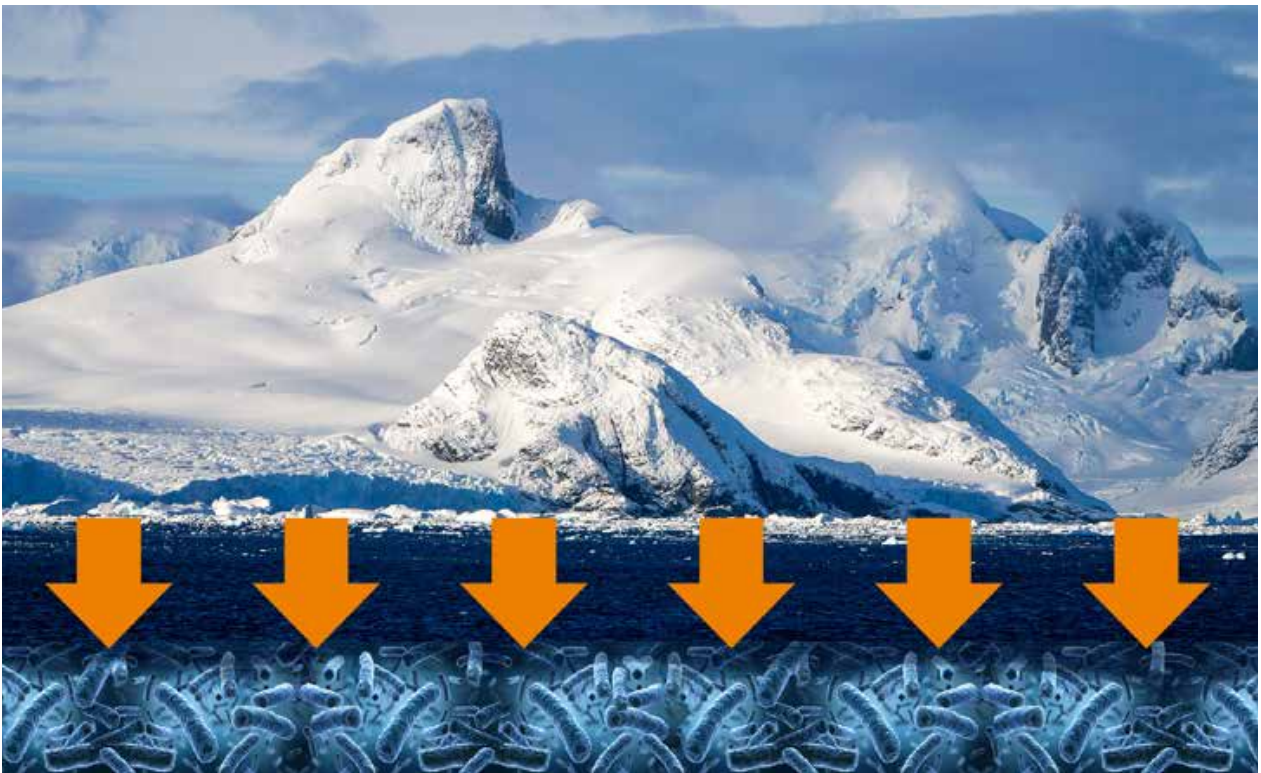


Ikiroudan alta paljastui mikrobiyhteisöjä, joilla on merkittävä rooli ilmastonmuutoksessa

Luonnonvarakeskuksen erikoistutkija Jenni Hultman on kiinnostunut kylmän ilmaston mikrobiyhteisöistä, joilla voi olla myös vaikutusta maapallon ilmastoon. Tundralta löytyy esimerkiksi kasvihuonekaasua metaania syöviä bakteereja ja arkeoneja.



Nyt on saatu myös selville, että tundra on tärkeä kasvihuonekaasujen kuten dityppioksidin lähde. Mikro-organismit, jotka osallistuvat sen tuottamiseen, ovat kuitenkin suurilta osin entuudestaan tuntemattomia. Vaikka saataisiin selville, mitkä mikrobilajit ovat kyseessä, tärkeää on myös tietää, mitä niiden geenit tekevät.

Metagenomiikalla tarkoitetaan kokonaisen yhteisön geenien tutkimista. Termi yleensä viittaa näytteessä olevien bakteerien genomeihin, mutta se tarkoittaa myös muiden mikro-organismien, kuten arkeonien ja sienten ja myös näytteen eukaryoottien perimää. Metagenomiikan menetelmillä voi-

daan tutkia ja sekvensoida useita eliöitä samanaikaisesti samasta näytteestä. Hultman kollegoineen sekvensoi mikrobiyhteisöistä jopa miljoonia geenejä. Siihen tarvitaan Suomen ELIXIR-keskuksen CSC:n laskentatehoa, koska data-aineistoa on teratavuja.

”Olemme saaneet selville, millaisia mikrobeja subarktisella alueella on ja mitä ne tekevät. Data-aineiston käsittely on vienyt tolkuttoman määrän laskentaresursseja. Löysimme paljon tuntematonta mikrobistoa ja tuntemattomia geenejä.”

Näytteistä saatuja DNA-sekvenssejä on analysoitu ja pyritty tunnistamaan uusia lajeja ja sukulaisuussuhteita. RNA-sekvens-

sejä analysoimalla on puolestaan selvitetty, mitä mikrobiyhteisöt tekevät näytteenottohetkellä.

”Se, mistä olen erityisen innoissani, on että pääsin käymään talvella näillä samoilla paikoilla. Nyt pystytään selvittämään vuodenaikavaihtelua eli mitä mikrobiyhteisöissä tapahtuu kesällä ja talvella ja miten lämpimät syksyt vaikuttavat mikrobitoimintaan.”

Hultman vertaili mikrobiyhteisöistä löydettyjä uusia sekvenssinpätkkiä tietokannoissa oleviin.

”Usein tietokannoissa ei samanlaisia sekvenssejä ollut löydettävissä. Suurin osa, yli 90% geeneistä oli tuntemattomia.”



Mikro-organismit, jotka osallistuvat kasvihuonekaasujen tuottamiseen tundralla, ovat suurilta osin entuudestaan tuntemattomia. Tärkeää on myös tietää, mitä niiden geenit tekevät.

Uusia mikrobilajeja voidaan hyödyntää teollisuudessa

Suomen Lapista, Kilpisjärveltä ja Pallakselta kerättyä mikrobidataa vertailtiin muihin datalähteisiin, kuten Alaskasta ja Ruotsista saatuun dataan. Suurin osa maapallon eliöistä on mikrobeja. Vaikka niitä tavataan kaikkialla ja kaikissa oloissa, on suurinta osaa niistä vaikea viljellä laboratorioissa. Niiden tutkimiseksi tarvitaan uusia tekniikoita, joista yksi on metagenomisekvenssin kokoaminen yhteen. Metagenomista koottu genomi eli MAG (metagenome assembled genome) on rakennettu metagenomidatasta saadusta näytteestä. Toisin sanoen näytteestä, joka sisältää monia genomeja, yksittäisen lajin genomi palastellaan yhteen. Tämä MAG-data antaa uutta tietoa sellaisista mikrobilajeista, joita ei ole tallennettu ja annotoitu tietokantoihin.

Jenni Hultmanin tutkimuksissa kerättiin yli 800 erilaista MAGia ja vain muutama prosentti näistä oli aiemmin tunnettuja. Yksi

mielenkiintoinen MAG oli tuntematon ammoniakkia hapettava arkeoni. Ammoniakkia hapettavat mikrobit ovat tärkeitä tekijöitä typen kierrossa.

”Tuntematonta arkeonia löydettiin ensin kahdesta data-aineistosta, Norjasta ja Suomen Kilpisjärveltä. Sitten kun aloimme selvittää mistä löytyisi vastaavia sekvenssejä metagenomeista, selvisi, että niitä löytyi Kanadasta ja Abiskossa Ruotsissa. Tarkemman tutkimuksen avulla tätä yhtä tiettyä arkeo-

ni-sukua löydettiin maapallon molemmilta navoilta. Kiehtova ajatus, että tämä arkeoni-suku oli erikoistunut elämään navoilla ja on tärkeää mainita datan avoimuuden ja saatavissa olevien tietokantojen kautta päästiin tämän arkeoni-suvun jäljille. Arktisilta alueita voi löytyä paljon sellaisia mikrobeja, joista voi olla hyötyä aineiden kierrossa.”

Tällaisia ovat mikrobien tuottamat entsyymit eli proteiinit, jotka nopeuttavat kemiallisia reaktioita.





Kilpisjärvi Suomen Lapissa sijaitsee 69° pohjoista leveyttä. Napapiiri sijaitsee 278 kilometriä Kilpisjärveltä etelään.

”Mikrobit pystyvät tuottamaan tehokkaasti paljon entsyymejä kylmissä olosuhteissa. Nämä ovat bioteknisesti kiinnostavia yhteisöjä. Tuotamme isoja avoimia tietokantoja näistä lajistoista, sekvensoimme kaikki ja olemme selvittäneet jo yli tuhat genomia. Entsyymiprosessit voivat olla kiinnostavia, koska kylmissä olosuhteissa on edullisempaa kasvat-
taa mikrobeja, jotka tuottavat entsyymejä.”

Yhtenä esimerkkinä Hultman mainitsee mikrobeista löytyviä, ligniinin hajottamiseen pystyviä geenejä. Yksi potentiaalinen käyttökohde on fossiilisten materiaalien korvaaminen.

Muita kiinnostavia kohteita ovat sienet ja aktinobakteerit.

”Olemme löytäneet tieteelle uusia, mutta pohjoisissa näytteissämme hyvin yleisiä sienisukuja, joissa on hiilihydraattien hajotukseen liittyviä geenejä. Aktinobaktee-

reja, tunnettuja hajottajia, on esimerkiksi komposteissa, mutta on myös hyvin paljon kylmässä eläviä ja erittäin aktiivisia aktinobakteereja.”

Metaania syövät mikrobit

Metaani on yksi merkittävimmistä kasvihuonekaasuista. Tampereen yliopiston tutkimuksessa, jossa sekvensointidataa analysoitiin CSC:n laskentaresurssien avulla, todettiin, että metaania syöviä bakteereita, metanotrofeja, voi hyödyntää edullisten biotuotteiden valmistamiseen. Metanotrofit kuluttavat metaania erittäin tehokkaasti kasvuunsa.

Aiemmin mikrobeista tutkittiin vain yksittäisiä lajeja ja oletettiin, että tämä tietty laji toimii vain tietyllä tavalla. Nyt uudet löydökset ovat Hultmanin mukaan kumonnet tämän käsityksen. Esimerkiksi metaania

syöviä mikrobeja löytyy monesta eri lajista, bakteerien ohella myös arkeoneista.

”Osa toimii sekä hapellisissa että hapettomissa olosuhteissa. Ennen ajateltiin, että metaania syntyy hapettomissa olosuhteissa ja että sitä syödään hapellisissa olosuhteissa. Syvemmissä maakerroksissa on metanogeenisiä arkeoneja, jotka tuottavat metaania, mutta pintakerroksissa oli metanotrofeja, jotka hapettavat metaania ja joille metaani on ruokaa. Miten löydetään ne olosuhteet, joissa nämä metaania syövät metanotrofit viihtyvät ja miten ne saadaan lisääntymään?”

Metagenomiikka ja ilmatiede

Jenni Hultman teki oppinnäytetyönsä komposteista ja siirtyi sitten näistä kuumista ympäristöistä ikiroutaan ja arktisiin alueisiin. Häntä kiinnostaa, kuinka paljon lämpene-



mistä arktisilla alueilla tapahtuu ja kuinka paljon hiiltä vapautuu ilmaan mutta myös miten mikrobit toimivat hiilen varastoinnissa. Mikrobeilla on tässä tärkeä rooli.

”Korkeilla leveyspiireillä ilmasto lämpeene aiemmin luultua neljä kertaa nopeammin. Kun päästään perille siitä minkälainen toiminto arktisilla mikrobiyhteisöillä on ja mitä ne tekevät, niin voidaan parantaa ilmastomuutoksen ennustemalleja. Tämä data pitäisi saada ilmastomalleihin. Tällöin pystytään ennakoimaan tarkemmin mitä muutokset aiheuttavat. Metagenomiikka ja ilmatiede linkittyvät itse asiassa vahvasti yhteen. Mikrobit tuottavat kasvihuonekaasuja ja myös käyttävät niitä.”

Jenni Hultman on käyttänyt työssään SRA-tietokantaa. SRA (Sequence Read Archive) on avoin DNA-sekvensseistä koostuva tietokanta. Sitä ylläpitävät NCBI (National Center for Biotechnology Information), EBI (European Bioinformatics Institute) ja DDBJ (DNA Data Bank of Japan).

”Me tutkijat tuotamme koko ajan valtavasti dataa. Meille ensiarvoisen tärkeää on hyödyntää tietokantoja. Toivoisin, että ELIXIR pystyisi tarjoamaan ajantasaisia tietokantoja. Kun löydän uuden sekvenssipätkän ja haluan katsoa mikä se on, niin minun ei tarvitsisi ladata itselleni kaikkia uusia tietokantoja vaan ELIXIR tarjoaisi ne. ELIXIR mahdollistaa suuren verkoston, joka voisi auttaa tutkijoita myös datan avoimeen julkaisuun.”

Ari Turunen

LISÄTIETOJA:

Luonnonvarakeskus
<https://www.luke.fi/fi>

CSC – Tieteen tietotekniikan keskus Oy

on valtion omistama, opetus- ja kulttuuriministeriön hallinnoima, voittoa tavoittelematon osakeyhtiö. CSC ylläpitää ja kehittää valtion omistamaa keskitettyä tietotekniikkainfrastruktuuria.
<http://www.csc.fi>
<https://research.csc.fi/cloud-computing>

ELIXIR

rakentaa infrastruktuuriin bioalan tutkimuksen tueksi. Se yhdistää 21 Euroopan maan ja Euroopan molekyylibiologian laboratorion EMBL:n johtavat organisaatiot yhteiseksi biologisen informaation infrastruktuuriksi. Sen Suomen keskus on CSC Tieteen tietotekniikan keskus Oy.

<http://www.elixir-finland.org>
<http://www.elixir-europe.org>

SUOMEN ELIXIR

Puh. +358 9 457 2821 e-mail: [servicedesk@csc.fi](mailto: servicedesk@csc.fi)
www.elixir-europe.org/about-us/who-we-are/nodes/finland

www.elixir-finland.org

ELIXIR PÄÄMAJA

EMBL-European Bioinformatics Institute
www.elixir-europe.org