

**VIKTORIJA RUDAK**

**SEZONINIŲ ORO TEMPERATŪROS PROGNOZIŲ  
PATIKIMUMO ĮVERTINIMAS**

**2007**

Vilniaus universitetas  
Hidrologijos ir klimatologijos katedra

Įvertinimas

**SEZONINIŲ ORO TEMPERATŪROS PROGNOZIŲ  
PATIKIMUMO ĮVERTINIMAS**

**Magistro darbas**

Hidrometeorologijos specialybės  
Magistro studijų programos  
II kurso studentės  
Viktorijos Rudak

Darbo vadovas  
Doc. Gintautas Stankūnavičius

VILNIUS, 2007

# TURINYS

ĮVADAS .....	4
1. LITERATŪROS APŽVALGA.....	6
2. DEMETER PROJEKTAS .....	10
2.1 Projekte dalyvavusių prognostinių bei klimato tyrimo centrų sukurtų modelių apžvalga ..	12
2.1.1 ECMWF .....	12
2.1.2 Météo – France .....	13
2.1.3 LODYC.....	14
2.1.4 Met Office .....	14
2.1.5 MPI .....	15
2.1.6 CERFACS .....	16
3. PRADINIAI DUOMENYS IR DARBO METODIKA .....	16
3.1 Pradiniai duomenys.....	16
3.2 Darbo metodika.....	18
4. REZULTATAI.....	23
4.1 Oro temperatūros prognozių sudarytų skirtingais sezonais pasitvirtinimo analizė .....	23
4.1.1 Vasarį sudarytų prognozių pasitvirtinimas .....	23
4.1.2 Gegužę sudarytų prognozių pasitvirtinimas .....	24
4.1.3 Rugsjūtį sudarytų prognozių pasitvirtinimas.....	25
4.1.4 Lapkritį sudarytų prognozių pasitvirtinimas.....	25
4.2 Atskirų Demeter projekte naudotų modelių patikimumo įvertinimas .....	26
4.2.1 MPI modelio prognozių patikimumas .....	26
4.2.2 UKMO modelio prognozių patikimumas.....	28
4.2.3 SERFACS modelio prognozių patikimumas .....	31
4.3 Demeter sudarytų prognozių pasitvirtinimo apžvalga .....	33
IŠVADOS .....	38
LITERATŪROS SĄRAŠAS .....	39
SANTRAUKA.....	41
SUMMARY .....	43
PRIEDAI.....	45

## ĮVADAS

Prognozių pasitvirtinimo statistinis įvertinimas – verifikacija – leidžia užtikrinti orų prognozių patikimumą, ypač svarbių prognozuojamų perspėjimų apie pavojingus meteorologinius reiškinius, taip pat sustiprinti skaitmeninių orų prognozių sudarymo pajėgumus ir tuo pačiu padidinti prognozių tikslumą. Šiandien sukurta daug įvairių metodų, kuriais prognozių pasitvirtinimas įvertinamas kokybiškai ar kiekybiškai. Dauguma metodų grindžiami paprastu prognozių ir stebėjimų palyginimu, praktiniu įvertinimu kiek modelio sudarytos prognozės atitinka arba nukrypsta nuo faktinio stebėjimų lauko.

Atmosfera yra chaotiška ir nepastovi sistema. Sudaryti patikimas ilgalaikes arba sezonines orų prognozes yra nepaprastai sudėtinga, nes menkiausi pokyčiai atmosferoje, tuo pačiu pokyčiai modelių pradinėse sąlygose, lemia dideles paklaidas prognozėse. Todėl prognozuojant visada išlieka neapibrėžtumo dalis, susijusi su netiksliu atmosferos pradinių sąlygų apibrėžimu, modelio ribinėmis sąlygomis, modelio paklaidomis (modelio struktūra, ribota modelio skiriamąja geba) ir fizikinių procesų, kurių mastas mažesnis už modelio tinklę, parametrizacija. Vienas iš būdų sumažinti tokį neapibrėžtumą – išreikšti prognozes tikimybių forma. Tokios tikimybinės prognozės atitinka du kriterijus: (1) jos yra patikimos, t.y., atvejai, išprognozuoti su tam tikra tikimybe, turi verifikuoti su duotos tikimybės pasikartojimu; (2) prognozės skiriasi nuo klimatinio pasikartojimo. Teorinė kokybiška tikimybių prognozių sistema duos 100% tikimybę atvejams, kurie faktiškai įvyko ir 0% visiems likusiems. Dėl chaotiškos atmosferos prigimties praktiškai beveik neįmanoma pasiekti teorinio prognozių sudarymo tikslumo.



1 pav. Pagrindiniai pasauliniai prognostiniai ir klimato tyrimo centrai, sudarantys sezonines prognozes (pagal ECMWF, 2007).

- *A.I.Voeikov Main Geophysical Observatory (MGO)*
- *Australian Bureau of Meteorology (BoM)*
- *Center for Weather Forecasts and Climate Studies (CPTEC) -*
- *Climate Prediction Center / National Centers for Environmental Prediction (NCEP)*

- *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF)*
- *EPS/LRF Producing Centres (WMO)*
- *GMAO Seasonal Forecast Group (GMAO)*
- *Hydrometeorological Research Center of the Russian Federation (HMC)*
- *International Research Institute (IRI)*
- *Japan Meteorological Agency (JMA)*
- *Korean Meteorological Administration (KMA)*
- *Met Office*
- *Meteo-France*
- *Meteorological Service of Canada (MSC)*
- *National Climate Center of China Meteorological Administration (CMA)*
- *Seasonal Prediction Model Intercomparison (SMIP) projects / Program for Climate Model Diagnosis and Intercomparison (PCMDI)*
- *South African Weather Services (SAWS)*

Rezultatai, gauti Kanados meteorologijos tarnyboje ir Europos vidutinio išankstumo prognozių centre (1 pav.), rodo, kad eksperimentinių sezoninių prognozių patikimumas didėja, kai jos pagrįstos ansamblinių prognozių, sudarytų keliais modeliais naudojimu.

Šiame darbe paliesta dalis verifikacijos metodų, taikomų ansamblinių prognozių pasitvirtinimui įvertinti. Ansamblinės prognozės - tai gana naujas, daug tyrimų reikalaujantis ir naujų pasiekimų atnešiantis orų prognozavimo būdas. Šiandien ansamblinių prognozių verifikacijos metodai taikomi plačiau nei tradicinių deterministinių prognozių. Be įprastų prognozės tikslumą aprašančių rodiklių skaičiavimo yra būdų įvertinti atskirų ansamblio narių tikslumą ir jų poveikį visai ansamblinei prognozei. Ansamblių forma dažnai naudojama prognozuojant orus sezonams.

Šio darbo tikslas – įvertinti sezoninių prognozių pasitvirtinimą, naudojant *DEMETER (Development of a European Multimodel Ensemble system for seasonal to inTERannual prediction)* multimodelio ansamblinių prognozių, sudarytų Lietuvos teritorijai, ir Lietuvos meteorologijos stočių stebėjimų duomenis. Darbo užduotys – apskaičiuoti prognozių verifikacijos rodiklius; išanalizuoti atskirų modelių prognostinės sistemos tikslumą atskirais sezonais ir palyginti skirtingiems sezonams sudarytų prognozių tikslumą. Analizei naudojami 1990-2001 metų vasario, gegužės, rugpjūčio ir lapkričio mėnesiais sudarytų prognozių šešiams mėnesiams į priekį oro temperatūros ansamblių vidurkiai.

# 1. LITERATŪROS APŽVALGA

Nuo XX a. pabaigos pradėtas naudoti naujas metodas - įvairių nepriklausomų vienas nuo kito modelių apjungimas į ansamblį. Toks kelių modelių naudojimas leidžia įvertinti fizikinių procesų parametrizacijos metodų aprašymo neapibrėžtumus ir hidrodinaminių lygčių sprendimų netikslumus. Pastarąjį dešimtmetį Europos šalyse vykdomas eksperimentinis multimodelinio sezoninio prognozavimo projektas *DEMETER*. Analogišką jam sezoninio prognozavimo programą *APCN*, kurią koordinuoja Korėjos meteorologijos tarnyba, įgyvendina Azijos regiono šalys. Skirtingų modelių rezultatams palyginti vykdomas tarptautinis projektas *SMIP-II*.

Objektyvus ansamblio įvertinimas apima įvairius statistinius skaičiavimus, įskaitant ansamblio vidutinį kvadratinį nuokrypį, ansamblio skirstinio palyginimo metodą (skirstinys idealiu atveju būna toks pat kaip ansamblio vidutinė paklaida), Talagrand'o diagramas (*Talagrand diagram*), *Brier* rodiklį (*Brier skill score - BSS*), kategorijų tikimybinį rodiklį (*Probability Skill Score - RPSS*), santykinės charakteristikas (*Relative Operating Characteristics - ROC*) (Zhu et al., 1996). Svarbiausi jų – rodikliai, kuriais įvertinamos tikimybinės prognozės - *BSS*, *RPSS* ir *ROC*. Tokio įvertinimo pagrindas yra prognostinių ir faktinių tikimybinių reikšmių palyginimas.

Sezoninės prognozės – prognozės 3 mėnesiams į priekį – niekada nebus tokios tikslios, kad būtų žinoma, kurią savaitę lis, o kurią – ne. Nors visose pasaulio prognostiniuose centruose labai intensyviai prie jų dirbama. Sezoninės prognozės labai naudingos valstybei. Žinant, kokios žiemos laukiama, galima koreguoti šildymo sezonui reikalingo kuro kiekį ir pirkti jį iš anksto už mažesnę kainą. Taip pat iš anksto, pagal būsimas orų sąlygas nuspėjant derlių, galima planuoti žemės ūkio darbus.

Sezoninės prognozės - tai vidutinių orų sąlygų prognozės keliems mėnesiams. Pavyzdžiui, pagal sezonines prognozes numatoma šiltesnė už normą vasara ar drėgnesnis už normą pavasaris. Dažniausiai, prognozuoti žiemos orus vasarą lengviau nei vasaros žiemą. Tai vadinama "pavasario numatymo barjeru". Taip pat trijų mėnesių prognozės būna labiau patikimos nei devynių. Šiuo metu sezonines prognozes vis dažniau pateikiamos ansamblinėmis prognozėmis.

Taigi, sezoninėmis prognozėmis mėginama tiekti naudingą informaciją apie artimų kelių mėnesių klimatą. Sezoninės prognozės tai ne tas pats kas trumpalaikės orų prognozės: orais laikomos atmosferos sąlygų nuolatinių pokyčių momentas, tuo tarpu klimatas suprantamas kaip statistiniais duomenimis pagrįsta orų visuma nagrinėjamo sezono metu (*Seasonal...*,2005).

Skaitmeniniame orų modeliavime naudojamos hidrodinaminės lygtys aprašo pradinę atmosferos būklę ir žemės paviršiaus sąlygas, todėl, nors ir nežymūs šių sąlygų, kurie yra chaotinė sistema, pokyčiai turi įtakos prognozių sudarymui. Nežiūrint chaotiškumo atmosferoje, dėl komponentų, kurie yra ilgalaikiai kintamieji (sezonai ir metai), galima sudaryti tam tikro masto ilgalaikes prognozes. Svarbiausias šių komponentų bruožas – *ENSO* ciklas (*El Nino* svyravimai pietų pusrutulyje), kuris remiasi įvairių parametrų koherentiškomis, vidutinio masto fluktuacijomis (vandenyno temperatūros, kritulių, atmosferos cirkuliacijos, vertikaliųjų srautų ir atmosferos slėgio) virš tropinių Ramiojo vandenyno sričių bei yra didžiausias žinomas klimato kaitos iš metų į metus šaltinis.

Ramiojo vandenyno vandens paviršiaus temperatūra nėra vienintelis faktorius, kuriuo remiamasi prognozuojant ilgesnio laikotarpio orus. Yra kitų sezoninio klimato kitimo priežasčių. Anomaliai aukštos ar žemos Atlanto ar Indijos vandenyno vandens temperatūros tropinėse platumose taip pat gali įtakoti sezoninio klimato pokyčius virš sausumos. Be vandenynų tropinių dalių yra kiti faktoriai, tarp kurių paminėtini sniego danga ir dirvos drėgmė. Kai sniego danga didesnė už nagrinėjamo sezono vidutinę tam tikrame regione, susidaro sąlygos stipresniam oro atšalimui nei įprasta. Dirvos drėgmė, kuri ryškiausią poveikį orams turi šiltuoju metų laiku, taip pat neša vėšą. Šie atmosferos cirkuliaciją veikiantys faktoriai sudaro pagrindą ilgalaikėms prognozėms (*Seasonal...*,2005).

Apibendrinant, sezoninės prognozės teikia įvairius klimato kaitos scenarijus skirtingais sezonais. Svarbu turėti omenyje, kad dėl chaotiškos atmosferos cirkuliacijos prigimties neįmanoma tiksliai išprognozuoti orų svyravimų per parą konkrečiu mėnesiu.

Statistiniam duomenų reikšmingumui užtikrinti svarbus tiriamų duomenų kiekis. Sezoninių prognozių atveju 10-15 metų - pakankamas laikotarpis prognozėms įvertinti. Įvertinimą sudaro modeliuotų prognozių nuokrypių skaičiavimai įvairiems kintamiesiems (zoniniams vidurkiams, jūros vandens temperatūrai) ir deterministinių bei tikimybinių prognozių įvertinimo rodikliai.

Pirmas žingsnis sezonų prognozių sudaryme yra klimato išmanymas, tai yra atmosferos sąlygų supratimas tam tikroje vietoje tam tikru metu laiku. Ilgalaikių prognozių sudarymui tinka buvusių orų ir klimato statistinė analizė. Keliose pasaulio vietose atskirais sezonais statistiniais skaičiavimais pagrįstos prognozės būna gana sėkmingos: pavyzdžiui, nustatytas glaudus ryšis tarp kovo-gegužės mėnesių kritulių kiekio *Nordeste* regiono Brazilijoje ir tropinių platumų Atlanto vandenyno temperatūros porą mėnesių prieš lietingąjį sezoną ir jo metu.

Sudarant sezonines prognozes svarbu atsižvelgti į Žemės sistemos atmosferos ir vandenyno komponentus. Faktiškai, oro-vandens sąsajos procesai, apibūdinantys sudėtingus mainus tarp

atmosferos ir vandenyno, reikalingi *ENSO* ciklui atvaizduoti. *ENSO* skaičiavimai labiausiai priklauso nuo pradinių klimatinės sistemos sąlygų, ypač tropinėse Ramiojo vandenyno zonose. Dėl atmosferos chaotiškos prigimties kuriamas didelis skirtingų simuliacijų skaičius. Dėl orų pradinių sąlygų skirtumų visos simuliacijos pateikia skirtingus atsakymus, tačiau vis tiek neatsako į klausimus apie galimus išėjimo rezultatus ir atmosferos vystymosi procesų tikimybę. Jeigu skaitmeniniai modeliai būtų realistiniai, gamintų didesnę ansamblių prognozių skaičių, ateinančių mėnesių "klimatas", t.y. orų pasiskirstymo tikimybė, būtų apibūdintas tiksliau.

Esant prielaidai, kad prognozuojamas "klimatas" skirsis nuo normos dėl pradinių vandenyno-atmosferos-paklotinio paviršiaus sąlygų, ansamblių prognozių skaičiavimai parodo patikimų sezoninių prognozių "signalus". Tačiau, yra daug kliūčių, kurios riboja sezoninių prognozių sudarymo gebėjimus. Matavimų klaidos (sisteminės ir atsitiktinės), rečiau vandenyno stebėjimuose, bei atmosferos nepastovumo skaičiavimų metodai, turintys įtakos skaitmeninių vandenyno-atmosferos modelių tikslumui, dar nėra pakankamai išnagrinėti.

Pagrindinis sezoninių prognozių sudarymo tikslas yra prognozuoti tokias reikšmes, kurios labiausiai tikėtinos kito sezono metu. Kai kuriose pasaulio vietose, prie tam tikrų sąlygų, įmanoma pateikti santykinai siaurą intervalą, į kurį pateks šios reikšmės. Dažniausiai tikimybinis intervalas iš metų į metus kinta nežymiai. Tokios prognozės lengvai suprantamos ir plačiai naudojamos; joms priskiriamos prognozės, susijusios su stipriu *El Nino* reiškiniu.

Atskaitos taškas, nuo kurio sezoninės prognozės tampa pakankamai patikimos, kad jomis galima būtų remtis, labai priklausys nuo vartotojų poreikių. Pagerėjus patikimumui, išaugtų jų taikymo įvairovė, tuo pačiu padidėtų sezoninių prognozių ekonominė vertė. Nederėtų pamiršti, kad fizinės galimybės pasiekti norimus rezultatus su prognostine sistema iki šiol yra ribotos. Galima pasiekti tik tikėtinų rezultatų diapazoną. Dauguma atvejų, šis diapazonas bus gana platus ir visuomet išliks nenumatytų atvejų rizika. Tokiu būdu, daugelyje pasaulio šalių orų svyravimai liks neprognozuojami.

Šiandieninės sezoninės prognozės pateikiamos tikimybių forma (ar paklaidų), kurios kruopščiai kalibruojamos su paleoduomenimis, pvz., kanoninės koreliacijos analizė (*CCA*), prognozuojant *El Nino* svyravimus (reguliariai pateikiama *NOAA* klimato diagnostikos biuletenyje). Tokios prognozės pakankamai patikimos, bet turi labai didelį paklaidų diapazoną: gali būti prognozuojama, kad per 6 mėnesius sustiprės *El Nino* arba *La Nina*, arba sąlygos laikotarpyje tarp jų.

Tinkamai atlikti prognostinės sistemos kalibravimą su paleoduomenimis nėra lengva. Pirmiausia dėl riboto paleoduomenų kiekio. Problema atsiranda tuomet, kai prognozavimo lygis

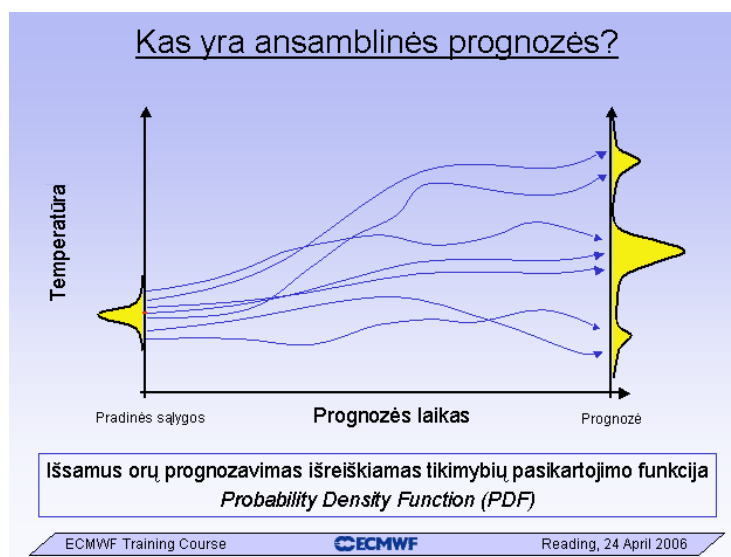


žemas ir reikia ilgalaikės stebėjimų duomenų sekos. Santykinai žemo lygio sezoninis prognozavimas yra globalinis reiškinys, ypač būdingas vidutinių platumų sudaromoms prognozėms bei mažesnio erdvinio masto prognozėms (keli šimtai km). Dėl to sezoninės prognozės šiuo metu sulaukia vis didesnio dėmesio ir yra potenciali erdvė tobulinti prognozavimo metodikas.

L. Wilson (*Environment Canada Weather Office*) pateikia ansamblinių prognozių verifikacijos metodus, akcentuodamas klausimą, kaip sugretinti visą ansamblio skirstinį su stebėjimų reikšme. Ansamblinių prognozių verifikacija gali apimti ansamblio skirstinio verifikaciją, pavienių ansamblio narių verifikaciją ir tikimybinių prognozių, pagrįstų ansambliu, verifikaciją. Būdai apskaičiuoti ansamblinius skirstinius apima skirstinio modelio palyginimo metodą bei visą eilę tikimybinių rodiklių. Kiekvienas būdas įvertina skirtingas prognostinės schemos savybes ir turi įvairius teigiamus bei neigiamus aspektus. Wilson išskėlė hipotezę, kad ansamblio vidurkis nėra labai reikšminga prognozė, pagrįsta ansamblio skirstiniu, nes vidurkis nebūtinai parodo modelio trajektoriją. Tačiau iki šiol dalies šiuolaikinių verifikacijos metodų pagrindu lieka ansamblio vidurkio skaičiavimai. Tikimybinių prognozių verifikacijos būdai, kurie remiasi ansamblių skirstiniais, yra analogiški kitokio tipo tikimybinių prognozių verifikacijos metodams, pvz. patikimumo diagrama (*Reliability diagram*). Pasak Wilson, ansamblinių prognozių verifikacijos metodo pasirinkimas priklauso nuo to, kaip ansamblinę prognozę naudos prognozuotojas ar vartotojas (Wilson, 2002).

Atmosferos būklės sąlygos pasirinktu momentu nebūna visapusiškai tikslios dėl klaidų, susijusių su matavimų prietaisais. Be to, pradinių sąlygų nepastovumas atsiranda vykdant nepilną meteorologinių stebėjimų programą (kai stebėjimai atliekami ne visose stotyse arba ne visais terminais). Tokiu būdu, prognozės, sudarytos remiantis pradinėmis atmosferos sąlygomis, visada turi paklaidų, kartais sisteminių. Nepastovumo pradinėse sąlygose laipsnis taip pat priklauso nuo duomenų asimiliacijos sistemos, jos tobulumo. Kiekvieną sistemą veikia tipinės analizuojamų stebėjimų ir skaitmeninių prognozių paklaidos, naudojamos “pirmam spėjimui” ir koreguojamos naujais stebėjimų duomenimis. Skirtingos pradinės sąlygos, naudojamos kiekvienai prognozei ansamblio sistemoje, paėmus kaip visumą, apima išliekantį nepastovumo laipsnį (minimizuotas paklaidas).

Atskira prognozė ansamblyje vadinama ansamblio nariu. Pradinių sąlygų nepastovumo taikymas ansamblinių prognozių sistemoje, kada ansamblio narys paleistas nepakeičiant analizės, vadinamas ansamblio eksperimentu (1.1 pav.).



1.1 pav. Ansamblinės prognozės sąvoka (pagal Hagedorn, 2006).

Sezoninės prognozės gali atnešti daug naudos ir pelno ateityje, nes jomis remiantis galima bus planuoti didelio masto ūkio darbus, turizmą, žemės ūkio derlių ir panašiai. Kol kas sezoninių prognozių patikimumas vos viršija 50%, todėl jos yra tik eksperimentinės (patikimos prognozės egzistuoja iki 5 d.  $\pm$  2 d.).

## **2. DEMETER PROJEKTAS**

*DEMETER* projektas, įgyventintas 2000-2003 metais, skirtas įvertinti Europos sezoninio prognozavimo galimybes ir pačių prognozių, sudarytų skirtingų globalinių jungtinių vandenyno-atmosferos modelių, potencialią ekonominę vertę. *DEMETER* projekte kiekvieno naudojamo modelio prognozės apima išplėstų eilių ansamblį 6 mėnesiams į priekį. Prognozės sudarytos 4 kartus per metus (vasario, gegužės, rugpjūčio ir lapkričio mėnesiais).

*DEMETER* sistemą sudaro 7 jungtiniai globalinės atmosferos-vandenyno cirkuliacijos modeliai, detaliam aprašyti 2.1 skyriuje. Kiekvieno jų, išskyrus *MPI (Max Plank Institute)* modelio, neapibrėžtumai pradinėse sąlygose pateikiami skirtingų vandenyno pradinių sąlygų ansambliu iš devynių narių.

Tam buvo atliktos trys skirtingos vandenyno analizės: kontrolinė vandenyno analizė paveikta momento, šilumos ir masės srauto duomenimis iš *ECMWF* 40-metų *Re-Analysis3 (ERA-40)*, kitos dvi analizės buvo sukurtos papildžius *ERA-40* momento srautą paros vėjo anomalijomis. Atmosferos ir sausumos paviršiaus pradinės sąlygos buvo paimtos tiesiai iš *ERA-40* (Palmer T. ir kt., 2004).

*DEMETER* projekte dalyvavusių prognostinių ir klimato tyrimų centrų modelių techninės charakteristikos bei atmosferos ir vandenyno komponentų pradinės sąlygos trumpai aprašytos lentelėje, pateiktoje žemiau (2.1 pav.)

	CERFACS	ECMWF	INGV	LODYC	Météo-France	Met Office	MPI
atmosphere component	ARPEGE	IFS	ECHAM-4	IFS	ARPEGE	HadAM3	ECHAM-5
resolution	T63 31 Levels	T95 40 Levels	T42 19 Levels	T95 40 Levels	T63 31 Levels	2.5° x 3.75° 19 Levels	T42 19 Levels
atmosphere initial conditions	ERA-40	ERA-40	coupled AMIP-type experiment	ERA-40	ERA-40	ERA-40	coupled run relaxed to observed SSTs
reference	Déqué 2001	Gregory et al. 2000	Roeckner 1996	Gregory et al. 2000	Déqué 2001	Pope et al. 2000	Roeckner 1996
ocean component	OPA 8.2	HOPE-E	OPA 8.1	OPA 8.2	OPA 8.0	GloSea OGCM, based on HadCM3	MPI-OM1
resolution	2.0° x 2.0° 31 Levels	1.4° x 0.3°- 1.4° 29 Levels	2.0° x 0.5°- 1.5° 31 Levels	2.0° x 2.0° 31 Levels	182 GP x 152 GP 31 Levels	1.25° x 0.3°- 1.25° 40 Levels	2.5° x 0.5°- 2.5° 23 Levels
ocean initial conditions	ocean analyses forced by ERA-40	ocean analyses forced by ERA-40	ocean analyses forced by ERA-40	ocean analyses forced by ERA-40	ocean analyses forced by ERA-40	ocean analyses forced by ERA-40	coupled run relaxed to observed SSTs
reference	Delecluse and Madec 1999	Wolff et al. 1997	Madec et al. 1998	Delecluse and Madec 1999	Madec et al. 1997	Gordon et al. 2000	Marsland et al. 2002
ensemble generation	windstress and SST perturbations	windstress and SST perturbations	windstress and SST perturbations	windstress and SST perturbations	windstress and SST perturbations	windstress and SST perturbations	9 different atmospheric conditions from the coupled initialization run (lagged method)

2.1 pav. *DEMETER* modelių trumpa charakteristika\* (pagal Palmer T. N ir kt., 2004).

<i>ARPEGE</i>	<i>Action de Recherche Petite Echelle Grande Echelle (Research Project on Small and Large Scales)</i>
<i>IFS</i>	<i>Integrated Forecast System</i>
<i>ERA</i>	<i>ECMWF Re-Analysis</i>
<i>ECHAM</i>	<i>European Centre Hamburg Model (global climate model)</i>
<i>HadAM3</i>	<i>Hadley Centre Coupled Model, version 3 (global climate model)</i>
<i>HadCM3</i>	<i>Coupled ocean-atmosphere general circulation model</i>
<i>HOPE-E</i>	<i>The Hamburg Ocean Primitive Equation model</i>
<i>GloSea</i>	<i>GLOBAL SEASONAL forecast model</i>
<i>MPI-OM</i>	<i>The Max-Plancktitute global ocean/sea ice model</i>
<i>OGCM</i>	<i>Oceanic General Circulation Model</i>
<i>OPA</i>	<i>A numerical platform for ocean modelling</i>
<i>SST</i>	<i>Global Sea Surface Temperatures</i>
<i>T63</i>	<i>Potential temperature levels</i>
<i>GP</i>	<i>Grid Point</i>

## 2.1 Projekte dalyvavusių prognostinių bei klimato tyrimo centrų sukurtų modelių apžvalga

*DEMETER* projekte dalyvavusių prognostinių ir klimato tyrimų centrų modeliai:

- *CERFACS - European Centre for Research and Advanced Training in Scientific Computation* (Prancūzija),
- *ECMWF - European Centre for Medium-range Weather Forecasts* (D. Britanija),
- *INGV - Istituto Nazionale de Geofisica e Vulcanologia* (Italija),
- *LODYC - Laboratoire d'Océanographie Dynamique et de Climatologie* (Prancūzija),
- *Météo-France (CNRM) - Centre National de Recherches Meteorologiques*, (Prancūzija),
- *UKMO - Met Office* (D. Britanija)
- *MPI (arba SMPI) - Max-Planck Institut für Meteorologie* (Vokietija).

### 2.1.1 ECMWF

Tai Europos vidutinio išankstumo prognozių centro (*ECMWF*) jungtinis bendrosios cirkuliacijos modelis (GCM). Jį sudaro bendrosios atmosferos cirkuliacijos modelio integruota prognostinė sistema ir *HOPE* vandenyno cirkuliacijos modelio versija. *ECMWF* globalinis bangų modelis (*WAM cycle 4*) įtrauktas kaip atmosferos komponentė tiesiogiai nėra susijęs su vandenyno modeliu.

Atmosferos dedamoji yra *ECMWF NWP IFS* modelio versija 23r4. Dinaminis modelio blokas pagrįstas spektriniu metodu ir T95 trumpiniu. Fizikiniame bloke naudojamas linijinis sumažintas Gauso tinklelis (*Gaussian grid*) su 1.8° horizontaliu žingsniu (apie 200 km skiriamąja geba) ir 40-sigma lygiais pagal vertikale. Modelis naudoja dviejų laiko žingsnių Langrandžo advekcijos schemą ir paleidžia naują eksperimentą kas valandą.

Į modelį įtrauktas parametrizacijos neapibrėžtumų stochastinis atvaizdavimas (Buizza ir kt., 1999), žinomas kaip "stochastinė fizika". Pilnas 23r4 ciklo aprašymas pateikiamas <http://www.ecmwf.int/research/ifsdocs/>. Modelyje naudojama greito radiacijos perdavimo schema, skirta ilgabangei spinduliuotei, ir Fouquart (1987) sukurta trumpabangės spinduliuotės schema; pažemio paviršiams parametrizuoti naudojama schema su 8 skirtingais dirvožemio tipais ir mažesnių nei tinklelio mastas orografijos kliūčių schema; kamuoliniams konvekcijos debesims

parametruoti naudojama masės srauto schema, apimanti gilia, vidutinio stiprumo ir vidutinių lygių konvekciją, atsižvelgiant į konvekcijos srauto pernašą; debesims ir didelio masto krituliams aprašyti naudojamos prognostinės lygtys, įtraukiančios vandens/ledo kiekius debesyje ir debesų frakcijas. Detalesnę informaciją apie fizikinių procesų parametrizaciją pateikia Gregory ir kt. (2000).

Vandenyno modelio pagrindas - *HOPE* bendros vandenyno cirkuliacijos modelis. Modelio tinklelio skiriamoji geba yra  $1.4^\circ$  zonine kryptimi ir  $0.3^\circ$  (ties pusiauju) meridianine kryptimi, didėjant iki  $30^\circ$  aukštesiose platumose. Modelis turi 29 vertikalius lygius (15 iš jų žemiau 200 m). Vertikalios maišymosi parametrizacija atliekama pagal Peters ir kt. (1988). Tam naudojamas vienos valandos laiko žingsnis ir patikslintas barotropinis elementas 15 sekundžių laiko žingsniu. Jūros ledas modelyje aprašomas reikšmėmis, kurias sudaro pradinės jūros ledo anomalijos, palygintos 60 dienų laikotarpiu su *SSMI* klimatine norma.

Vandenyno ir atmosferos apjungimas atliekamas naudojant *OASIS* jungimo sistemą. Modelis keičia laukus kartą per parą: atmosferą veikia *SST* (jūros paviršiaus temperatūra) ir jūros ledas, vandenyną – šilumos, judesio kiekio momento ir drėgmės srautai. Saulės radiacija, reikalinga apskaičiuoti patenkančią ant vandenyno paviršiaus radiaciją, išskiriama iš kitų šilumos srautų. Išvardinti srautai atmosferoje, paimti iš *ERA40*, formuoja pradines vandenyno sąlygas, reikalingas prognozei sudaryti. Vandenyno temperatūros duomenų asimiliacijai atlikti naudojamas statistinės interpoliacijos metodas (pagal Smith ir kt.)

### **2.1.2 *Météo – France***

Šis modelis sukurtas Nacionaliniame Prancūzijos meteorologijos tyrimų centre *Météo – France* (*Centre National de Recherches Météorologiques*). Jis sudarytas iš *ARPEGE-Climat 3* versijos - atmosferos GCM ir vandenyno *OPA 8.1* GCM, apjungto per *OASIS 2.2*. *ARPEGE-climat* yra spektrinis atmosferos bendrosios cirkuliacijos modelis (AGCM), kuriame taikomas linijinis T63 skaičiavimas, sumažintas iki 64 Gauso tinklelio taškų ir 31 vertikalių lygių. Dinaminis modelio blokas toks pat kaip *ECMWF (IFS)* su Langrandžo dviejų laiko diskretizacijos lygių schema. Fizikinių procesų parametrizacija dalinai paimta iš *Météo-France* operatyvaus prognostinio modelio. *OPA* yra baigtinių skirtumų pagrįstas vandenyno bendrosios cirkuliacijos modelis (OGCM), sprendžiantis primityvias hidrodinamines lygtis ir nelineinę vandenyno būsenos lygtį, pagrįstą Arakawa C-tinkleliu. Dabartinė modelio konfigūracija turi griežtus apribojimus. Šiaurinis konvergencijos taškas pakeistas į du poliūs Azijoje ir Šiaurės Amerikoje, apimančius Šiaurės ašigalio cirkuliacijos ypatumus. Erdvinė modelio rezoliucija

beveik panaši į geografinį tinklą  $2^{\circ} \times 1.5^{\circ}$  (su meridianine rezoliucija  $0.5^{\circ}$  ties pusiauju). Modelį sudaro 31 vertikalūs lygiai, 10 iš kurių yra žemiau 100 m lygio. Jūros ledo danga apskaičiuojama, remiantis GCM ir klimatiniais atmosferos srautais.

Vandenyno pradinės sąlygos gautos iš *OPA* integracijos, panaudojant paros *ERA40* judėjimo srautus, įskaitant paros vėjo anomalijas ir SST anomalijas, įtrauktas į pradinis duomenis, gaminančius ansamblį iš 9 pradinių vandenyno laukų.

### 2.1.3 *LODYC*

Tai Prancūzijos Vandenyno dinamikos ir klimato tyrimų laboratorijos (*Laboratoire d'Océanographie Dynamique et de Climatologie, Paris, France*) paleistas modelis. *LODYC* jungtinio modelio atmosferos dedamoji yra *IFS*, tokia pati kaip *ECMWF*.

Vandenyno modelį sudaro *OPA* modelio globali konfigūracija *ORCA2*. Tai atnaujinta versija, naudojama *Météo-France*. Horizontalus žingsnis apima  $2^{\circ} \times 2^{\circ}$  *Mercator* tinklą (t.y., vienodi atstumai tarp tinklo taškų zonine ir meridianine kryptimi). Šiauriau  $20^{\circ}$  š. pl. buvo atlikta modifikacija su tikslu įtraukti du skaitmeninius poliūs sausumoje. Tokia modifikacija užtikrina, kad tinklas lieka artimas izantropėms ir mažiausi atstumai tinklyje yra ties Antarktida. Modelį sudaro 31 vertikalūs lygiai su rezoliucija kas 10 m žemiau 150 m. Pažemio topografiniai duomenys ir pakrančių elementai paimti iš pasaulinio atlaso.

Atkurtas paleoklimatinių duomenų laikotarpis įtraukiamas į potencinės temperatūros ir druskingumo lygtis, aprašančias procesus šiauriau  $50^{\circ}$  platumos. Vertikalaus maišymosi parametrizacijos schema modelyje sudaryta remiantis turbulentinės kinetinės energijos prognostinėmis lygtimis, įtraukiant difuzijos parametrizaciją apatiniame paribio sluoksnyje. Maišymosi koeficientas priklauso nuo baroklininio nestabilumo didėjimo laipsnio. Aukštyje ribinis kriterijus yra laisvasis paviršius (Roullet ir Madec, 2000). Jūros ledo danga apskaičiuojama iš klimato stebėjimų duomenų. Vandenyno pradinės sąlygos buvo paimtos iš *CERFACS*.

### 2.1.4 *Met Office*

Šis jungtinis bendrosios cirkuliacijos modelis sukurtas Didžiosios Britanijos meteorologinio centro (*Met Office*). CGCM globalinė sezoninio prognozavimo sistema sudaryta pagal *HadCM3* klimato modelį. Buvo atlikti tam tikri pakeitimai *HadCM3*: padidinta vandenyno vertikaloji skiriamoji geba tropinėse platumose ir *Hadley* Centro suskurta nauja pakrančių elementų schema,

aprašanti sausumos-jūros padengimo ypatumus su vandenyno rezoliucija. Modelio atmosferos komponentės (*HadAM3*) horizontali skiriamoji geba yra  $2.5^\circ$  platumos ir  $3.75^\circ$  ilgumos, turi 19 vertikaliųjų lygių.

Modelio vandenyno komponentės tinklelio žingsnis yra  $1.25^\circ$  zonine kryptimi ir nuo  $0.3^\circ$  ties pusiauju iki  $1.25^\circ$  arčiau polių meridianine kryptimi, turi 40 vertikaliųjų lygių. CGCM kaip ir *HadAM3* apima aktyvaus ledo modelį ir detalių sausumos paviršių procesų aprašymą be srauto dedamųjų pataisų. Pradinės vandenyno sąlygos gautos iš *ERA-40* paviršiaus srautų, veikiančių vandenyno komponentę. Nuo 1986 metų taikoma Optimalios interpoliacijos schema (*FOAM*) įvairių paviršių sluoksnių duomenims asimiliuoti. Termininių duomenų asimiliacija į vandenyno modelį ties pusiauju dažnai rodo dinamiškai nestabilią jo būklę su gilia atvirkštine cirkuliacija. Šiam netikslumui ištaisyti naudojama nuokrypių pataisų ties pusiauju schema, sukurta Bell ir kt. Atmosferos ir paviršiaus procesų pradinės sąlygos paimtos iš *ERA-40*.

Ansambliai pagaminti taikomas metodas, sukurtas Europos vidutinio išankstumo prognozių centre, su *SYSTEM 2*, skirta sezoninėms prognozėms. Pagal šį metodą, prognostinėje sistemoje su tikslu atvaizduoti vėjo ir jūros paviršiaus temperatūros neapibrėžtumus stebėjimuose taikomos anomalių reikšmės.

### 2.1.5 MPI

Jungtinis *MPI (Max Planck Institute Coupled Model, Hamburg, Germany)* modelis sudarytas iš *ECHAM5* bendrosios atmosferos cirkuliacijos modelio ir *MPI-OM1* vandenyno bendrosios cirkuliacijos modelio, apjungto per *OASIS*. *ECHAM5* yra paskutinė *ECHAM* modelio versija. Pagrindiniai skirtumai nuo prieš tai buvusio *ECHAM4* modelio yra radiacijos ir debesų schemų pakeitimai bei sausumos paviršiaus su atmosfera apjungimas. *ECHAM5* paleidžiamas su T42 skiriamąja geba 19 vertikaliuose lygiuose. *MPI-OM1* yra kitos *HOPE* modelio kartos sistema. Reikšmingiausi pakeitimai nuo prieš tai buvusios versijos (*HOPE-E*) – tai naujas ortogonalinis C-koordinacių tinklelis, nauja konvekcijos schema ir *Gent/McWilliams* tipo sūkurio sukkelto maišymosi parametrizacija. Tinklelis apima taškus ties Grenlandija ir Antarktida. Horizontali skiriamoji geba padidėja tarp  $5^\circ$  p. pl.-  $5^\circ$  š. pl. su  $0.5^\circ \times 2.5^\circ$  tinklelio žingsniu zonine ir meridianine kryptimi. Modelis turi 23 vertikalius lygius, 10 iš kurių yra žemiau 300 m lygio.

Pirminiai prognozių duomenys įvedami į modelį naudojant jungtinę asimiliacijos schemą, kurioje modelio eksperimentas apjungtoje modoje paleidžiamas su stipriai sumažintomis iki stebėjimų *SST* reikšmėmis. Šio metodo privalumas yra tai, kad modelis paleidžiamas esant

balansui tarp atmosferos ir vandenyno pradinų sąlygų. Atskiri ansamblio nariai gaminami pasirenkant skirtingas atmosferos sąlygas pirmųjų prognozių paleidimo datomis.

### **2.1.6 CERFACS**

Ši modelį paleido Prancūzijos mokslo ir tyrimų centras (*Centre Européen de Recherche et de Formation Avancée en Calcul Scientifique, Toulouse, France*).

*CERFACS* sezoninių prognozių modelis apjungia atmosferos modelį iš *Météo-France (ARPEGE)* ir vandenyno modelį iš *LODYC (ORCA)* per *OASIS* jungiamąją dalį. *CERFACS* buvo paleistas 1998 metais, skirtas temperatūros ir druskingumo, vėliau vėjo greičio prognozavimui, panaudojant ansamblį iš įvairių klimatinių duomenų, *ERA15* šilumos srautus ir kritulių bei išgaravimo duomenis. Po dviejų veikimo metų, per kuriuos prognozuojama būklė priartėjo prie klimatinės, į modelį buvo įtraukti *ERA40* paros vėjo duomenys ir atkurtos *SST*.

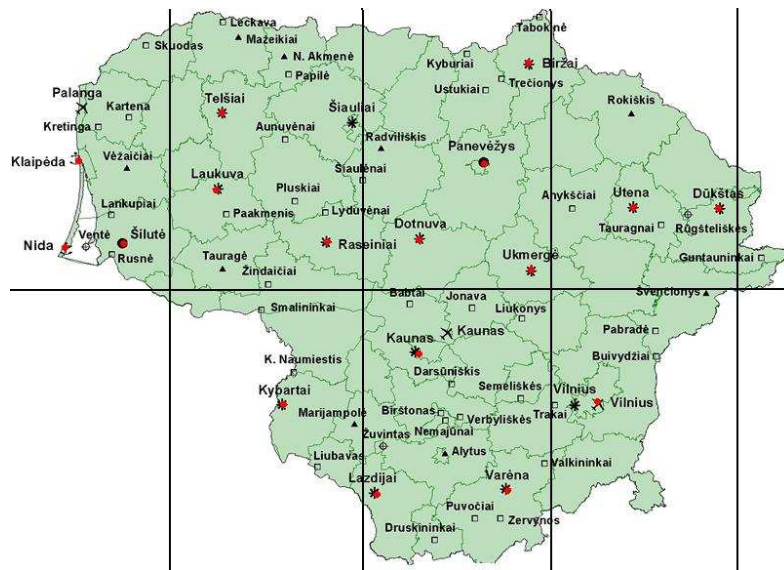
Vandenyno pradinės sąlygos buvo pagamintos *CERFACS*. Jos buvo gautos paleidus *ORCA (Operational Requirements-Based Casualty Assessment System)* modelį priverstiniu režimu. Vandenyno pradinų sąlygų anomalijų ansamblio sudarymui buvo panaudotos pradinės sąlygos iš nepaveikto anomalijomis vandenyno eksperimento, kuris paleidžiamas kas 3 mėnesius. Likus kelioms savaitėms iki eksperimento pradžios į sistemą buvo įtrauktos keturios *SST* anomalijos ir per 7 dienas jas eliminavus bei atkūrus *SST*, eksperimentas buvo tęsiamas toliau. Šis metodas pasirinktas su tikslu išsaugoti maišymosi sluoksnių dinaminį balansą *ORCA* modelio schemeje, kuris gali būti neigiamai paveiktas anomalijų (*Demeter...*, 2006).

## **3. PRADINIAI DUOMENYS IR DARBO METODIKA**

### **3.1 Pradiniai duomenys**

Darbe analizuojami 1990-2001 metų oro temperatūros 2 m aukštyje prognozių duomenys ansamblio forma (*DEMETER* projekte naudotų modelių skaitmeninės prognozės) ir Lietuvos meteorologijos stotyse išmatuotos vidutinės mėnesio oro temperatūros (stebėjimų duomenys iš Lietuvos hidrometeorologijos tarnybos archyvo). Stebėjimų stotys pateiktos žemiau esančiame žemėlapyje (3.1.1 pav.). Jos parinktos taip, kad geriausiai atitiktų modelio tinklelį. Kiekvienam tinklelio taškui buvo apskaičiuotas oro temperatūros stebėjimų vidurkis. Analizei atlikti naudojamos temperatūros reikšmės, išmatuotos stotyse, patenkančiose į vieną tinklelio gardelę.



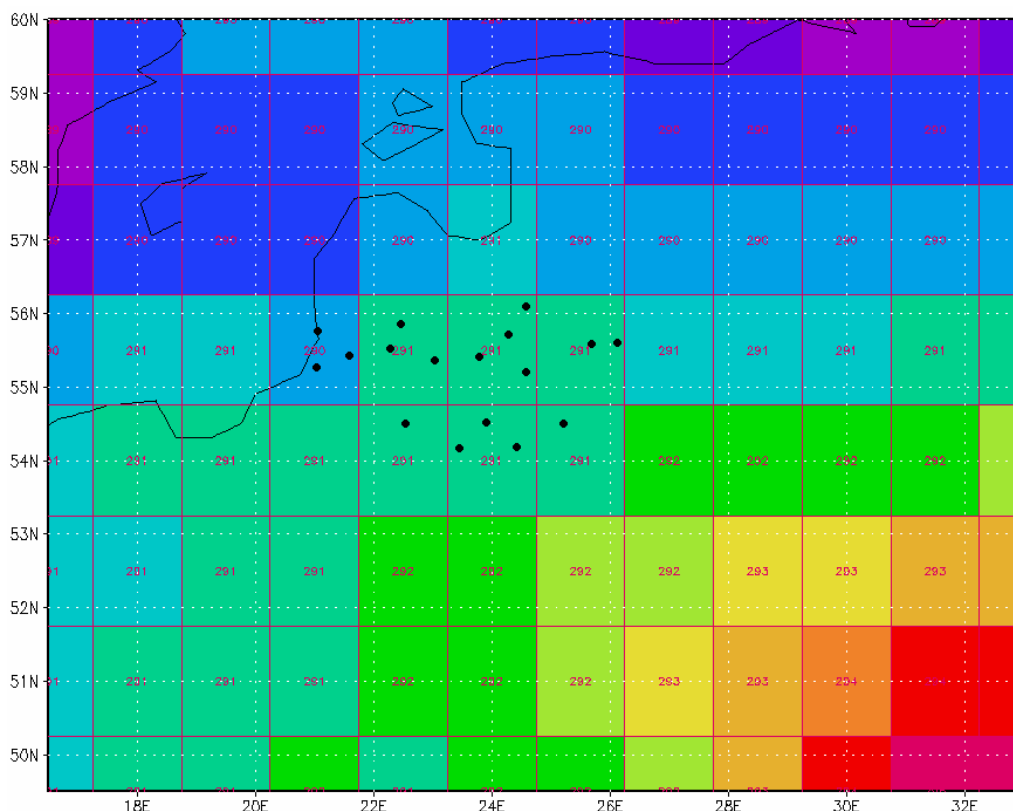


3.1.1 pav. Meteorologijos stočių žemėlapis, kurių oro temperatūros faktinės reikšmės naudojamos šiame darbe.

Tinklelio gardelės toliau darbe vadinamos kvadratais. Tokiu būdu visa Lietuvos teritorija dalinama į 7 kvadratus:

- 1 kvadratas** – naudojami Klaipėdos, Nidos ir Šilutės meteorologijos stočių (MS) duomenys (Pajūris, Vakarų Lietuva);
- 2 kvadratas** – Telšių, Laukuvos ir Raseinių MS (Žemaičių aukšuma);
- 3 kvadratas** – Biržų, Panevėžio, Dotnuvos ir Ukmergės MS (Šiaurės ir Vidurio Lietuva);
- 4 kvadratas** – Dūkšto ir Utenos MS (Rytų Lietuva);
- 5 kvadratas** – Kybartų MS (Pietvakarių Lietuva);
- 6 kvadratas** – Lazdijų, Varėnos ir Kauno MS (Pietų ir Vidurio Lietuva);
- 7 kvadratas** – Vilnius MS (Pietryčių Lietuva).

Proгноzes sudarytos teritorijai, kuri apima  $60.0^\circ$  š.pl.,  $49.5^\circ$  š.pl.,  $16.5^\circ$  r.il.,  $33^\circ$  r.il., tinklelio žingsnis  $1,5^\circ \times 1,5^\circ$  (150 km.). Prognozės, naudojamos šiame darbe, sudarytos kiekvienam tinklelio taškui (jis pažymėtas skaičiumi) (3.1.2 pav.).



3.1.2 pav. Modelio tinklelis (punktyrinė linija – geografinis, ryški linija – tikrasis modelio).

Analizei atlikti buvo surūšiuotos viso analizuojamo laikotarpio vasario, gegužės, rugpjūčio ir lapkričio mėnesiais sudarytos prognozės šešiams mėnesiams į priekį (vasariui – liepai, gegužei- spalviui, rugpjūčiui-sausiui, lapkričiui-balandžiui) ir apskaičiuoti ansamblių (iš 9 narių) vidurkiai.

### 3.2 Darbo metodika

Šiame darbe analizuojami oro temperatūros 2 m aukštyje prognozių ansamblio vidurkiai ir įvertinamas kiekvieno sezono prognozės pasitvirtinimas. Modelio gebėjimams sudaryti patikimas prognozes įvertinti naudojami visuose Europos ir Kanados prognostiniuose centruose plačiai taikomi verifikacijos metodai, aprašyti toliau.

*BIAS* – prognozuoto ir stebėto elemento skirtumas tinklelio taške  $i,j$ . Šis rodiklis parodo, kiek prognozės yra nutolusios nuo fakto. Formulėje  $O_{i,j}$  – yra oro temperatūros stebėjimo reikšmė, °C;  $F_{i,j}$  – oro temperatūros prognozės reikšmė, °C.

$$\boxed{\phantom{0}}$$

(1)

Gerai vidutinę klaidų amplitudę parodo vidutinis kvadratinis nuokrypis (*RMSE*), kuris apskaičiuojamas pagal formulę:

$$\boxed{\phantom{RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i,j} (O_{i,j} - F_{i,j})^2}}} \quad (2)$$

kur  $O_{i,j}$  ir  $F_{i,j}$  tas pats kas formulėje (1). Skirtingai nuo vidutinio absoliutaus nuokrypio, *RMSE* neatspindi nuokrypio krypties (klaidos ženkle), tačiau jis svaresnis, išskiriant didesnes/rimtesnes klaidas nei mažesnes.

Kitas prognozių verifikacijos rodiklis, dažnai naudojamas tokių meteorologinių elementų kaip oro temperatūra prognozių pasitvirtinimui įvertinti, yra **Percent correct** rodiklis. Jam apskaičiuoti įvedamos prognozių nuokrypių nuo stebėjimo reikšmių 2°C korekcijos, kai prognozės ir stebėjimų skirtumas patenka į intervalą [-2;2]. Gaunama tikslų prognozių dalis sekoje, išreikšta procentais. Jei prognozės patenka į nurodytą intervalą, tai yra prognozuotos reikšmės didesnės ar mažesnės ne daugiau nei 2°C už stebėjimų reikšmę, atvejis žymimas 1, kitokiu atveju (prognozės reikšmės nepatenka į nurodytą intervalą) žymima 0. Toliau apskaičiuojama atvejų su 1 dalis visoje prognozės sekoje.

Išskiriami du ansamblinių prognozių verifikacijos metodai: (1) kada įvertinamas vienas ar keli viso ansamblio skirstinio kokybės aspektai, (2) kada įvertinamos tikimybinės prognozės, išrinktos iš ansamblio skirstinio (Standardised..., 2002).

Pagal pirmąjį metodą, sudaroma **Talagrand'o diagrama** (*ANALYSIS RANK HISTOGRAM*) (Talagrand ir kt., 1997; Hamill, 2001) (Forecast..., 2006). Šis ansamblinių prognozių verifikacijos metodas atsako į klausimą, koku laipsniu prognozės ansamblio pasiskirstymas atspindi tikrąjį stebėjimų kintamumą (neapibrėžtumą). Diagrama sudaroma keliais etapais:

1. Kiekviename stebėjimų taške surikiuojami  $N$  ansamblio nariai didėjimo tvarka. Tai parodo  $N+1$  galimus rinkinius, kuriuos atitiks stebėjimai, kartu su dviem ekstremaliomis reikšmėmis.
2. Nustatoma, į kuri atitinkamos kategorijos rinkinį patenka stebėjimai kiekviename taške.
3. Suskaičiuojamas patenkančių stebėjimų kiekis ir braižoma kategorijų diagrama.

Diagramos interpretacija:

- ✓ Plokščia – ansamblio pasiskirstymas teisingai atvaizduoja prognozės neapibrėžtumą; Plokščia diagrama nebūtinai parodo, kad prognozė pasitvirtina, ji tik apibūdina ar stebėjimų duomenų tikimybinis pasiskirstymas gerai atsispindi ansamblyje.
- ✓ U-formos – ansamblio elementų pasiskirstymas per siauras, dauguma stebėjimų duomenų patenka už ekstremalių ansamblio reikšmių ribų;
- ✓ Kupolo-formos – ansamblio pasiskirstymas per platus, dauguma stebėjimų duomenų patenka arti ansamblio centro;
- ✓ Asimetrinė – ansamblis turi nuokrypį.

Antrasis ansamblių prognozių verifikacijos metodas pagrįstas **Brier rodiklio (BS)** skaičiavimu, kuris parodo tikimybių prognozių tikslumą (Hagedorn, 2005).

$$\boxed{\hspace{10em}} \quad (3)$$

kur  $p_n$  – tikimybinė prognozė (dalis narių, kurie prognozuoja atvejį); atvejo pavyzdys gali būti temperatūra aukštesnė už 15°C.

$o_n$  – stebėjimai (1 - jeigu atvejis pasitaikė, 0 - jeigu nepasitaikė);

$n$  – atskiras ansamblio narys;

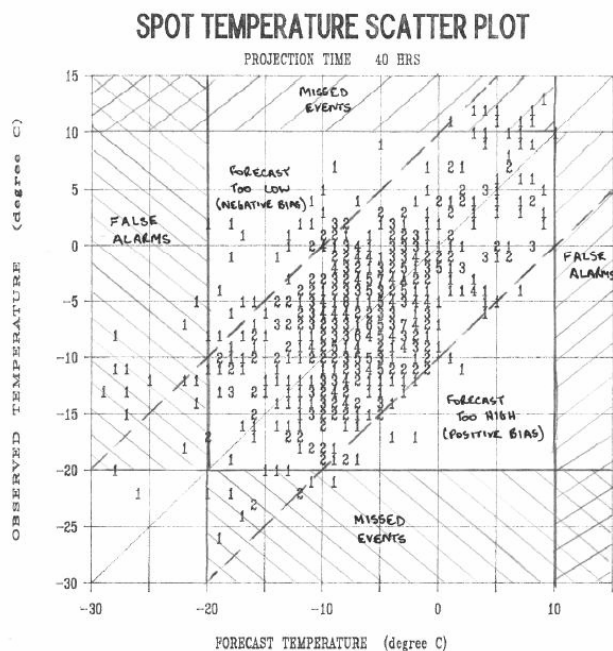
$N$  – bendras ansamblio narių skaičius.

Šis metodas atsako į klausimą, kokia yra vidutinė paklaida ansamblyje. Brier rodiklį galima išskaidyti į tris faktorius, kurie atspindi įvairius prognozės kokybės aspektus – patikimumas (*reliability*) minus rezoliucija (*resolution*) plus neapibrėžtumas (*uncertainty*). Pirmasis yra tikimybinės prognozės ir stebėjimų atitikimas, antrasis – modelio gebėjimas pateikti patikimą prognozę ir trečiasis parodo paros stebėjimų pasikartojimo kitimą.

Vienas iš plačiai naudojamų šiuo metu prognozių verifikacijos metodų yra **sklaidos grafikai (SCATTER PLOTS)**, atvaizduojantys stebėjimų ir sumodeliuotų prognozių sklaidą (3.2.1 pav.). Ypač tinka tokiems nenutrūkstamiems elementams verifikuoti kaip oro temperatūra arba vėjas. Grafiko ašyse turi būti vienoda skalė; tiksliausios prognozės išsidėstys arčiausiai 45 kampu pasvirusios įstrižainės. Taškai, išdėstyti ant pačios įstrižainės, rodo, kad prognozė lygi stebėjimams. Kiekvienas taškas grafike yra tam tikro stebėjimo ir atitinkamo mėnesio prognozės pora. Grafikas labai gerai parodo oro temperatūros reikšmių intervalą, kurį modelis visai

neišprognozuoja; kokios temperatūros prognozės labiausiai atitinka stebėjimus; ar modelis išprognozuoja ekstremalias oro temperatūros reikšmes.

Iš išbraižytų sklaidos grafikų gali būti gautas kitas verifikacijos rodiklis – vidutinė paklaida arba nuokrypis. Grafike nurodyti skaičiai, reiškiantys atvejų skaičių, kai prognozuota ir stebėta oro temperatūra patenka į tam tikrą reikšmių intervalą.



3.2.1 pav. Sklaidos grafiko pavyzdys (Nurmi, 2005).

Jei verifikuojama analizė statistiškai neatskiriama nuo ansamblio narių, tai reiškia, kad vidutinis atstumas tarp ansamblio narių vidurkio (ansamblio vidutinės paklaidos) turi būti lygus vidutiniam atskirų ansamblio narių atstumui nuo jų vidurkio (ansamblio standartinio nuokrypio ar pasiskirstymo). Patikimoje ansamblinių prognozių sistemoje ansamblio vidutinė paklaida turėtų būti lygi ar mažesnė nei kontrolinė prognozė. Iš to seka, kad patikimas ansamblio pasiskirstymas apie vidurkį bus mažesnis nei apie kontrolinę prognozę (Jolliffe, 2003).

Šiame darbe atliekamiems skaičiavimams ir grafikų sudarymui naudojama MS Excel programa ir R programinė kalba. R yra statistinių skaičiavimų ir duomenų grafinio atvaizdavimo programinė aplinka. Ją nemokamai galima parsisiųsti <http://www.R-project.org/>. R pradininkai yra Auckland universiteto (Naujoji Zelandija) Statistikos katedros profesoriai Robert Gentleman ir Ross Ihaka, tačiau dabartiniu metu R yra daugelio pasaulio šalių bendras projektas. JAV Bell Labs laboratorijoje susibūrė grupė, kuri turi teisę modifikuoti R programos kodą. Specialų R

paketą verifikacijos rodikliams apskaičiuoti sukūrė *M. Pocernich (NCAR – Research Application Laboratory)*.

Pradiniai oro temperatūros prognozių duomenys buvo pateikti tekstiniuose failuose kaip tekstas. Prieš atliekant skaičiavimus, duomenys buvo perkelti į *MS Excel* failus, konvertuojant juos į skaitinį tipą. Pradiniai duomenys – oro temperatūros prognozės Kelvinais (K) buvo perskaičiuoti į laipsnius pagal Celsijų. Pagrindiniai šio darbo skaičiavimai atlikti naudojant *MS Excel* programą. Skaičiavimų rezultatai buvo grupuojami pagal kvadratus, rūšiuojami pagal metus ir konvertuojami į tekstinį formatą. Duomenų konvertavimo skripto fragmentas:

```
Sub csv_to_txt()
  formule = "=A1 & ""_"" & B1 & ""_"" & C1 & ""_"" & D1 & ""_"" & E1 & ""_"" & F1 & ""_"" & G1 & ""_""
& H1 & ""_"" & I1 & ""_"" & J1 & ""_"" & K1 & ""_"" & L1"
  Range("N1").Value = formule
  Range("N1").Select
  Selection.AutoFill Destination:=Range("N1:N73"), Type:=xlFillDefault
  Range("N1:N73").Select
  Selection.Copy
  Range("M1").Select
  Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
  Columns("A:L").Select
  Selection.Delete Shift:=xlToLeft
  Columns("B:B").Select
  Selection.Delete Shift:=xlToLeft
  Range("A1").Select
End Sub
```

Oro temperatūros prognozių ir stebėjimų ryšiui pavaizduoti grafiškai naudota R programinė aplinka.

Žemiau pateikiamas R programinės aplinkos komandų fragmentas, kur aprašoma, kaip interpretuoti duomenų failą, atlikti skaičiavimus ir braižyti oro temperatūros stebėjimų ir prognozių priklausomybės grafiką. Tekstinis įvesties duomenų failas turi būti iš anksto nurodytoje direktorijoje. R programinės aplinkos darbo rezultatas – grafikas, išsaugomas *JPEG* formatu.

```
DAT <- read.table("cfc_02_3kv.txt", sep = "_", dec = ",", header = TRUE)
```

```

DAT$fens.mean <- apply(DAT[, -c(1:9)], 1, mean)
jpeg("cRFC_02_3kv.jpg", height=600, width=600)
plot(DAT$fens.mean, DAT$obs, xlab = "Prognozes", ylab = "Stebėjimai", xlim=range(-15,30),
ylim=range(-15,30))
abline(0,1, col = 2)
title("CRFC modelio vasario prognozes 6 men, 3kv")

```

## 4. REZULTATAI

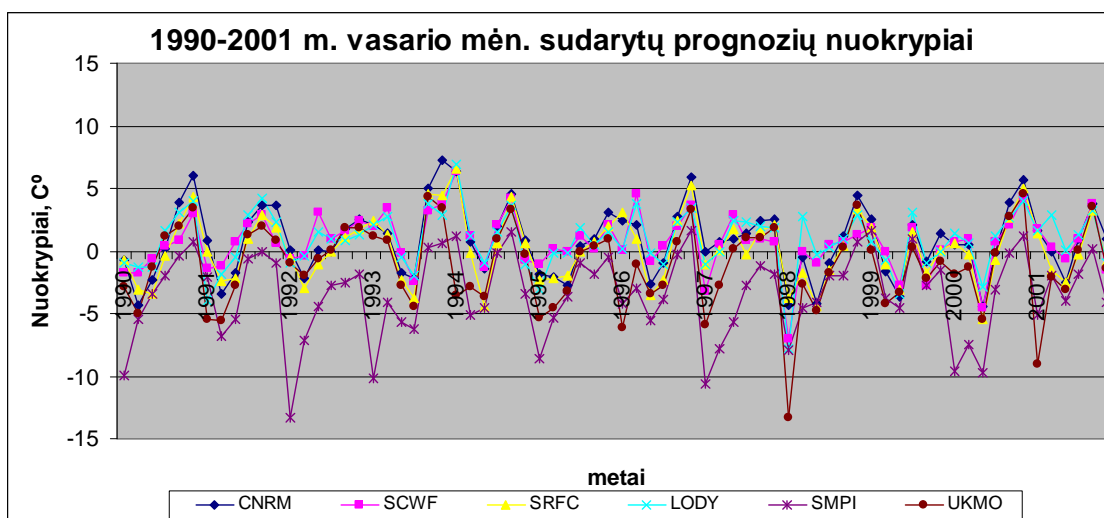
### 4.1 Oro temperatūros prognozių sudarytų skirtingais sezonais pasitvirtinimo analizė

Šis skyrius skirtas aprašyti oro temperatūros prognozių tikslumui/pasitvirtinimui atskirais mėnesiais – vasarį, gegužę, rugpjūtį ir lapkritį sudarytų prognozių šešiams mėnesiams į priekį. Apskaičiuoti prognozių nuokrypiai nuo faktinių reikšmių pateikti paveiksluose.

#### 4.1.1 Vasarį sudarytų prognozių pasitvirtinimas

*CNRM* ir *LODYC* modelių vasarį ( $t_{\text{vasaris}} + 6$  mėnesiai) sudarytų prognozių nuokrypiai (4.1.1.1 pav.) turi pastovų trendą, t.y. prognozėse pasitaikiusios klaidos neišreikštos pastoviai teigiamu ar neigiamu nuokrypiu. Tiksliausiai oro temperatūras prognozuoja *SCWF* modelis, nes prognozių skirtumas su stebėjimais yra mažiausias per visą analizuojamų metų laikotarpį. *UKMO* modelis turi tendenciją neišprognozuoti temperatūrų, grafike tai parodo neigiami nuokrypiai. Minimali reikšmė 1998 metais išryškėja dėl didelio prognozės nuokrypio – pagal stebėjimų duomenis vasario mėnesį stotyje buvo išmatuota  $0.7^{\circ}\text{C}$  oro temperatūra, tuo tarpu modelis prognozavo stipriai neigiamą, iki  $-12,6^{\circ}\text{C}$  temperatūrą. Kitas minimumas apskaičiuotas *MPI* modelio duomenimis 1992 metais, kai prognozuotas  $13,6^{\circ}\text{C}$  šaltis nepasitvirtino, nes stebėjimai rodė tik  $0,3^{\circ}\text{C}$  šalčio.

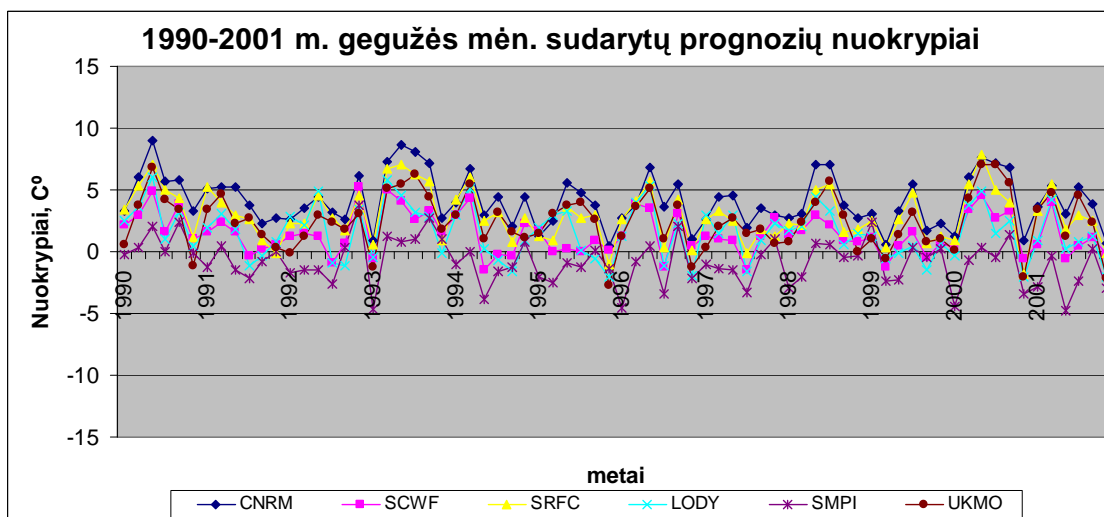
Pažymėtina, kad vasario mėnesį šešiams mėnesiams į priekį prognozę blogiausiai sudarė *MPI* modelis, jo prognozė ne tik turi didelius nuokrypius, bet dažnai, lyginant su kitų modelių rezultatais, būna skirtingo charakterio, tai yra penkių multimodelio narių prognozės turi teigiamą nuokrypį (prognozuojamos temperatūros aukštesnės už faktines), kai tuo tarpu *MPI* prognozuota oro temperatūra būna žemesnė nei išmatuota stotyje.



4.1.1.1 pav. DEMETER modelių oro temperatūros prognozės, sudarytos vasario mėnesį 6 mėnesiams į priekį, nuokrypiai (1990-2001 m.).

#### 4.1.2 Gegužę sudarytų prognozių pasitvirtinimas

Visų modelių, išskyrus *MPI*, analizuojamu laikotarpiu, gegužę sudarytos prognozės ( $t_{\text{gegužė}} + 6$  mėnesiai) dažnai rodo aukštesnę oro temperatūrą nei buvo faktiškai (4.1.2.1 pav.). Didžiausias teigiamas *CNRM* modelio sudarytos prognozės nuokrypis nustatytas 1990 ir 1993 metų liepą (siekia  $+9.0^{\circ}\text{C}$  ir  $+8.6^{\circ}\text{C}$ ). *MPI* prognozių nuokrypiai turi minuso ženklą ir tai rodo, kad dažniausiai oro temperatūra prognozuota žemesnė už faktą ir prognozės skiriasi nuo stebėjimų ne daugiau 5 laipsniais.

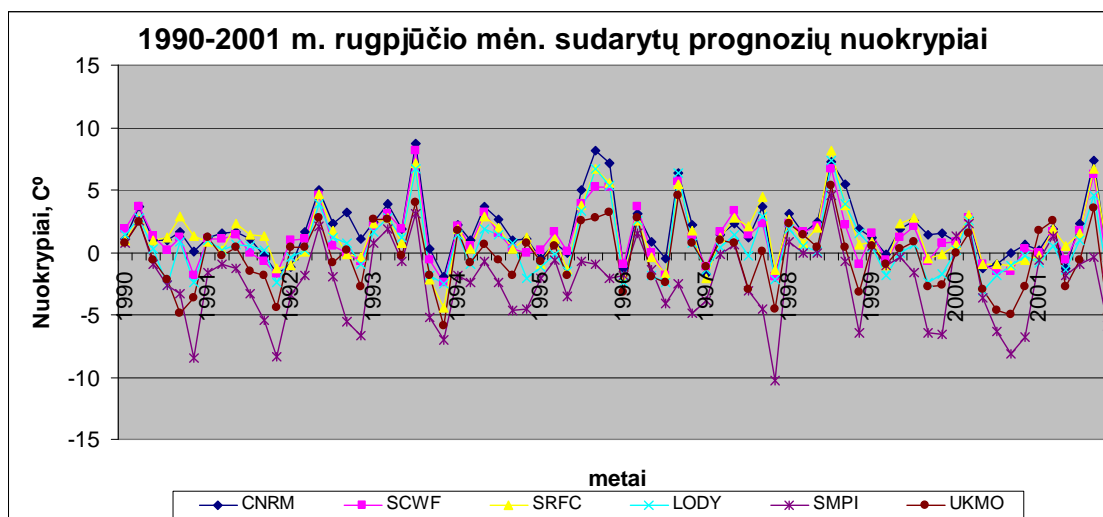


4.1.2.1 pav. DEMETER modelių oro temperatūros prognozės, sudarytos gegužės mėn. 6 mėnesiams į priekį, nuokrypiai (1990-2001 m.).



### 4.1.3 Rugsjūtį sudarytų prognozių pasitvirtinimas

Rugsjūtį sudarytos prognozės šešioms mėnesiams į priekį ( $t_{\text{rugsjūtis}} + 6$  mėnesiai) kaip ir vasario prognozės turi pastovų trendą. *UKMO* ir *LODYC* modelių nuokrypiai (4.1.3.1 pav.) turi tendencijos mažėti, tai reiškia, kad su laiku šių modelių sudaromos prognozės gerėja.

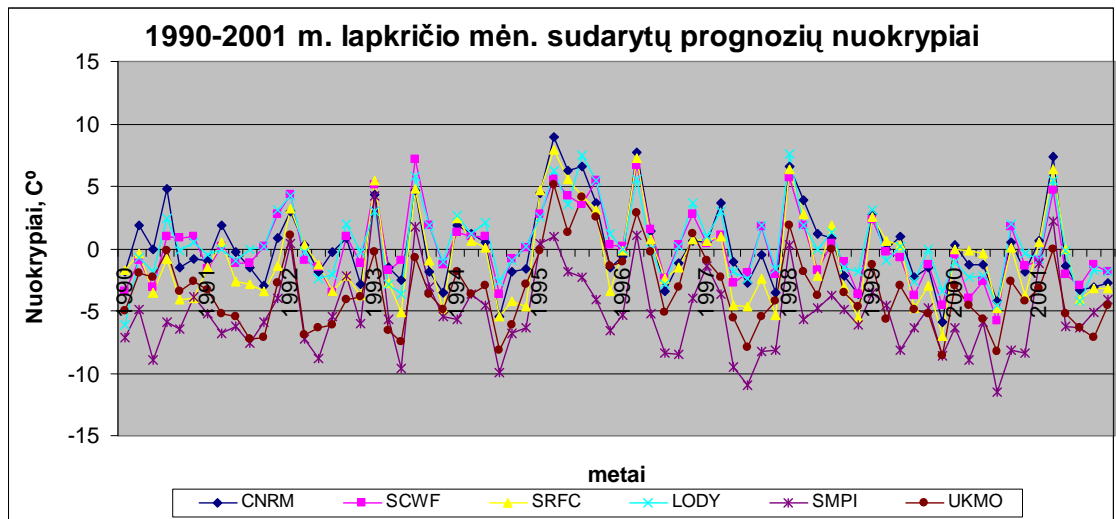


4.1.3.1 pav. *DEMETER* modelių oro temperatūros prognozės, sudarytos rugsjūčio mėn. 6 mėnesiams į priekį, nuokrypiai (1990-2001 m.).

Kaip ir vasario mėnesį, prognozę blogiausiai sudarė *MPI* modelis - kreivė rodo neigiamus nuokrypius - kai kitų modelio prognozės turi teigiamą nuokrypį. *MPI* prognozuoja žemesnes už faktą oro temperatūros reikšmes, tuo tarpu kiti modeliai sudaro tikslesnes prognozes, bet vis tiek viršijančias išmatuotas oro temperatūros reikšmes.

### 4.1.4 Lapkritį sudarytų prognozių pasitvirtinimas

Modelių prognozių palyginimo su stebėjimais analizei atlikus, paaiškėjo, kad lapkritį sudarytos prognozės (4.1.4.1 pav.) turi didžiausią nuokrypių sklaidą: neigiami nuokrypiai siekia  $-12^{\circ}\text{C}$ , o teigiami iki 10 laipsnių šilumos.



4.1.4.1 pav. DEMETER modelių oro temperatūros prognozės, sudarytos rugpjūčio mėn. 6 mėnesiams į priekį, nuokrypiai (1990-2001 m.).

MPI ir UKMO dažniausiai prognozuoja žemesnes už faktą oro temperatūros reikšmes, tuo tarpu kiti modeliai sudaro tikslesnes prognozes, bet vis tiek viršijančias faktines reikšmes. Didžiausias teigiamas nuokrypis (+8.9°C) apskaičiuotas 1995 metų lapkritį sudarytų prognozių gruodžio mėnesiui, kai faktiškai buvo 6.8°C šalčio, o išprognozuota 2.1°C šilumos.

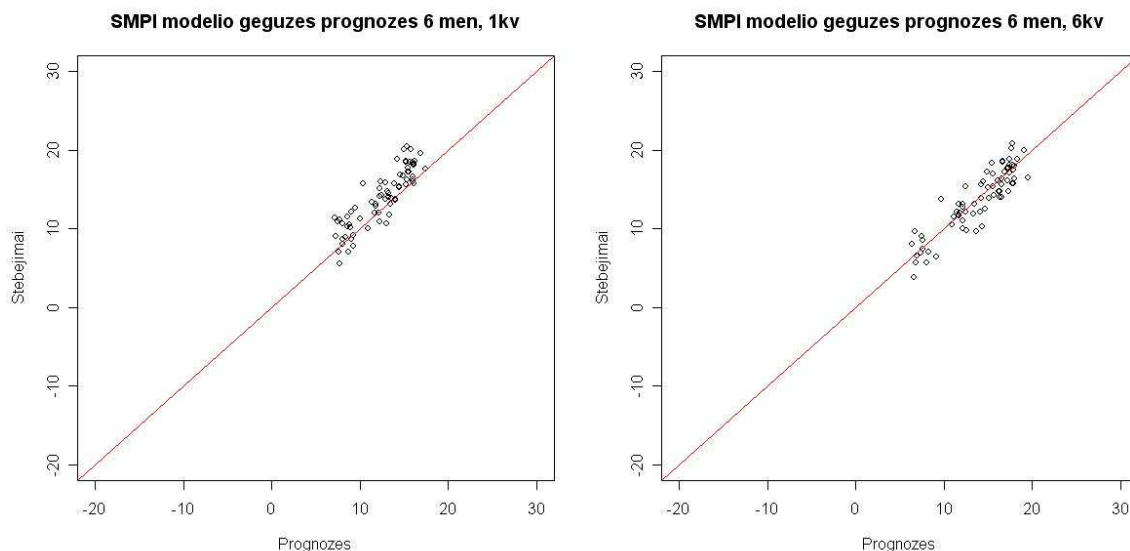
## 4.2 Atskirų Demeter projekte naudotų modelių patikimumo įvertinimas

Šis skyrius aprašo rezultatus, gautus atlikus *Percent correct* rodiklio skaičiavimus, vadovaujantis metodika, aprašyta darbo metodikos skyriuje. Rezultatai pateikiami grafiškai, aptariant kiekvienam modeliui sudarytus skalidos grafikus (žr. Darbo metodikos skyrių). Modeliai pasirinkti neatsitiktai, o atsižvelgiant į ankstesniuose skyriuose gautus rezultatus, pagal prognostinės sistemos sąvybes – modelio gebėjimą sudaryti prognozę, kuri artima faktiniams stebėjimams visais sezonais; modelio tendenciją sėkmingai išprognozuoti oro temperatūrą tik tam tikriems sezonams; kaip dažnai modelis duoda klaidingus spėjimus.

### 4.2.1 MPI modelio prognozių patikimumas

Gauta, kad daugiausia atvejų, kai oro temperatūros prognozės nuo išmatuotų reikšmių skiriasi tik  $\pm 2^{\circ}\text{C}$ , buvo atlikus SMPI modelio gegužės prognozes 6 mėnesiams verifikaciją (4.2.1.1 lent.). Tai parodo ir oro temperatūros ir stebėjimų sklaidos grafikai (4.2.1.1 pav.). Pajūrio regionui ši prognostinė sistema (1 kvadratas - 1 kv.) linkusi išprognozuoti rečiau 15-20 laipsnių pagal

Celsijų oro temperatūras nei tokios būna faktiškai. Pietų Lietuvai (6 kvadratas – 6 kv.) sudarytos prognozės ir stebėjimų reikšmės issidėsčiusios palei istrižainę, tai rodo, kad sudarytos prognozės yra aukšto tikslumo.



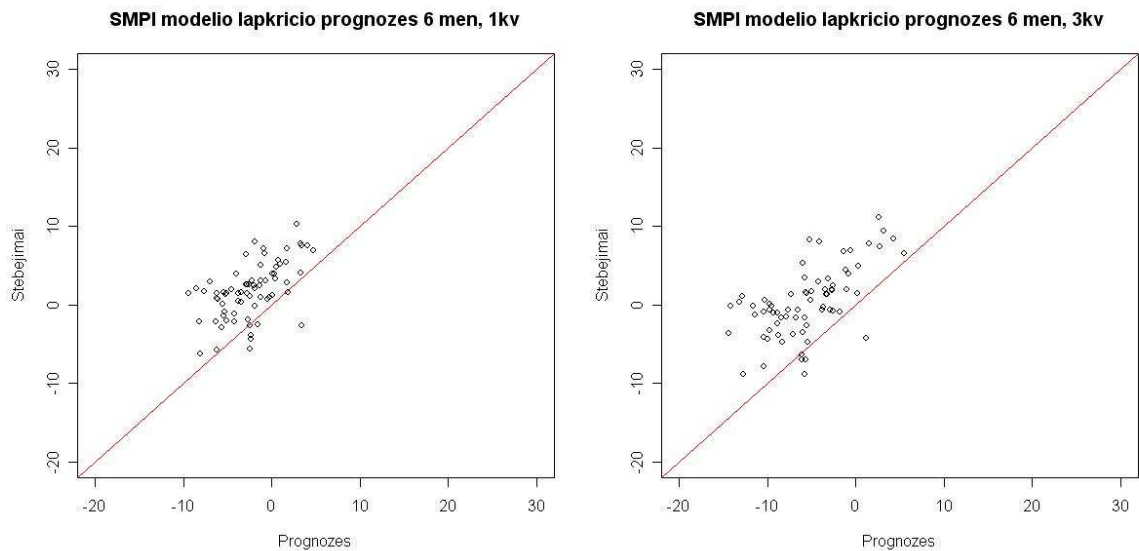
4.2.1.1 pav. 1990-2001 m. gegužės mėnesio *SMPI* modelio prognozuotų oro temperatūrų ir stebėjimų (°C) sklaidos grafikai. Prognozės sudarytos Pajūrio regionui (1 kv.) bei Pietų Lietuvai (6 kv.).

4.2.1.1 lentelė. Multimodelio narių palyginimas atskirais mėnesiais taikant prognozės korekciją prie 2°C (1990-2001 m.).

	Intervalas [-2;2]			
	vasaris	gegužė	rugpjūtis	lapkritis
<i>CNRM</i>	46	11	62	56
<i>SCWF</i>	65	65	68	58
<i>CRFC</i>	52	31	62	35
<i>LODYC</i>	59	56	65	54
<i>UKMO</i>	46	42	54	24
<i>MPI</i>	41	68	46	11

Atvirkščiai lapkričio mėnesio prognozėse buvo tik 11 procentų atvejų, kai skirtumas tarp prognozės ir stebėjimo pateko į intervalą [-2;2], kitaip sakant, prognozės buvo sudarytos klaidingai.

Iš sklaidos grafiko aišku, kad modelis dažnai neišprognozuoja oro temperatūrų, o prognozuojamos reikšmės daug skiriasi nuo fakto visame prognozuojamų reikšmių diapazone tiek vakarinėje Lietuvos dalyje, tiek Šiaurės ir Vidurio Lietuvoje (4.2.1.2 pav.)



4.2.1.2 pav. 1990-2001 m. lapkričio mėnesio *SMPI* modelio prognozuotų oro temperatūrų ir stebėjimų (°C) sklaidos grafikai. Prognozės sudarytos Vakarų Lietuvai (1 kv.) bei Šiaurės ir Vidurio Lietuvai (3 kv.).

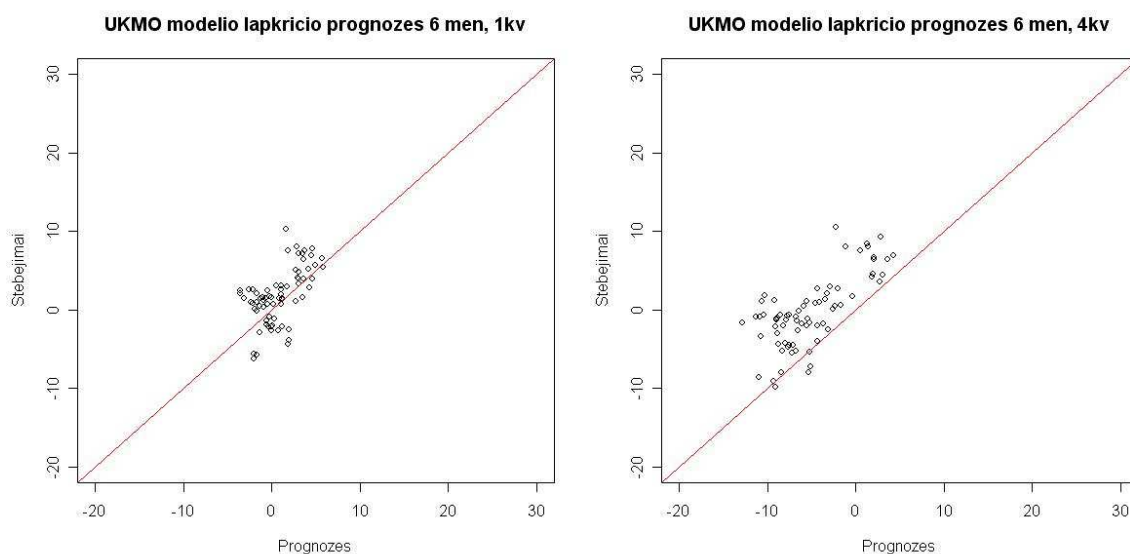
Vasario ir rugpjūčio prognozės šešiams mėnesiams į priekį, kurias paleidžia *SMPI* modelis, turi tendenciją neišprognozuoti temperatūrų žemiau plus 10°C ir 0°C atitinkamai (žr. PRIEDAI). Nubraižius kreivę ties 0°C temperatūros prognozės ir stebėjimo reikšme, klaidingų spėjimų skaičius siektų virš 10 atvejų iš visų 72 (tiek yra prognozių ir stebėjimų porų), kai faktinė oro temperatūra buvo žemesnė už 0°C, o prognozuojama daugiau nei 0°C.

#### 4.2.2 UKMO modelio prognozių patikimumas

*UKMO* modelis šaltuoju metu laiku (lapkričio ir vasario mėnesį sudarytos prognozės) dažniausiai prognozuoja žemesnes už faktą oro temperatūros reikšmes, taškai grafikuose išdėstyti aukščiau 45 laipsnių kampu pasvyrusios kreivės.

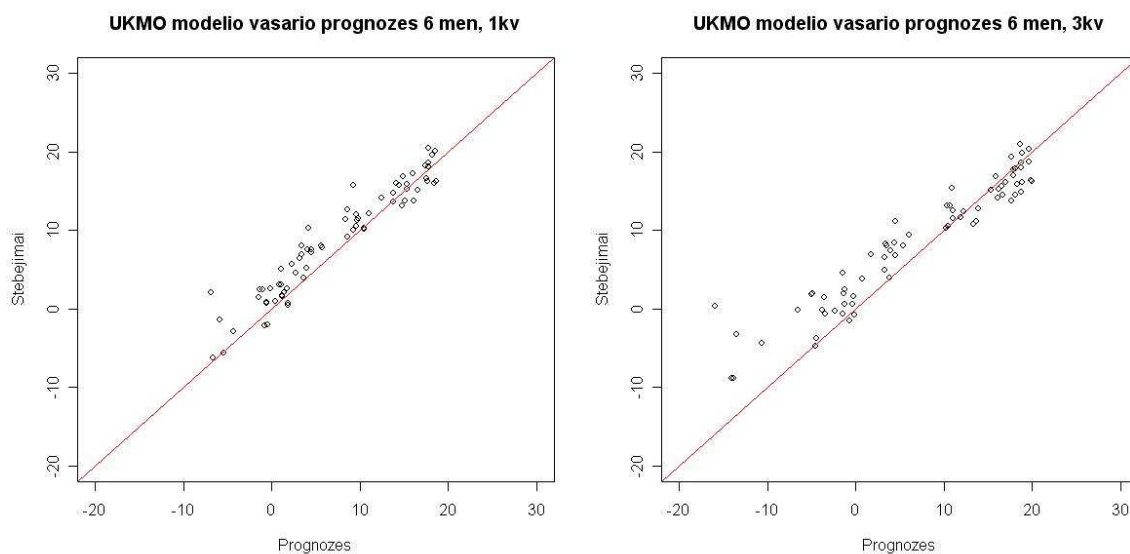
Lapkritį sudarytos prognozės šešiams mėnesiams į priekį visai Lietuvos teritorijai, išskyrus Pajūrio regioną, turi didelį neigiamą nuokrypį. Be to, apskaičiuota vos 24 procentai atvejų, kai prognozių reikmės skiriasi nuo faktinių 2 laipsniais. Pažymėtina, kad prognozuojant temperatūras žemiau minus 5°C Rytų Lietuvai, padidėja klaidingų spėjimų skaičius.

Vakarų Lietuvai sudarytų prognozių tikslumas žymiai geresnis, ypač temperatūrų diapazone plus 2-5°C (4.2.2.1 pav.).



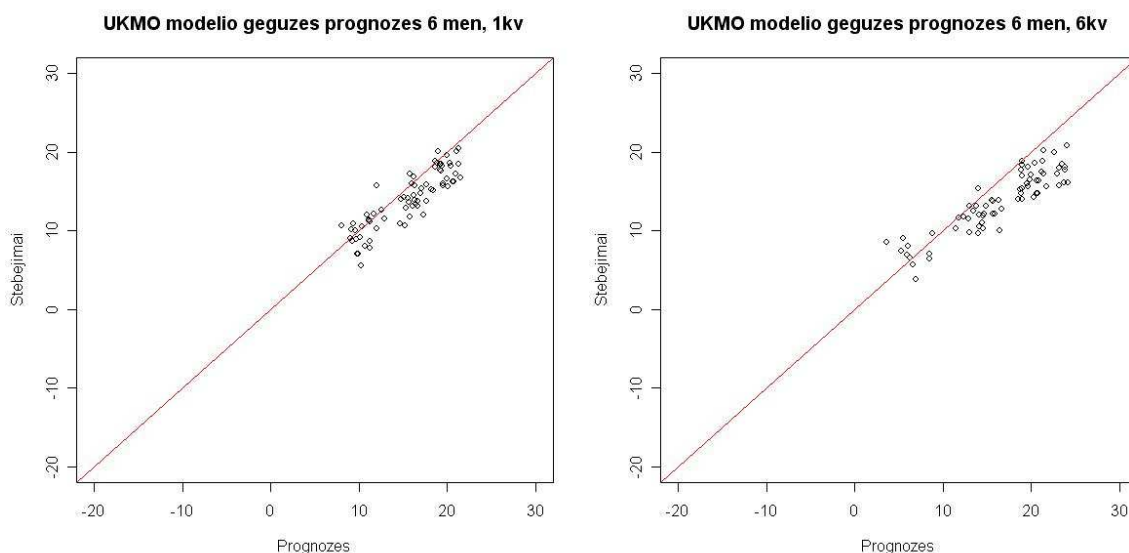
4.2.2.1 pav. 1990-2001 m. lapkričio mėnesio *UKMO* modelio prognozuotų oro temperatūrų ir stebėjimų (°C) sklaidos grafikai. Prognozės sudarytos Vakarų Lietuvai (1 kv.) bei Rytų Lietuvai (4 kv.).

Vasarį prognozuotos oro temperatūros Pajūriui ir šiaurinei Lietuvos daliai bei Vidurio Lietuvai dažnai buvo žemesnės nei faktinės, prie plus 13°C slenksčio/ribos. Temperatūrų žemiau minus 10°C prognozės turi didelį neigiamą nuokrypį (4.2.2.2 pav.) visai Lietuvai, išskyrus vakarinius rajonus. Aukščiau plus 13°C *UKMO* modelio prognozės turi tendenciją neišprognozuoti temperatūrų, nuokrypis būna teigiamas, tai yra faktiškai išmatuotos reikšmės būna didesnės nei prognozuotos.

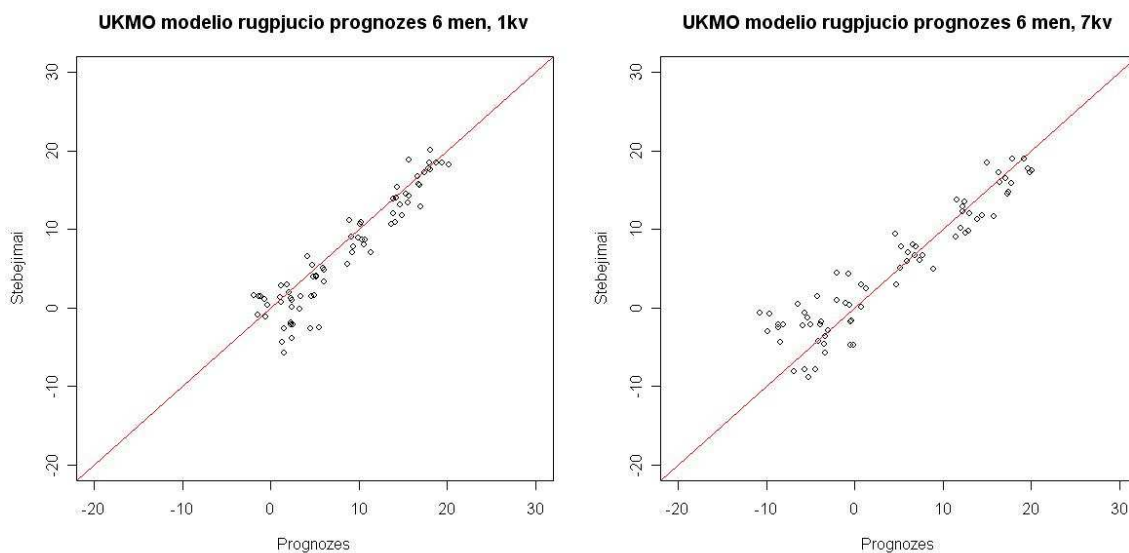


4.2.2.2 pav. 1990-2001 m. vasario mėnesio *UKMO* modelio prognozuotų oro temperatūrų ir stebėjimų (°C) sklaidos grafikai. Prognozės sudarytos Vakarų Lietuvai (1 kv.) bei Šiaurės ir Vidurio Lietuvai (3 kv.).

Remiantis sklaidos grafiku (4.2.2.3 pav.) gegužės mėnesį sudarytos prognozės visai Lietuvos teritorijai pasižymi nepakankamu tikslųjų spėjimų, bet didesniu klaidingų spėjimų skaičiumi. Tai rodo vyraujantis teigiamas nuokrypis aukščiau 12-14°C.



4.2.2.3 pav. 1990-2001 m. gegužės mėnesio *UKMO* modelio prognozuotų oro temperatūrų ir stebėjimų (°C) sklaidos grafikai. Prognozės sudarytos Vakarų Lietuvai (1 kv.) bei Pietų ir Vidurio Lietuvai (6 kv.).



4.2.2.4 pav. 1990-2001 m. rugpjūčio mėnesio *UKMO* modelio prognozuotų oro temperatūrų ir stebėjimų (°C) sklaidos grafikai. Prognozės sudarytos Vakarų Lietuvai (1 kv.) bei Pietryčių Lietuvai (7 kv.).

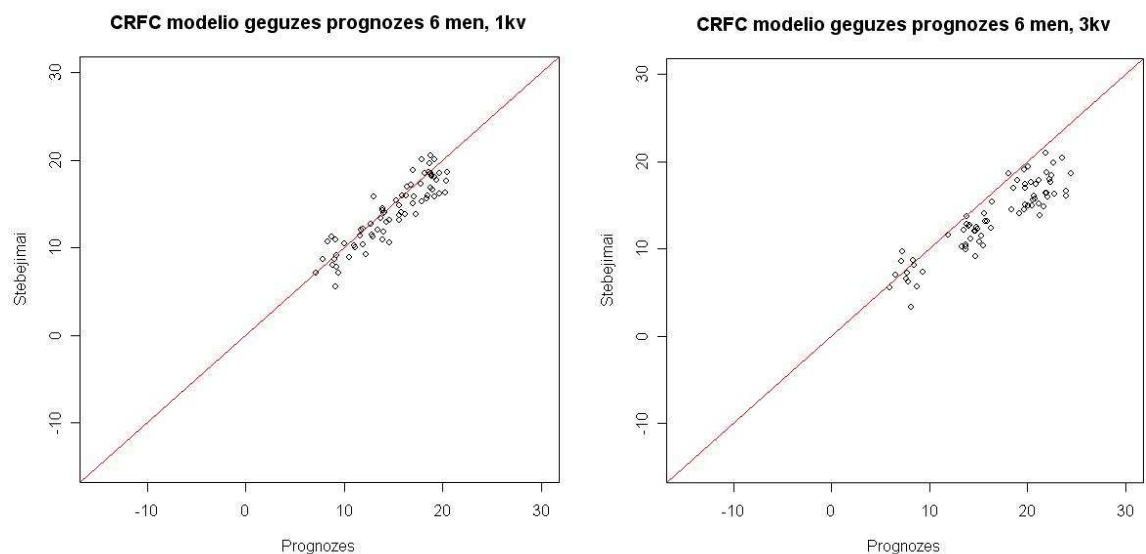
Rugpjūčio mėnesio prognozėse šešioms mėnesiams į priekį suskaičiuota 54 procentai atvejų, kai skirtumas tarp prognozės ir stebėjimo reikšmės pateko į dviejų laipsnių intervalą. Tai reiškia, kad 54 procentai visų prognozių, paleistų ši mėnesį buvo sėkmingos.

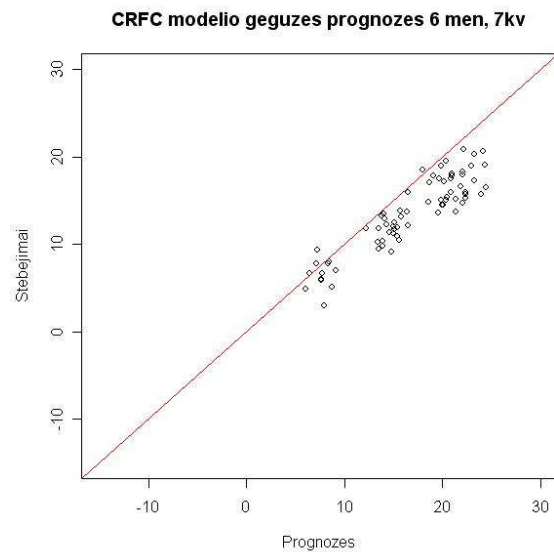
Didesne sklaida, o tai reiškia platesniu nuokrypių diapazonu, pasižymi oro temperatūros prognozės žemiau 3-4°C, sudarytos visai Lietuvos teritorijai (4.2.2.4 pav.).

### 4.2.3 *SERFACS* modelio prognozių patikimumas

*CERFACS* modelio rugpjūčio mėnesio prognozėse buvo 62 atvejai, kai prognozės pasitvirtino. Sklaidos grafikai (žr. PRIEDAI) rodo, kad prognozių pasitvirtinimas rugpjūtį sumažėja ties temperatūromis žemiau plus 5°C, padidėja teigiamas nuokrypis, o tai reiškia, kad temperatūros neišprognozuojamos.

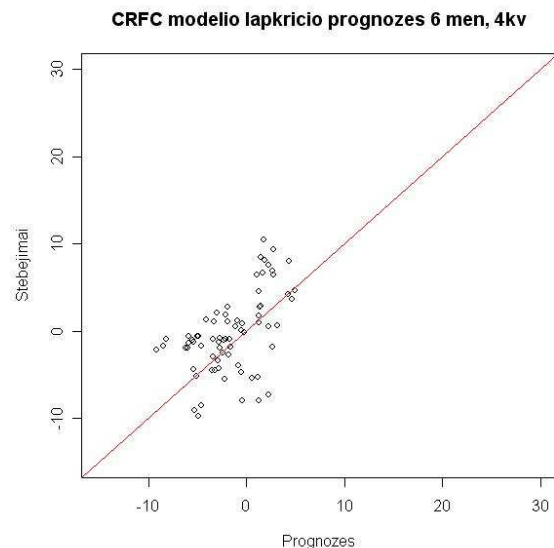
Gegužės prognozės tiksliausiai sudarytos Pajūrio regionui, likusiai Lietuvos teritorijai *SERFACS* modelis turi tendenciją dažnai išprognozuoti oro temperatūrų aukštesnių nei plus 10-14°C, kai faktiškai buvo šalčiau (4.2.3.1 pav.).





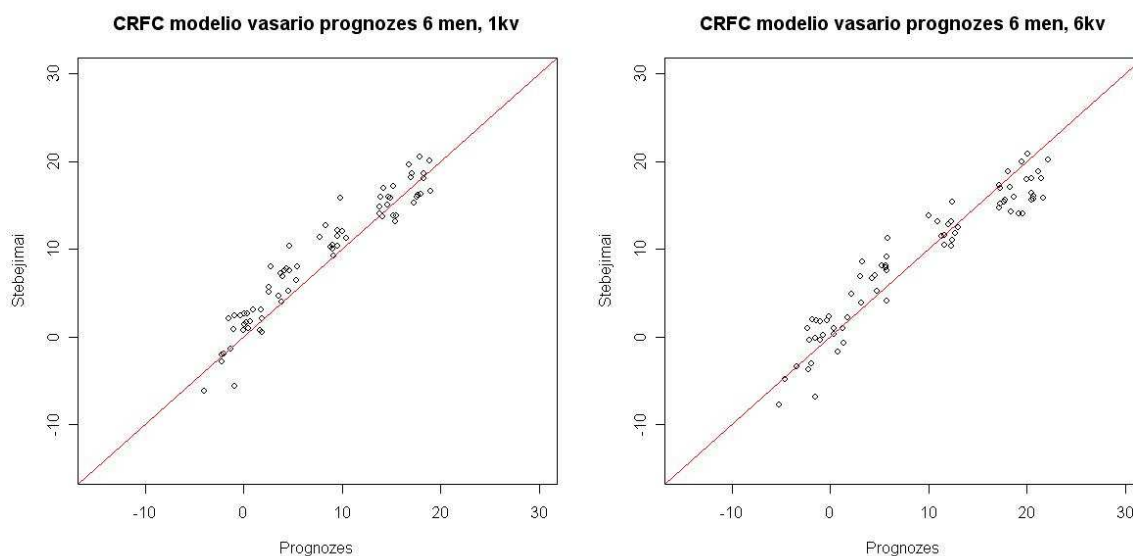
4.2.3.1 pav. 1990-2001 m. gegužės mėnesio *CRFC* modelio prognozuotų oro temperatūrų ir stebėjimų (°C) sklaidos grafikai. Prognozės sudarytos Vakarų Lietuvai (1 kv.) bei Šiaurės ir Vidurio Lietuvai (3 kv.) bei Pietryčių Lietuvai (7 kv.).

Lapkričių sudarytų prognozių sklaida su stebėjimais yra didelė, tačiau teigiamo ar neigiamo nuokrypio tendencijos nėra. Galima teigti, kad prognozės sudaromos tiek pat dažnai klaidingai kiek sėkmingai visai Lietuvos teritorijai (4.2.3.2 pav.).



4.2.3.2 pav. 1990-2001 m. lapkričio mėnesio *CRFC* modelio prognozuotų oro temperatūrų ir stebėjimų (°C) sklaidos grafikai. Prognozės sudarytos Rytų Lietuvai (4 kv.).





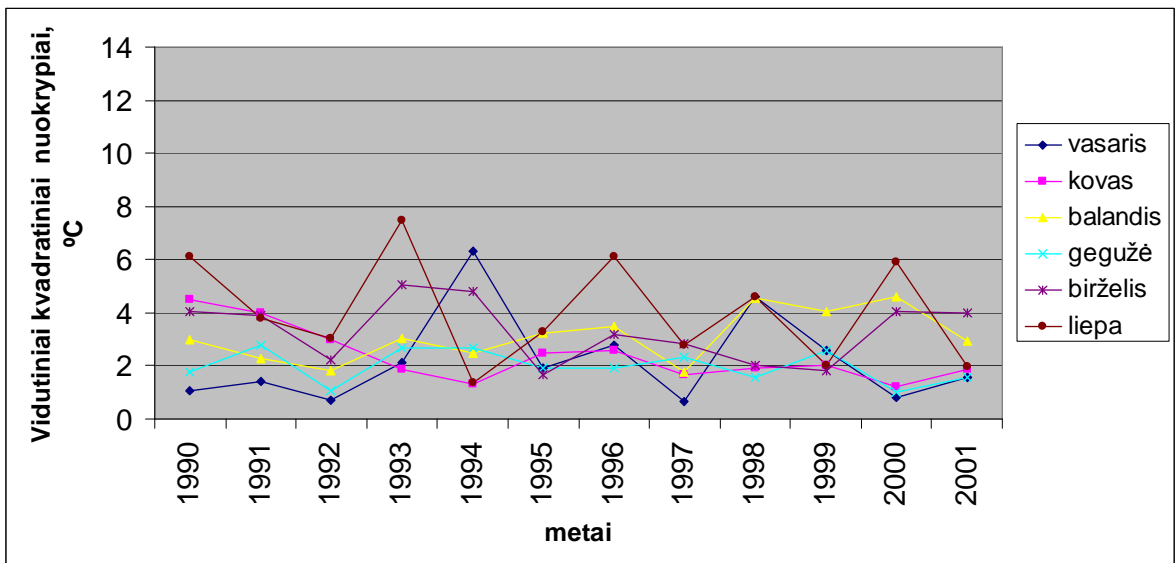
4.2.3.3 pav. 1990-2001 m. vasario mėnesio *CRFC* modelio prognozuotų oro temperatūrų ir stebėjimų (°C) sklaidos grafikai. Prognozės sudarytos Pajūrio regionui (1 kv.) ir Pietų bei Vidurio Lietuvai (6 kv.).

Vasarį *CERFACS* modelio sudarytų prognozių šešiams mėnesiams į priekį sklaidos grafikai (4.2.3.3 pav.), sudaryti visai Lietuvos teritorijai, išskyrus Pajūrio ir Vakarų Lietuvos dalį, rodo, kad oro temperatūros diapazone aukščiau 0°C ir žemiau plus 16-17°C, modelis neišprognozuoja faktiškai išmatuotų reiškių, prognozės turi neigiamą nuokrypį.

### 4.3 *Demeter* sudarytų prognozių pasitvirtinimo apžvalga

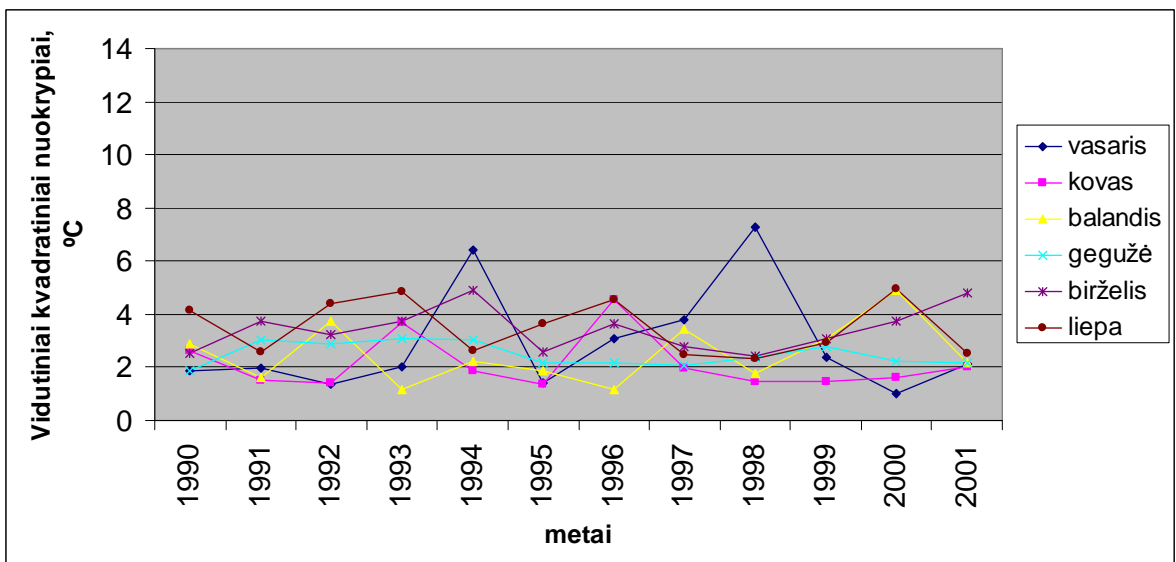
Darbe buvo analizuojami kiekvieno modelio sudarytų oro temperatūros prognozių ansamblio nariai, jų vidurkio vidutiniai kvadratiniai nuokrypiai nuo faktinių stebėjimų per 1990-2001 m. laikotarpį Lietuvos teritorijoje.

Buvo nustatyta, kad *Météo-France* modelio vasario mėnesį sudarytos prognozės labiausiai (7,4°C) nukrypsta nuo stebėjimų duomenų 1993 metais liepos mėnesį (4.3.1 pav.), o mažiausiai (0,6°C) - 1997 metais vasario mėnesį. Nagrinėjamu laikotarpiu labiausiai nuokrypiai svyruoja vasario ir liepos mėnesiais (amplitudė siekia 5,6 ir 6,1°C atitinkamai). Mažiausiais svyravimais išsiskiria gegužės mėnuo (amplitudė siekia 1,73°C).



4.3.1 pav. *Météo – France* modelio oro temperatūros vidutiniai kvadratiniai nuokrypiai (1990-2001 m.)

*ECMWF* modelio prognozių patikimumas didžiausias 1998 metais visais mėnesiais (4.3.2 pav.), išskyrus vasarį. Tais metais vasario mėnesį apskaičiuotas didžiausias vidutinis kvadratinis prognozių nuokrypis nuo stebėjimų (7,3°C). Mažiausias vidutinis kvadratinis nuokrypis (1,0°C) buvo 2000 metais vasario mėnesį. Nuokrypių svyravimų amplitudė buvo didžiausia vasario mėnesį.

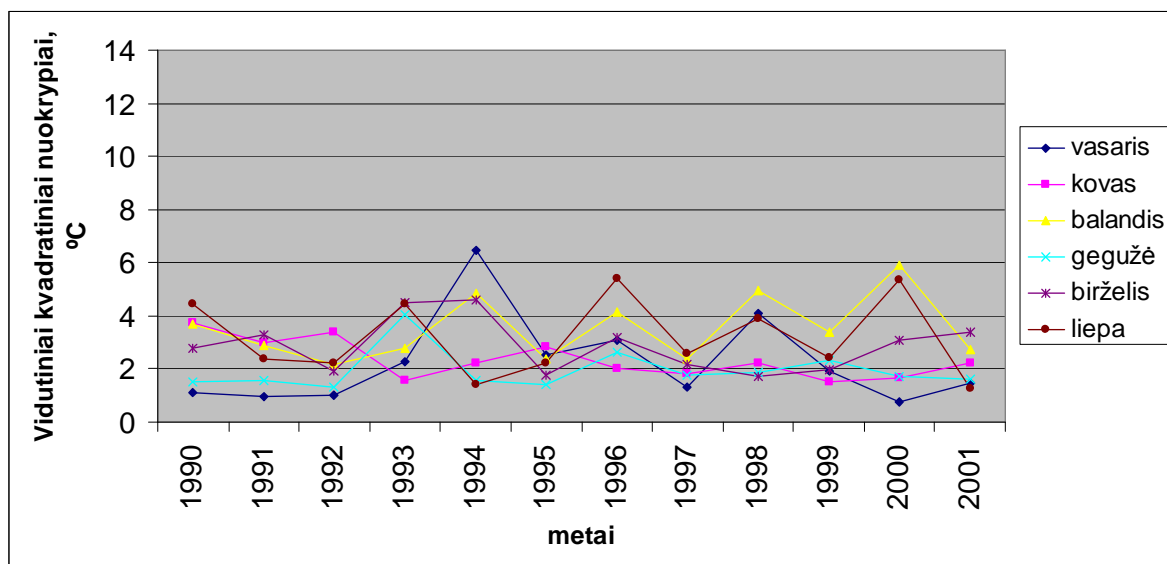


4.3.2 pav. *ECMWF* modelio oro temperatūros nuokrypiai (1990-2001 m.)

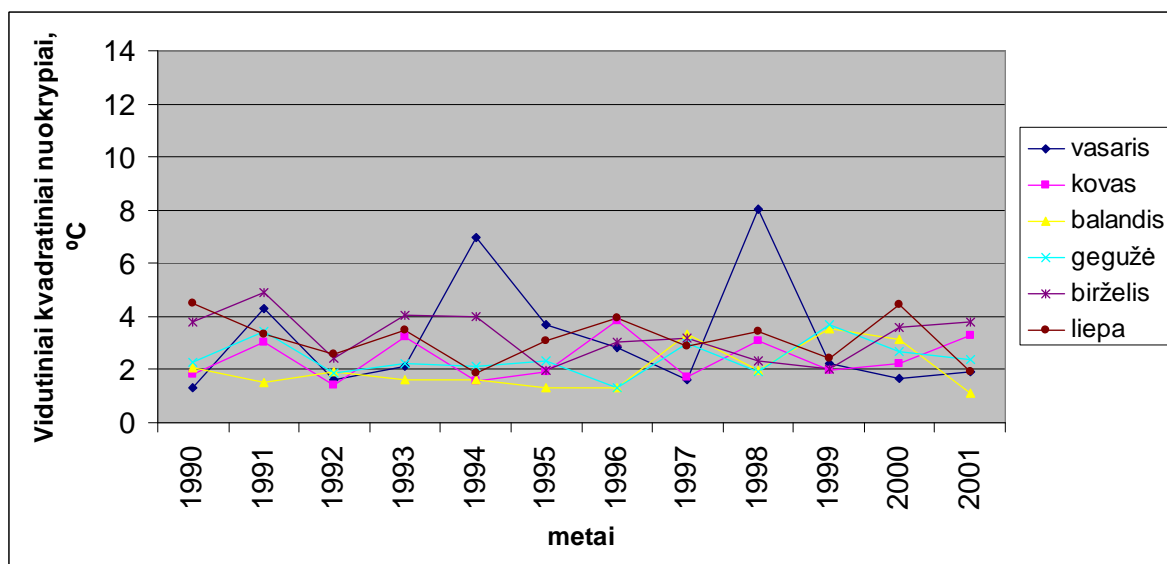
Atlikus *SERFACS* prognozių vidutinių kvadratinių nuokrypių (4.3.3 pav.) analizę, nustatyta, kad vidutinės 9 ansamblio narių prognozės vidutinių kvadratinių nuokrypių svyravimai 1990-

2001 laikotarpiu turi panašią tendenciją atskirais mėnesiais. Didžiausias prognozės nuokrypis nuo faktinių duomenų sudaro 6,4°C 1994 metais, mažiausias – 1,5°C apskaičiuotas 2000 metais.

Taip pat nustatyta, kad *SERFACS* modelis blogiausias prognozes sudarė vasaros mėnesiams (birželiui ir liepai).

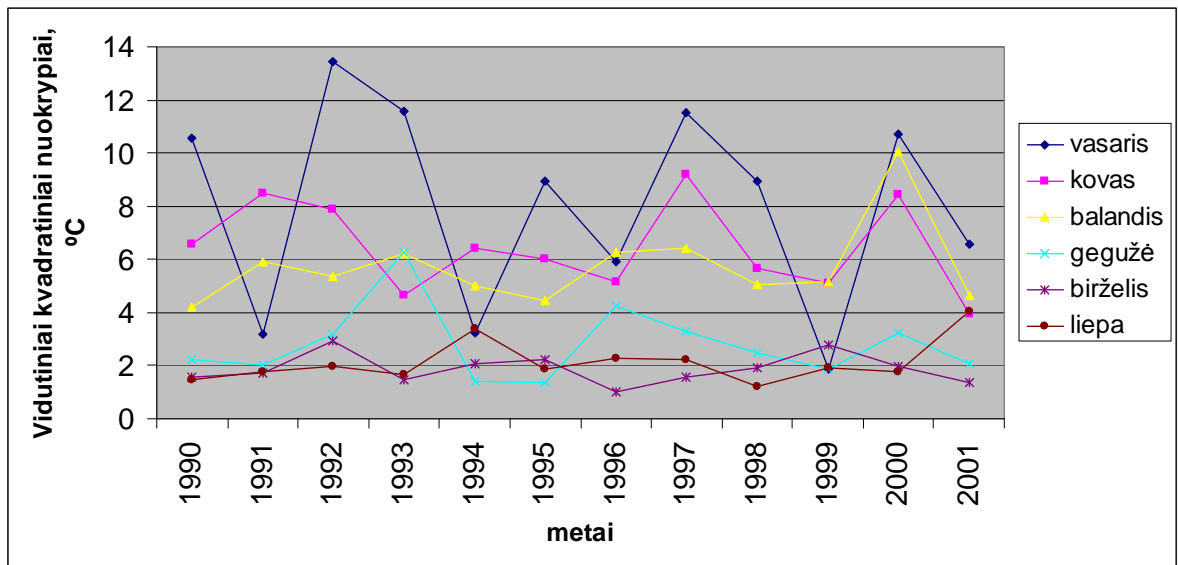


4.3.3 pav. *CERFACS* modelio oro temperatūros nuokrypiai (1990-2001 m.)



4.3.4 pav. *LODYC* modelio oro temperatūros nuokrypiai (1990-2001 m.)

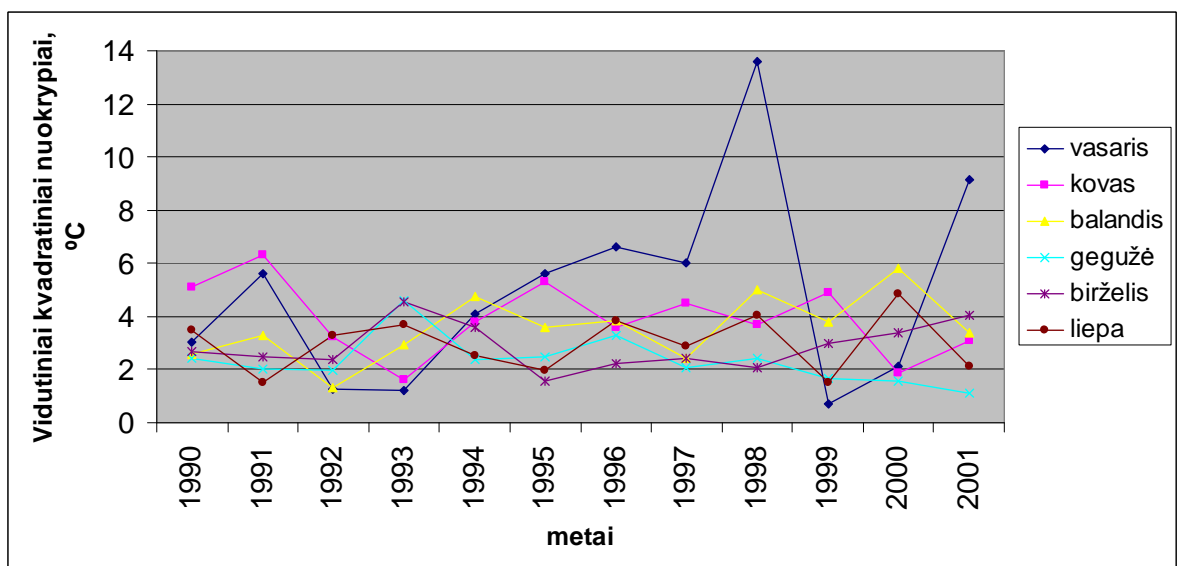
*LODYC* modelio prognozių vidutinių kvadratinių nuokrypių maksimumas (4.3.4 pav.) apskaičiuotas vasario mėnesį 1998 metais ir siekia 8,0°C. Buvo nustatyta, kad kovo-gegužės mėnesiais prognozių 1990-2001 metais, sudarytų šio modelio, vidutiniai kvadratiniai nuokrypiai svyruoja nedaug, amplitudė siekia 3 laipsnius.



4.3.5 pav. MPI modelio oro temperatūros nuokrypiai (1990-2001 m.)

Įvertinus *MPI* modelio prognozių patikimumą (4.3.5 pav.), paaiškėjo, jog šis modelis iš viso multimodelių ansamblio sudaro labiausiai nepatikimas sezonines prognozes, išskyrus prognozes vasaros mėnesiams.

*Met Office* modelio prognozės vasario mėnesį 1998 metais buvo nepatikimos – vidutinio kvadratinio nuokrypio reikšmė didžiausia 13,6°C (4.3.6 pav.). Didžiausia vidutinių kvadratinų nuokrypių amplitudė nagrinėjamu laikotarpiu apskaičiuota taip pat vasario mėnesiui (12,9°C). Mažiausiai modelio prognozės skyrėsi nuo faktinių stebėjimų liepos mėnesį.



4.3.6 pav. *Met Office* modelio oro temperatūros nuokrypiai (1990-2001 m.)

Apibendrinant, atskirų modelių patikimų prognozių sudarymo dėsnigumą 1990-2001 laikotarpiu neaptikta, galima teigti, kad prognozės pasitvirtina atsitiktinai.

Multimodelio narių palyginimas pagal vidutinių kvadratinių nuokrypių didžiausias amplitudes skirtingais mėnesiais pateiktas 4.3.1 lentelėje.

4.3.1 lent. *DEMETER* projekte naudotų modelių vasario mėn. sudarytos prognozės nuokrypių svyravimo amplitudės 1990-2001 m.

	<i>Météo – France</i>	<i>ECMWF</i>	<i>CERFACS</i>	<i>LODYC</i>	<i>MPI</i>	<i>Met Office</i>
<b>vasaris</b>	5,62	6,30	5,74	11,56	11,56	12,90
<b>kovas</b>	3,31	3,21	2,22	5,23	5,23	4,73
<b>balandis</b>	2,82	3,71	3,75	5,85	5,85	4,50
<b>gegužė</b>	1,73	1,24	2,72	4,90	4,90	3,45
<b>birželis</b>	3,40	2,44	2,88	1,91	1,91	3,00
<b>liepa</b>	6,12	2,66	4,18	2,81	2,81	3,32

Didžiausios prognozių vidutinių kvadratinių nuokrypių amplitudės buvo vasario prognozėje visuose modeliuose, išskyrus *Météo-France*, kurio didžiausi prognozių svyravimai nustatyti liepos mėnesį.

Išanalizavus atskirų modelių minimalias nuokrypių amplitudės buvo nustatyta, kad geriausia prognozę vasario, kovo ir gegužės mėnesiams sudarė *Météo-France* modelis, balandžio mėnesiui – *LODYC* modelis, o vasaros mėnesiams *MPI* modelis.

Taip pat, remiantis apskaičiuotomis maksimaliomis nuokrypių amplitudėmis, buvo nustatyta, kad *MPI* ir *Met Office* modeliai sudarė blogiausią prognozę vasario, kovo ir balandžio mėnesiams, o *Météo-France* – liepos mėnesiui.

Apibendrinant, vidutiniškai per 1990-2001 m. blogiausią prognozę vasario mėnesiui sudarė *Met Office* modelis, o geriausią – *Météo-France* modelis. Kovo-gegužės blogiausią prognozę paleido *MPI* modelis, o birželio-liepos *SERFACS* modelis. Geriausia prognozė kovo mėnesį buvo sudaryta *ECMWF* modelio, balandžio ir liepos – *LODYC* modelio, gegužės – *Météo-France* ir birželio *MPI* modelio.

## IŠVADOS

1. Daugiausia atvejų, kai oro temperatūros prognozės nuo išmatuotų reikšmių skiriasi  $\pm 2^{\circ}\text{C}$ , buvo *SCWF* (sukurto Europos vidutinio išankstumo prognozių centro) modelio prognozėje rugpjūčio mėn. sudarytose prognozėse šaltajam sezonui ir *MPI* (*Max-Planck Institut für Meteorologie*) modelio gegužės prognozėje vasarai. Šių modelių patikimumas siekia 68%.
2. *UKMO* (sukurto *Met Office*) modelio rezultatų analizė parodė, kad 1990-2001 m. prognozės pasitvirtino daugiausia 54%.
3. *MPI* modelis išsiskiria didžiausiais prognozuotos oro temperatūros nuokrypiais nuo faktinių stebėjimų, be to dažnai prognozių tendencija būna priešinga kitų modelių prognozės tendencijai.
4. *SCWF* modelio vasario, gegužės, rugpjūčio ir lapkričio mėnesiais sudarytų prognozių šešiams mėn. į priekį patikimumas didžiausias per visą nagrinėjamą laikotarpį Lietuvos teritorijai.
5. Mažiausi nuokrypiai (oro temperatūros nuo faktinių skiriasi nedaug) gauti *Météo-France* modelio prognozėje gegužės mėnesiui.
6. Multimodelio sistema, apjungianti 6 jungtinius globalinės atmosferos-vandenyno cirkuliacijos modelius, geriau atspindi neapibrėžtumus pradinėse sąlygose nei atskiro modelio prognozė.

## LITERATŪROS SĄRAŠAS

*DEMETER* Home Page. (2005). *ECMWF*. (<http://www.ecmwf.int/research/demeter/>)

*ECMWF*, Web links (2007). ([http://www.ecmwf.int/staff/alberto\\_troccoli/web\\_links/index.html](http://www.ecmwf.int/staff/alberto_troccoli/web_links/index.html))

*Forecast Verification - Issues, Methods and FAQ*. (2007). WWRP/WGNE Joint Working Group on Verification ([http://www.bom.gov.au/bmrc/wefor/staff/eee/verif/verif\\_web\\_page.html](http://www.bom.gov.au/bmrc/wefor/staff/eee/verif/verif_web_page.html)).

Jolliffe I.T., Stephenson D.B. (2003). *Forecast verification: A Practitioner's Guide in Atmospheric Science*. John Wiley & Sons, Ltd

Hagedorn R. (2006). *EPS Diagnostic tools. Presentation*. European Centre for Medium-Range Weather Forecasts, Reading

Hagedorn R., Doblas-Reyes F., Palmer T. (2003). *DEMETER and Beyond. Scientific Results, Technical Lessons, Future Perspectives*. Poster EGS, France.

*Modules on Forecast Verification*. (2007). EUMETCAL Training Modules (<http://www.eumetcal.org.uk/eumetcal/verification/www/english/courses/msgcrs/index.htm>).

Palmer T. (2005). EU-funded DEMETER project – Development of a European Multimodel Ensemble system for seasonal to inTERannual prediction. *Tellus A*: Vol. 57, Issue 3, p. 217-218.

Palmer T. N. ir kt. (2004). Development of a European MultiModel Ensemble System for Seasonal to Inter-Annual Prediction (DEMETER). *Bulletin of the American Meteorological Society*. Vol. 85, No. 6, p. 853–872

Palmer T. N., Doblas-Reyes F. J., Hagedorn R. (2003). *DEMETER: Multimodel seasonal predictions in a public domain*. Contribution to Exchanges No. 27, European Centre for Medium-Range Weather Forecasts, Reading, UK.

Nurmi P., Wilson L. (2005). *General Guide to Forecast Verification exercises*. Nomet course. ([http://met.no/english/topics/nometk\\_2005/exercises.html](http://met.no/english/topics/nometk_2005/exercises.html))

*Seasonal forecast* (2005). ECMWF.

([http://www.ecmwf.int/products/forecasts/seasonal/documentation/ch1\\_2.html](http://www.ecmwf.int/products/forecasts/seasonal/documentation/ch1_2.html))

*Standardised Verification System (SVS) for Long-Range Forecasts (LRF)*. (2002) Version 3.0. New Attachment II-9 to the Manual on the GDPS (WMO-No. 485). Volume I

Stephenson D. B., Doblas-Reyes F. J. (2000). Statistical methods for interpreting Monte Carlo ensemble forecasts. UK. *Tellus*. 52a. p. 300–322

Stanski H. R., Wilson L. J., Burrows W. R. (1989). *Survey of common verification methods in meteorology, part 2*. Research Report No. MSRB 89-5. WMO World Weather Watch Technical Report No.8, WMO/TD No. 358.

([http://www.bom.gov.au/bmrc/wefor/staff/eee/verif/Stanski\\_et\\_al/Stanski\\_et\\_al.html](http://www.bom.gov.au/bmrc/wefor/staff/eee/verif/Stanski_et_al/Stanski_et_al.html))

Stefanova L., Krishnamurti T. N. (2002). *Interpretation of Seasonal Climate Forecast Using Brier Skill Score*, The Florida State. University Superensemble, and the AMIP-I Dataset. American Meteorological Society

Wilson L. (1998). A Strategy for Verification of Weather Element Forecasts from an Ensemble Prediction System. *Monthly Weather Review*: Vol. 127, No. 6, p. 956-970.

Wilson L. (2002). *Verification of ensemble forecasts - A survey*. Verification workshop: Making Verification More Meaningful. NCAR.

WMO Guidelines on performance assesment of public weather services. (2000). TD Nr. 1023, Geneva.



# SANTRAUKA

Viktorija Rudak  
Vilniaus Universitetas

## Sezoninių oro temperatūros prognozių patikimumo įvertinimas

Šiame darbe pateiktas sezoninių prognozių, sudarytų DEMETER (*Development of a European Multimodel Ensemble system for seasonal to inTERannual prediction*) projekte naudotų modelių, statistinis patikimumo įvertinimas. Pagrindinis darbo tikslas - įvertinti prognostinės sistemos darbą, kurią sudaro 6 globaliniai jungtiniai atmosferos-vandenyno modeliai, sukurti įvairiuose meteorologijos centruose. Sezoninio prognozavimo sistemos gebėjimams apibūdinti analizuojami DEMETER duomenys, paleisti kiekvienais metais per 1990-2001 metų laikotarpį vasario, gegužės, rugpjūčio ir lapkričio mėnesių pirmą dieną. Pradinės atmosferos ir sausumos paviršiaus modelių sąlygos paimtos iš ECMWF Re-Analysis (ERA-40) duomenų bazės. Kiekvienas prognozės paleidimas šešiams mėnesiams į priekį sudaro ansamblį iš 9 narių.

Multimodelio prognozės šiame darbe buvo verifikuojamos su stebėjimais, išmatuotais 17 meteorologijos stotyse, kurių duomenys gauti iš Lietuvos hidrometeorologijos tarnybos archyvo.

1 ir 2 darbo skyriuose pateikta bendrą sezoninių prognozių sampratą, pažymėtas jų naudingumas, trumpai aptartas sudarymo principas bei verifikacijos būdai. 2 skyrius skirtas DEMETER sudarančių modelių charakteristikoms aprašyti. 3 skyriuje išdėstyti dažniausiai taikomi nepertraukiamų parametru, tokių kaip oro temperatūra, prognozių verifikacijos metodai bei aprašyta šio darbo eiga, išvardintos programos, naudotos atliekant skaičiavimus ir pavaizduojant rezultatus grafiškai. 4 skyriuje pateikta verifikacijos rezultatų analizė, interpretuojamas prognozių patikimumas atskirais sezonais. Darbo pabaigoje pateiktos išvados.

Multimodelio sistema turi tendenciją išprognozuoti aukštesnes už faktines oro temperatūras šiltuoju metų laiku, o šaltajam sezonui klaidingų spėjimų skaičius prognozėse padidėja. Vakarų Lietuvai ir Pajūrio regionui sudarytų prognozių patikimumas gautas didesnis nei prognozių likusiai Lietuvos teritorijai. Daugiausia atvejų, kai oro temperatūros prognozės nuo išmatuotų reikšmių skiriasi  $\pm 2^{\circ}\text{C}$ , pasitaikė rugpjūčio mėn. sudarytose prognozėse šaltajam sezonui ir gegužę paleistose prognozėse vasarai. Išsami vasarį sudarytų prognozių verifikacijos analizė parodė, kad vidutiniškai per 1990-2001 m. blogiausią prognozę vasario mėnesiui sudarė *Met*

*Office* modelis, o geriausia – *Météo-France* modelis, tai yra prognozuotos oro temperatūros mažai skirėsi nuo faktinių. Kovo-gegužės blogiausią prognozę paleido *MPI* modelis, o birželio-liepos *SERFACS* modelis. Geriausia prognozė kovo mėnesį buvo sudaryta *ECMWF* modelio, balandžio ir liepos – *LODYC* modelio, gegužės – *Météo-France* ir birželio *MPI* modelio.

Geriausiai modelių sudarytos prognozės pasitvirtina 68%. Rezultatai rodo, kad Europos vidutinio išankstumo prognozių centro sukurto modelio (*SCWF*) prognozės visais prognozių paleidimo mėnesiais (vasario, gegužės, rugpjūčio ir lapkričio mėnesiais sudarytų prognozių šešiams mėn. į priekį) patikimumas didžiausias per nagrinėjamą 1990-2001 m. laikotarpį Lietuvos teritorijai.

# SUMMARY

Viktorija Rudak  
Vilnius University

## Seasonal temperature forecast verification

In this study, results concerning statistical verification of DEMETER (*Development of a European Multimodel Ensemble system for seasonal to inTERannual prediction*) seasonal forecasts over Lithuania is presented. The main task is assessing multimodel prediction system performance. The system comprises the global coupled ocean-atmosphere models of several institutions. In order to assess seasonal dependence on forecast skills, the DEMETER hindcasts have been started from the 1<sup>st</sup> February, 1<sup>st</sup> May, 1<sup>st</sup> August and 1<sup>st</sup> November, the analyzed period is 1990-2001. The atmospheric and land-surface initial conditions are taken from the ECMWF Re-Analysis (ERA-40) dataset. The ocean initial conditions are obtained from ocean-only runs forced by ERA-40 fluxes, except in the case of MPI that used a coupled initialization method. Each hindcast has been integrated for 6 months and comprises an ensemble of 9 members.

Multimodel forecasts were verified against observations of 17 meteorological stations obtained from the Lithuanian Hydrometeorological Service.

In section 1 and 2 of this paper a general definition of seasonal forecast are introduced and some characteristics of statistical forecast verification are discussed as well as the short description of DEMETER multimodel members is given. Section 3 explores some basic and the most common in use technics of continuous forecasts verification. Based on statistical verification methods, described in previous section, an analysis of each seasonal forecasts follows in Section 4. The summary offers main findings of this study.

The multimodel system tends to overforecast temperatures in warm season and to underforecast in cold season by increasing of false alarms. In the western and coastal region models have higher reliability scores than temperature forecasts made for other parts of Lithuania.

The amount of cases, when relationship between forecasted and observed values is less than  $\pm 2$  degrees Celsius, is the largest of hindcast started from 1<sup>st</sup> August integrated for 6 months (that is cold season). The detailed analysis of verification results, obtained from 1<sup>st</sup> February hindcast,

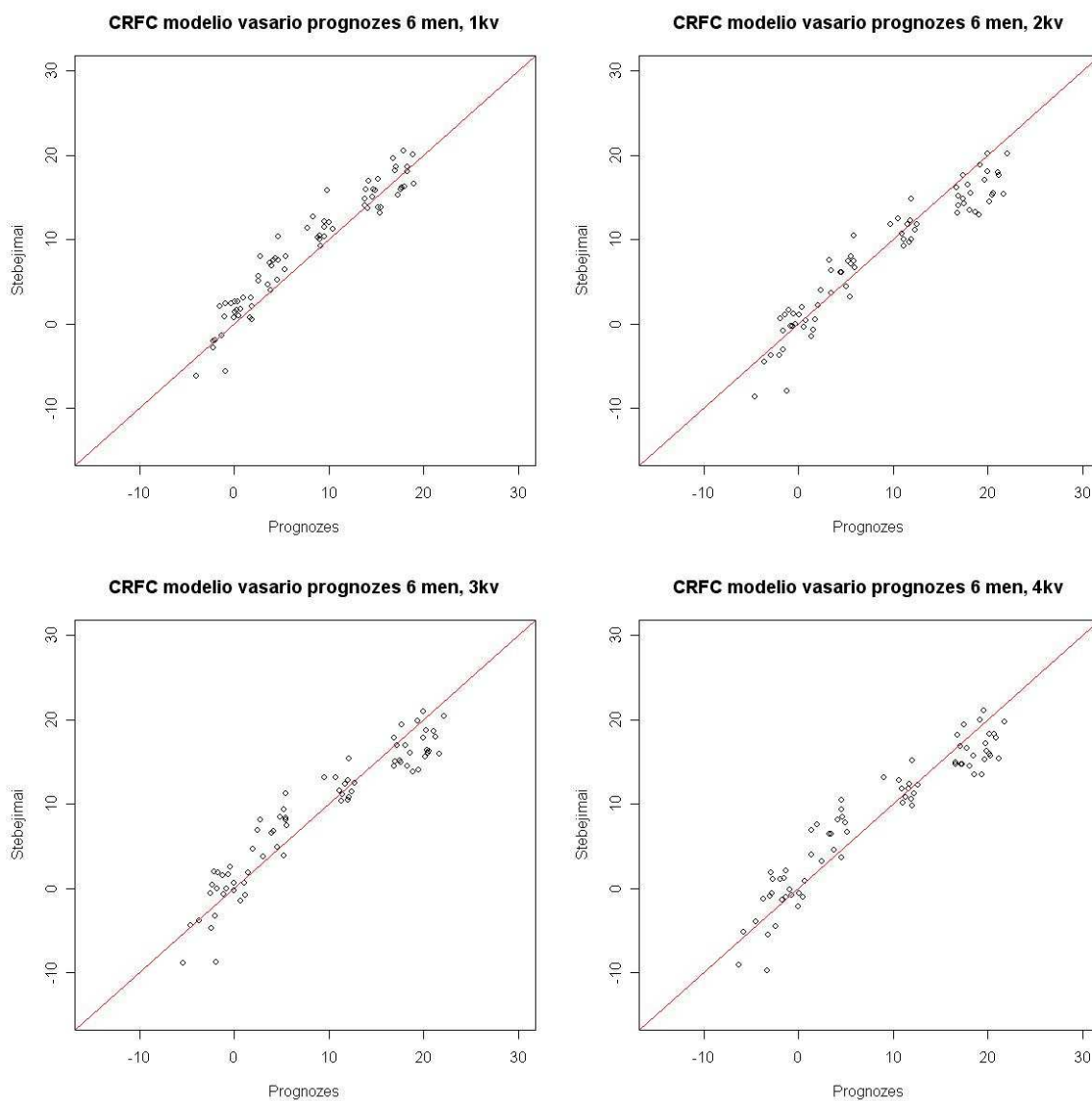
shows, that Met Office model performed generally more positive and/or negative biases of forecasts during 1990-2001 than any other model. Unbiased forecasts were presented by *Météo-France* model; it means slight difference between observed and forecasted values.

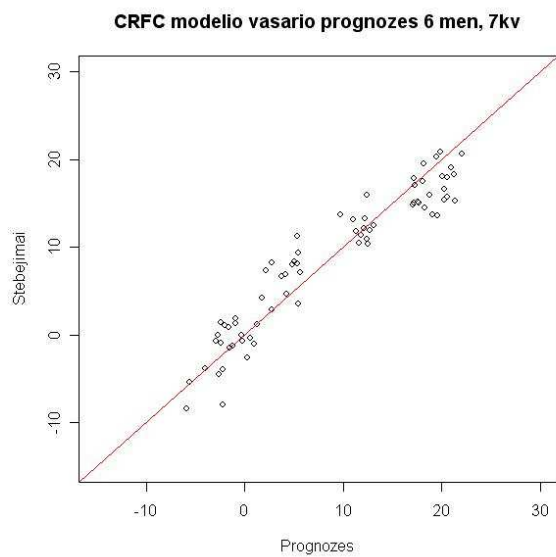
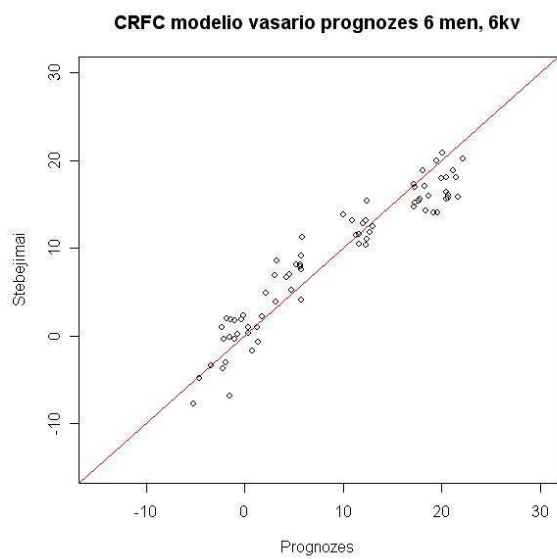
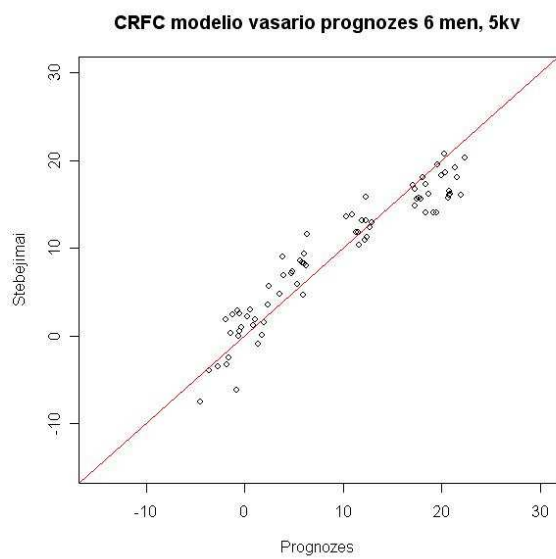
The highest estimated Percent correct of analysed forecasts for Lithuania is 68%. Results show, that most reliable forecasts from each hindcast have been performed by ECMWF model.

## PRIEDAI

1990-2001 m. *CERFACS* modelio vasarį sudarytų oro temperatūros prognozių šešiams mėnesiams į priekį (°C) sklaidos grafikai\*.

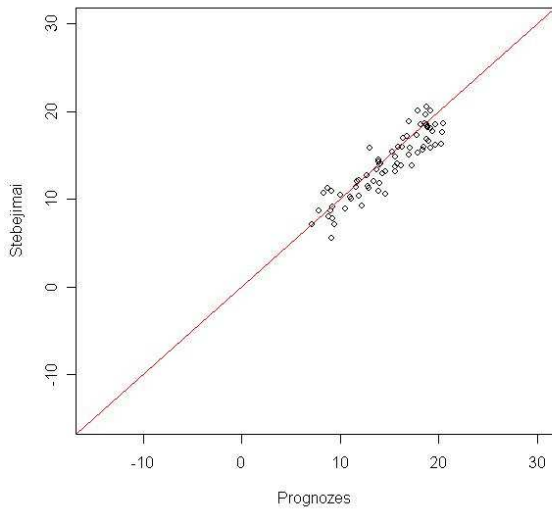
\* Teritorinis pasiskirstymas atitinka kvadrato numerį (tap pat žr. 3.1.1 pav.): 1 kv. – Pajūris, Vakarų Lietuva, 2 kv. – Žemaičių aukšuma, 3 kv. – Šiaurės ir Vidurio Lietuva, 4 kv. – Rytų Lietuva, 5 kv. – Pietvakarių Lietuva, 6 kv. - Pietų ir Vidurio Lietuva, 7 kv. – Pietryčių Lietuva.



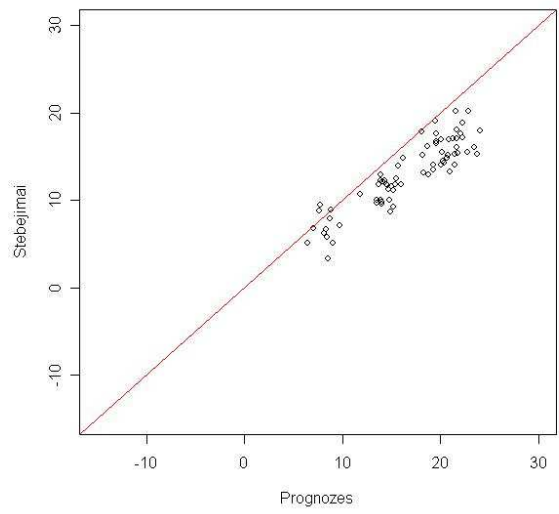


1990-2001 m. *CERFACS* modelio gegužę sudarytų oro temperatūros prognozių šešiems mėnesiams į priekį ( $^{\circ}\text{C}$ ) sklaidos grafikai.

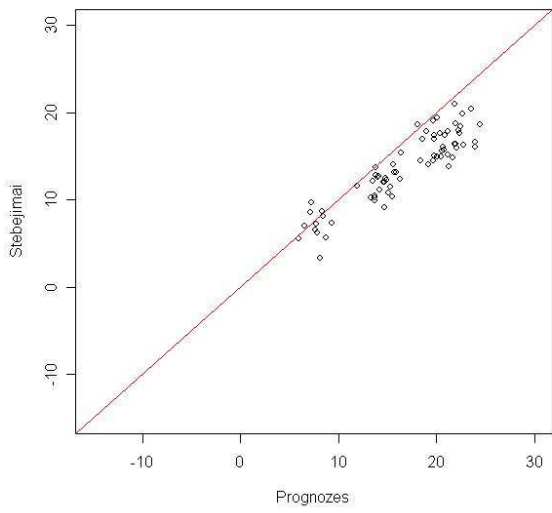
**CRFC modelio geguzes prognozes 6 men, 1kv**



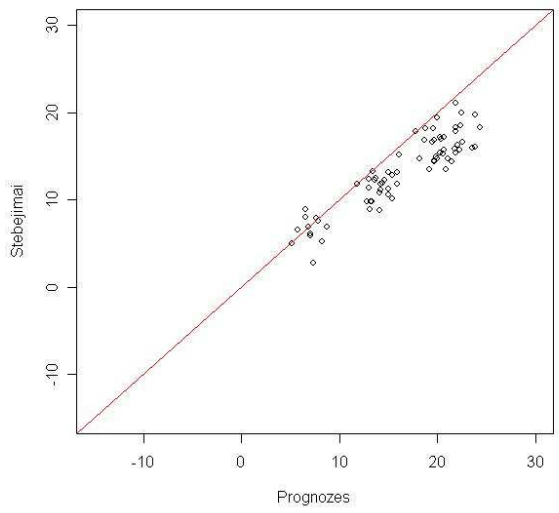
**CRFC modelio geguzes prognozes 6 men, 2kv**



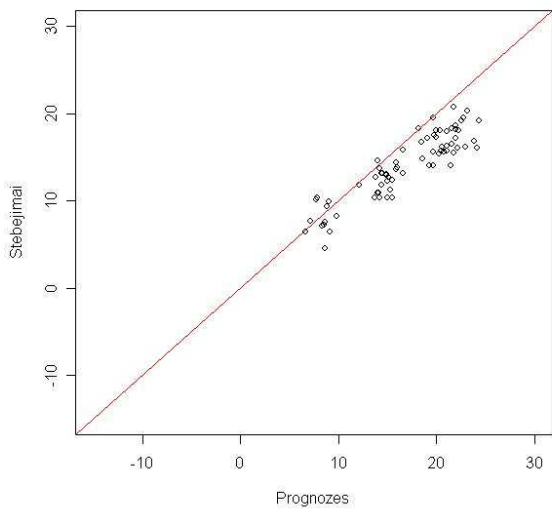
**CRFC modelio geguzes prognozes 6 men, 3kv**



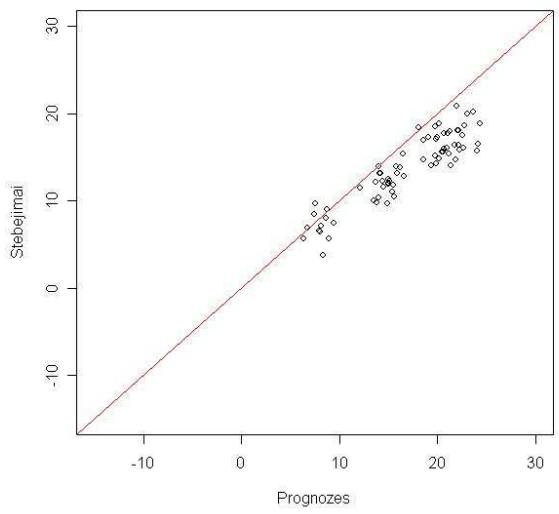
**CRFC modelio geguzes prognozes 6 men, 4kv**



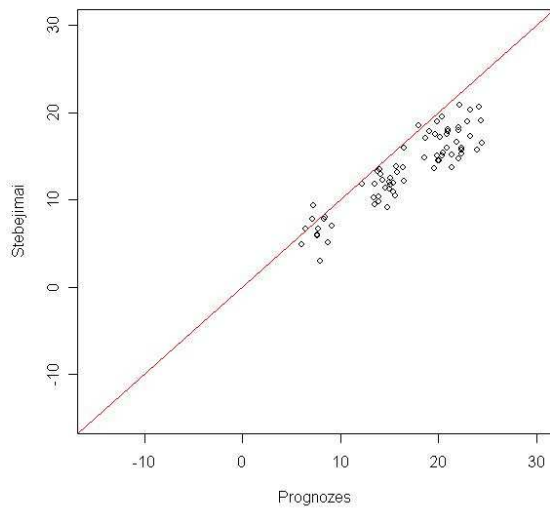
**CRFC modelio geguzes prognozes 6 men, 5kv**



**CRFC modelio geguzes prognozes 6 men, 6kv**

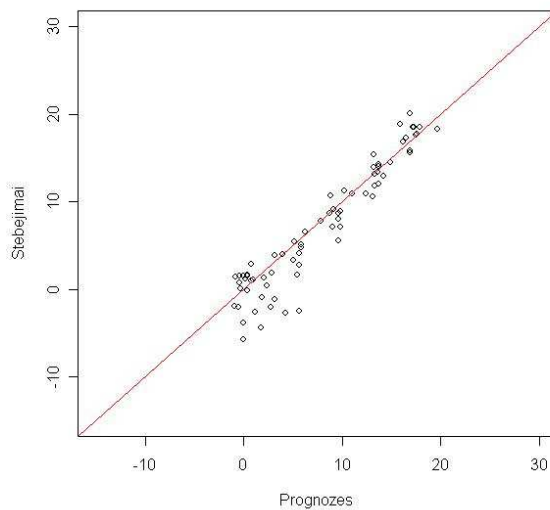


**CRFC modelio geguzes prognozes 6 men, 7kv**

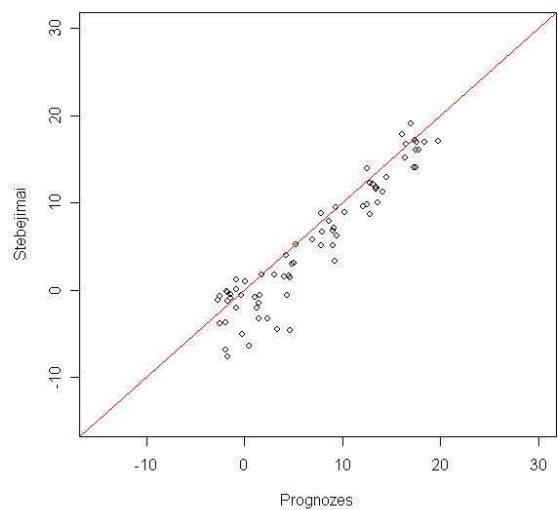


1990-2001 m. *CERFACS* modelio rugpjūtį sudarytų oro temperatūros prognozių šešiems mėnesiams į priekį (°C) sklaidos grafikai.

**CRFC modelio rugpjūčio prognozes 6 men, 1kv**

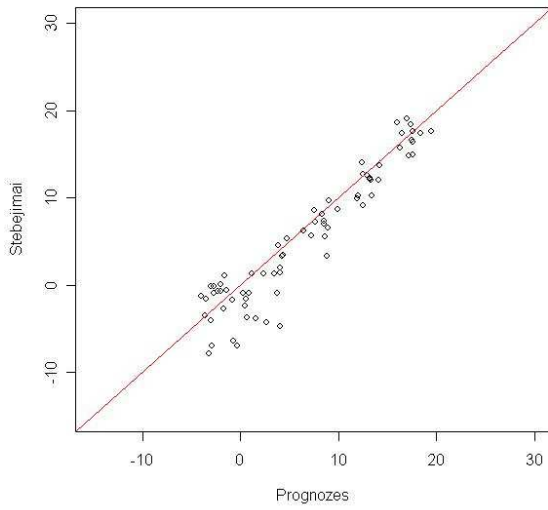


**CRFC modelio rugpjūčio prognozes 6 men, 2kv**

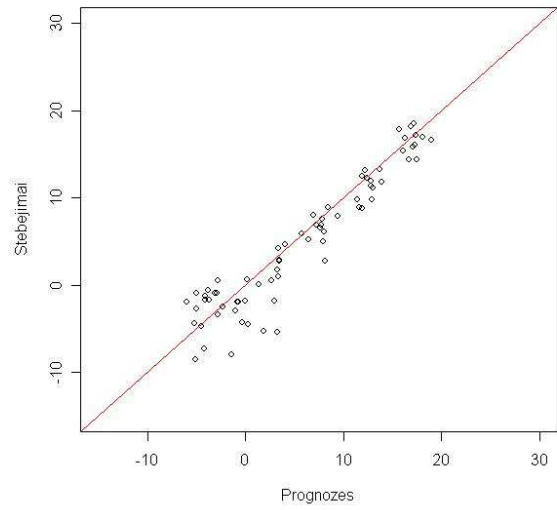




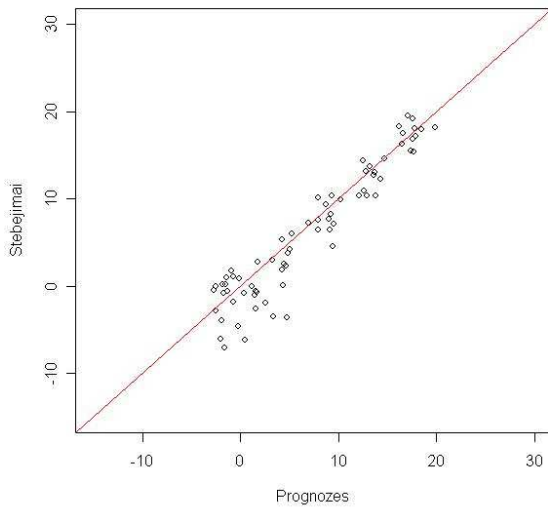
**CRFC modelio rugpjucio prognozes 6 men, 3kv**



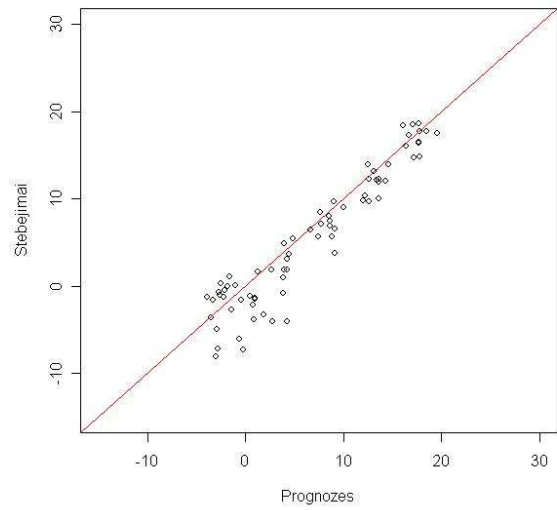
**CRFC modelio rugpjucio prognozes 6 men, 4kv**



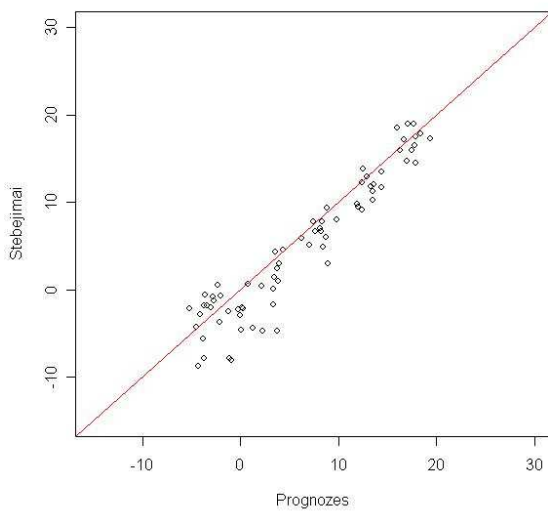
**CRFC modelio rugpjucio prognozes 6 men, 5kv**



**CRFC modelio rugpjucio prognozes 6 men, 6kv**

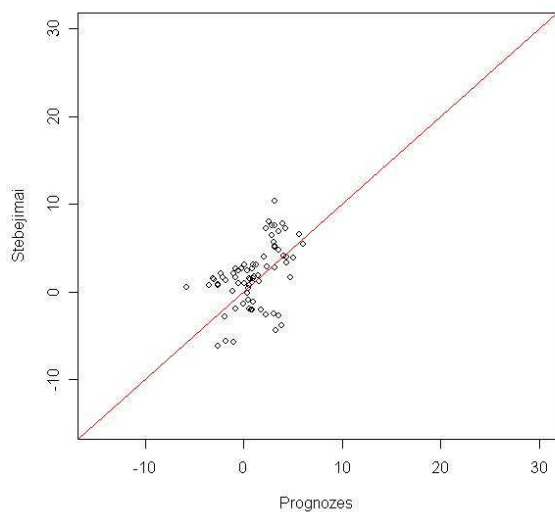


**CRFC modelio rugpjucio prognozes 6 men, 7kv**

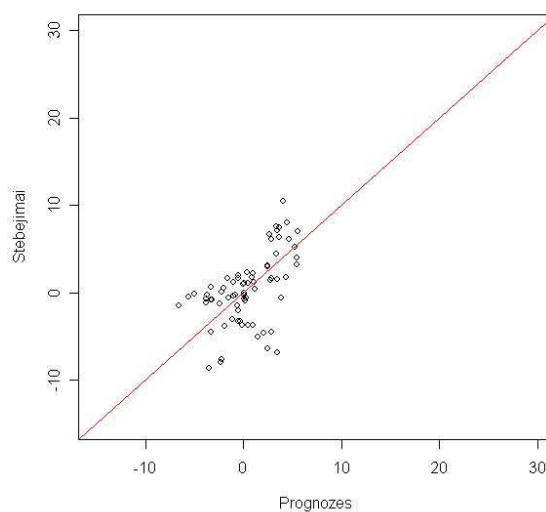


1990-2001 m. *CERFACS* modelio lapkričių sudarytų oro temperatūros prognozių šešiems mėnesiams į priekį (°C) sklaidos grafikai.

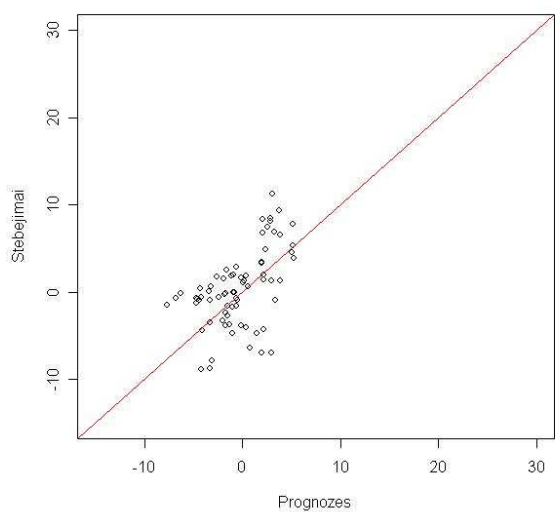
**CRFC modelio lapkričio prognozes 6 men, 1kv**



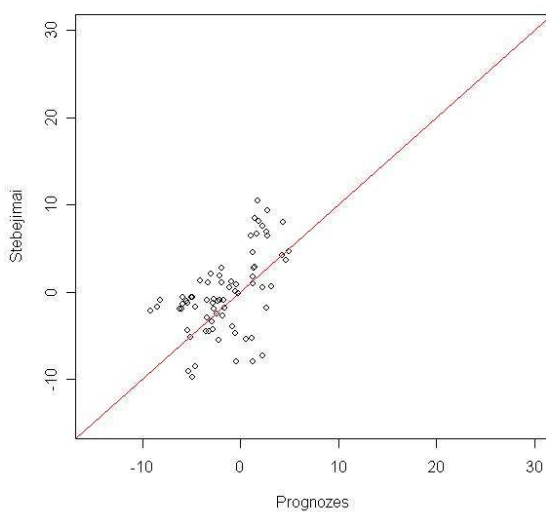
**CRFC modelio lapkričio prognozes 6 men, 2kv**



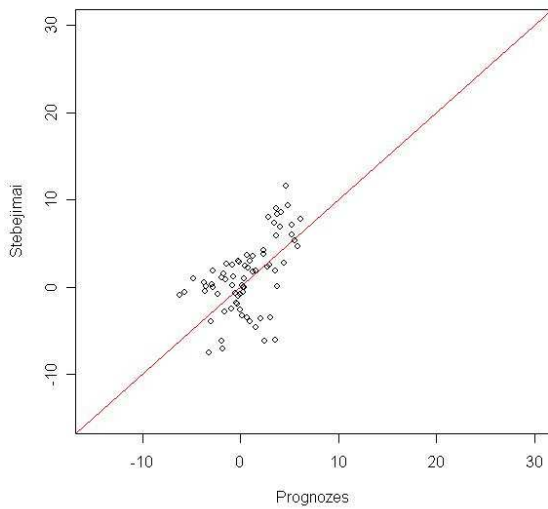
**CRFC modelio lapkričio prognozes 6 men, 3kv**



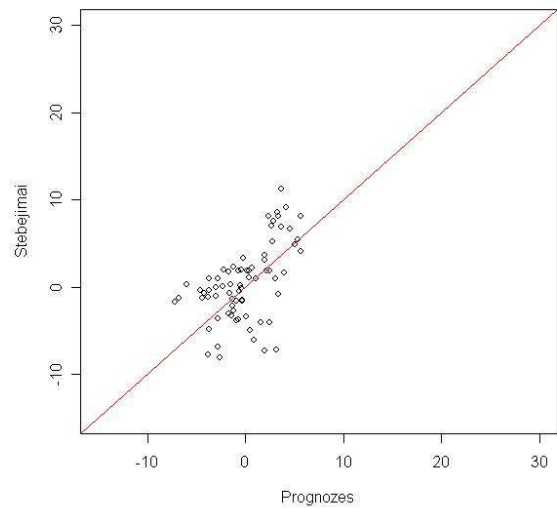
**CRFC modelio lapkričio prognozes 6 men, 4kv**



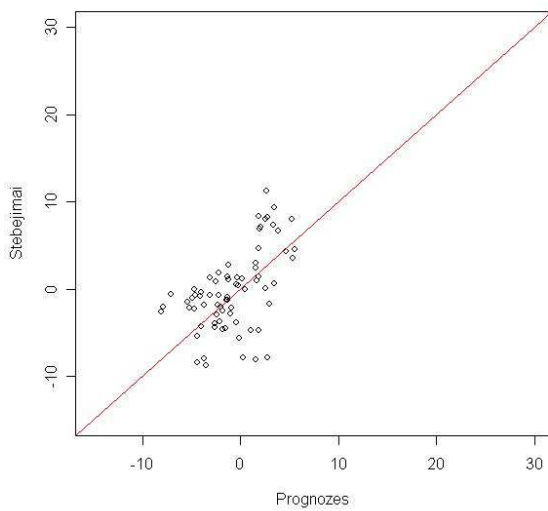
**CRFC modelio lapkricio prognozes 6 men, 5kv**



**CRFC modelio lapkricio prognozes 6 men, 6kv**

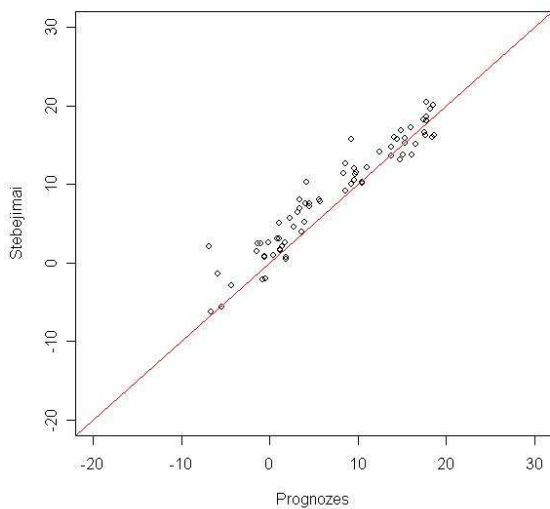


**CRFC modelio lapkricio prognozes 6 men, 7kv**

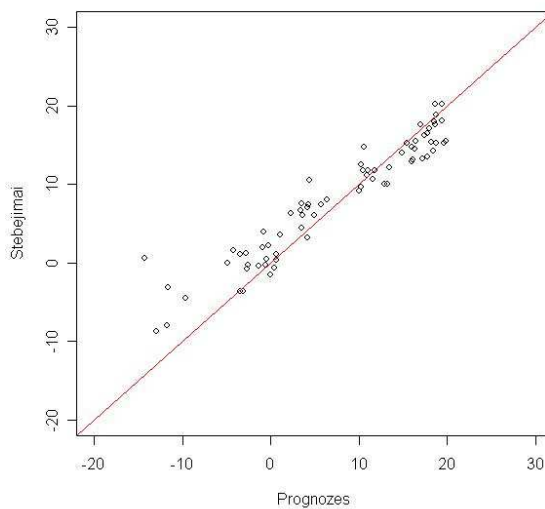


1990-2001 m. UKMO modelio vasarį sudarytų oro temperatūros prognozių šešiems mėnesiams į priekį (°C) sklaidos grafikai.

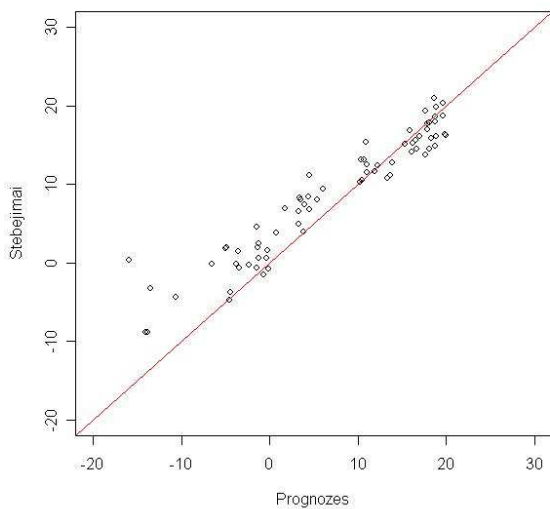
**UKMO modelo vasario prognozes 6 men, 1kv**



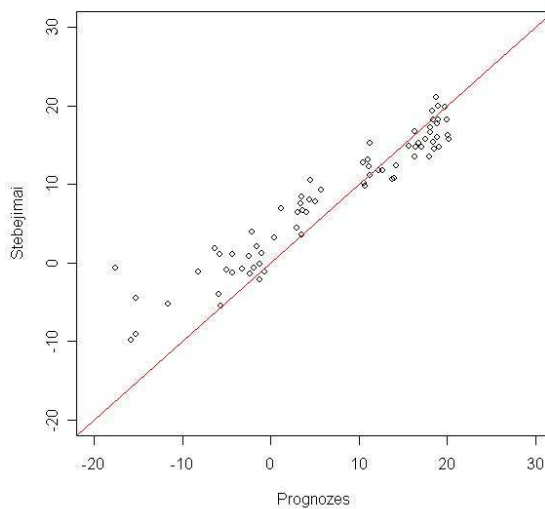
**UKMO modelo vasario prognozes 6 men, 2kv**



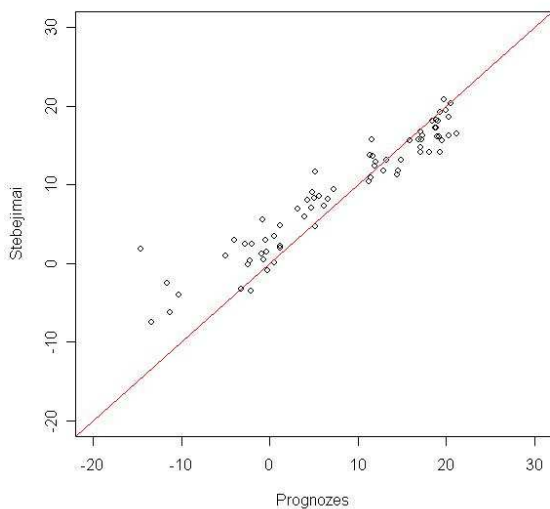
**UKMO modelo vasario prognozes 6 men, 3kv**



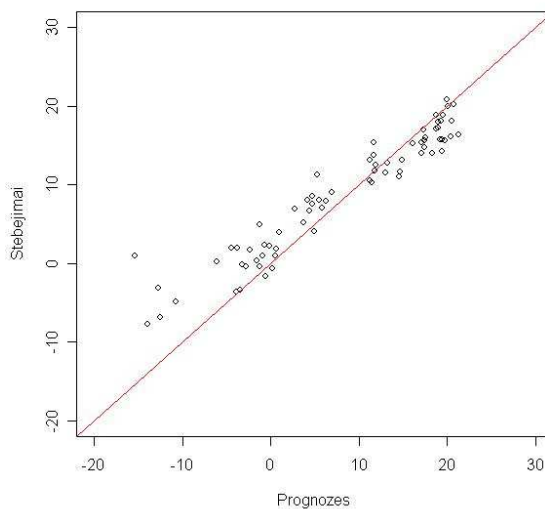
**UKMO modelo vasario prognozes 6 men, 4kv**



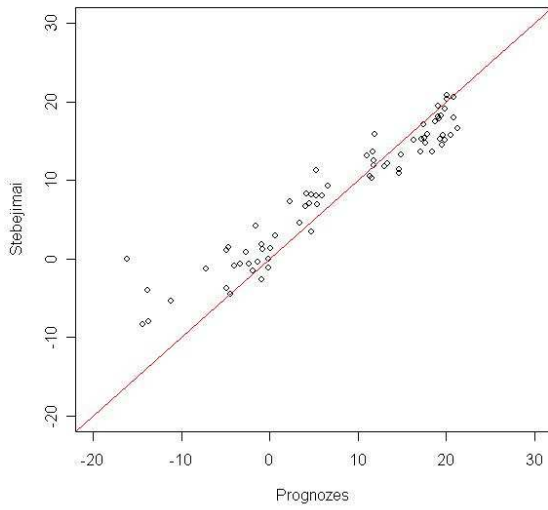
**UKMO modelo vasario prognozes 6 men, 5kv**



**UKMO modelo vasario prognozes 6 men, 6kv**

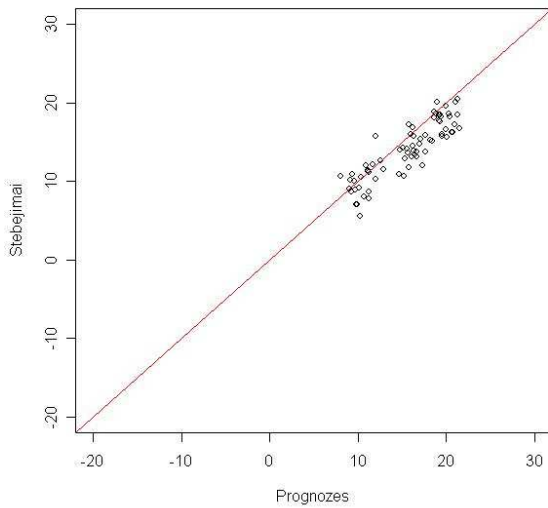


**UKMO modelio vasario prognozes 6 men, 7kv**

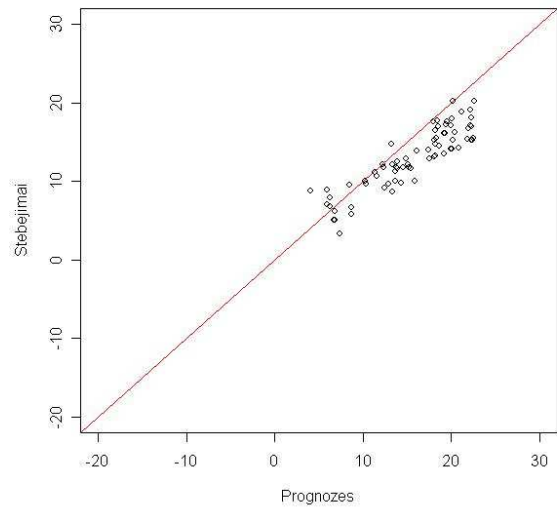


1990-2001 m. UKMO modelio gegužę sudarytų oro temperatūros prognozių šešiams mėnesiams į priekį (°C) sklaidos grafikai.

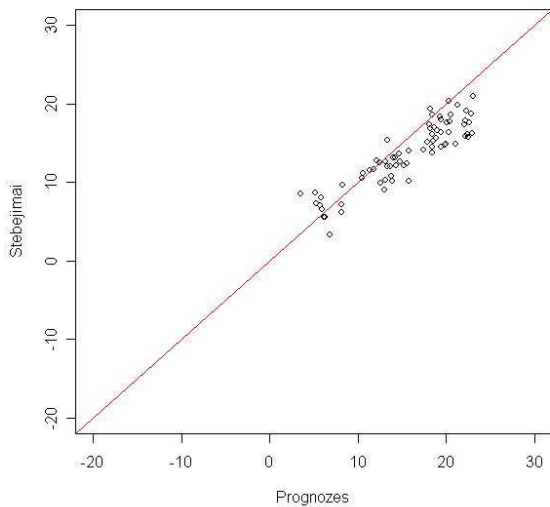
**UKMO modelio gegužes prognozes 6 men, 1kv**



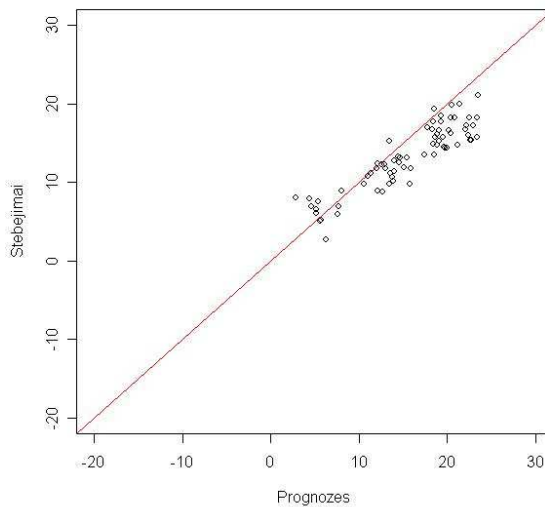
**UKMO modelio gegužes prognozes 6 men, 2kv**



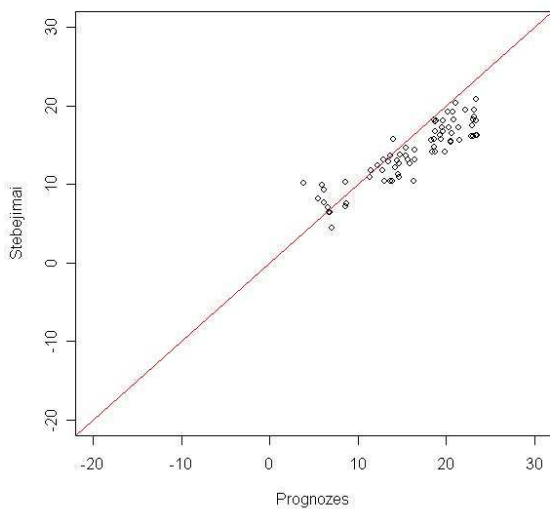
**UKMO modelio geguzes prognozes 6 men, 3kv**



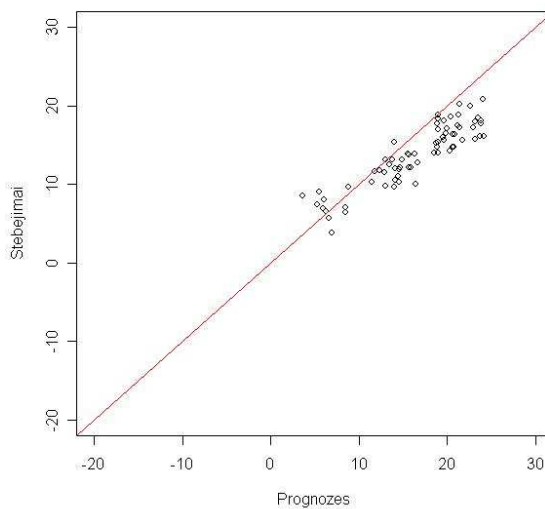
**UKMO modelio geguzes prognozes 6 men, 4kv**



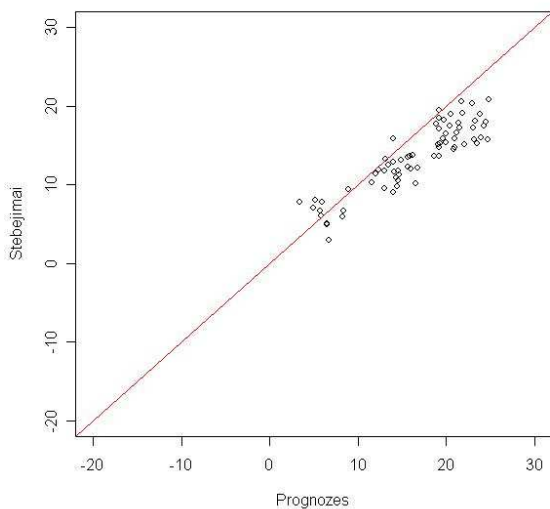
**UKMO modelio geguzes prognozes 6 men, 5kv**



**UKMO modelio geguzes prognozes 6 men, 6kv**

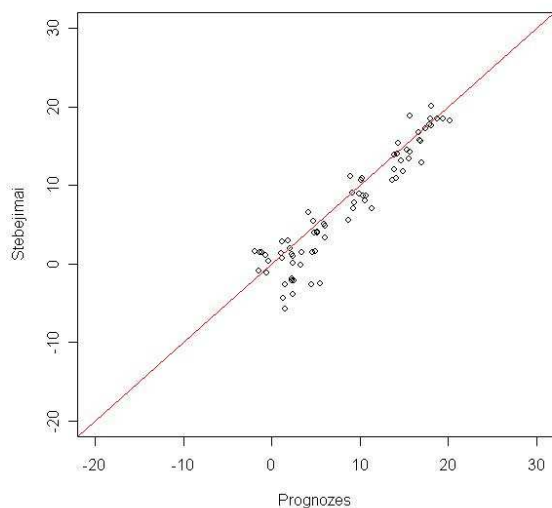


**UKMO modelio geguzes prognozes 6 men, 7kv**

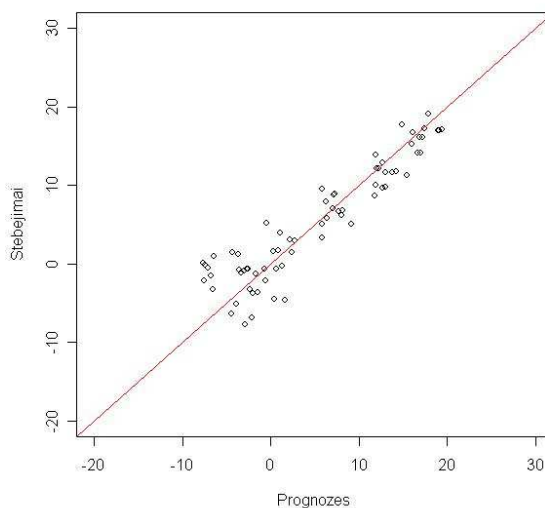


1990-2001 m. UKMO modelio rugpjūtį sudarytų oro temperatūros prognozių šešiams mėnesiams į priekį (°C) sklaidos grafikai.

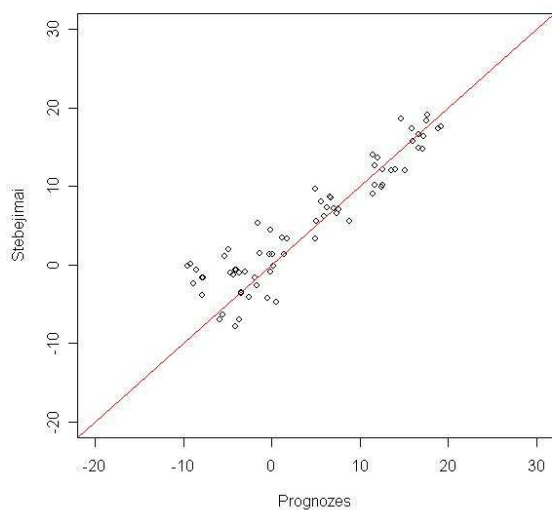
**UKMO modelio rugpjūčio prognozės 6 men, 1kv**



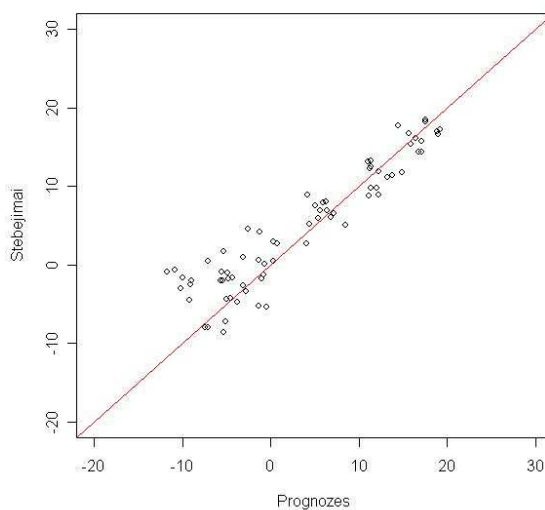
**UKMO modelio rugpjūčio prognozės 6 men, 2kv**



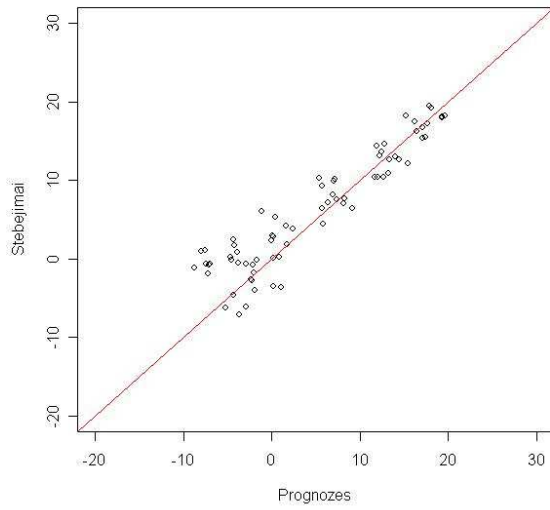
**UKMO modelio rugpjūčio prognozės 6 men, 3kv**



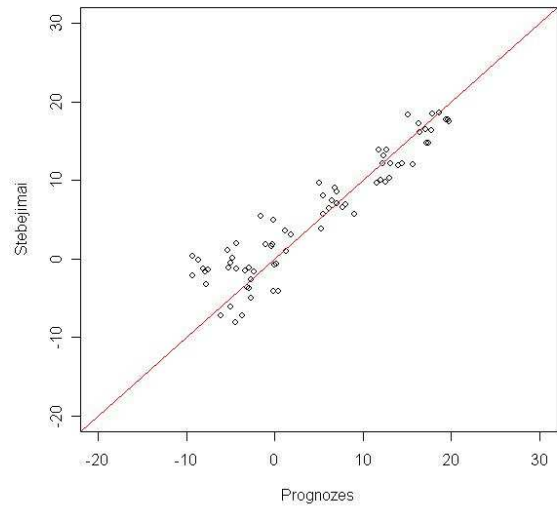
**UKMO modelio rugpjūčio prognozės 6 men, 4kv**



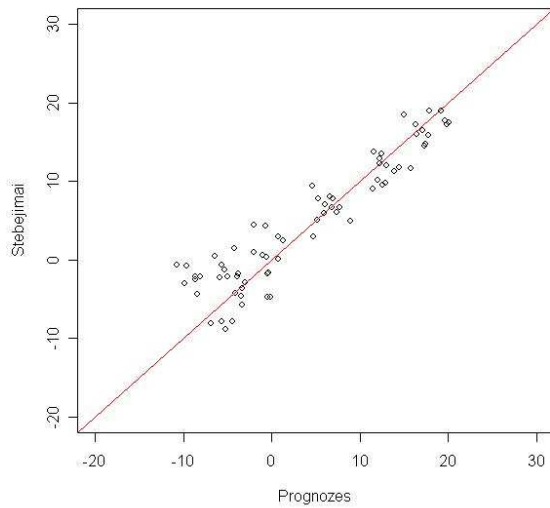
**UKMO modelio rugpjūčio prognozės 6 mėn, 5 kv**



**UKMO modelio rugpjūčio prognozės 6 mėn, 6 kv**



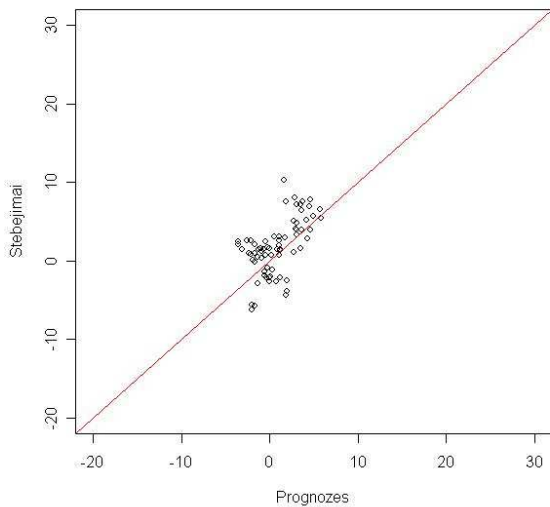
**UKMO modelio rugpjūčio prognozės 6 mėn, 7 kv**



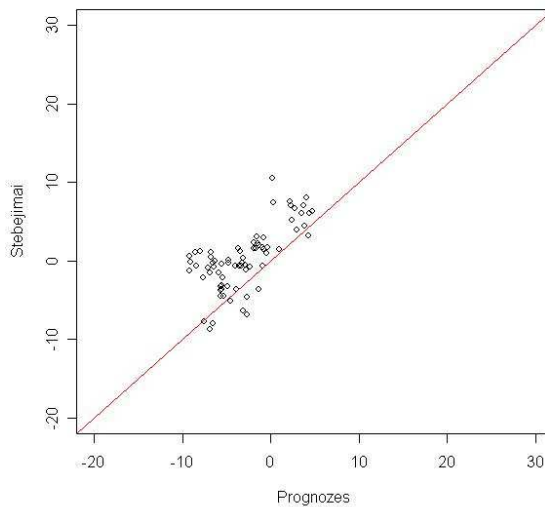
1990-2001 m. UKMO modelio lapkritį sudarytų oro temperatūros prognozių šešiams mėnesiams į priekį (°C) sklaidos grafikai.



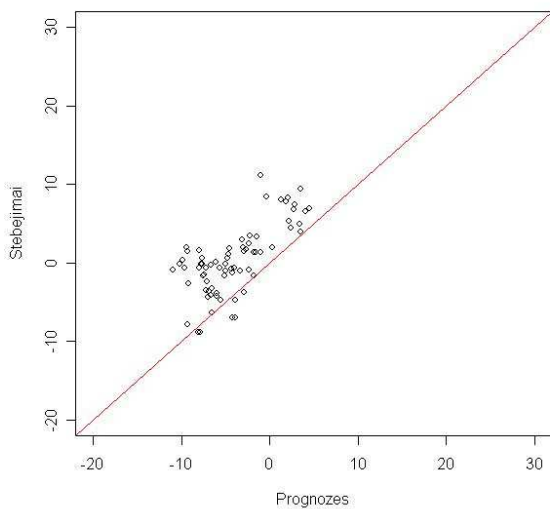
**UKMO modelio lapkricio prognozes 6 men, 1kv**



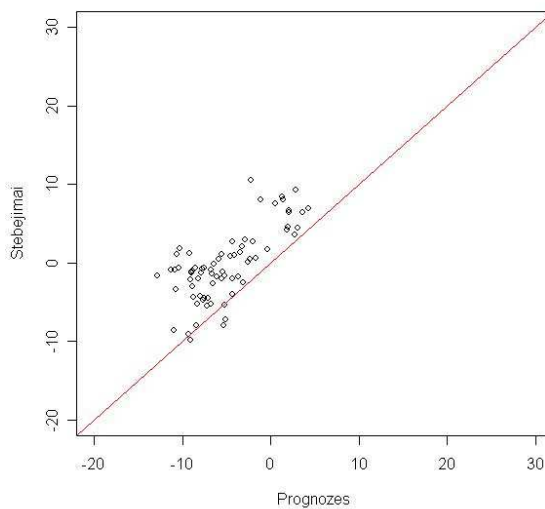
**UKMO modelio lapkricio prognozes 6 men, 2kv**



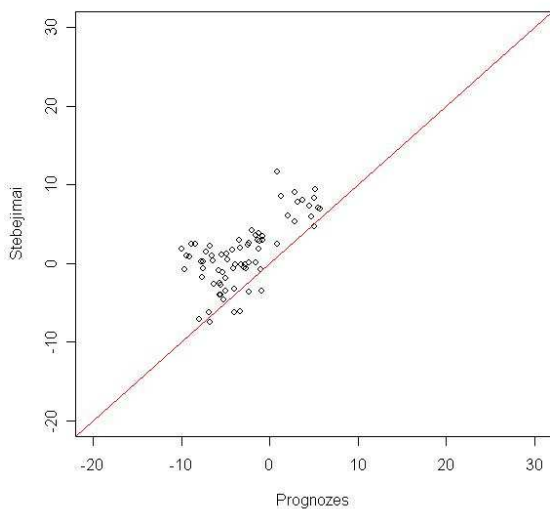
**UKMO modelio lapkricio prognozes 6 men, 3kv**



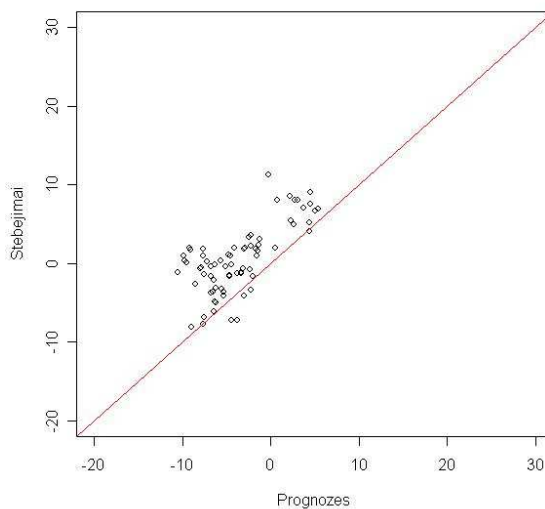
**UKMO modelio lapkricio prognozes 6 men, 4kv**



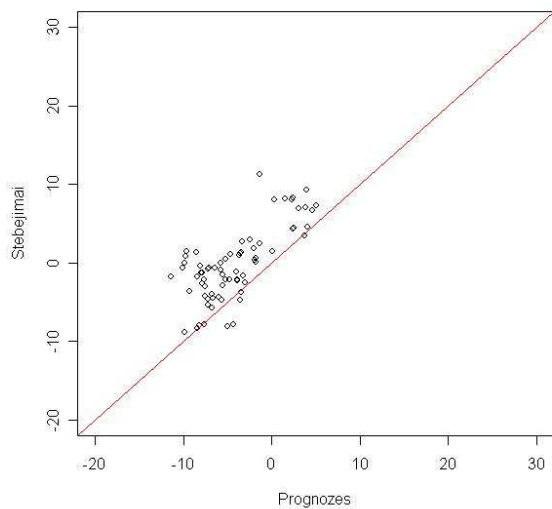
**UKMO modelio lapkricio prognozes 6 men, 5kv**



**UKMO modelio lapkricio prognozes 6 men, 6kv**

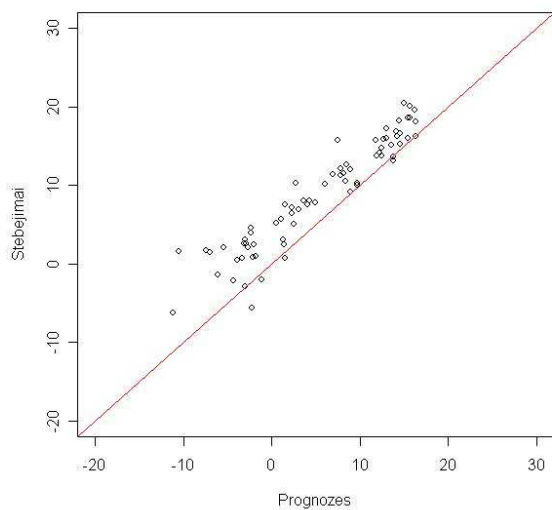


**UKMO modelio lapkričio prognozės 6 mėn, 7 kv**

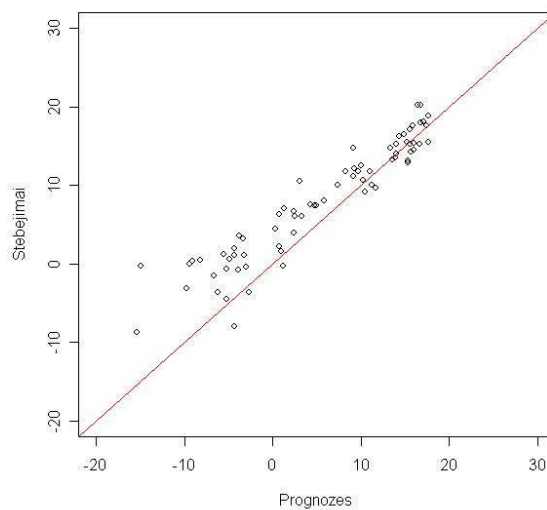


1990-2001 m. *MPI* modelio vasarį sudarytų oro temperatūros prognozių šešiams mėnesiams į priekį (°C) sklaidos grafikai.

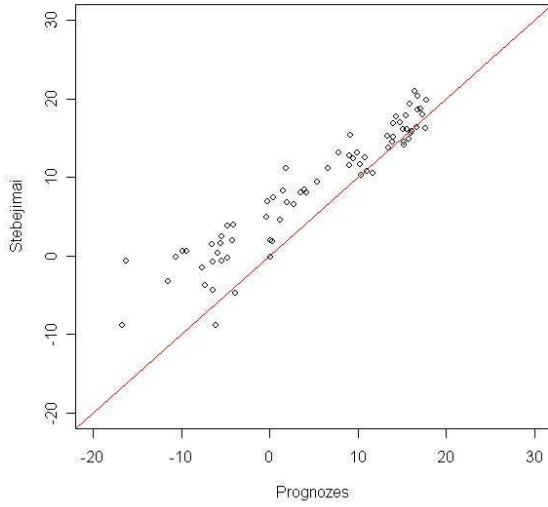
**SMPI modelio vasario prognozės 6 mėn, 1 kv**



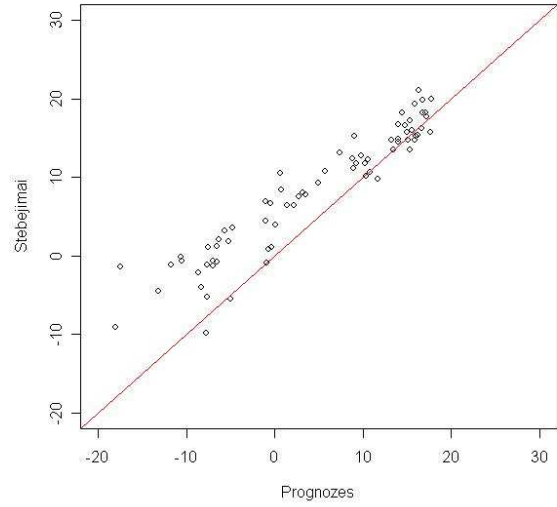
**SMPI modelio vasario prognozės 6 mėn, 2 kv**



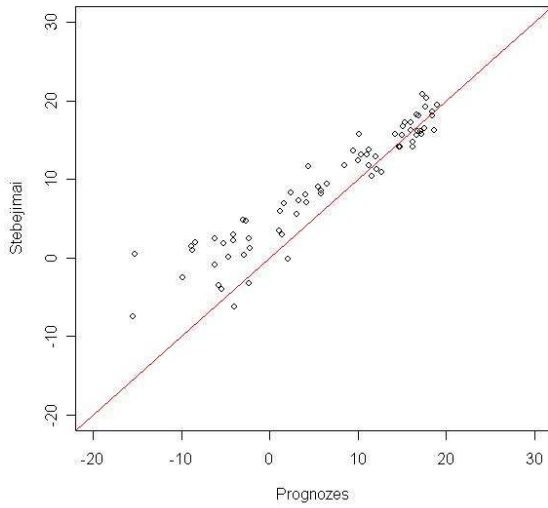
**SMPI modelio vasario prognozes 6 men, 3kv**



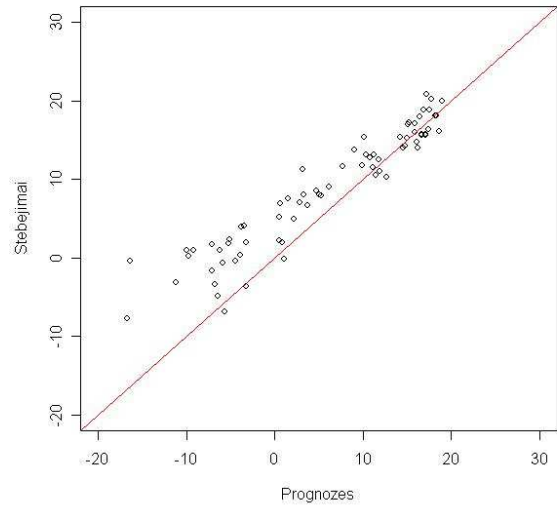
**SMPI modelio vasario prognozes 6 men, 4kv**



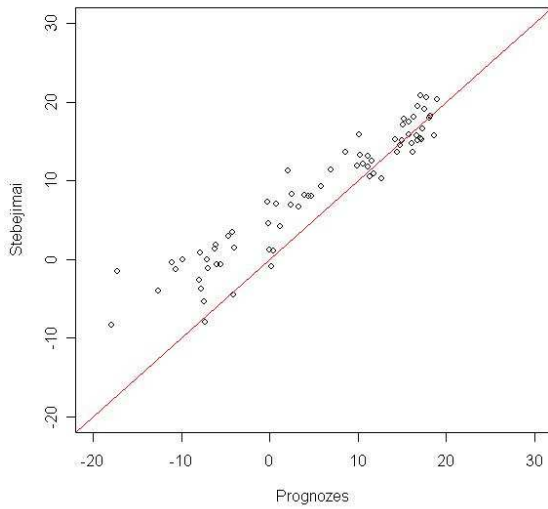
**SMPI modelio vasario prognozes 6 men, 5kv**



**SMPI modelio vasario prognozes 6 men, 6kv**

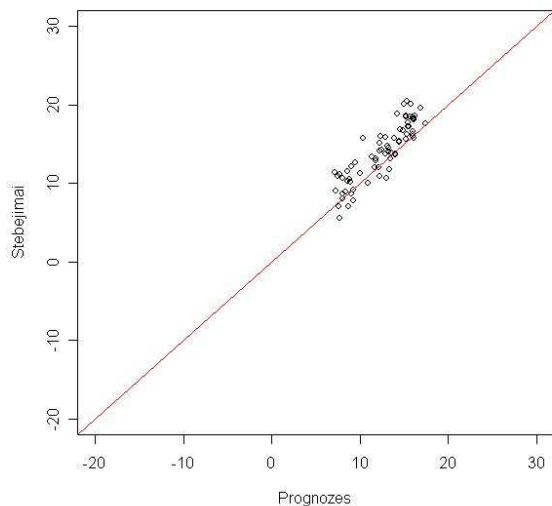


**SMPI modelio vasario prognozes 6 men, 7kv**

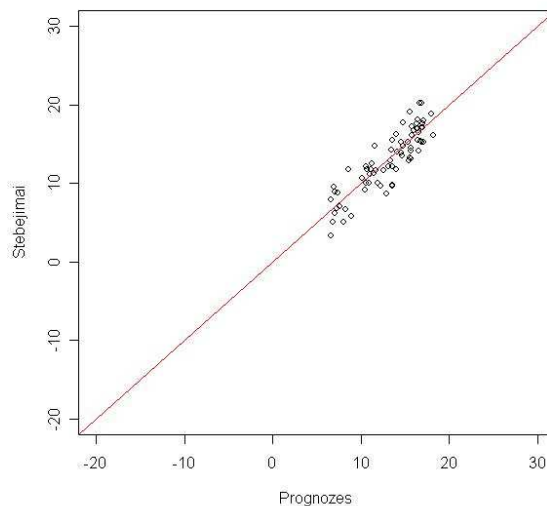


1990-2001 m. *MPI* modelio gegužę sudarytų oro temperatūros prognozių šešiams mėnesiams į priekį ( $^{\circ}\text{C}$ ) sklaidos grafikai.

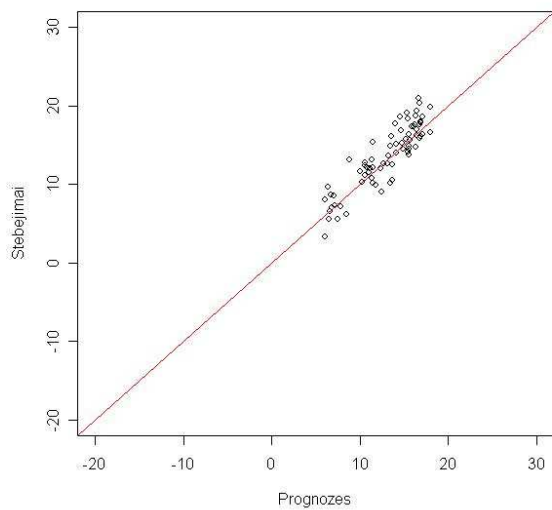
**SMPI modelio gegužes prognozes 6 men, 1kv**



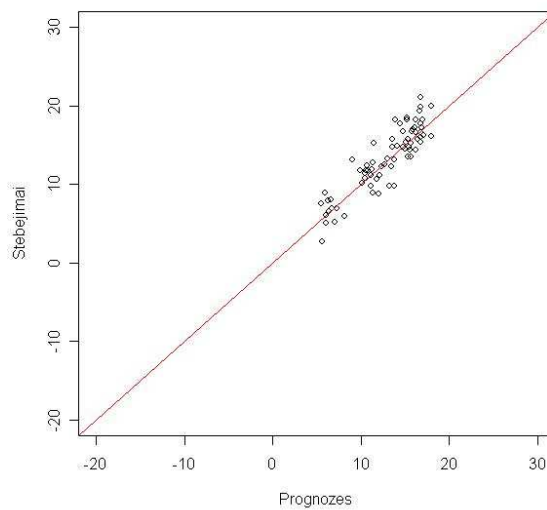
**SMPI modelio gegužes prognozes 6 men, 2kv**



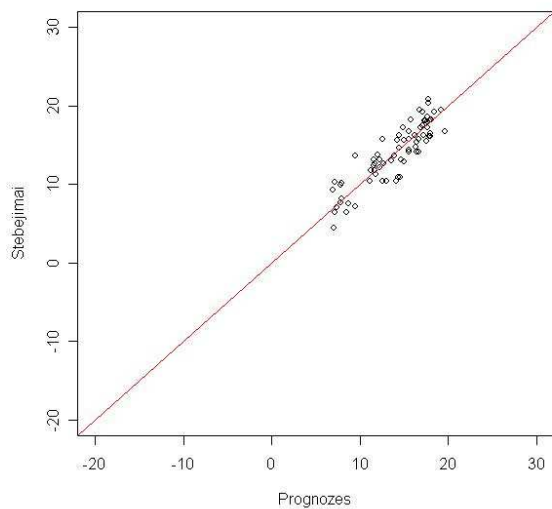
**SMPI modelio gegužes prognozes 6 men, 3kv**



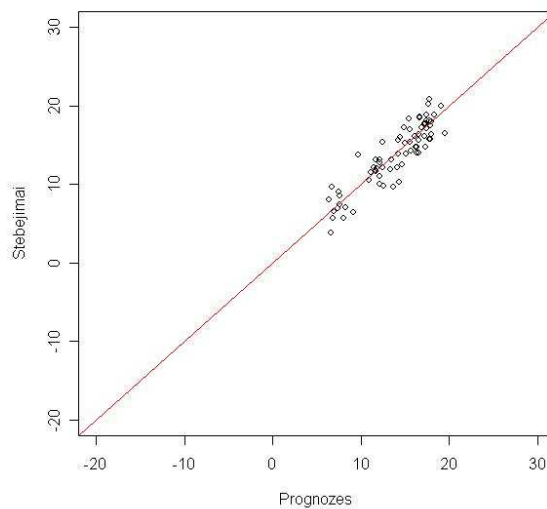
**SMPI modelio gegužes prognozes 6 men, 4kv**



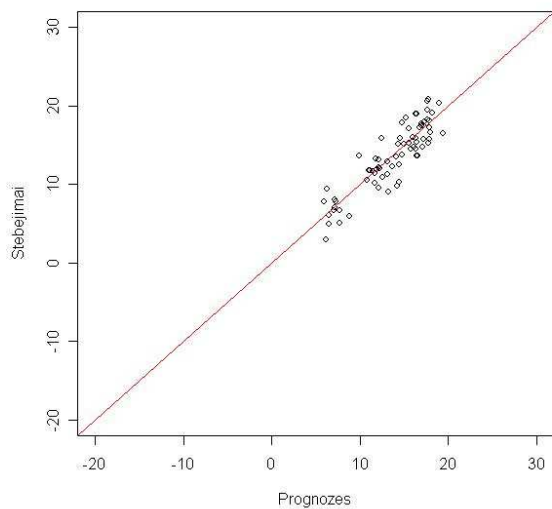
**SMPI modelio geguzes prognozes 6 men, 5kv**



**SMPI modelio geguzes prognozes 6 men, 6kv**

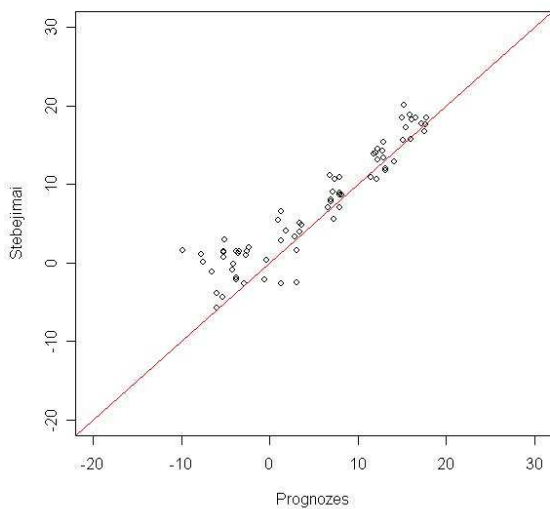


**SMPI modelio geguzes prognozes 6 men, 7kv**

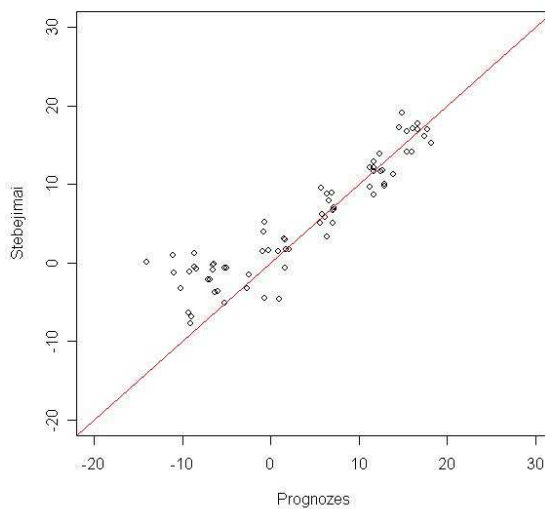


1990-2001 m. *MPI* modelio rugpjūtį sudarytų oro temperatūros prognozių šešiams mėnesiams į priekį ( $^{\circ}\text{C}$ ) sklaidos grafikai.

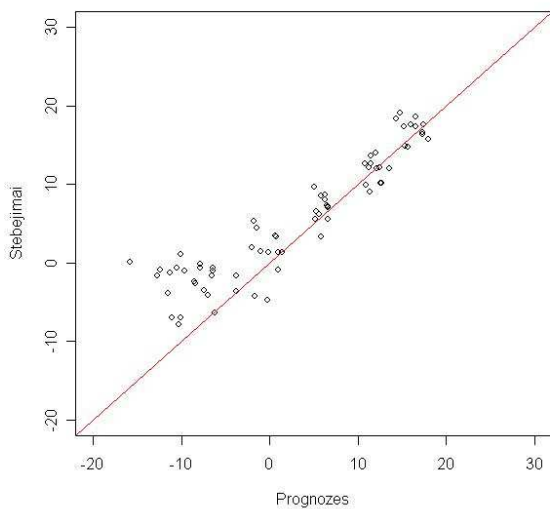
**SMPI modelo rugpjucio prognozes 6 men, 1kv**



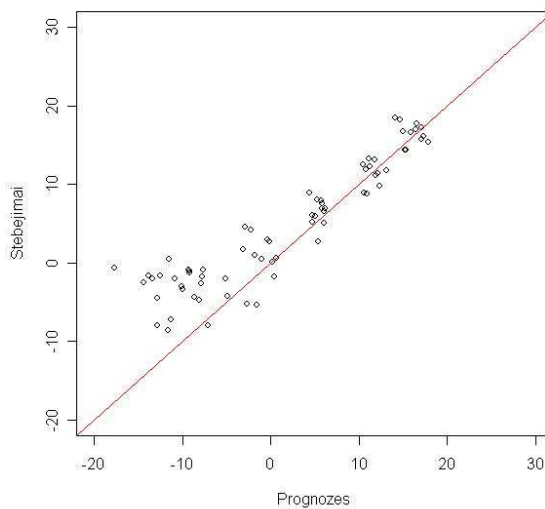
**SMPI modelo rugpjucio prognozes 6 men, 2kv**



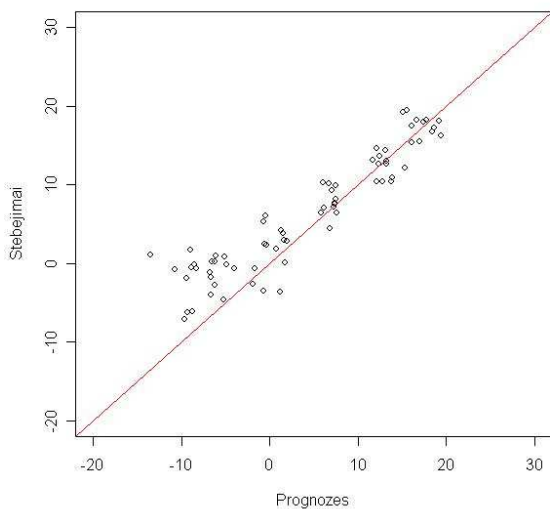
**SMPI modelo rugpjucio prognozes 6 men, 3kv**



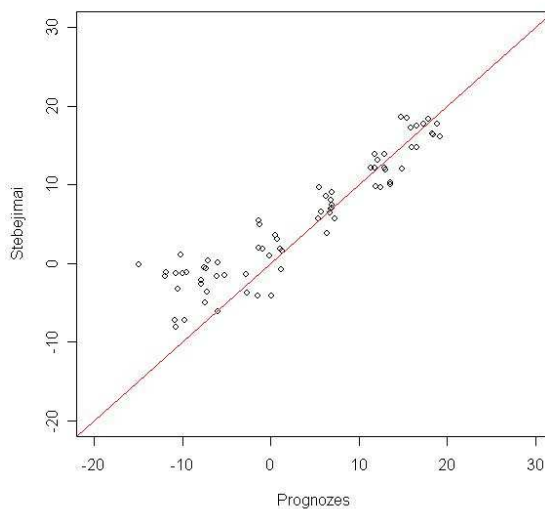
**SMPI modelo rugpjucio prognozes 6 men, 4kv**



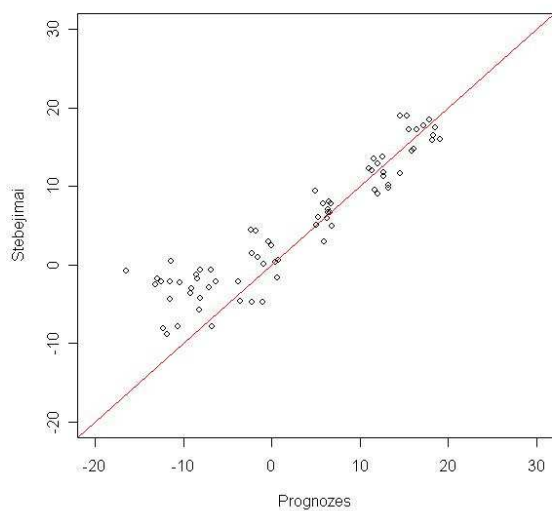
**SMPI modelo rugpjucio prognozes 6 men, 5kv**



**SMPI modelo rugpjucio prognozes 6 men, 6kv**

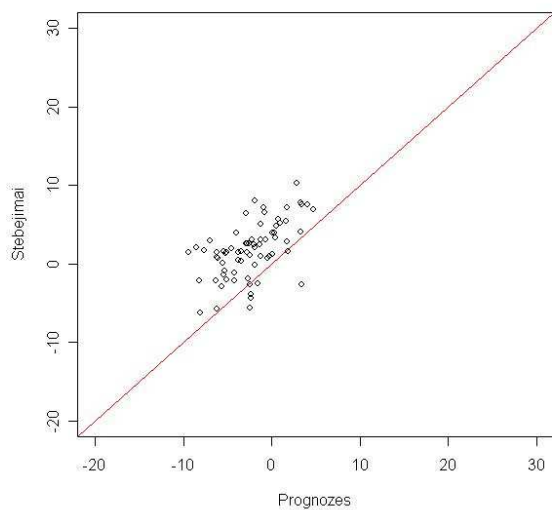


**SMPI modelio rugpjucio prognozes 6 men, 7kv**

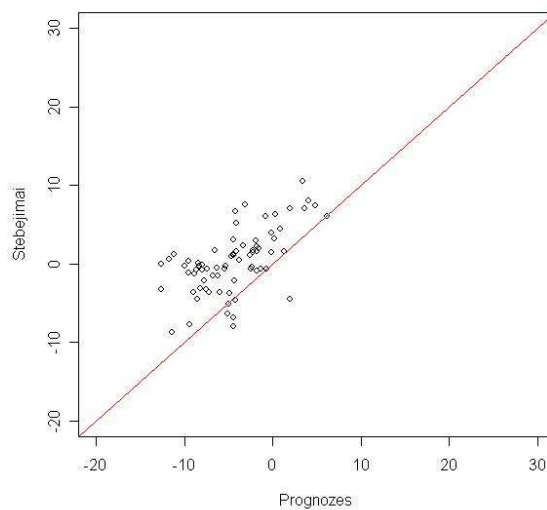


1990-2001 m. *MPI* modelio lapkritį sudarytų oro temperatūros prognozių šešiams mėnesiams į priekį (°C) sklaidos grafikai.

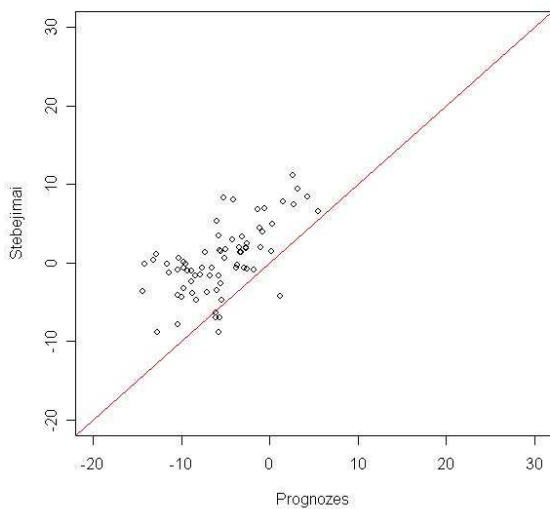
**SMPI modelio lapkricio prognozes 6 men, 1kv**



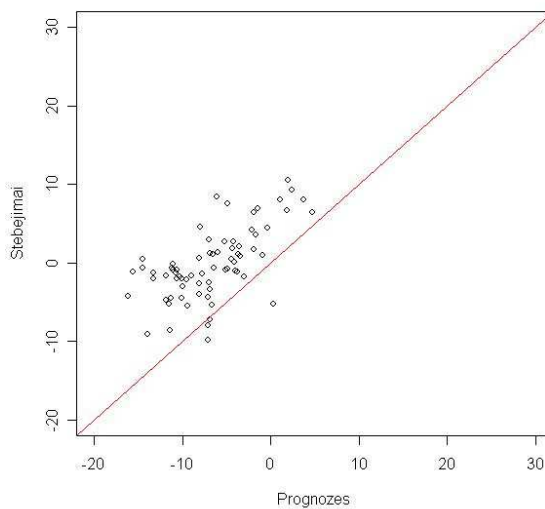
**SMPI modelio lapkricio prognozes 6 men, 2kv**



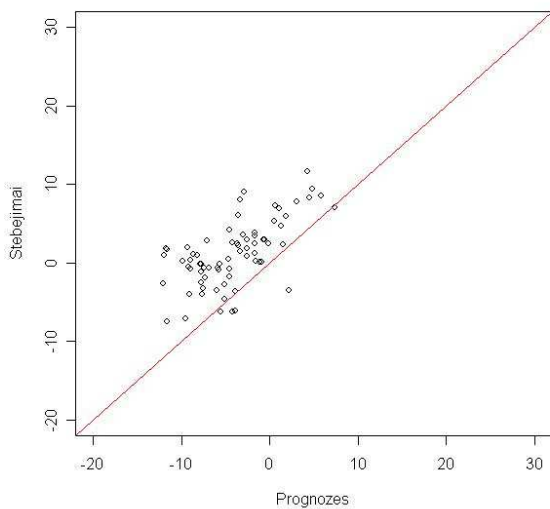
**SMPI modelio lapkricio prognozes 6 men, 3kv**



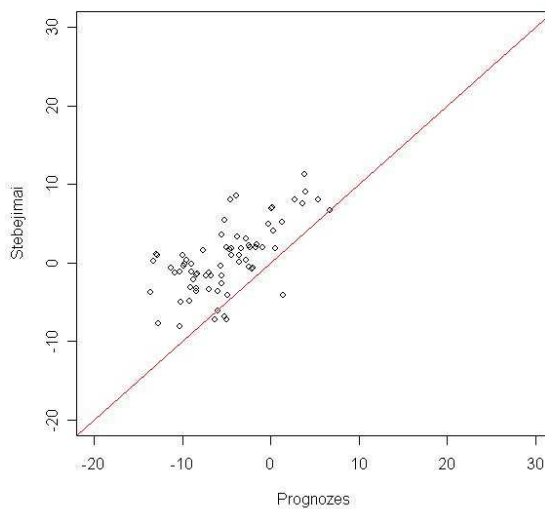
**SMPI modelio lapkricio prognozes 6 men, 4kv**



**SMPI modelio lapkricio prognozes 6 men, 5kv**



**SMPI modelio lapkricio prognozes 6 men, 6kv**



**SMPI modelio lapkricio prognozes 6 men, 7kv**

