UTC 9:0:0.

DMI prognožu vērtības tiek iegūtas no FIMAR savāktajiem DMI prognožu datiem izmantojot FIMAR eksporta utilīti „Fimar\_ExportFrame” Lazarus kodā ar komandrindas parametriem

```
--variables=PointNum,W100,AirT,RelHum,Ncl,Prec
```

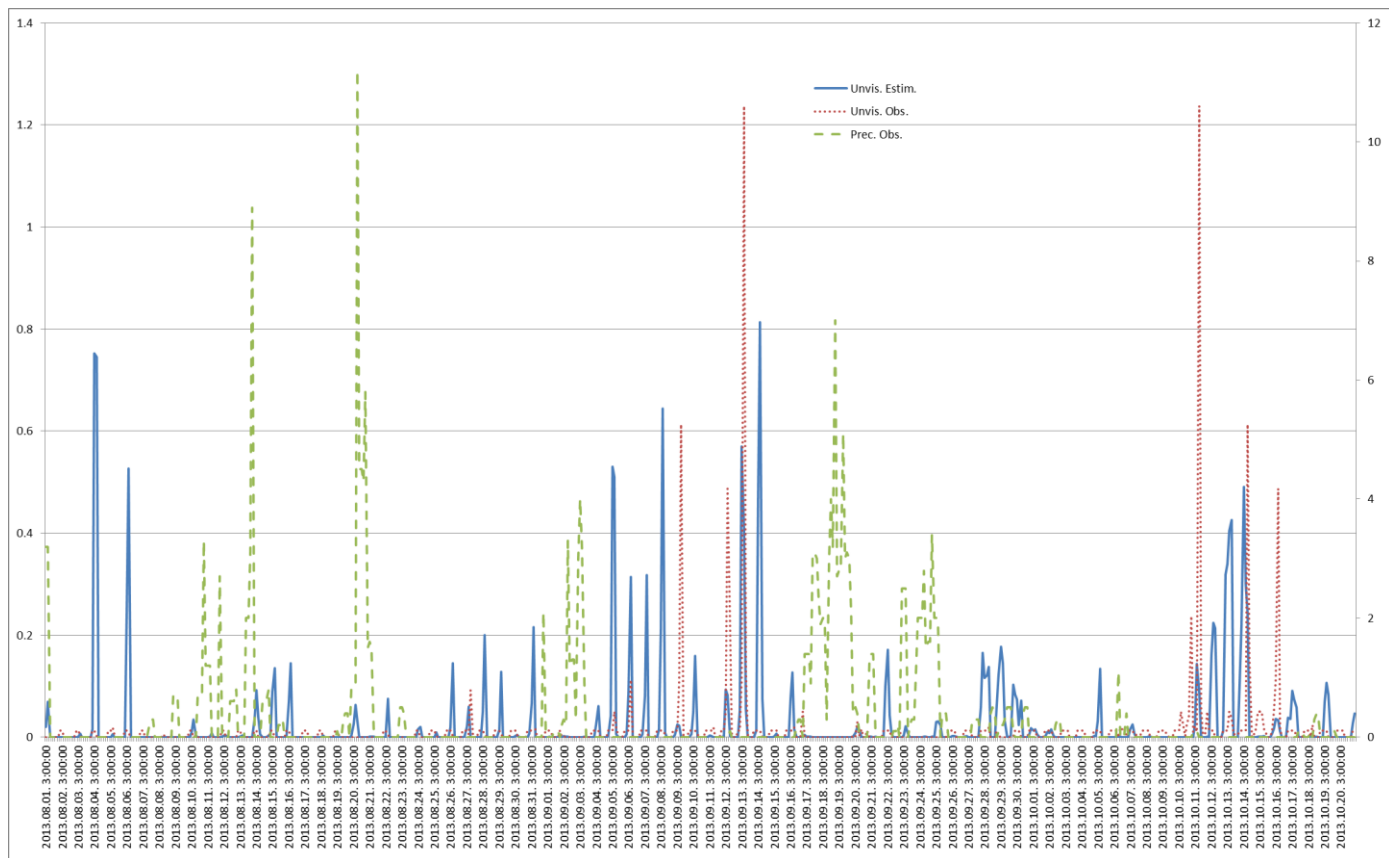
katram freimam (vienai stundai) pēc kārtas.

Salīdzināsim izveidoto prognozi ar LVĢMC novērojumu datiem (meteo.lv). Redzamības dati pieejami tikai dažās Latvijas novērojumu stacijās ar laika intervālu 3 stundas vai vairāk, piemēram, Alūksne (skat. attēlu 5.1), Daugavpils, Dobeles (skat. attēlus 5.2, 5.5), u.c. Lai izvairītos no piekrastes efektiem ar iespējamo advekcijas miglu, tad sākumā izvairīsimies no piekrastes novērojumu stacijām (piem., Ventspils, Rucava, Salacgrīva). Visi šie novērojumu dati ir subjektīvi atbilstoši meteorologa novērtējumam attiecīgajā laikā. Laika joslu ņemsim atbilstoši Latvijas vasaras laikam.



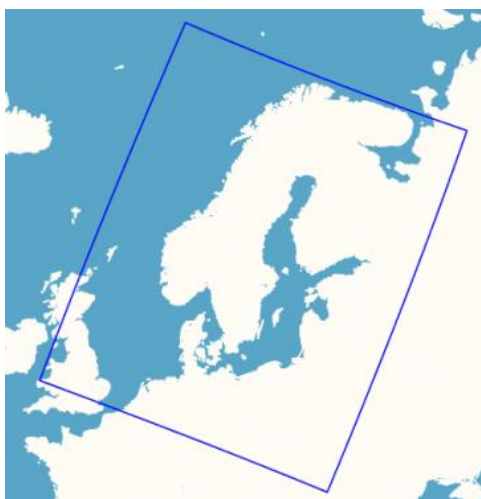
**Attēls 5.1.** Šajā attēlā ir dotas 3 līknes Alūksnei novērojumu stacijai laika periodā 01.08.2013 līdz 20.10.2013. Zilā līkne nozīmē neredzamības novērtējumu, sarkanā punktotā līkne – novērojumus dotajā stacijā, zaļā raustītā līkne – novēroto nokrišņu daudzumu [mm/3h], jo nokrišņi varētu būt būtiski saistīti ar novēroto redzamību. Pirmais novērojumu pīķis pie 2013.08.03 ir iespējams dēļ papildus mitruma koeficienta lietus pirms šī notikuma. Novērojumu pīķis datumā 2013.08.30 ir mazliet dīvains, tā kā pat 6 h prognozēs prognozētais relatīvais gaisa mitrums bija zem 80 %, bet novērojumu stacijas rezultāti gaisa relatīvajam mitrumam bija ap 100 %. Relatīvais mitrums citiem prognozētajiem miglas gadījumiem bija tuvu 100 %, kas liecina, ka migla tiešām bija kritiski tuvu iespējamai. Bet to būs vai nebūs migla nosaka

arī vairāki lokālie apstākļi. Jāpiemin, ka Alūksnes novērojumu stacija atrodas 2 km uz rietumiem-dienvidrietumiem no Alūksnes ezera tā ka ezers var būtiski iespaidot miglas veidošanos, ja pūš austrumu vēji (kuri gan nav valdošie vēji).



**Attēls 5.2.** Šajā attēlā ir dotas 3 līknes Dobeles novērojumu stacijai laika periodā 01.08.2013 līdz 20.10.2013. Zilā līkne nozīmē neredzamības novērtējumu, sarkanā punktotā līkne – novērojumus dotajā stacijā, zaļā raustītā līkne – novēroto nokrišņu daudzumu [mm/3h], jo nokrišņi varētu būt būtiski saistīti ar novēroto redzamību.

Siltumstarojuma miglas prognozētā (ne)redzamība tika salīdzināta arī ar zviedru SMHI institūta MESAN (zviedriski MESoskalig ANalys) analīzes modeli, kurš ir pieejams no <http://opendata-download-grid-archive.smhi.se/explore/?modeltype=4>



**Attēls 5.3 SMHI institūta MESAN novērojumu datu apgabals.**

MESAN sevī ietver novērojumu datus, kas ir interpoleti uz režģa punktiem, ņemot vērā lokālās īpatnības ap punktiem (skat. attēlu 5.3). Režģa izšķirtspēja ir  $11 \text{ km} \times 11 \text{ km}$  jeb  $(0.1^\circ \times 0.1^\circ)$ . Tā pārklāj līdzīgu apgabalu ka DMI un FIMAR režģi, bet koordinātu sistēma ir cita, tā ka režģa punkti DMI un MESAN datos ir dažādi. Ja režģa punkta tuvumā nav novērojumu, tad kā režģa punktu vērtības tiek ņemtas īslaicīgās prognozes no HIRLAM E11 vai AROME. Svarīgākie pieejamie novērojumu dati no 1999. gada, kas ir saistīti ar redzamību, ir:

Kanāls 1:GRIB\_COMMENT=Temperature [K]

Kanāls 3:GRIB\_COMMENT=Wind speed [m/s]

Kanāls 4:GRIB\_COMMENT=u-component of wind [m/s]

Kanāls 5:GRIB\_COMMENT=v-component of wind [m/s]

Kanāls 6:GRIB\_COMMENT=Relative humidity [%]

Kanāls 8:GRIB\_COMMENT=Precipitation [mm/h]

Kanāls 13:GRIB\_COMMENT=Visibility [m]

Kanāls 14:GRIB\_COMMENT=Pressure [Pa]

Kanāls 15:GRIB\_COMMENT=Total cloud cover [%]

Kanāls 17:GRIB\_COMMENT=Convective snow [ $\text{kg/m}^2$ ]

Meteoroloģiskās redzamības dati ir pieejami sekojošās UTC stundās: 00:00, 03:00, 09:00, 12:00, 15:00, 21:00. Sākotnēji bija cerēts ka novērojumu rezultāti ietver satelītu datus, bet apskatot [Hägmark et al. 2000] rakstu un MESAN datus kļūst skaidrs, ka meteoroloģiskā redzamība pamatā tiek aptuveni novērtēta, zinot aktuālo relatīvo mitrumu un nokrišņus pēc sekojošām formulām:

Ja nav nokrišņu, tad redzamība:



$$\text{Vis} = 1.32f(\text{rh}) - 14\,361.$$

Šeit

$$f(\text{rh}) = 1000[7.58 + 122.2(1 - \text{rh}) - 100(1 - \text{rh})^2]$$

Ja ir nokrišņi, tad

$$\text{Vis} = 1.11f(\text{rh}) - 4970P \text{ type} - 470R - 1100,$$

kur R ir nokrišņu intensitāte [mm/3h] un nokrišņu tips P type mainās no 1 (lietus) uz 2 (sniegs) pēc formulas

$$P \text{ type}(T_{iw}) = 1 + \frac{1 - e^{3.5(T_{iw} - 274.3)}}{1 + e^{3.5(T_{iw} - 274.3)}}.$$

Šeit  $T_{iw}$  ir temperatūra, ja gaisa fragmentu atdzesētu līdz piesātinājumam ar iztvaicējot daļu tajā esošā ūdeni. Parasti šī temperatūra atrodas starp reālo temperatūru un rasas punkta temperatūru, tā ka tā ir mazliet tuvāk reālai temperatūrai.

Kā redzams, tad redzamība pasliktinas gaisa relatīvajam mitrumam tuvojoties 100 %, kad ir iespējama migla. Šīs tuvinātās formulas ir iegūtas, salīdzinot relatīvā mitruma un redzamības novērojumu datus. Ja ir nokrišņi, tad redzamība vēl pasliktinās it sevišķi, ja nokrišņi ir sniega veidā. Šāds tuvinājums ir labs, ja mēs ļoti precīzi varam noteikt relatīvo mitrumu, bet ja mums ir migla jāprognozē, tad labāk izmantot iepriekšējās diennakts rasas punkta metodi.

Datus salīdzināsim uz FIMAR režģa kas ir veidots atbilstoši ETRS89 / TM Baltic-93 (tā sauktā LKS-92) ģeogrāfiskai koordinātu sistēmai bez 6000 km nobīdes ziemeļu-dienvidu virzienā. MESAN dati ir doti pagrieztajā sfēriskajā ģeogrāfiskajā koordinātu sistēmā, kurā ir dots ka dienvidpols atrodas koordinātēs ( $lat = -30^\circ = 90^\circ - \nu$ ,  $lon = -10^\circ = \varphi$ ). Sākumā veicam pāreju no pagrieztās sfēriskās koordinātu sistēmas uz parasto sfērisko koordinātu sistēmu pēc sekojošām formulām.

Sākumā pārvēršam pagrieztās sfēriskās koordinātes uz pagrieztajām Dekarta koordinātēm:

$$\begin{aligned}x' &= \cos(lon') \cos(lat') \\y' &= \sin(lon') \cos(lat') \\z' &= \sin(lat')\end{aligned}$$

Tad pagriežam Dekarta koordinātes uz īstajām nepagrieztajām Dekarta koordinātēm:

$$\begin{aligned}x &= x' \cos \nu \cos \varphi + y' \sin \varphi + z' \sin \nu \cos \varphi \\y &= -x' \cos \nu \sin \varphi + y' \cos \varphi - z' \sin \nu \sin \varphi \\z &= -x' \sin \nu + z' \cos \nu\end{aligned}$$

Un beigās pārvēršam atpakaļ uz sfēriskajām koordinātēm:

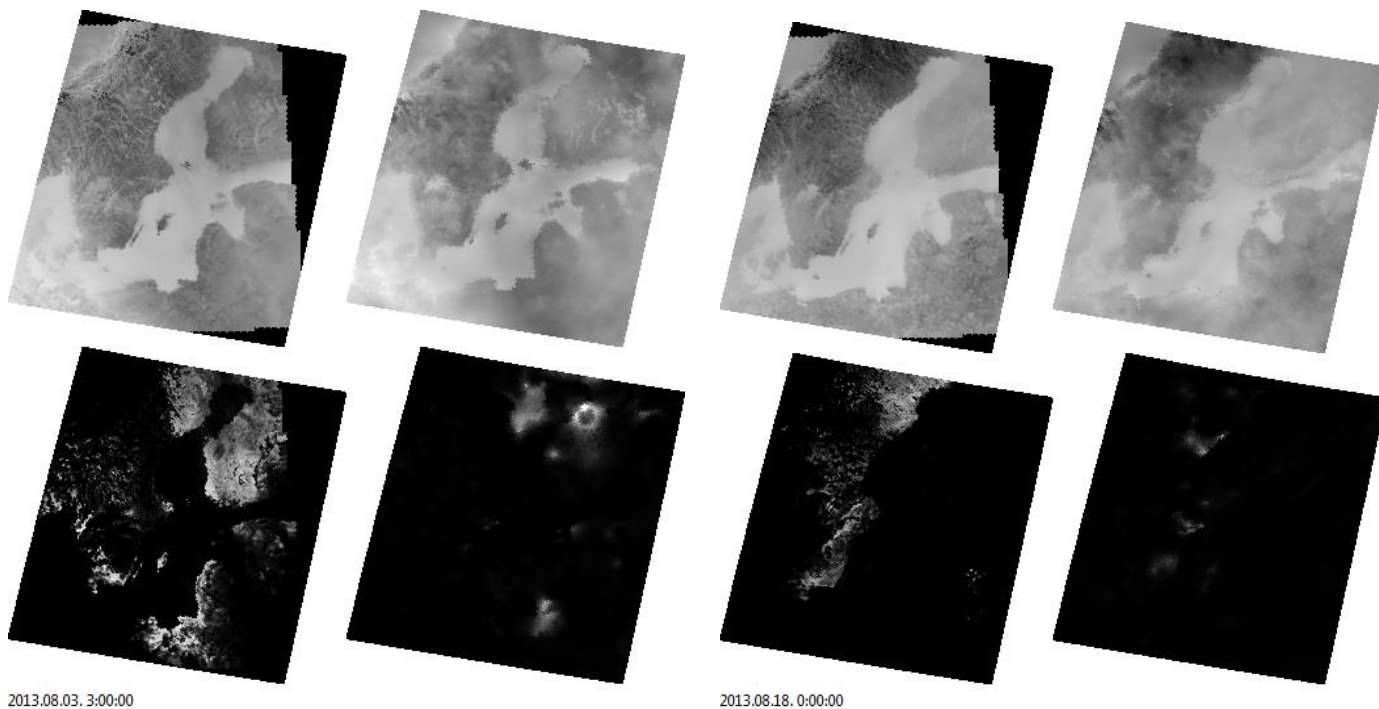
$$\begin{aligned}lat &= \arcsin(z) \\lon &= \arctan(y/x)\end{aligned}$$

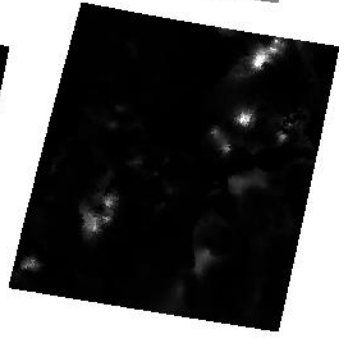
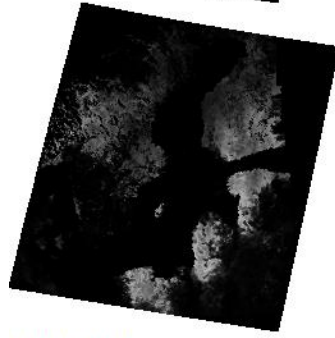
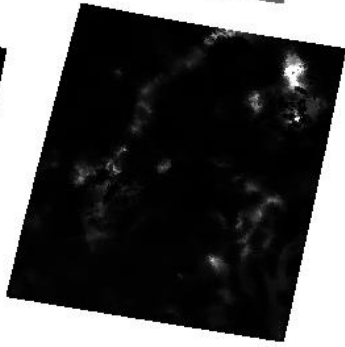
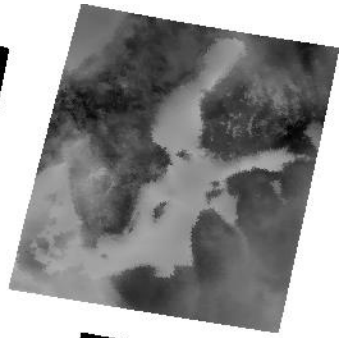
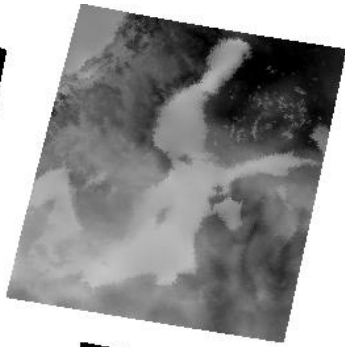
kur pie arctan atkarībā no  $x$  un  $y$  zīmēm jāpieskaita vai jāatņem  $\pi$ .

Pēc tam izmantojot Universālā Transversālā Merkatora transformāciju pārvēršam LKS-92 koordinātu sistēmā, kur reference meridiāns ir  $\lambda_0 = 24^\circ$  (Rīgas meridiāns). Skat, Wikipedia: [http://en.wikipedia.org/wiki/Universal\\_Transverse\\_Mercator\\_coordinate\\_system#Simplified\\_formulas](http://en.wikipedia.org/wiki/Universal_Transverse_Mercator_coordinate_system#Simplified_formulas).

Formulas ievērojami vienkāršojas, ja pieņemam ka Zeme ir ideāla lode un Zemes saspišanās polu virzienā ir niecīga. Zemes rādiuss ir mazliet saspīests polu virziena par  $\sim 20$  km dēļ Zemes rotācijas un Mēness iedarbības.

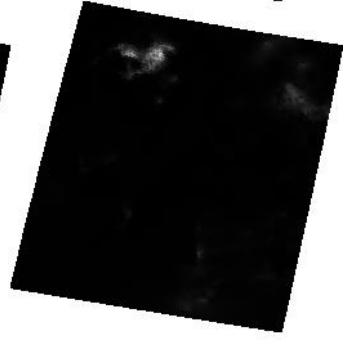
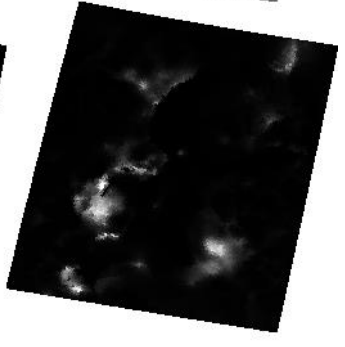
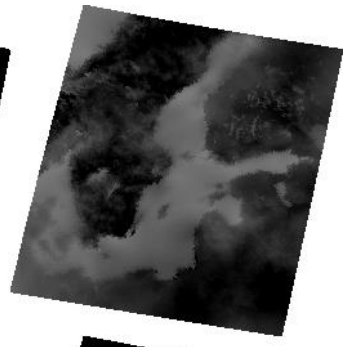
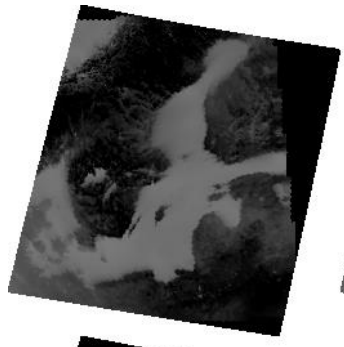
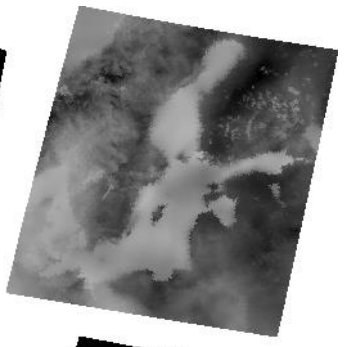
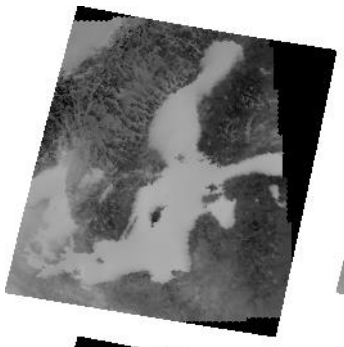
Salīdzinājums starp prognozēto (ne)redzamību un MESAN datiem dots attēlā 5.4.





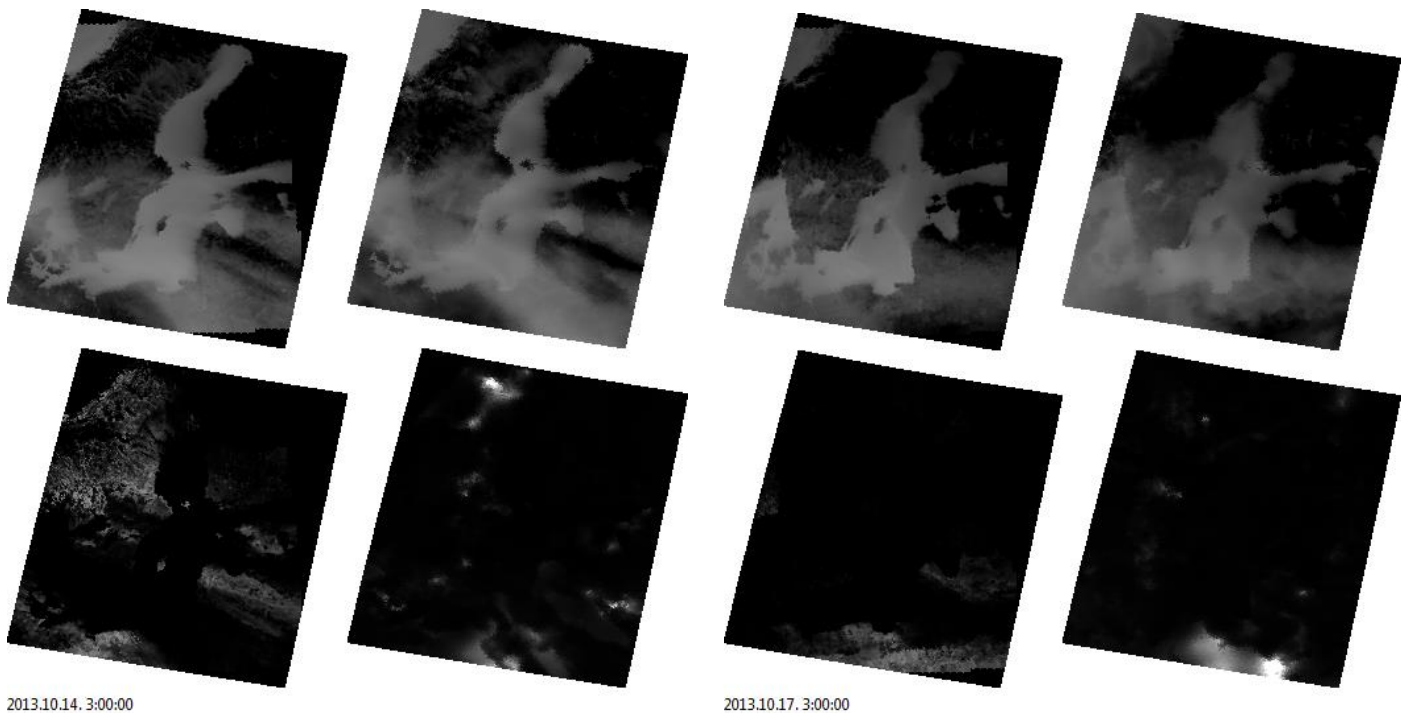
2013.08.31. 3:00:00

2013.09.04. 3:00:00



2013.09.05. 3:00:00

2013.10.03. 21:00:00



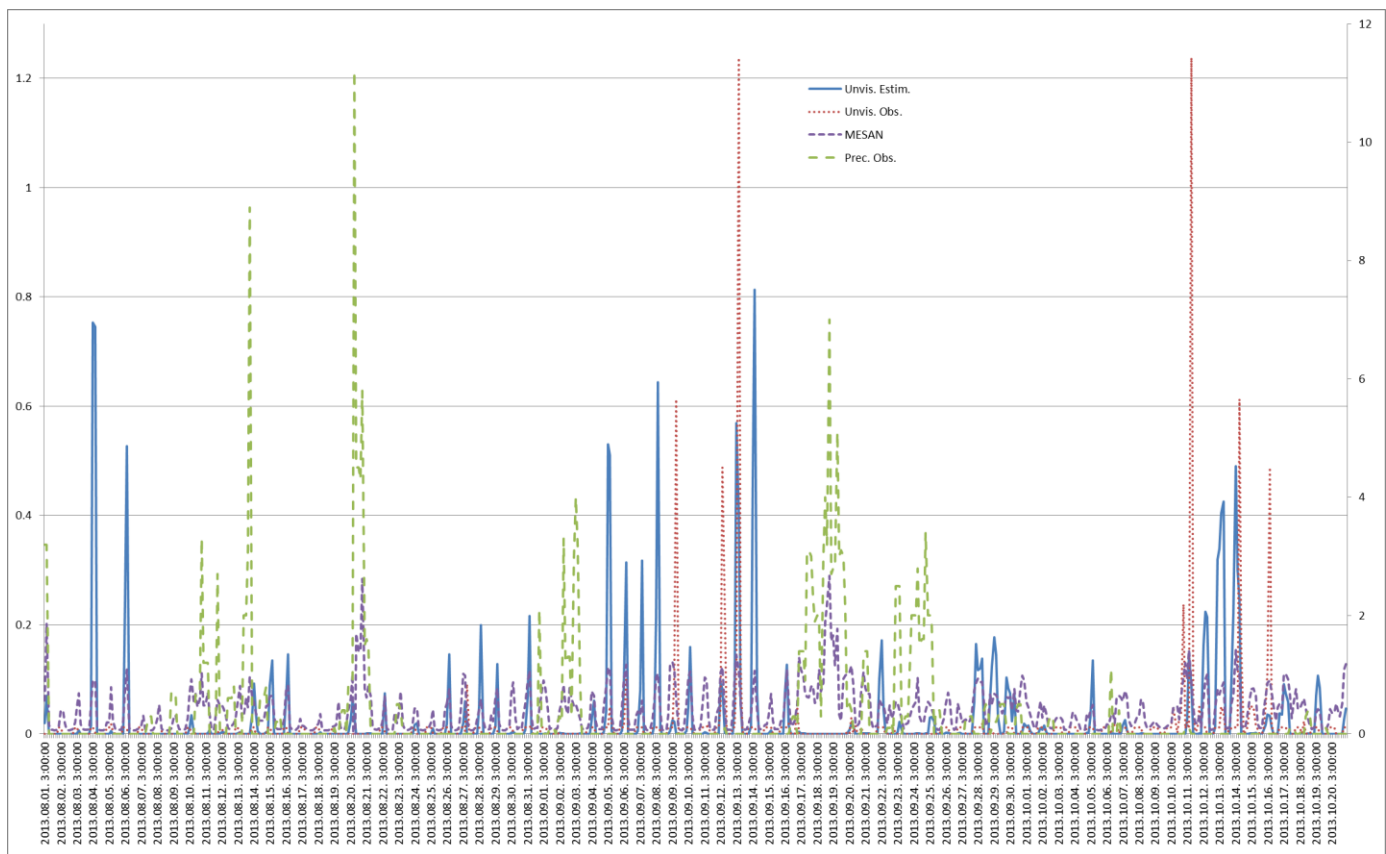
2013.10.14. 3:00:00

2013.10.17. 3:00:00

**Attēls 5.4. Piemēri salīdzinājumos ar novērojumu MESAN datiem Baltijas valstīm un Skandināvijai dažos nakts un rīta laika UTC momentos, kuri doti zem katras attēlu sērijas. Augšējā rinda - temperatūra, apakšējā rinda - neredzamība. Kreisās mala - prognoze, labējā mala - MESAN. Kā redzams, tad prognozētā temperatūra (6h), ļoti labi sakrīt ar novēroto temperatūru. Tā kā ņemta ir temperatūra naktī un no rīta, tad labi var redzēt, ka jūras temperatūra tad ir augstāka. (Ne)redzamības tendences ir saskanīgas, bet ar lokālām novirzēm. Kā redzams, tad MESAN redzamības rezultāti ir vairāk izplūduši dēļ redzamības novērojumu un novērtējumu mazā telpiskā blīvuma. Tipiski migla sāk veidoties pēc saulrieta ar maksimumu īsi pēc saullēkta, kad zeme ir visvairāk atdzisusi. Vēlos rudens un ziemas mēnešos migla var saglabāties arī līdz plkst. 11 pēc vietējā laika, jo salīdzinoši mazā saņemtā saules enerģija virszemi nespēj uzkarstēt pietiekoši ātri. Animācija laika periodam: 2013.08.01 – 2013.10.20:**

**[http://youtu.be/jWinMjCwjks.](http://youtu.be/jWinMjCwjks)**





**Attēls 5.5.** Šajā attēlā ir dotas 4 līknes Dobeles novērojumu stacijai laika periodā 01.08.2013 līdz 20.10.2013, iekļaujot MESAN datus. Zilā līkne nozīmē neredzamības novērtējumu, sarkanā punktotā līkne – novērojumus dotajā stacijā, zaļā raustītā līkne – novēroto nokrišņu daudzumu [mm/3h], jo nokrišņi varētu būt būtiski saistīti ar novēroto redzamību, zilā raustītā līkne – MESAN redzamības novērojumu novērtējums. Kā redzams MESAN redzamības novērojumu novērtējums ņem vērā ne tikai relatīvo mitrumu, bet arī nokrišņus, tā ka gadījumos ar intensīviem nokrišņiem redzamība ir samazināta.

## 6. Modeļa izvades datu statistika (MIS, Model output statistics)

Lai uzlabotu modeļa veidotās prognozes kā arī izstrādātu precīzākus uz modeļprognozēm balstītus indikatorus, noderīgi ir veikts modeļprognožu statistisku apstrādi, jeb pielietot tā saukto modeļa izvades datu statistiku (MIS, Model output statistics). MIS ir objektīva laikapstākļu prognozēšanas tehnika, kuras ietvaros tiek noteikta statistiska attiecība starp prognozējamo lielumu un mainīgajiem, ko lielākoties veido no modeļa noteiktās laika vienībās iegūtie izvades dati.

Lai izstrādātu MIS metodiku noteikta parametra prognozēšanai ir nepieciešama datu bāze gan ar pagātnes modeļprognožu datiem visiem mainīgajiem, kas varētu ietekmēt izvēlēto prediktoru, gan arī pagātnes novērojumiem izvēlētajam prediktoram. Papildus veicot datu apstrādi iespējams arī ņemt vērā ģeoklimatiskos datus, kas attiecas uz reģionu, par kuru ir plānots uzlabot prognozi.

Izplatītākā un arī vienkāršākā MIS metodika ir vairāku mainīgo lineārā regresija. Bet atkarībā no mērķa, kam ir nepieciešama prognoze, ir apskatītas arī citas MIS metodes. Šādas metodes ietver loģistisko regresiju, neironu tīklus, aptuveno loģiku (*fuzzy logic*) u.c.

Uzlabojumi un priekšrocības, kas tiek iegūti no MIS pielietošanas uz modeļprognozēm ir sekojoši:

- Aprēķinot modeļprognozes, informācija par reljefu ir vienkāršota un homogonizēta. Līdz ar to iespējams, ka noteiktā reģionā netiek ņemts vērā objekts, kas rada sistemātisku kļūdu modelim. MIS metodika šādu neprecizitāti iespējams novērstu.
- Modelis nav pilnīga un patiesa reprezentācija atmosfēras darbībām, un to prognozes ir pakļautas kļūdām. Šāda veida sistemātiskas kļūdas ir iespējams labot ar MIS.
- Modeļi ir deterministiski. Tas ir, lai arī nākotnes situācijas laikapstākļiem ir pēc būtības nenoteiktas – viens modeļa aprēķins pēc ievades parametriem var radīt tikai vienu prognozi noteiktam meteoroloģiskam elementam. Veicot modeļa izvades datu statistisku apstrādi ir iespējams aprēķināt nenoteiktību, kas saistīta ar dažādām prognozēšanas situācijām. Tas ir, ir iespējams veidot varbūtiskās prognozes [Daniel S. Wilks 2006].

## MIS un vēja enerģija

Kā piemērs modeļprognozēm un uz tām veiktu MIS apstrādi ir apskatāma vēja enerģija. Attiecība starp vēja ātrumu un vēja enerģiju ir izsakāma kā [<http://www.energetika.lv/?lang=lat&p=3&id=2>]:

$$E = cv^3,$$

Kur

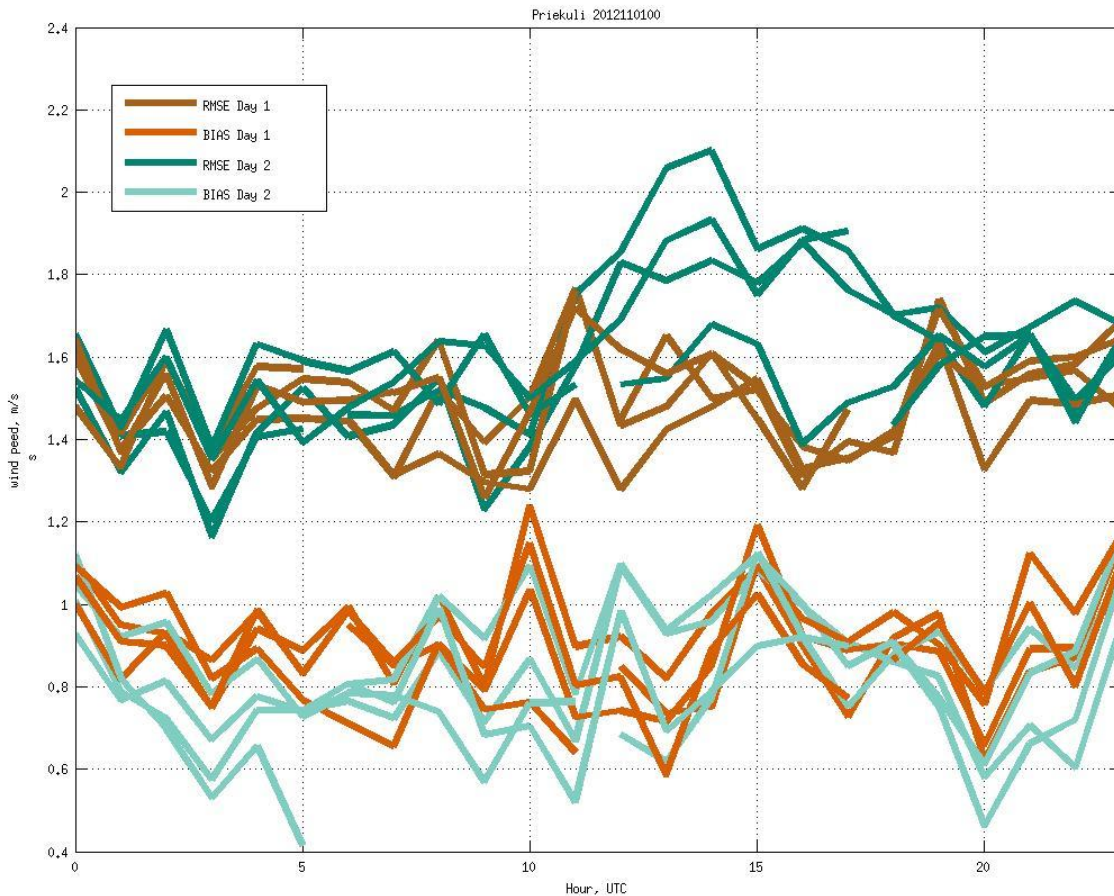
$E$  – no vēja iegūtā enerģija;

$c$  – vēja izmantošanas koeficients;

$v$  – vēja ātrums, m/s.

Kā redzams pēs šīs formulas, nelielas neprecizitātes vēja ātruma prognozēšanā atstāj ievērojami ietekmi uz no vēja iegūtās elektroenerģijas prognozēm.

Arī, ja apskatās verifikāciju vēja ātruma datumiem, ir redzamas pozitīvs BIAS, kas liecina, ka vēja ātruma modeļprognozes ir lielākas nekā novērojumi noteiktajā stacijā. Tas viennozīmīgi liecina, ka ir sistemātiska kļūda, kuras cēlonis var būt gan modeļa nepilnības, gan arī metodika, kā noteiktā stacijā tiek veikta vēja ātruma mērīšana.



**Attēls 6.1. DMI vēja ātruma prognožu verifikācija, Priekuļi, 2012. gada novembris.**

Līdz ar to, lai prognozētu saražoto vēja enerģiju noteiktos laikos, ļoti iespējams labāki rezultāti nekā no modeļprognozēm vai no meteoroloģisko novērojumu datu statistiskas apstrādes, būtu iegūstami veicot modeļprognožu statistisku apstrādi.

Tas ir, apskatot pagātnes vēja ātruma modeļprognozes un arī vēja enerģijas apjomu atbilstošajos laika momentos tiktu izstrādāts vienādojums, kas saista pieminētās prognozes ar saražoto enerģiju precīzāk nekā iepriekš pieminētais vēja enerģijas aprēķina vienādojums. Kā arī šinī analizē būtu iespējams pārbaudīt, vai citi mainīgie, kā piemēram prognozētais vēja virziens un prognozētā temperatūra, arī neatstāj ietekmi uz saražoto vēja enerģiju.

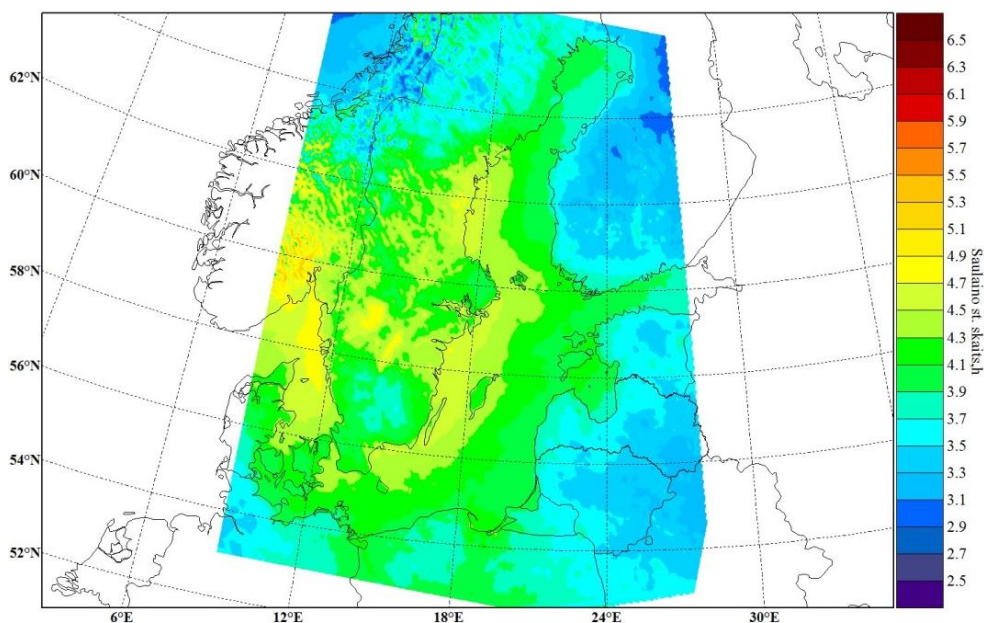
## 7. Saulaino stundu skaits dienā

Viens no skaitlisko laika prognožu modeļa rezultātiem ir kopējais mākoņu daudzums (*total cloud cover, TCC*) izteikts kā mākoņu aizņemtais daudzums no debesīm procentos. Lai aprēķinātu saulaino stundu skaitu dienā, var definēt, ka saulainība ir mākoņu trūkums, un tāpēc saulaino stundu skaitu dienā ir iespējams

aprēķināt kā integrāli (pieņemot, ka telpiskais pārklājums ir tieši proporcionāls laikam, kurā mākoņi aizsedz Sauli):

$$\int_{t_l}^{t_r} (1 - TCC) dt,$$

kur  $t_l$  - saullēkta laiks,  $t_r$  - saulrieta laiks, rezultātu izsakot stundās. Rezultāti tika skaitliski integrēti, lineāri interpolējot rieta un lēkta vērtības no ikstundas modeļa datiem. Rezultāts tika izteikts stundās.



**Attēls 7.1. Saskaņā ar metodi no FIMAR arhīva datiem iegūta 2012. gada integrālā indikatora vērtība – Saulaino stundu skaits 2012. gadā.**

Attēls 7.1 parāda, ka Saulaino stundu skaitam nav izteikta gradienta Z-D virzienā. Redzams, ka Latvijā 2012. Gadā saulaino stundu skaits bijis mazāks nekā lielā daļā Zviedrijas. 2012. Gadā Saulainības vērtība lielāka bijusi virs Baltijas jūras nekā virs Latvijas, Lietuvas, Igaunijas, kā arī Latvijā – saulaino stundu skaits bijis lielāks jūras tuvumā. Attēls parāda, ka tālākam secinājumam izdarīšanai svarīgi analizēt datus vairāku gadu griezumā, jo intuitīvie priekšstati ļauj domāt, ka iespējama ievērojama starp gadu mainība.

## 8. Secinājumi

Lauksaimniecības augu gatavības prognozēšana ļoti labi apraksta aktuālo situāciju konkrētajā gadā. Augu gatavībai ir kumulatīvs raksturs un pamatā balstās uz grādu dienu skaitu, tā ka pamatā ir jāzin diennakts vidējās un maksimālās temperatūras vērtības katrā konkrētajā vietā. Šī metodika konkrētajam augam ļoti labi parāda kuros apgabalos būs ātrāka augu gatavība, bet kuros gatavība iestāsies vēlāk. Bez augu attīstības prognozēm iespējams aprakstīt arī kaitēkļu augšanas un vairošanās prognozes, jo tiem ir līdzīgs sezonālais cikls, kas saistīts ar grādu dienu skaitu. Turklāt kaitēkļu attīstība ir cieši saistīta arī ar augļu un



augļu slimību attīstību. Lauksaimniecības prognozes nākotnē ir iespējams vēl precizēt, iekļaujot apskatā arī papildus parametrus: saulainību, salnu risku, nokrišņus, gaisa mitrumu, u.c.

Komforta temperatūru, tropisko nakšu esamību, „wind chill”, karstuma indeksu iespējams prognozēt samērā precīzi, jo temperatūras parametri reģionālajās klimatiskajās prognozēs parasti labi saskan ar novērojumiem. Saulaino dienu skaitam gan ir iespējamās lielākas lokālās fluktuācijas, bet vidējot pa gadu, lokālās fluktuācijas kļūst nebūtiskas.

Lietus un sniega novērtējumus mēs varam veikt pēc līdzīgas kumulatīvas metodoloģijas kā nosakot augļu gatavību un kaitēkļu vairošanos. Ledus biezuma novērtējums visprecīzāk darbojas bezsniega apstākļos ūdenskrātuvēs ar neizteiktu ūdens straumi, piemēram ezeros 2014. gada ziemā. Sniega un straumes esamība var tikai samazināt ledus biezumu. Tāpēc tika ieviesta ledus biezuma korekcija ievērojot sniega segas biezumu virs ledus. Šāds novērtējums ļauj makšķerniekam izvērtēt pēc cik sala dienām ledus būs pietiekami biezs.

Redzamības prognozes patlaban pasaulē ir visai aptuvenas, jo redzamību ietekmē vairāki fizikālie faktori. Lai precīzāk prognozētu redzamību un miglu, tad tā būtu fizikāli jāiekļauj reģionālajā klimata modelī, kas prasītu ārkārtīgi lielu resursus. Tāpēc mēs izvēlējamies attīstīt konceptuālu modeli, kas ļauj iegūt sliktas redzamības risku pamatojoties uz temperatūras, vēja, mitruma, mākoņainības, dinamiku konkrētajā vietā un laikā.

Analizējot vēja enerģiju izmantojot MIS, iespējams labi pielāgot reģionālās prognozes kādai konkrētai vietai, kur tika vai tiks uzstādīts vēja ģenerators. Tas ļauj prognozēt iegūtās vēja enerģijas daudzumu, kas ir būtiski vēja ģenerators plānošanas procesā.

## 9. Citētie darbi

1. Becker, W J. "Weather and migraine: Can so many patients be wrong?" *Cephalalgia*, 2010, 31 ed.
2. Mukamal, Kenneth J., Gregory A. Wellenius, Helen H. Suh, and Murray A. Mittleman. "Weather and air pollution as triggers of severe headaches." *Neurology*, 2009: 992-927.
3. Prince, Patricia B., Alan M. Rapoport, Fred D. Sheftell, Stewart J. Tepper, and Marcelo E. Bigal. "The Effect of Weather on Headache." *Headache*, 2004, 44 ed.: 596-602.
4. Robert G. Steadman, Norms of apparent temperature in Australia, *Aust. Met. Mag.* 43 (1994), 1-16.
5. Austrālijas valdības Meteoroloģijas biroja (Australian Government Bureau of Meteorology) interneta vietne [http://www.bom.gov.au/info/thermal\\_stress/](http://www.bom.gov.au/info/thermal_stress/).
6. George D. Ashton, River and Lake Ice Engineering, Water Resources Publication, 1986
7. Baker, R., Cramer, J., Peters, J., 2002: Radiation Fog: UPS Airlines Conceptual Models and Forecast Methods. Available on the web at:  
<http://www.meted.ucar.edu/dlac/website/resources/upspaper.pdf>

8. Hägmark L, Ivarsson K-I, Gollvik S, Olofsson P-O. Mesan, an operational mesoscale analysis system. *Tellus A*. Vol. 52, pp. 2-20, 2000
9. Daniel S. Wilks. *Statistical methods in the atmospheric sciences*, second edition, 2006, Elsevier Inc.