

Satelliidi kiirgavus ja neelduvus

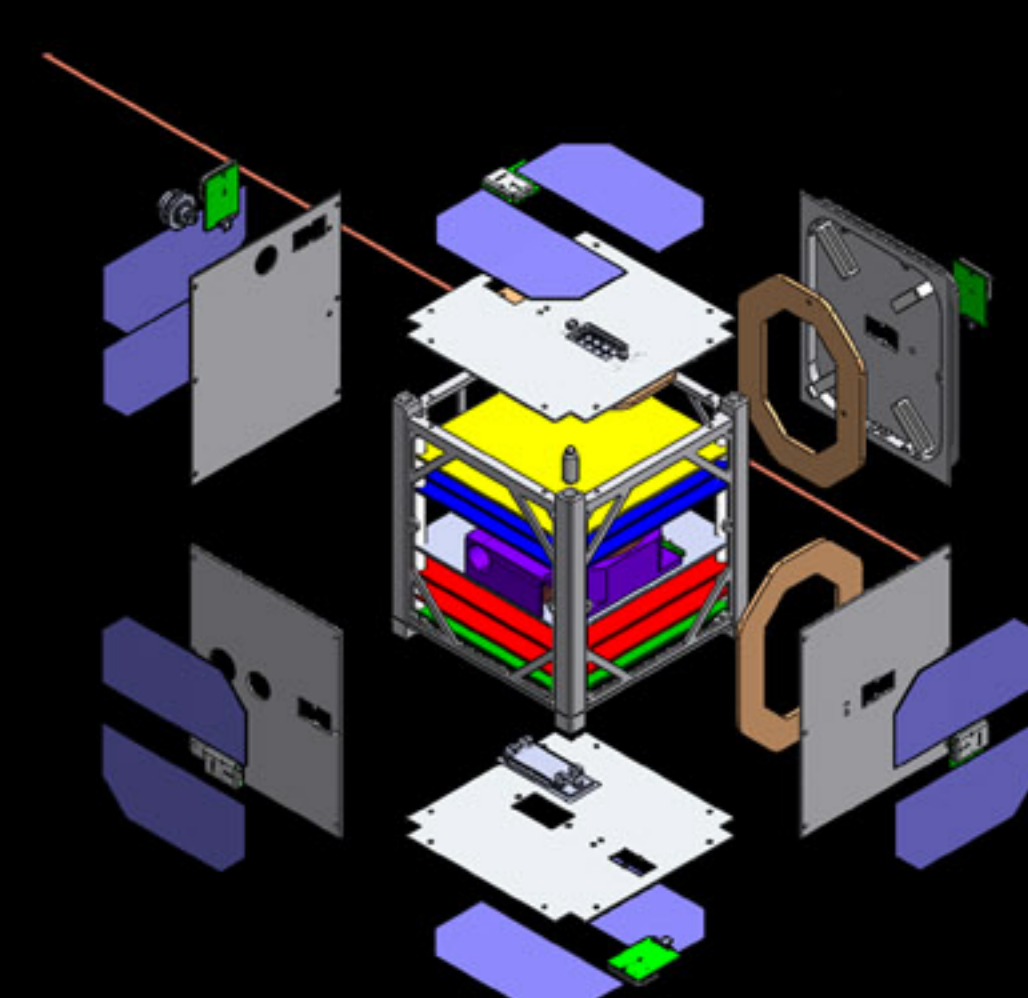
Satelliit kiirgab ja neelab soojusenergiat. Päikese käes saab satelliit rohkem soojusenergiat kui varjus. Seetõttu muutub satelliidi temperatuur ümber Maa tiirlemisel perioodiliselt.

Kasutades satelliidi pinnaviimistlust, saab kontrollida temperatuuri muutuste vahemiku. Valge pind peegeldab rohkem valgust, kui must. Seega on valge kate korral satelliit jahedam kui musta korral. Pinnakatte valik on üks põhilisemaid passiivse temperatuurikontrolli meetodeid.

Satelliidis eralduv soojus

Satelliitides on palju elektroonikakomponente, mis tekitavad soojust. Kõige enam tekitavad soojust mikrokontrollerid ja akud. Komponentidelt eralduv soojushulk sõltub missiooni faasist ning satelliidi asukohast orbiidil. Arvutusi võib läbi viia tiirlemisperioodil komponentidelt eralduva keskmise võimsuse juures, milleks on umbes 2 W.

Simulatsioonide läbiviimisel on kõikidelt detailidelt (joonis 1) eralduva soojusega arvestamine väga resursinõudlik. Seetõttu tuleb mudeli loomisel teha lihtsustusi.



Joonis 1. ESTCube-1 siseehitus

Päikese soojuskiirgus

Kõige enam mõjutab satelliiti otsene päikese kiirgus, mis on lähedane musta keha kiirgusele temperatuuril 5800 K.

Päike kiirgab energiat koguvõimsusega $3,856 \times 10^{26}$ W. Atmosfääri mõju arvestamata jõuab Maale Päikese kiirgusest väike osa - umbes 1371 W/m^2 . Seda suurust nimetatakse solaarkonstandiks, mida kasutatakse satelliitide soojusarvutuste läbiviimisel.

Albeedokiirgus

Osa päikese kiirgusest satub satelliidile Maa ja selle atmosfääri peegeldusest. Sellist kiirgust nimetatakse albeedokiirguseks ning seda kirjeldav suurus näitab objektile langeva ja sellelt peegeldunud päikese kiirguse suhet.

Albeedokiirguse väärtus sõltub planeedi pinna ja atmosfääri omadustest. Pilvede korral võib see olla 0,8, kuid näiteks metsade ja veekogude korral 0,05. Satelliidi lühikese tiirlemisperioodi (ligikaudu 90 minutit) ja suhteliselt suure soojusinerksi tõttu piisab soojusbilansi arvutamisel albeedokiirguse keskmisest väärtusest orbiidil, mis jääb vahemikku 0,31 kuni 0,39.

Satelliidile jõudva albeedokiirguse hetkväärtuse arvutamiseks tuleb kasutada keerulisemat mudelit, mida tehakse spetsiaalse tarkvaraga.

Maa soojuskiirgus

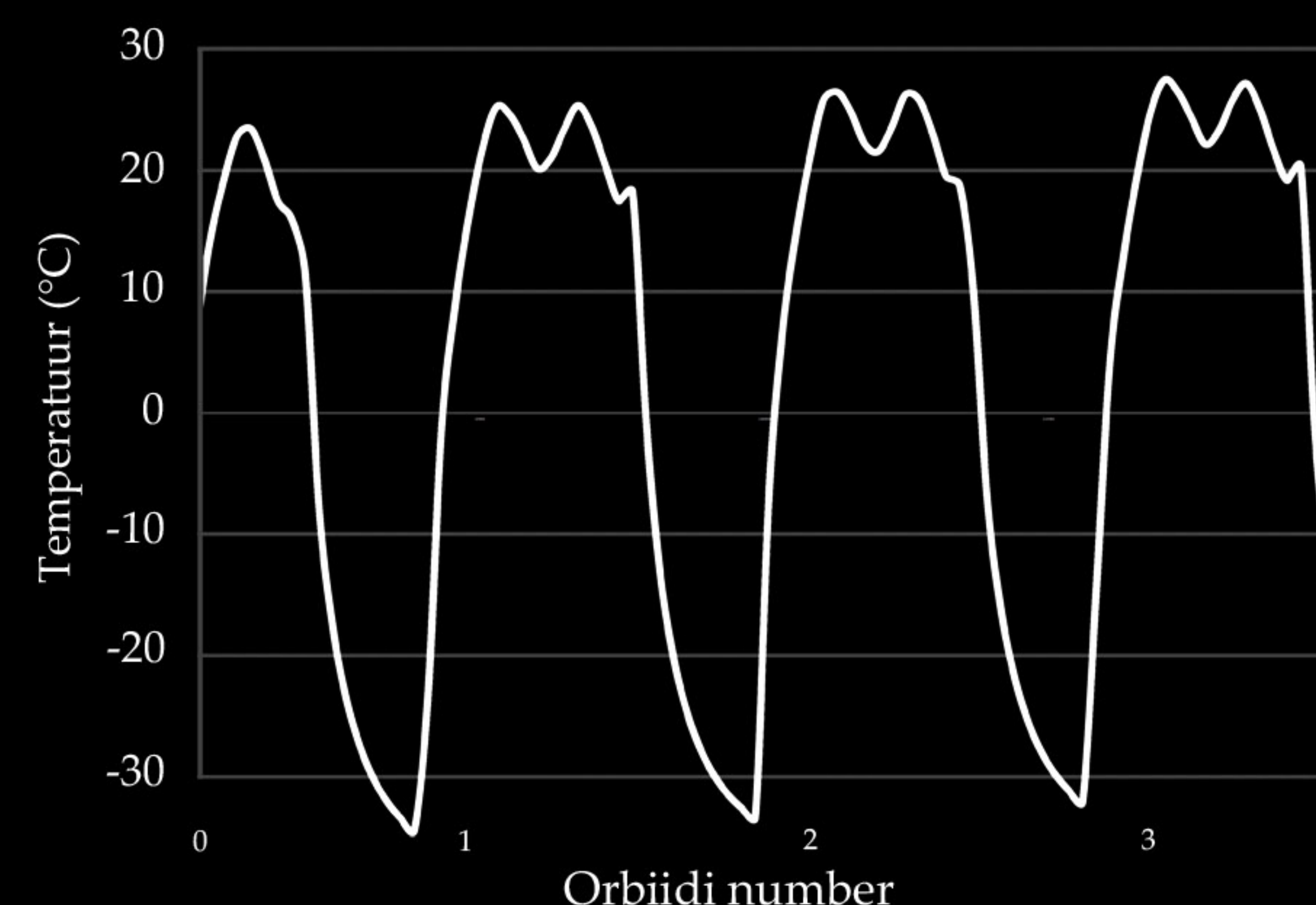
Maa keskmine temperatuur on umbes 288 K, millele vastab musta keha kiirgavus 237 W/m^2 . Maa temperatuur on võrdlemisi madal ning seega kiiratakse enamik kiirgust lainepikkuste vahemikus $2 \text{ }\mu\text{m}$ kuni $50 \text{ }\mu\text{m}$. Maa atmosfäär on üldjuhul infrapunakiirgusele läbipaistmatu, erandiga $8 \text{ }\mu\text{m}$ ja $23 \text{ }\mu\text{m}$ ümbruses. Satelliidini jõudev soojuskiirgus koosneb Maa ülemiste atmosfäärikihtide infrapunakiirgusest ning maapinna infrapunakiirgusest, mis vastavad musta keha temperatuuridele 218 K ja 288 K.

Maa poolt kiiratavast soojuskiirgusest jõuab satelliidini umbes 192 W/m^2 .

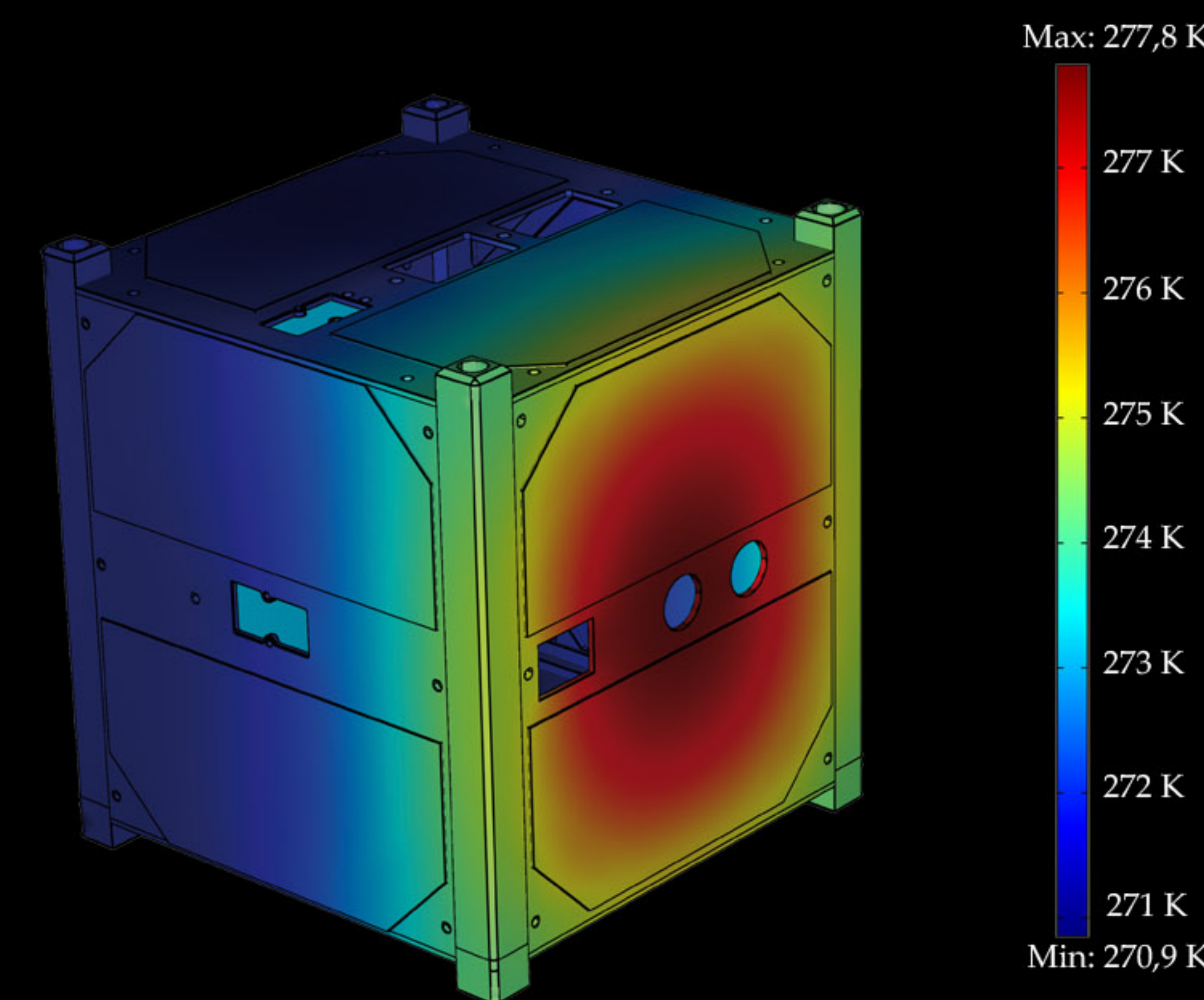
Temperatuurikontroll

ESTCube-1 temperatuurikontrolli eesmärgiks on tagada kõikide komponentide tõrgeteta töötamiseks sobiv temperatuur. Vajaliku temperatuurirežiimi tagamiseks analüüsitakse esmalt satelliidis tekkivat temperatuuribilanssi. Saadud tulemuste põhjal valitakse temperatuurikontrolli tehniline lahendus. Pärast sobiva lahenduse leidmist testitakse selle tööd.

ESTCube-1 temperatuurianalüüsiks kasutatakse tarkvarapakette ESATAN-TMS ja COMSOL. Kõigepealt luuakse lihtsustatud mudelid, mille põhjal saab hinnata satelliidi külgede temperatuuri (joonis 2) ning satelliidi temperatuurijaotust (joonis 3). Seejärel hakkatakse mudelit järk-järgult detailsemaks muutma ning leitakse tähtsamate komponentide temperatuurivahemikud.



Joonis 2. Soojussimulatsiooni tulemused ESTCube-1 väliskülgede temperatuuri kõikumiste kohta.



Joonis 3. ESTCube-1 esialgne temperatuurijaotus olukorras, kus satelliidi üks külg on suunatud päikese poole.

Temperatuurikontrolli tehnilised lahendused jagunevad passiivseteks ja aktiivseteks. Passiivsed meetodid on töökindlamad ning vajavad vähem ressursse. Aktiivsed meetodid tarvitavad voolu ja neid püütakse vältida. ESTCube-1 korral kasutatakse ainult passiivseid temperatuurikontrolli meetodeid.

Kõige täpsemaid temperatuuritest simulatsioonitulemuste kinnitamiseks viiakse läbi vaakumkambris olevat satelliiti perioodiliselt soojendades ja jahutades. ESTCube-1 temperatuuritestid on planeeritud 2012. aasta suveks.

Lisalugemist:
 • Fortescue P. D., Stark J., Swinerd G., "Spacecraft Systems engineering" (2003)
 • Halliday D., Resnick R., Walker J., "Füüsika põhikursus" (2011)
 Tänuavaldused: Paul Liias (Tallinna Tehnikaülikool), Erik Kulu ja ESTCube-1 meeskond