TARTU ÜLIKOOL

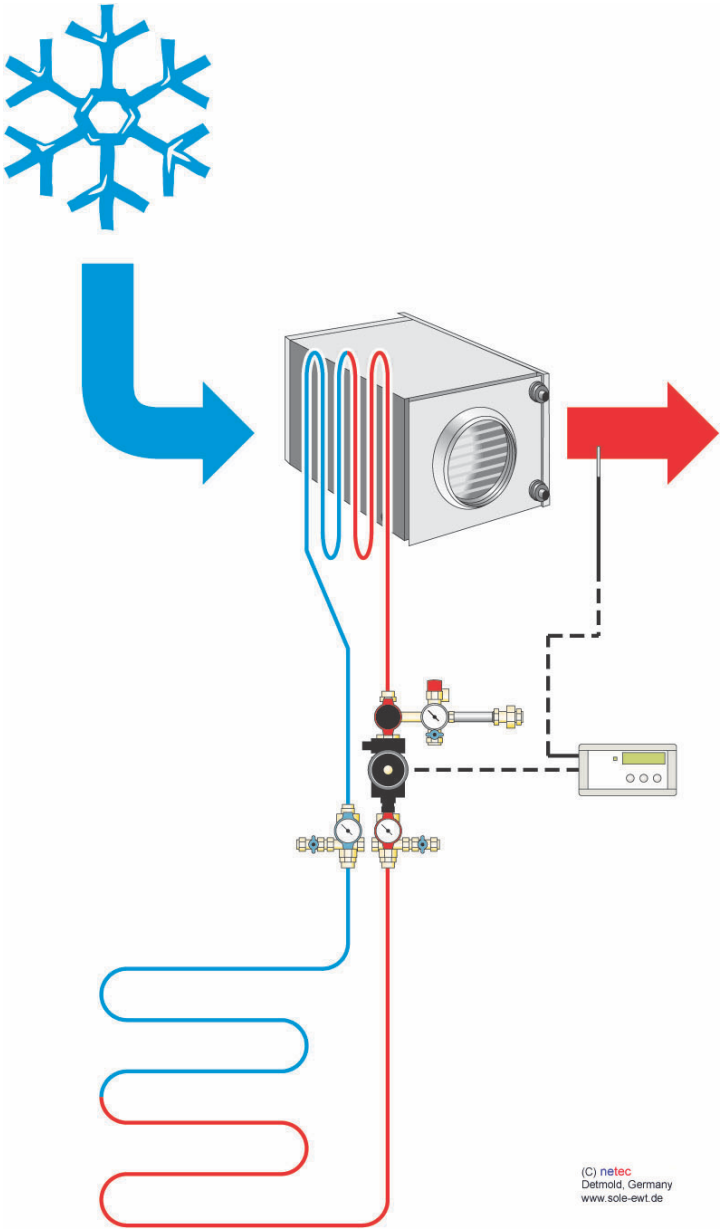
Ventilatsiooniõhu eelkütte lahendus ja tulemused Eesti kliimas

Jaanus Hallik | Tartu Ülikool EETLabor
Jaanus.hallik@ut.ee

Ettekande sisu

- Ülevaade uuritud eelküttelahendusest – **maakontuuriga eelküttekalorifeer (GSBHE)**;
- Ülevaade välisõhutemperatuuride pikaajalisest dünaamikast ja ventilatsiooniõhu eelkütte energiavajaduse varieeruvusest;
- Ülevaade mõõtetulemustest;
- Ülevaade modelleerimistulemustest ja esmane hinnang uuritud süsteemi toimivusest Eesti kliimas;

Maakontuuriga eelküttekalorifeeri (GSBHE) tööpõhimõte



Netonullenergiahoone Põlvas

3 korrust;
Netopind: 305 m2;
Ehitatud: 2012-2013.

Asukoht – Põlva, Estonia (58°N, 27°E)

[Kalamees and Vinha 2004]

Long-term average dry bulb temperature for inland part of Estonia is in:

- December -2,5°C,
- January -3,0°C,
- February -5,2°C.

[Kalamees and Kurnitski 2006]

Corresponding long-term daily minimum values are from

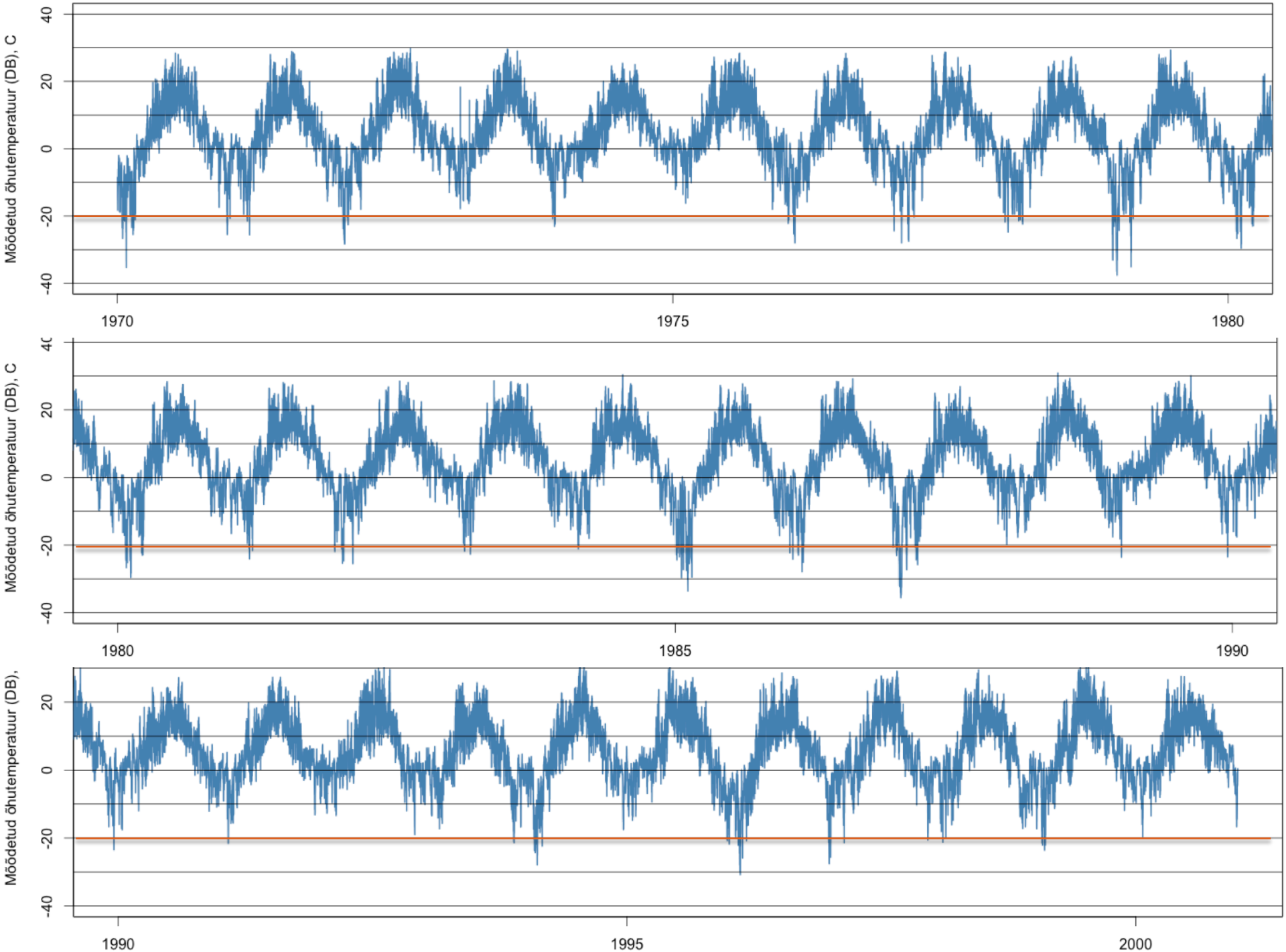
- November to March below -10,0 °C,
- For January below -14,3 °C.

[Kalamees 2006]

Temperature falls

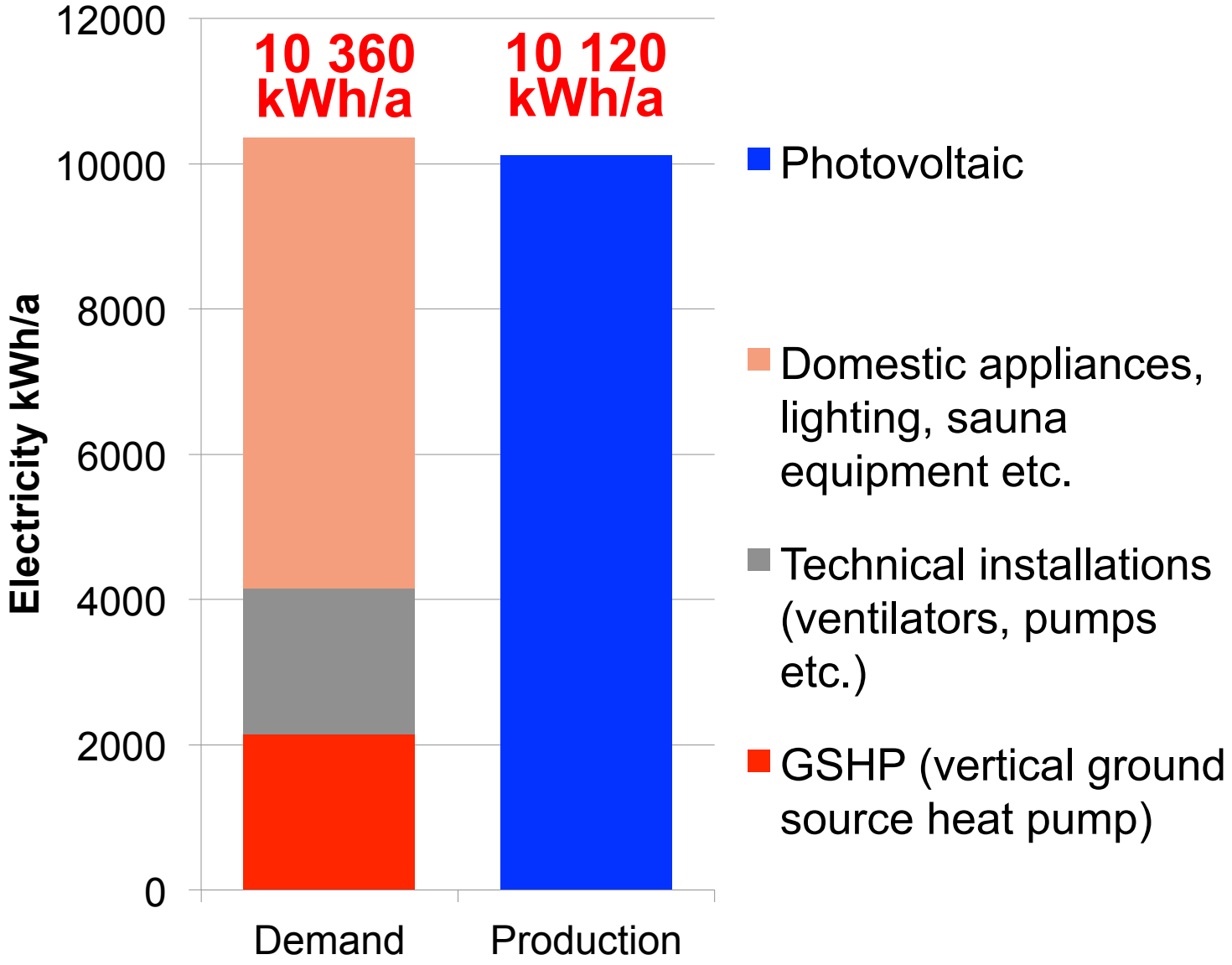
- Occasionally below -30,0 °C,
- Frequently below -15,0 °C

[Estonian Meteorological and Hydrological Institute 2002]


Mõõdetud õhutemperatuur (DB), C
40
20
0
-20
-40
1970
1975
1980
Mõõdetud õhutemperatuur (DB), C
40
20
0
-20
-40
1980
1985
1990
Mõõdetud õhutemperatuur (DB),
20
0
-20
-40
1990
1995
2000

Passiivmaja on hea alus (ligi)nullenergiahoone saavutamiseks lokaalse tootmise lisamisel

Arvutuslik lõppenergia (elekter) vajadus ja lokaalne tootmine



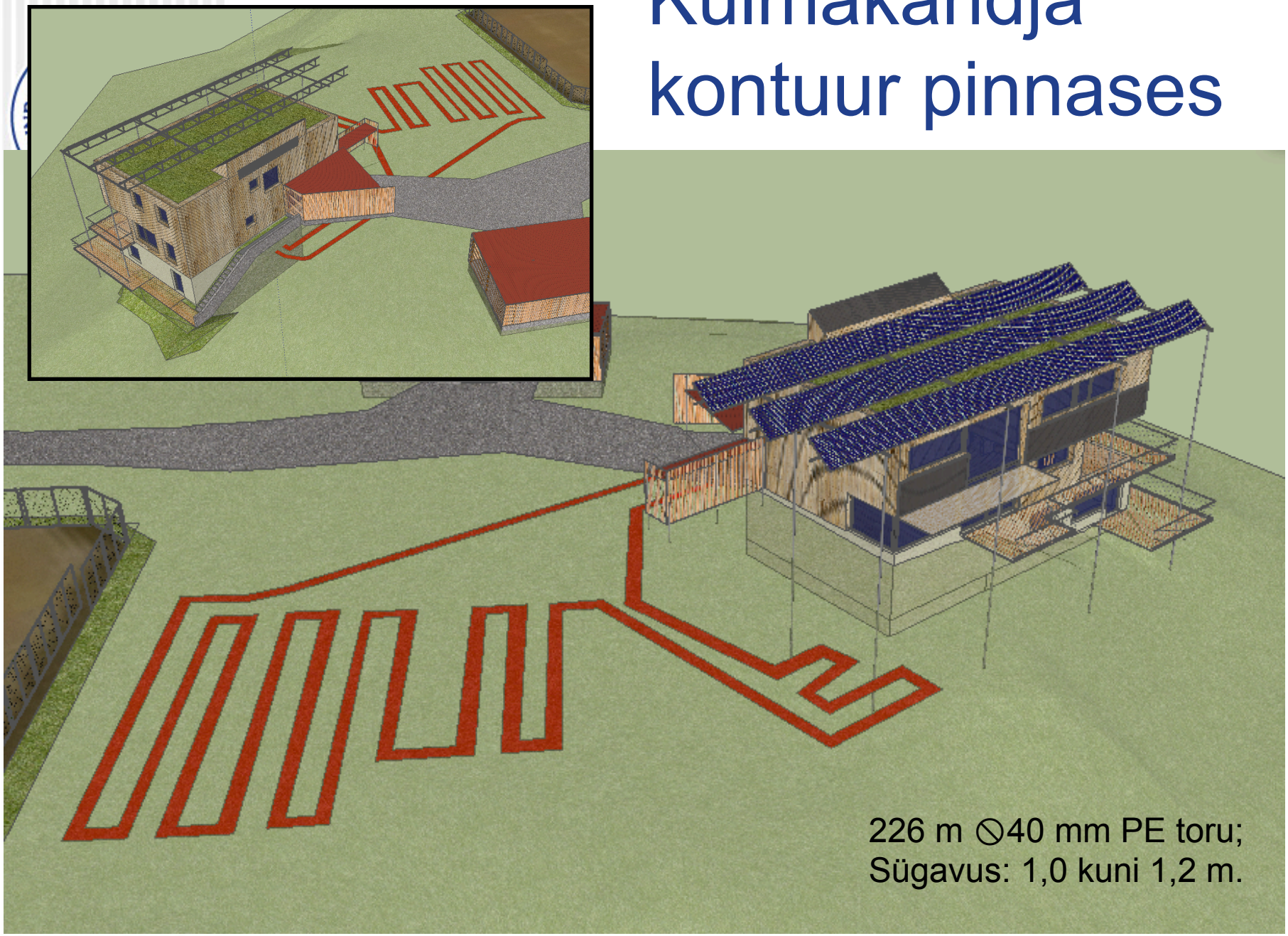
Ventilatsioonisüsteemi kirjeldus

Paul Novus 300 (counter-flow channel-type HX):
Õhuhulgad: 80-300 (optimaalne 121-231) m3/h;
SELLES HOONES: 280 m3/h (0,4 ACH);
Soojatagastuse efektiivsus: 93% (PHI sert. meetod);
Elektriline efektiivsus: 0,24 Wh/m3;

EELKÜTE: Paul SD-550 (ground source brine heat exchanger):
Soojusvõimsus: kuni 2500 W;
Külmakandja: etüleenglükooli-vee segu (30-50%);
Ringluspumba võimsus: 5 – 70 (nom. 46) W;
SELLES HOONES:
Külmakandja voolukiirus: 14 l/min;
Switch ON setpoint: -1C;
Switch OFF setpoint: +1C;

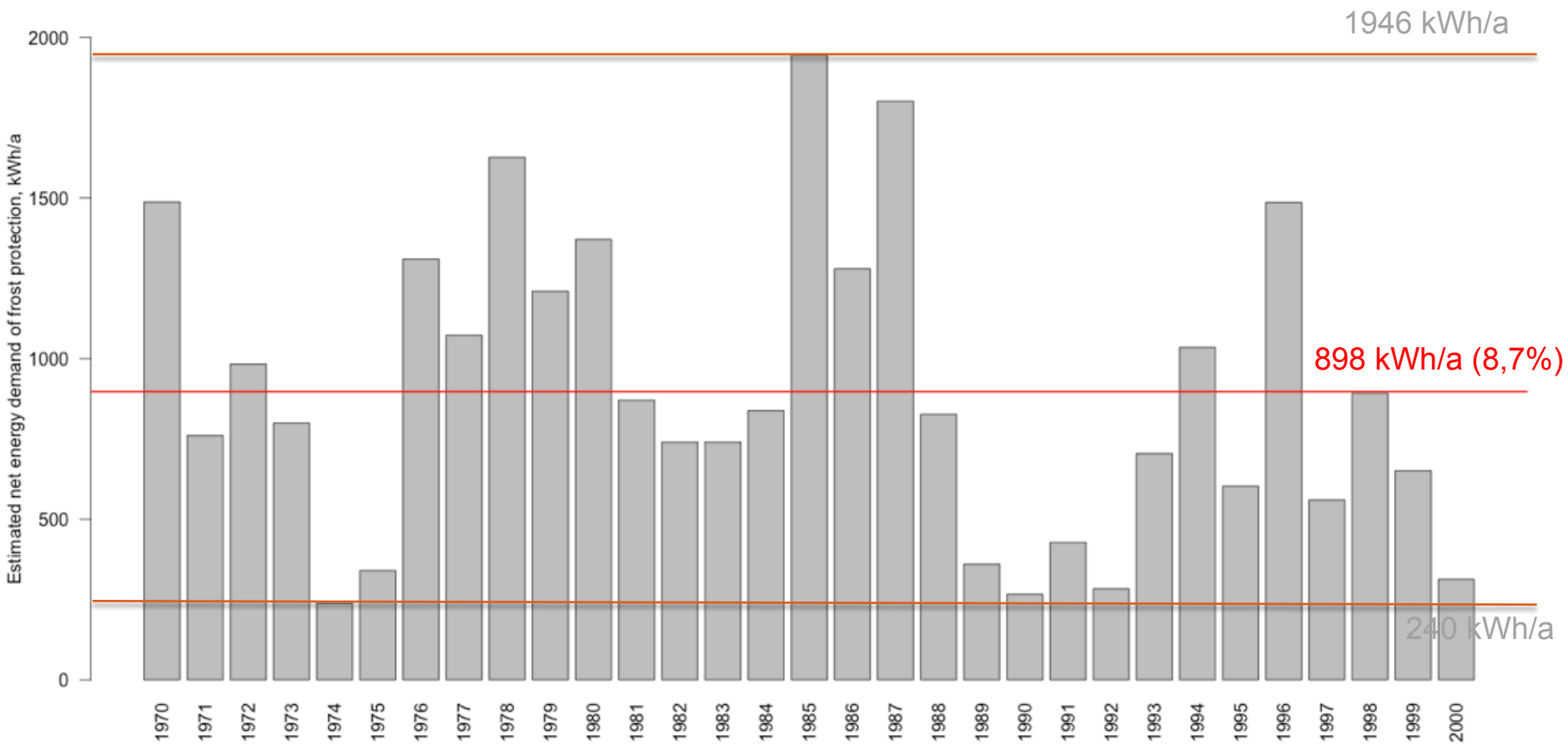
ON/OFF switching based on temperature measured after the GSBHE.

Külmakandja kontuur pinnases



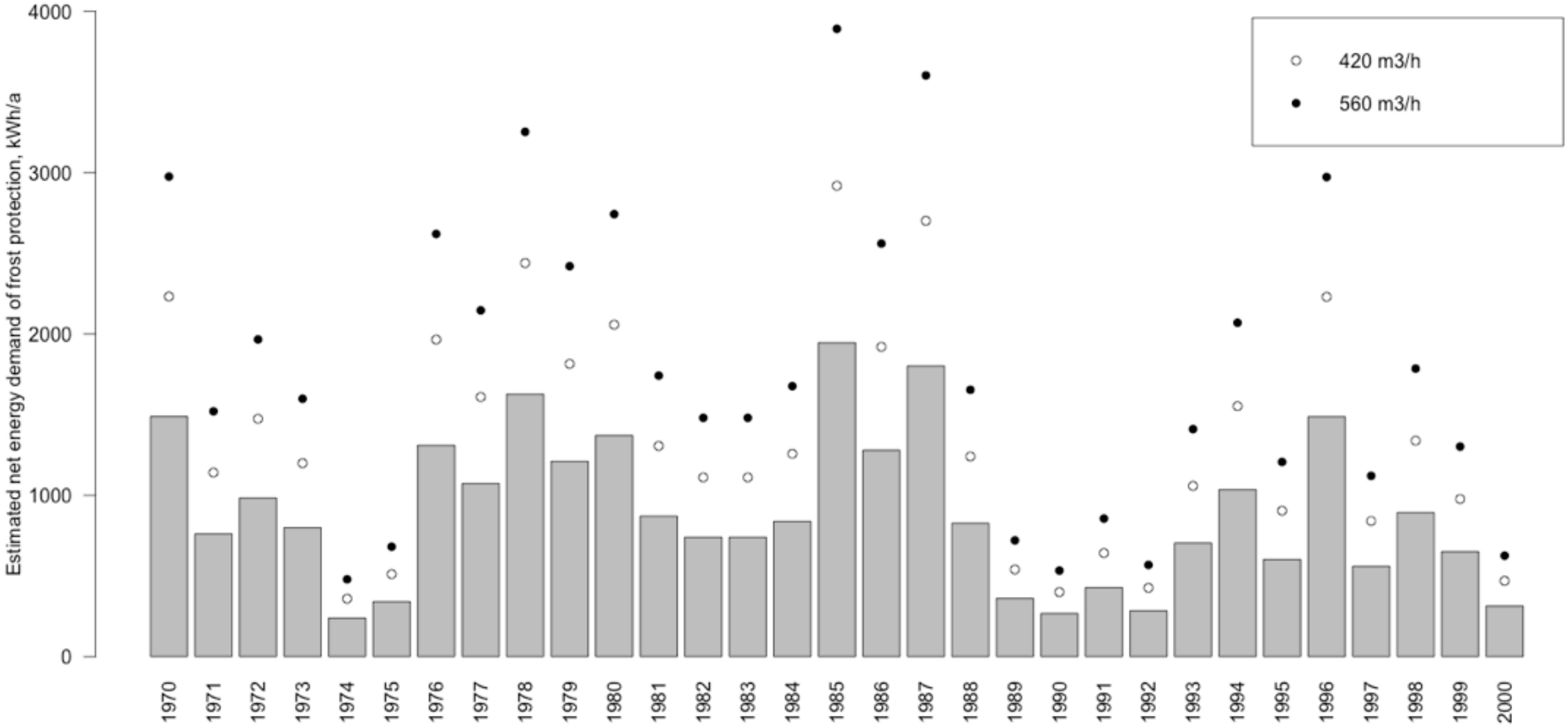
Ventilatsiooniõhu ELEKTRILISE eelkütte arvutuslik energiakulu Eesti kliimas (1970 - 2000)

Arvutuse eeldused:
Ventilatsiooni õhuhulk **280 m3/h** (baasvariant) ja eelkütte SETPOINT temperatuur **-3 C**.



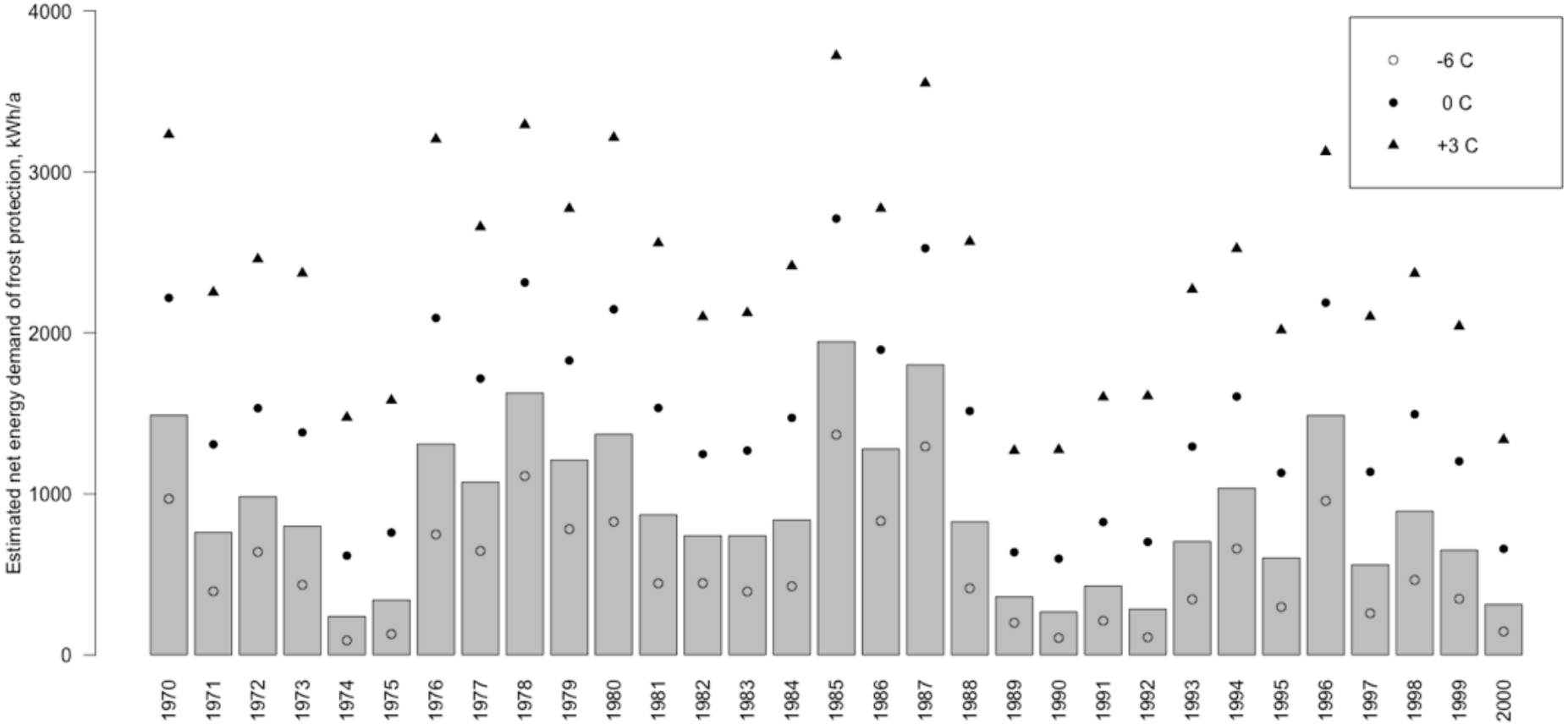
Ventilatsiooniõhu ELEKTRILISE eelkütte arvutuslik energiakulu Eesti kliimas (1970 - 2000)

Arvutuse eeldused:
Ventilatsiooni õhuhulk **280 m3/h** (0,4 ACH), **420 m3/h** (0,6 ACH) ja **560 m3/h** (0,8 ACH) ja
eelkütte SETPOINT temperatuur **-3 C**.

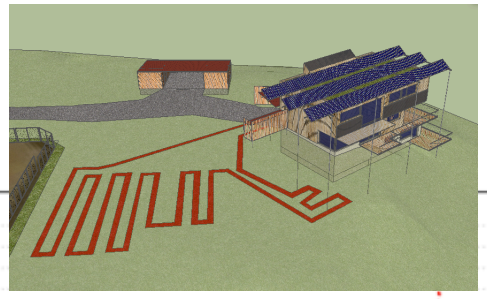


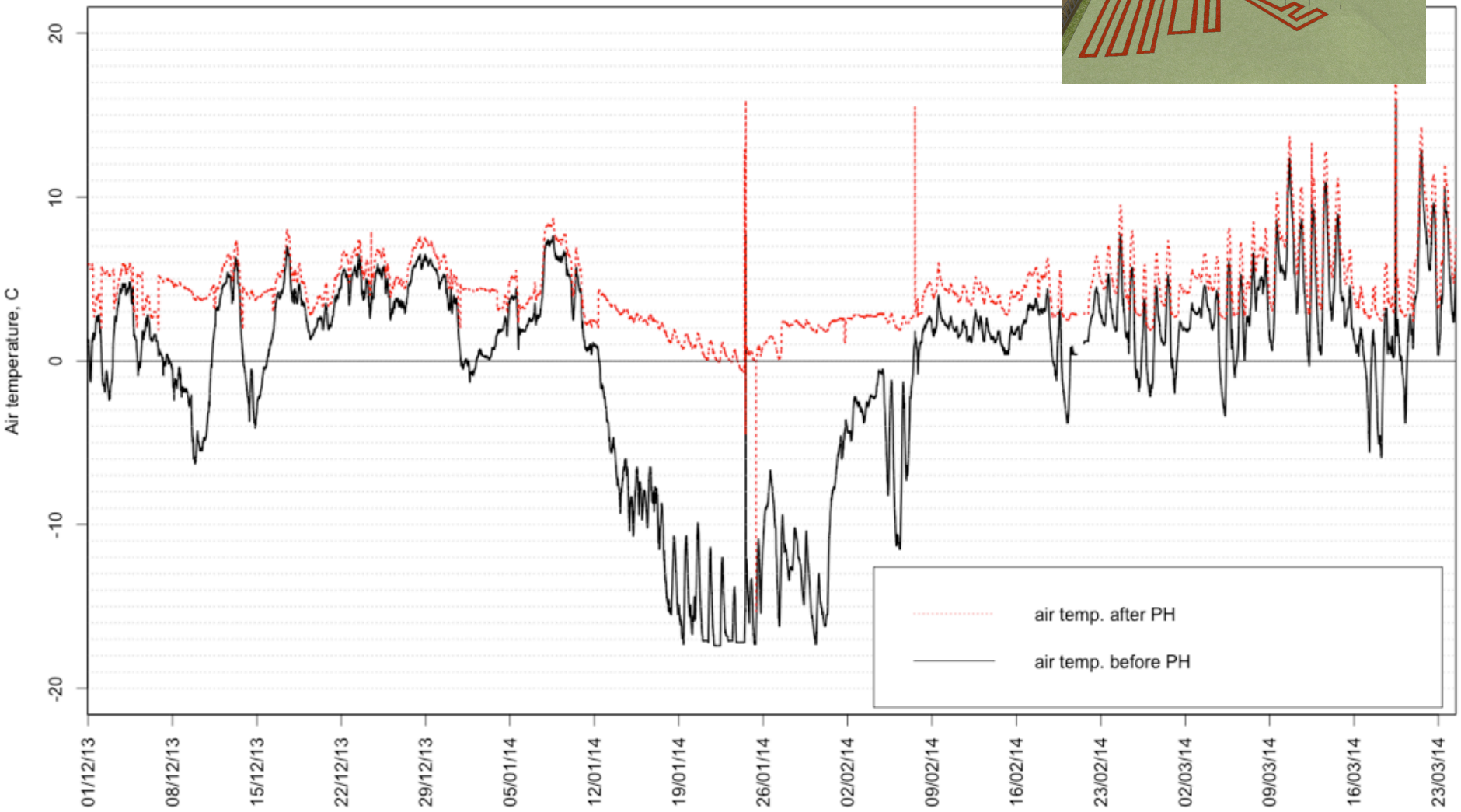
Ventilatsiooniõhu ELEKTRILISE eelkütte arvutuslik energiakulu Eesti kliimas (1970 - 2000)

Arvutuse eeldused:
Ventilatsiooni õhuhulk **280 m3/h** (0,4 ACH) ja
eelkütte SETPOINT temperatuur: **-6 C**, **-3 C** (baasvariant), **0 C** ja **+3 C**.

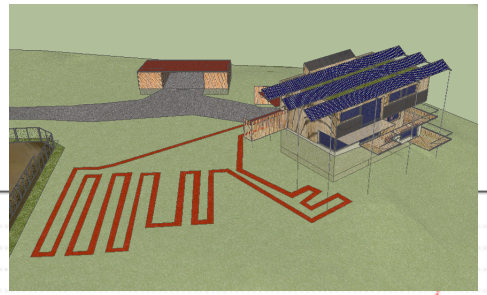


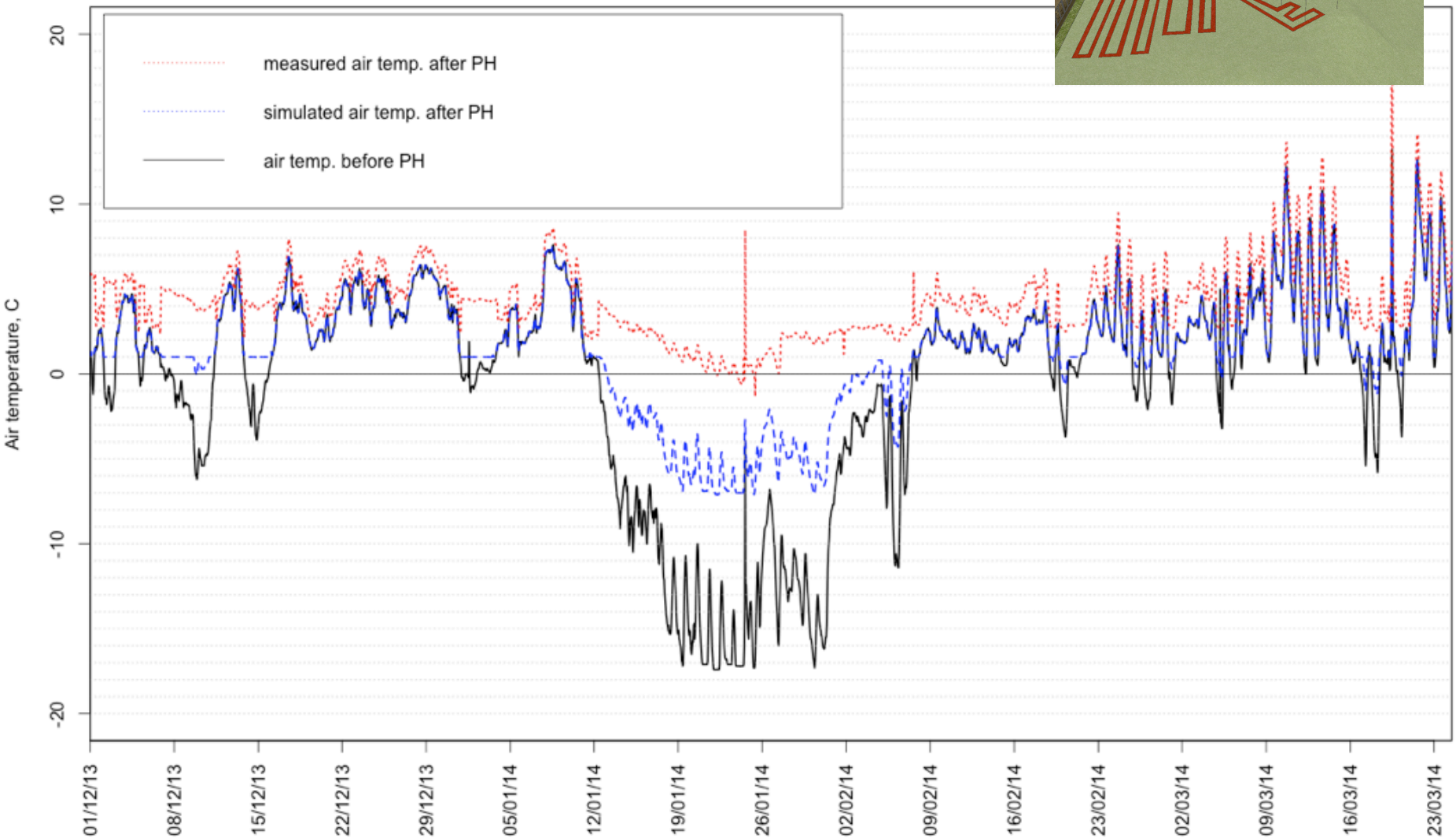
Mõõdetud temperatuurid (5 min sammuga) enne ja pärast maakontuuriga eelküttesüsteemi (2013/2014 kütteperiood)





Mõõdetud ja modelleeritud temperatuurid (tunnise sammuga) enne ja pärast maakontuuriga eelkütte-süsteemi (2013/2014 kütteperiood)

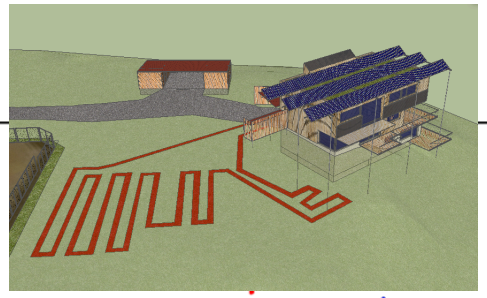


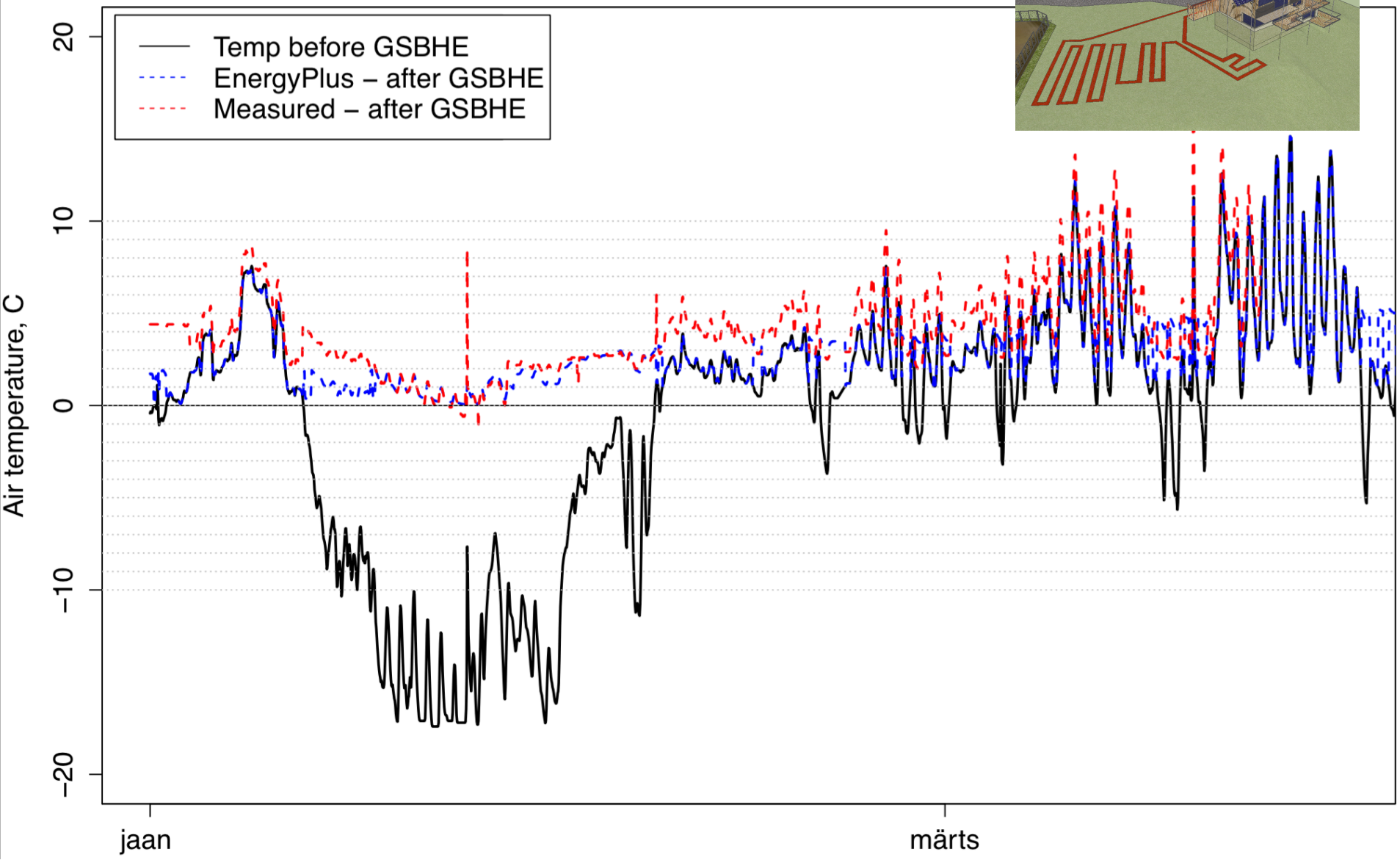


Eelküttesüsteemi täpsem modelleerimine

- Esmane detailne mudel (eriotstarbeline **PHErde** tarkvara) osutus liiga konservatiivseks.
- Dünaamilise modelleerimise keskkonnas **EnergyPlus** koostati eksperimetaalmudel kasutades *Coil:Heating:Water* ja *GroundHeatExchanger:HorizontalTrench* mudeleid ning nendega seotud osamudeleid.
- Mudel vajab veel peenkalibreerimist, kuid hetkel kirjeldab mõõtetulemusi küllaltki täpselt!

Mõõdetud ja modelleeritud temperatuurid (tunnise sammuga) enne ja pärast maakontuuriga eelkütte-süsteemi (2013/2014 kütteperiood)



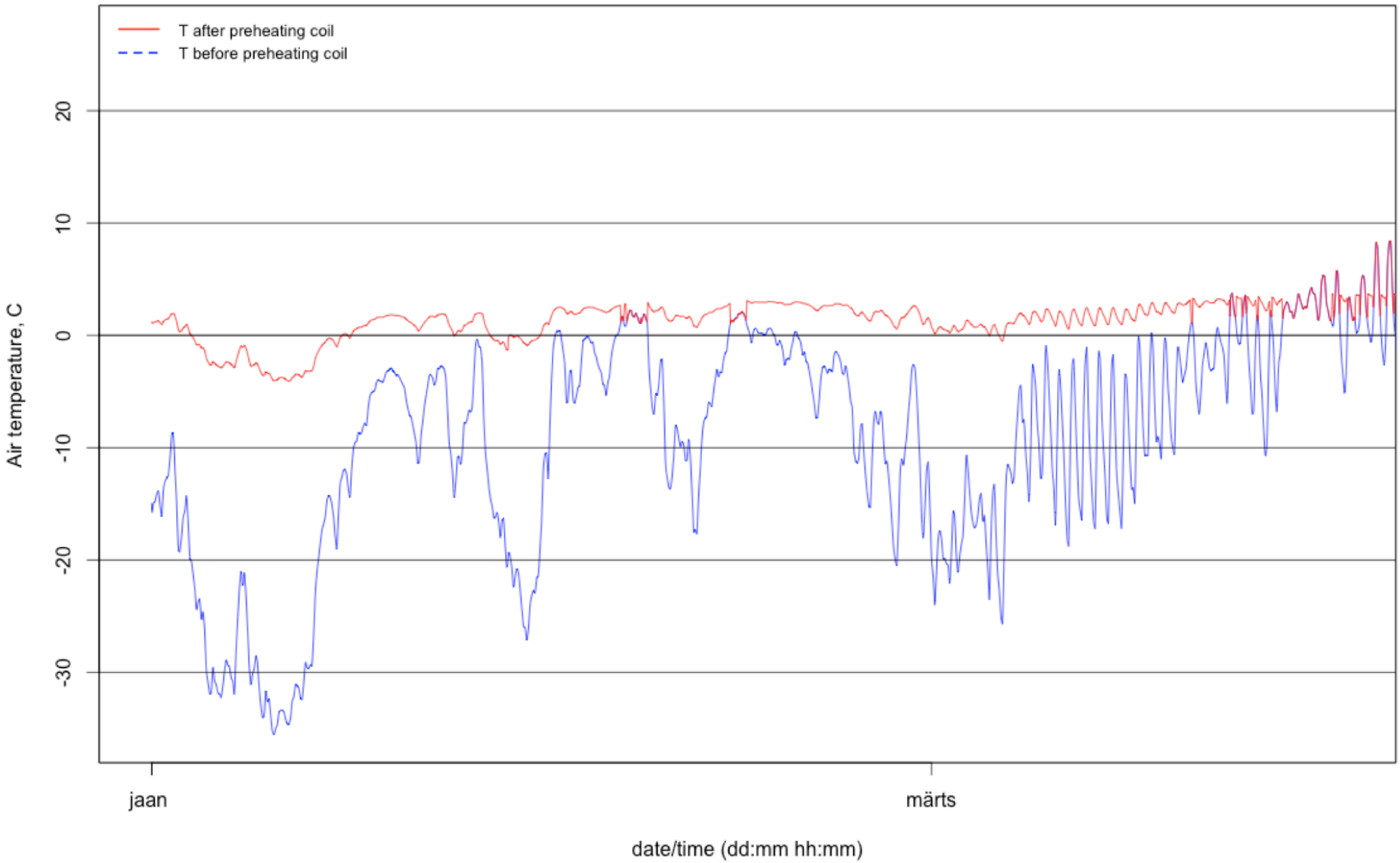


Eelküttesüsteemi täpsem modelleerimine

- Täpsema mudeli abil modelleeriti antud eelküttesüsteemi tööd reaalse kliimaandmestikuga vahemikus 1970-2000.

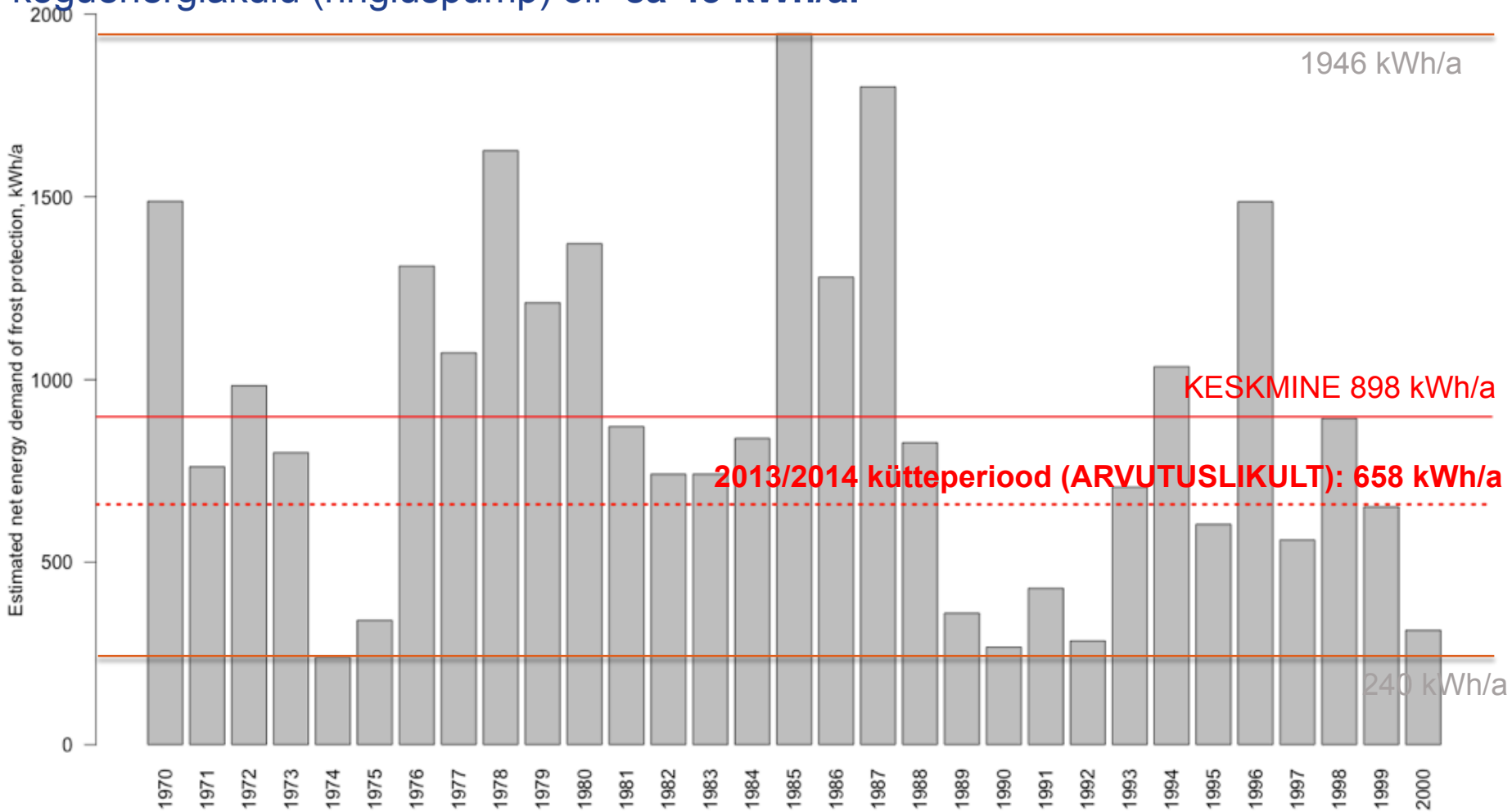
- Mudelist saadud tulemuste põhjal katab süsteem ventilatsiooniõhu eelküttevajaduse peaaegu kogu analüüsiperioodi jooksul, va väga külmadel talvedel (nt 1987 jaanuar), kus õhutemperatuur pärast eelküttekalorifeeri langes **alla -3** kraadi välisõhu temperatuuri langedes alla ca **-31…-32** kraadi.

Modelleeritud temperatuurid (tunnise sammuga) enne ja pärast maakontuuriga eelküttesüsteemi (1987 a algus)



Ventilatsiooniõhu ELEKTRILISE eelkütte arvutuslik energiakulu Eesti kliimas (1970 - 2000)

Arvestades **2013/2014 kütteperioodi** välisõhu temperatuure oleks elektrilise eelkütte energiakulu olnud **658 kWh/a**. Tegeliku, maakontuuriga eelküttesüsteemi koguenergiakulu (ringluspump) oli **ca 43 kWh/a.**



Kokkuvõte

- Ventilatsiooniõhu eelkütte energiakulu osakaal liginullenergiahoonetes võib olla kõrge. Otsest elektrikütet (elektrikalorifeer) tuleks tulevikus vältida!
- Suurem õhuvahetus ning kõrgemad *SETPOINT* temperatuurid suurendavad oluliselt eelkütte energiakulu.
- Maakontuuriga ventilatsiooni eelküttesüsteem võib olla tõhus lahendus – esmased mõõtetulemused ja modelleerimistulemused on paljulubavad.
- Lisakasu: mõningane suvine ventilatsiooniõhu eeljahutus.
- Süsteemi dimensioneerimise lähtekohad vajavad täpsustamist ning täiendavat analüüsi!

Edasine tegevus

- Täindavalt viiakse läbi detailse arvutusmudeli peenkalibreerimine ning kaasatakse arvutustesse kliimandmed ka perioodi 2001-2013 kohta.

- Analüüsitakse süsteemi toimivust ja pikema perioodi jooksul kokku hoitud energiahulka liginullenergiahoonete kontekstis.

- Otsitakse võimalusi seiretulemuste saamiseks täiendavatelt objektidelt, et mudelit erinevate pinnasetingimuste puhul kontrollida ning edasi arendada.

Tänan tähelepanu eest!