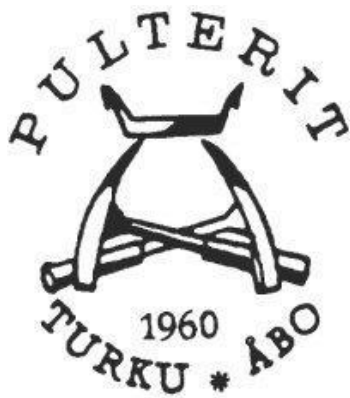




USA-Ekskursio

6.9.– 1.10.2012



Sisällys

3	Alkusanat , Jaakko Kara
4	Sponsorit
5	Matkareitti , Jaakko Kara
6	Saapumispäivä ja Colorado School of Mines , Pilvi Korhonen
7	Dinosaur National Monument , Heidi Penttinen
10	Leucite Hills , Jenni Nevalainen
12	Grand Teton , Jenni Nevalainen
14	Yellowstonen kansallispuisto, Mammoth Hot Springs , Maiju Kaartinen
16	Yellowstone: Geysir basinit , Sami Vallin
27	Yellowstone: The Grand Canyon of Yellowstone , Tuomas Kauti
30	Hell's Half Acre – basalttikenttä, Basin & Range, Salt Lake City , Johanna Savunen
33	Bingham Canyon Mine , Henna Murto
34	Rhyoliten aavekaupunki , Lea Silto
35	Death Valley , Matti Latikka
37	Mountain Pass , Toni Metsänkylä
38	Las Vegas , Mathias Hagback
39	Zion National Park , Heli Hevonoja
43	Bryce Canyon National Park , Kaisa Salonen
44	Grand Canyon , Pia Lindholm
46	Monument Valley ja Navaho Nation , Iina Kaivola
47	Canyonlands National Park , Mira Kyllästinen
49	Arches National Park , Iina Hämäläinen
50	Colorado National Monument , Charlotta Simelius
52	USA:n Ruokakulttuuri , Jukka-Pekka Paasivaara

Toimittaneet Tomi Räsänen ja Esa Tuominen

Alkusanat

Jaakko Kara

”Wau-Wi-Wauwau, we might have a problem here!”, huudahti lentokenttävirailija. Hän oli juuri kuullut, että 25 suomalaista geologian opiskelijaa kaipasi kyytiä Denverin keskustaan myöhään illalla. Parin puhelun ja double-chekkien jälkeen ongelma kuitenkin selvisi ja saimme kuljetuksen ensimmäiseen majapaikkaamme. Tästä lähti käyntiin 24 päivän ekskursio USA:ssa Kalliovuorten alueella. Suureksi helpotukseksi – ja toisaalta jopa yllätykseksi – myös loppumatka sujui ilman suurempia ongelmia. Tästä voi kiittää vain ja ainoastaan ekskursioryhmäämme, joka koostui 27 geologian opiskelijasta ja yhdestä henkilökunnan jäsenestä. Oikeasti ekskursio alkoi jo paljon aikaisemmin suunnittelun ja varojen keruun merkeissä. Suunnitelmat laadittiin hyvin pitkälti yhdessä ja jokainen osallistuja valmisti seminaariesityksen jostain matkan kohteesta. Rahoitusta taas kerättiin talkootöillä, johon kuului mm. lehtien jakamista, kaupan inventaariota, omenoiden poimintaa ja avustamista erilaisissa tapahtumissa. Porukkamme kävi myös pitkän kevättä rakennustöissä Naantalin kylpylässä – tämä jos mikä on mahtavaa omistautumista! Toisen kiitoksen ansaitsevat matkaa avustaneet yritykset ja organisaatiot. Opiskelijoille ulkopuoliset avustajat ovat elintärkeitä ja luultavasti osalta matkaa olisi jäänyt väliin ilman sponsoreiden apua. Suuri kiitos siis mukana olleille yrityksille!

Itse ekskursiolla nähtiin ja koettiin paljon. Ajokilometrejä kertyi yli 7000, joten kohteita reitille mahtui! Paikat olivat mahtavia ja yleensä myös uniikkeja – ennen kaikkea geologisesti. Kohteet olivat myös opettavaisia ja näimme oikeastaan kaikkea sitä mitä Suomesta ei löydä. Turhaan kaunistelematta, kaiken kaikkiaan mahtava reissu!



Kuva 1. Ekskursioryhmä Dinosaur National Monumentilla

Sponsorit

Platinatason sponsorit:



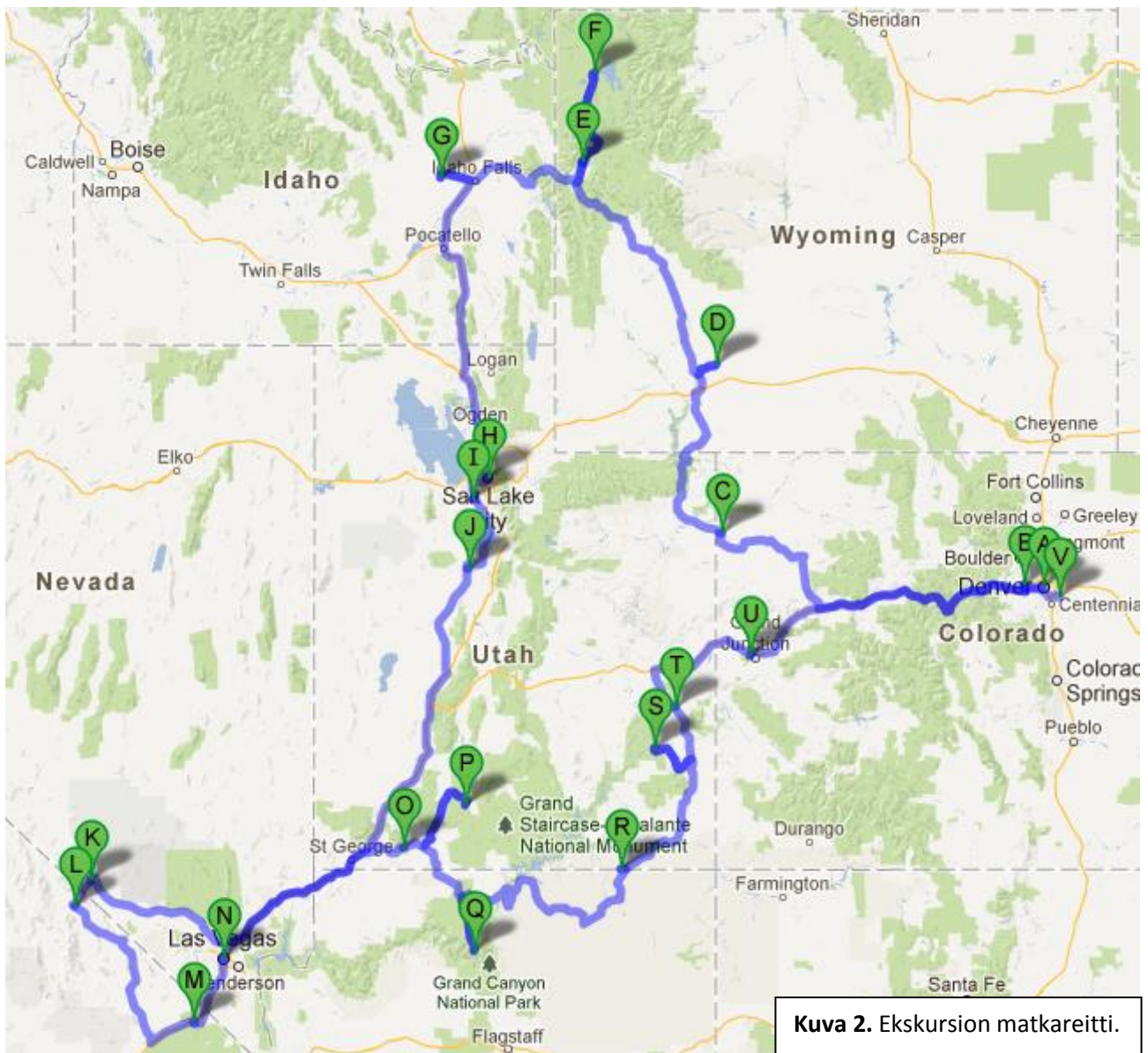
Kultatason sponsorit:



Hopeatason sponsorit:



Matkareitti



Kuva 2. Ekskursion matkareitti.

Kuvassa 2 on ekskursion matkareitti pääpiirteissään. Vierailimme karttaan merkityissä kohteissa "aakkosjärjestyksessä". Reitti kulki yhteensä kahdeksan osavaltion alueella.



Kuva 3. Pultereiden karavaani.

Saapumispäivä ja Colorado School of Mines (6.-7.9.2012)

Pilvi Korhonen

Saapuminen Denveriin

Saavuimme Denveriin, Coloradon osavaltioon, torstai-iltana. Matka koneesta passintarkastukseen maailman toiseksi suurimmalla lentokentällä oli suhteellisen pitkä, mutta varsinaiseen jonotukseen törmäsimme vasta passintarkastuksessa, jossa jokaisesta otettiin nopea valokuva ja sormenjäljet. Sää oli kentältä ulos astuttaessa kuuma ja kuiva, vaikka ilta olikin jo ehtinyt melko pitkälle. Lyhyiden hintaneuvottelujen jälkeen jatkoimme lentokentältä matkaa paikallisilla Shuttle-Busseilla ensimmäiseen määränpäähämme Motel 6:n, jossa yövyimme kahden hengen huoneissa.

Colorado School of Mines

Perjantaiksi olimme sopineet vierailun Colorado School of Mines:iin (CSM). CSM sijaitsee Goldenin kaupungissa, joka on noin 20 km Denveristä länteen. Golden perustettiin kultakuumeen aikaan vuonna 1859 ja kaupunki on yksi Coloradon osavaltion vanhimmista yhteisöistä. Tällä hetkellä kaupungissa elää noin 17 000 asukasta.

CSM perustettiin vuonna 1874 ja se on julkinen tutkimusyliopisto, joka on keskittynyt insinööritieteisiin sekä soveltaviin tieteisiin. Yliopistossa on yhteensä 13 eri laitosta ja yksi näistä on Geologian laitos, jonka toimintaan pääsimme tutustumaan tarkemmin. Laitos painottaa opetuksessaan geotekniikkaa, hydrogeologiaa sekä öljygeologiaa ja talouteen liittyvää geologiaa. Laitoksella opiskelee päätoimisesti noin 300 opiskelijaa.

CSM-kierroksemme alkoi kampusesittelyllä. Tämän jälkeen siirryimme luentosaliin kuuntelemaan luentoja kahdesta eri aiheesta, joista ensimmäinen käsitteli IOCG-tyyppin malmin ja Kiiruna-tyyppin malmin yhtäläisyyksiä ja eroja. Luennolla esiteltiin niiden syntyvyvyyksiä ja –lämpötiloja sekä malmifluidien koostumusta. Toisen luennon aiheena oli porfyryimalmien fluidigeneraatiot ja fluidisulkeumien tutkiminen kvartsikiteissä.

Luentojen jälkeen siirryimme laitoksen alaisuudessa toimivaan Geologian museoon. Museossa on esillä Coloradolaisia mineraaleja, näytekappaleita osavaltion kaivosalueilta sekä yleisesittely alueen ja koko osavaltion geologiasta. Museon kokoelmiin kuuluu myös fossiileja, jalokiviä, fluoresoivia mineraaleja (kuva 2) sekä meteoriitteja. Ehkä kaikkein mieleenpainuvuin kivi oli kuitenkin Apollo 17-lennon aikana kuusta poimittu ”Goodwill”-kuukivi, joita presidentti Nixon vuonna 1974 antoi jokaiselle Yhdysvaltain osavaltiolle ja 160:lle maalle.



Kuva 4. Colorado School of Mines'in logo.



Kuva 5. Fluoresoivia mineraaleja geologisessa museossa.

Museovierailun jälkeen siirryimme aurinkoiseen ulkoilmaan museon ylläpitämälle geologiselle polulle, joka sijaitsi aivan kampusalueen tuntumassa. Reitti piti sisällään seitsemän paleontologisesti mielenkiintoista paljastumaa. Paljastumista pystyi erottamaan muun muassa fossiloituneita dinosaurusten jälkiä, puunrunkoja ja lehtiä.

Päivän päätteeksi suuntasimme yhdessä CSM:n geologian opiskelijoiden kanssa Denverin keskustaan illalliselle paikalliseen panimoravintolaan.

Dinosaur National Monument (8.-9.9.2012)

Heidi Penttinen

Kalliovuorten ylityksen jälkeen saavuimme Dinosaur National Monumenttiin, Uinta Mountainsin kaakkoislaidalle. Dinosaurin alueella on paljastuneena 23 sedimenttimuodostumaa, joista oleellisin on Morrison Formation, joka on tunnettu suuresta fossiloituneiden dinosaurusten luiden määrästä. Paahtavan kuuman erämaa-alueen pinnanmuotoja hallitsevat näyttävä Split Mountain, sekä Green- ja Yampa-jokien kovertamat kanjonit. Tutustuimme Coloradon ja Utahin rajalla sijaitsevan puiston länsiosiin.

Laskeuduimme Split Mountainin leirintäalueelle myöhään illalla (8.9) ja pystytimme telttamme ensimmäistä kertaa täydessä pimeydessä. Kun aamu valkeni (9.9), heräsimme upeisiin maisemiin Split Mountainin varjossa Green Riverin varrella. Aamupäivällä tutustuimme Quarry Exhibit Hall:iin, jonka suojissa oleva yli 25 metrin pituinen seinämä (Carnegie Dinosaur Quarry) sisältää n. 1 500 dinosauruksen luuta alkuperäisissä asennoissaan (Kuva 6).

Tutustuimme myös seinämän yhteydessä olevaan näyttelyyn, jossa oli mahdollista tarkastella oikeita dinosauruksen luita lähempää, ja kuuntelimme oppaan pitämän esitelmän seinämän syntyhistoriasta ja alueen geologiasta. Dinosauruksen fossiileja runsaasti sisältävä Morrison Formation koostuu jokisysteemeissä kerrostuneista hiekka-, siltti -, muta- ja kalkkikivikerroksista. Muodostuma syntyi myöhäisjurakaudella noin 150 Ma sitten, jolloin Pohjois-Amerikka sijaitti subtrooppisella vyöhykkeellä.

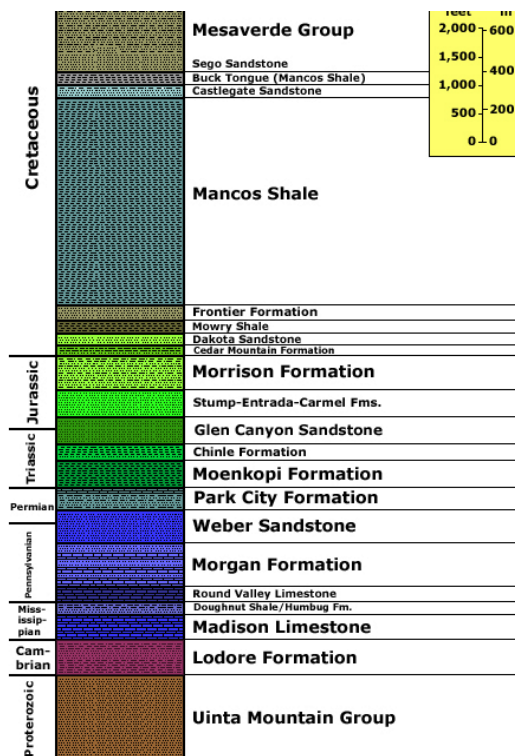
Tuolloin alueella virtasivat suuret joet, joille dinosaurukset kokoontuivat juomaan. Yhtäkkisen tulvan myötä eläimet joutuivat veden varaan ja hukkuivat. Tämän jälkeen raadot kasaantuivat yhteen ja hautautuivat nopeasti sedimenttiin. Nähtävillä on jäänteitä useista dinosauruslajeista, mutta yleisimpiä lajeja ovat Allosaurus, Apatosaurus, Camarasaurus, Diplodocus ja Stegosaurus. Koska sedimentoituminen oli nopeaa ja dinosauruksien ruhot eivät kulkeutuneet kauaksi virran mukana, raajojen luiden lisäksi poikkeuksellisesti myös kallojaja selkärankoja on säilynyt ehjinä (Kuva 7). Voidaan myös huomata, että pitkulaiset luut ovat asettuneet virtauksen suuntaisesti, painavampi pää virtauksen menosuuntaan (paleovirtaussuunta seinämällä vasemmalta oikealle). Seinämä on kallistunut nykyiseen asentoonsa (67° horisontaalista) UintaMountainsin kohoamisen myötä.



Kuva 6. Carnegie Dinosaur Quarry dinosauruksen luufossiileineen.



Kuva 7. Ehjänä säilynyt hautautunut dinosauruksen kallo. Yksityiskohta seinämän yläosista.



Quarry Exhibit Hallin ulkopuolelta lähtee 1,2 km:n pituinen Fossil Discovery Trail, jossa Morrison Formationiin voi tutustua auringonvalossa. Kallistunut, Carnegie Dinosaur Quarryn muodostava, kerrostuma jatkuu samassa asennossa kauas näyttelytilan ulkopuolelle (Kuva 9).

Reitillä kerrostumaa pystyy tutkimaan lähemmin, vaikka dinosauruksen luita onkin näkyvissä huomattavasti vähemmän kuin näyttelytilassa (kuva 10).

Reitin varrella voi myös tutustua simpukankuoria täynnä olevaan Stump Formationiin sekä kalojen suumuja ja luurankoja sisältävään Mowry Shaleen (Kuva 9.). Ohi kulkiessa saa myös ihailla alueella 1000 vuotta sitten vaikuttaneen Fremont-kansan tekemiä kalliomaalauksia.

Kuva 8. Dinosaur National Monumentin alueen stratigrafia (USGS).



Kuva 9. Pojat tutustumassa Morrison Formationiin Fossil Discovery Traililla. Seinämä on jatkoa Carnegie Dinosaur Quarrylle.



Kuva 10. Dinosauruksenluu yksityiskohta Fossil Discovery Traililla.

Myöhemmin iltapäivällä sai Dinosauriin tutustua valitsemallaan tavalla. Monet lähtivät vaeltamaan erämaan paahtavaan kuumuuteen Desert Voices (2,4 km) ja Sound of Silence (4,8 km) -reiteille, joilta oli upeat näkymät Split Mountainille. Toiset taas lähtivät 16 kilometrin Tour of the Tilted Rocks -autoreitille, jolla pääsi ihaillemaan suuressa mittakaavassa sedimenttikivien primäärirakenteita, kuten ristikerroksellisuutta. Autoreitin varrella oli myös runsaasti kalliomaalauksia (Kuvat 11 ja 12). Päivä huipentui uimiseen Green Riverin viileässä vedessä (Kuva 10). Yövyimme Dinosaurissa yhteensä kaksi yötä (Kuva 14).



Kuva 11. Pysähdys tutkimaan Tour of Tilted Rocks -autoreitin varrella näkyviä kalliomaalauksia.



Kuva 12. Fremont-kansan piirtämiä ihmis- ja eläinhahmoja aavikkotuulen värjäämässä hiekkakivessä.



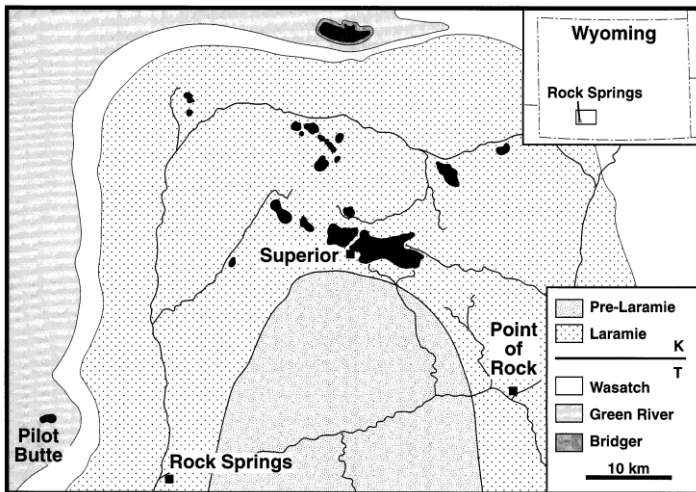
Kuva 13. Uintia Green Riverissä Split Mountainin varjossa.



Kuva 14. Leirimme Split Mountainin leirintäalueella. Green River virtaa vuorten juurella olevassa painanteessa.

Leucite Hills (10.9.2012)

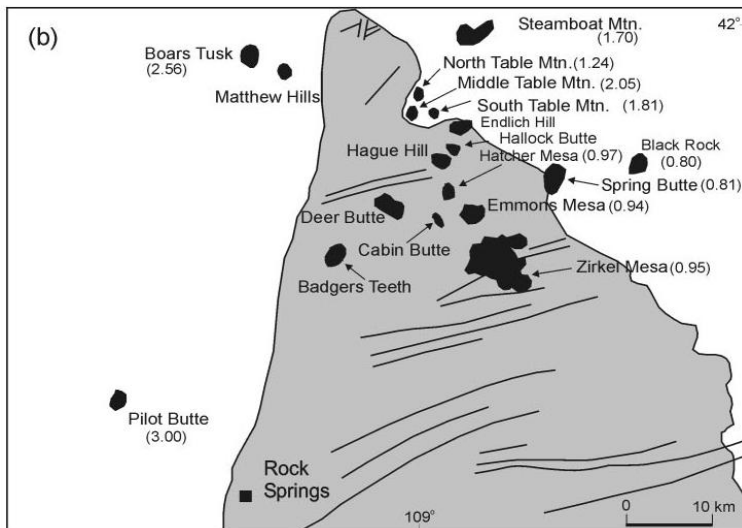
Jenni Nevalainen



Kuva 15. Leucite Hills sijainti Wyomingin osavaltiossa, sekä sedimenttimuodostumat (Lange, et al., 2000).

korkeina tötteröinä, laavakenttinä ja juonina. Leucite Hills muodostui noin 3 - 0,89 miljoonaa vuotta sitten ja suurin osa purkautui 0,94-0,89 miljoonaa vuotta sitten.

Leucite Hills on 22:sta vulkaanisesta lamproiittipurkauksesta muodostunut alue Wyomingin osavaltion lounaisosassa Rock Springsin kaupungin koillispuolella. Lamproiitit ovat Mg- ja K- rikkaita magmakiviä, joita tavataan mannerlaattojen sisällä ja harvakseltaan myös vanhoilla laattojen törmäysvyöhykkeillä. Lamproiitit sijaitsevat Rock Springs antikliinin koillisreunalla ja leikkaavat vanhempia sedimentti-kerrostumia: Fort Union, Wasatch ja Green River. Näiden kerrostumien alapuolella on Wyomingin arkeinen kratoni. Leucite Hills leikkaa aluetta luode-kaakko suunnassa ja näkyy maastossa yksittäisinä



Kuva 16. Leucite Hills paljastumat ja niiden iät miljoonina vuosina. Meidän kohteemme oli Boar's Tusk kuvan luoteisnurkassa (Mirnejad & Bell, 2006).

Pysähdyimme katsomaan Boar's Tusk lamproiittia keskellä aavikkoa. Se on iältään 2,56 miljoonaa vuotta vanha. Matkamme kohteeseen oli jännitysmomenteilla höystetty, sillä aavikkoteiden kunto oli hiukan arvaamaton. Emme siis päässeet kohteen juurelle, kuten luulimme. Paluumatkalla kohtasimme erittäin pehmeän tienpätkän. Isommat automme pääsivät vauhdilla yli maavaran turvin, mutta henkilöautomme kuski pääsi esittämään rallikuskin taitojaan ja tiukkoja ohjausmanöövereitään.



Kuva 17. Boar's tusk paljastuma Leucite Hillseillä. tämän lähemmäksi emme kohdetta päässeet ihailemaan.



Kuva 18. Jännittävän hyväkuntoinen aavikkotie kohteelleemme.

Grand Teton (10.-11.9.2012)

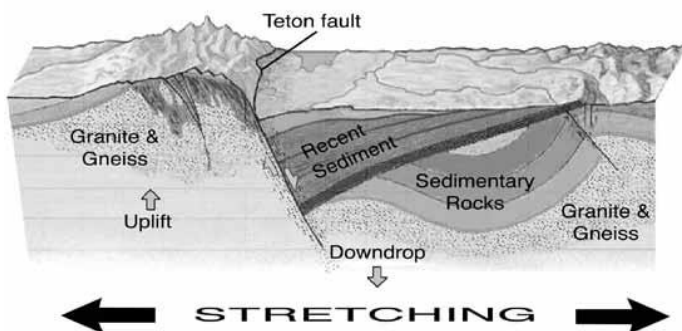
Jenni Nevalainen

Grand Tetonin kansallispuisto sijaitsee Wyomingin osavaltiossa aivan Yellowstonein kansallispuiston eteläpuolella. Maisemaa hallitsee korkea Teton range vuoristo ja Teton siirros.



Kuva 19. Grand Teton kansallispuiston sijainti wyomingin osavaltiossa.
<http://www.nps.gov/grte/planyourvisit/maps.htm>

Vanhimmat kivet alueella ovat gneissit, graniitit ja diabaasijuonet. Gneissi ja graniitti ovat muodostuneet noin 2,7 miljardia ja 2,5 miljardia vuotta sitten mannerlaattojen törmäyksen yhteydessä. Gneissi on muodostunut sedimenteistä, jotka kerrostuivat vanhaan meren pohjaan ja graniitti on kuoren sulamistuote, joka on intrudoitunut gneissiin muodostuneisiin rakoihin. Alueella on myös 775 miljoonaa vuotta vanhoja diabaasijuonia. Näiden kivien päälle on kerrostunut sisämeren sedimenttejä, 500 miljoonaa vuotta sitten muodostaen hiekkakiviä, kalkkikiviä, dolomiittejä ja shalea. Sevier orogenia alkoi noin 120 miljoonaa vuotta sitten, jolloin Farallon laatta subduktoitui itään Pohjois-Amerikan laatan alle ja Yhdysvaltojen länsi-osa päätyi kompression alaiseksi. Farallon laatan liike itään jatkui pitkälle, ja 70 miljoonaa vuotta sitten alkoi kalliovuorten kohoaminen ja Laramiden orogenia.



Kuva 20. Teton normaalisiirros katsottuna etelästä.
(National Park Service U.S. Department of the Interior esite)

Farallon laatan sulaessa muodostui tulivuoria ja vulkaanisia kerroksia, jotka muodostavat Absaroka muodostuman Teton Rangen itäpuolelle. Orogenian päätyttyä Pohjois-Amerikan länsi-osa siirtyi ekstensionaaliseen vaiheeseen ja alueelle muodostui rakoja, siirroksia ja Basin and Range -alue. Teton siirros aktivoitui 10 miljoonaa vuotta sitten jolloin Teton rangen itäinen puoli liikkui alaspäin ja länsipuoli kohosi muodostaen normaalisiirroksen.

Tällä hetkellä siirtymän määrä on 9 144 m (30 000 ft) Jackson Hole-laakson pohjalta Teton Rangen huipulle. Siirros aiheutti lukuisia maanjäristyksiä alueella ja alue onkin edelleen seismisesti aktiivinen. Yellowstone hot spot on vaikuttanut myös alueeseen viimeiset 5-10 miljoonaa vuotta muodostaen tulivuoria ja

vulkaanisia kerroksia. Hot spotin lämpö kohottaa edelleen Teton Range vuoristoa ja pitää Tetonin siirrosta aktiivisena.

Alueella on myös ollut lukuisia jäätöitä Pleistoseenilta lähtien, kuluttaen vuoristoa ja muodostaen moreenikerroksia. Phelps, Jenny ja Jackson järvet ovat Pinedale jääkaudella (päättyi 14 000 vuotta sitten) muodostuneita laaksojärviä, joita patoavat päätemoreenit. Tällä hetkellä Teton Rangella olevat jäätikön jäännökset ovat peräisin Pieneltä Jääkaudelta 1400-1850 vuotta sitten.



Kuva 21. Jenny laaksojärven muodostuminen on jäätikön eroosion ja päätemoreenimuodostuman tulos.

Reittimme kulki Teton Park Roadia pitkin, joka kulkee Teton siirrosta pitkin etelästä pohjoiseen Yellowstonen kansallispuistoon. Pysähdyimme Death Canyon Trailheadissä (2070 mpy) ja kävelimme 6 kilometrin lenkin Phelps järven rannalle, joka on noin 2300 metrin korkeudessa, ja takaisin. Kävimme myös Jenny järvellä, josta avautui näkymä Teton Range vuoristolle ja jäätikköeroosion jäljet näkyivät hyvin. Jenny Järven veden lämpötila oli myös testattava, joten uhkarohkeat Pulteri-uimarit polskuttelivat käsipohjaa innokkaasti.



Kuva 22. Jenny laaksojärvi Teton Range vuoriston vieressä ja innokkaat uimarit.

Yellowstonen kansallispuisto (11.-15.9.12)

Maiju Kaartinen

Yellowstone on maailman vanhin kansallispuisto. Se sijaitsee Yellowstonen supertulivuoren kalderan päällä, kolmen osavaltion alueella ja on pinta-alaltaan lähes 9000 neliökilometrin kokoinen. Yellowstone on tunnettu geotermisistä piirteistään, laajoista, koskemattomista alueista ja villieläimistä. Alueen geotermisyys on seurausta Yellowstonen jättiläistulivuoren kalderassa vielä tapahtuvista magman liikkeistä.

Saavuimme Yellowstoneen etelästä, Teton National Parkista. Vietimme Yellowstonessa neljä yötä Grant Village -leirintäalueella. Toisen kerran pystytimme leirimme – hieman erilaisiin olosuhteisiin kuin Dinosaurissa. Öisin pakkasen laski lähes -10 asteeseen ja karhut sekä hirvien kiima-aika toivat lisäjännitystä leirinuotiolla istuskeluun. Päivisin kiersimme näkemisen arvoisia kohteita (Norris Geysir Basin, Grand Canyon of Yellowstone, Mammoth Hot Spring), valloitimme vuoria ja vaeltelimme muuten vaan, näimme karhuja, biisoneita ja saksanhirviä ja jopa pesimme pyykkiä ensimmäistä kertaa paikallisessa pesulassa. Kuulimme myös lyhyehkön luennon Yellowstonen yleisestä geologiasta paikalliselta USGS:n edustajalta.

Mammoth Hot Springs (12.9.12)

Vierailimme Mammoth Hot Springsillä ensimmäisenä kokonaisena Yellowstone-päivänämme. Alueella oli lyhyitä, katettuja kävelyreittejä. Koska kohde muodostaa rinteeseen, siellä on myös jonkin verran portaita. Vietimme paikalla vajaa pari tuntia ja kiersimme alueen kaikki reitit.



Kuvat 23 ja 24. Biisoni ja Mammoth Hot Springs

Mammoth –muodostelmakin on syntynyt ja laajenee Yellowstoneen geotermisen toiminnan vaikutuksesta. Paikka sijaitsee kylläkin hieman kalderan ulkopuolella, mutta alueen maaperän lämpö on kuitenkin peräisin sen toiminnasta. Muodostelma koostuu travertiinin muodostamista terasseista, jotka ovat syntyneet tuhansien vuosien kuluessa ja kasvavat ja erodoituvat yhä edelleen. Mammoth Hot Springs on maailman suurin kalsiumkarbonaattia kerrostava lähde.

Kalsiumkarbonaattipitoinen vesi on peräisin Norris Geysir Basinistä. Kuuma vesi kulkeutuu Mammothiin kalkkikiveä sisältävää siirroslinjaa pitkin. Ennen pinnalle purkautumista vesi jäähtyy noin 80 asteiseksi. Kuumassa vedessä elävät eriväriset levät, joita esiintyy altaissa vihreän, oranssin, punaisen ja ruskean värisinä.



Kuva 25. Mammoth Hot Springsin travertiinia

Upper geysir basin , Biscuit basin, Black Sands basin ja Midway geysir basin (13.9.2012)

Sami Vallin

Yellowstonen kalderan alueella vierailimme Upper geyser basinin, Midway geyser basinin, Biscuit Basinin sekä Black Sand Basinin alueilla. Kalderan ulkopuolisista geysiralueista vierailimme Norris geyser basinissa. Geyser Basinien alueilla näimme lukemattomia geysireitä ja kuumia lähteitä sekä useita fumaroleja ja kiehuvia mutalammikoita.

Upper Geyser Basin

Upper Geyser Basin on noin 5 km² laajuinen alue, joka käsittää maailman suurimman geysir keskittymän. Siellä sijaitsee lähes neljännes maailman geysireistä. 2,5 km² alueelta löytyy noin 150 hydrotermistä ilmiötä, joita ovat geysirit, kuumat lähteet sekä yksi viime aikoina kehittynyt kiehuva mutalammikko. Alueen tunnetuin geyser on Old Faithful Geyser, joka purkautuu 30–120 minuutin välein muutamien kymmenien metrien korkeuteen. Alueen muut ennustettavat geysirit ovat Castle, Grand, Daisy ja Riverside. Alueen tunnetuin kuuma lähde on Morning Glory Pool, joka on tunnettu sen värityksestään ja on Yellowstonen symboli.

Biscuit Basin

Biscuit Basin kuuluu Upper Geyser Basinin alueeseen. Biscuit Basinissa sijaitsee pieni määrä hydrotermisiä ilmiöitä, jotka ovat pieniä kuumia lähteitä kuten Silver Globe Spring, Sapphire ja Black Opal tai geysireitä kuten Jewel Geysir, Cauliflower Geysir ja Black Pearl Geysir.

Black Sand Basin

Black Sand Basin kuuluu myöskin Upper Geyser Basinin alueeseen. Alueella on pieni määrä geysireitä ja värikkäitä kuumia lähteitä. Emerald Pool on näistä värikkäin ja tunnetuin. Toinen värikäs lähde on Opalescent Pool. Alueen geysireitä ovat mm. Iron Creek ja Cliff Geyser.

Midway Geyser Basin

Midway Geyser Basinin alueella sijaitsee Yellowstonen kaksi laajinta kuumaa lähdetä: Grand Prismatic Spring ja Excelsior Geyser. Grand Prismatic Spring on Yellowstonen suurin ja maailman kolmanneksi suurin kuuma lähde, joka on leveydeltään noin 100 metriä. Syanobakteerit värjäävät Grand Prismatic Springin kuumen lähteen sateenkaaren väreihin. Excelsior Geyser on entinen geyser, jonka edellinen purkaus tapahtui yli sata vuotta sitten. Nykyisin paikalla on kuuma lähde, johon virtaa noin 15 000 litraa vettä minuutissa.

Norris Geyser Basin

Norris Geyser Basin on Yellowstonen termisistä alueista kuumin ja vanhin. Norrisissa on mitattu geotermisten alueiden kuumin lämpötila: 237 °C vain 326 metrin syvyydestä. Norrisin alueelta on löydetty todisteita siitä, että se olisi ollut toiminnassa viimeiset 115 000 vuotta. Basinin hydrotermiset ilmiöt vaihtelevat päivittäin, mikä johtuu seismisen aktiivisuuden ja veden virtauksen aiheuttamista häiriöistä. Suurin osa Norrisin vesistä on happamia, ja niihin kuuluvat myös happamat geysirit, jotka tosin ovat harvinaisia. Norrisin alueella sijaitsee myös maailman suurin geyser: Steamboat Geysir, joka purkautuu

parhaimmillaan 90–120 metrin korkeuteen. Toinen tunnettu geysir on hapan Echinus geyser, jonka pH on 3,5.

Geysir Basin systeemit

Yellowstonen hydrotermisiä ilmiöitä ei olisi ilman Yellowstonen suurta magmakammiota ja sen vapauttamaa valtavaa lämpö määrää. Toisaalta hydrotermiset ilmiöt eivät syntyisi myöskään ilman sadantaa, jonka aikaansaama lumi tai vesi suodattuu hitaasti läpi huokoisen kiven. Osa tästä kylmästä vedestä kohtaa kuuman suolaisen veden, jonka magmakammio on lämmittänyt alempana maankuoressa. Kylmän veden lämpötila kohoaa kiehumispisteen yläpuolelle, mutta vesi pysyy nestemäisessä muodossa veden ja kiven aiheuttaman suuren paineen seurauksena. Tämän seurauksena kylmästä vedestä tulee ylikuumentunutta, yli 200 °C vettä. Huomionarvoista on myös että Yellowstonessa veden kiehumispiste on pienempi (93 °C) kuin merenpinnan tasolla (100 °C), johtuen korkeus- ja siten paine-erosta.

Ylikuumentunut vesi on kevyempää kuin kylmä, tiheämpi, vesi ja siksi kohoaa ylöspäin. Tämä muodostaa konvektiovirtauksen, jonka seurauksena kevyempi ylikuumentunut vesi aloittaa matkansa pintaa kohden rakoja, halkeamia ja heikkousalueita pitkin. Kun kuuma vesi matkaa läpi kiven, se liuottaa silikaatteja ryoliitista.

Kun silikaatit ovat liuenneena ylikuumentuneessa vedessä, osa silikaateista saostuu peittämään rakojen ja halkeamien seinämiä, muodostaen lähes paineenkestävän tiivisteen. Tällä tavoin muodostuu vesiverkostosysteemi (plumbing system), joka pystyy kestämään geysirien aiheuttamia suuria paineita. Pinnalla taas silikaatit saostuvat ja muodostavat geyseriittia tai sintteria, jotka esiintyvät massiivisina geysirkartioina, kuumien lähteiden reunusalueilla ja aiheuttavat geysir basinien karun maiseman.

Geysirit ovat maailmanlaajuisesti hyvin harvinaisia. Geysirit tarvitsevat syntyäkseen ainutlaatuisen ”vesiverkostosysteemin”. Itse ”vesiverkostot” syntyvät halkeamiin, railoihin, kanaviin sekä muihin välitiloihin geysirkeskusten alapuolella. Geysirtutkijat ovat todenneet geysirien esiintyvän lähes yksinomaan vulkaanisen kiven, kuten ryoliitin tai vastaavien kiven (mm. ignimbriitti) yhteydessä. Tämä johtuu siitä, että ryoliitin silikaattipitoisuus on korkea ja se mahdollistaa vesitiiviin kerroksen ”vesiputkiverkoston” seinämille. Ilman ryoliittia geysirit olisivat vain kuumia lähteitä. Lisäksi itse ”vesiverkostosysteemien” muoto ja vahvuus määräävät, muodostuuko geysir vai kuuma lähde.

Geysirit

Geysirit ovat kuumia lähteitä, jotka purkavat sisältämänsä vettä suihkuna ilmaan. Geysirit eroavat kuumista lähteistä siten, että geysirien ”vesiputkistossa” on jokin rajoite tai este, jonka seurauksena geysir kerää painetta, purkaen sen sitten vesisuihkuna. Kuumissa lähteissä tätä estettä ei ole, vaan niissä vesi pääsee kiertämään vapaasti.

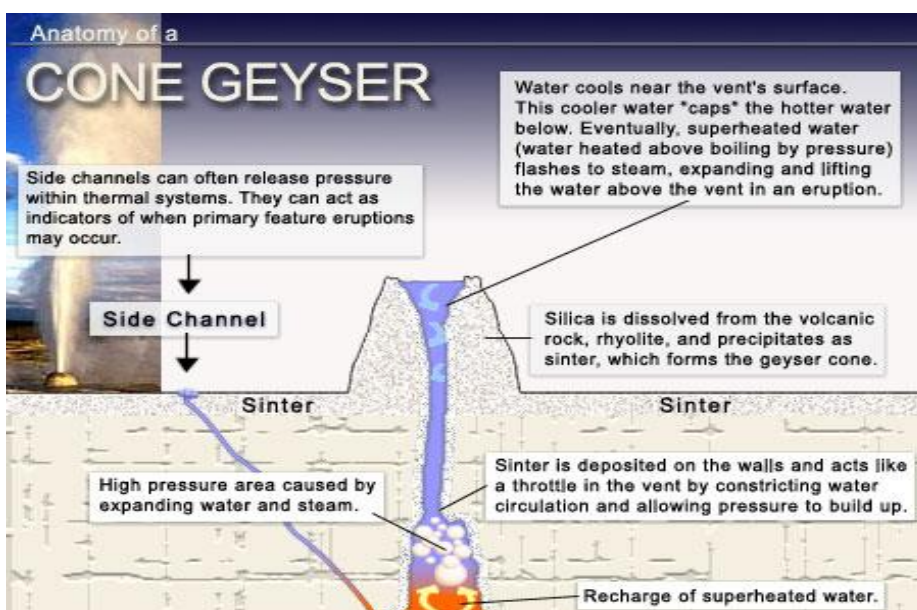
Geysirit saavat vetensä joko vesi- tai lumisadantana. Tämä vedenkiertosykli voi kestää jopa satoja tai tuhansia vuosia. Satanut vesi imeytyy kallioperän rakoja pitkin syvälle maan sisään, jossa magmakammion lämpö alkaa lämmittää vettä. Kuumentunut ja paineistunut vesi alkaa virrata taas kohti maanpintaa.

Magmakammio lämmittää vettä, jonka jälkeen kuuma vesi alkaa virrata ylöspäin geysirin ”vesiverkostossa”, eli rakosysteemissä. Tämä lämmennyt vesi on monta astetta kiehumispisteen yläpuolella. Syvällä

muodostuvat höyrykuplat kohoavat ja kohtaavat ylempänä olevan kylmemmän veden. Tällöin höyrykuplat luovuttavat energiaa kylmemmälle vedelle, sillä vesihöyryn tiivistyminen nesteeksi vapauttaa huomattavan määrän energiaa. Tämä lämmittää vähitellen ympäröivää vettä. Syvyyksistä kohoava vesi lämmittää pintavettä, kunnes se saavuttaa kiehumispisteen. Tällöin geysir alkaa toimia painekattilan tavoin. Vesiverkostosysteemeissä veden lämpötila on kiehumispisteen yläpuolella, mutta se on vakaata yläpuolella olevan kiven ja veden aiheuttaman paineen seurauksena..

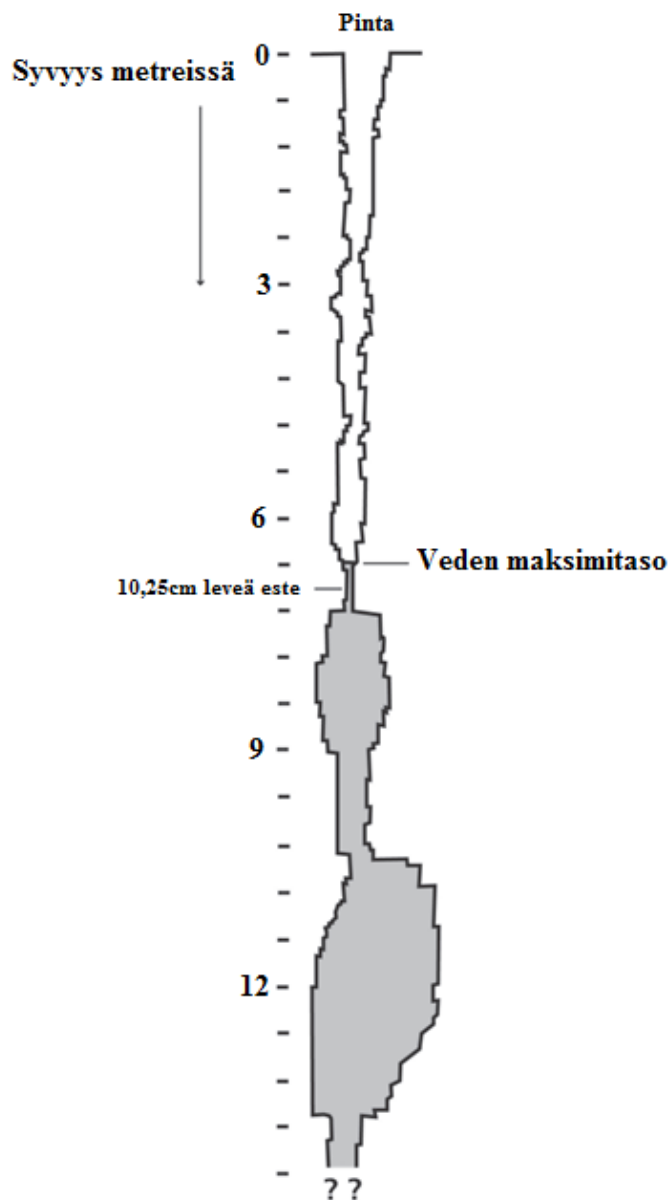
Kuuman veden noustessa ylöspäin geysir alkaa täyttyä. Tämä täyttymis- ja lämpenemisprosessi jatkuu siihen asti, että geysir on lähes täyttynyt vedellä. Pienen geysirin täyttymiseen kuluu muutamia sekunteja, mutta isompien geysirien täyttyminen saattaa viedä useampia päiviä. Kun vesiverkosto on täynnä vettä, on geysir valmis purkautumaan. Tärkeä asia koko prosessissa on, että lämmitysprosessi on jatkuvaa koko täyttymisen ajan. Vain jos vesiverkostosysteemin ympärillä olevissa kivissä on riittävä määrä lämpöä, purkaus voi kestää kauemmin kuin muutaman sekunnin. Kaikki geysirit eroavat toisistaan. Jotkut geysirit ovat tarpeeksi kuumia purkautumaan jo ennen täydellistä vesiverkoston täyttymistä, ja purkautuvat ilman varoitusmerkkejä. Toiset taas saattavat olla täysiä jo ennen kuin ovat tarpeeksi kuumia purkautuakseen ja siten ne voivat virrata yli hitaasti jonkin aikaa ennen purkausta.

Silloin kun koko vesiverkostosysteemin vesi on lämmennyt kiehumispisteeseen, kohoavat höyrykuplat pääsevät lähelle pintaa. Samalla yhä enemmän vettä kohoaa geysiriin alhaalta päin, jolloin muodostuu yhä suurempia höyrykuplia, jotka nekin kohoavat ylöspäin. Aluksi suuret höyrykuplat pystyvät kulkeutumaan aina pintaan asti, mutta kun höyrykuplia on pinnalla riittävästi, ne tukkivat tien, eivätkä alemmat höyrykuplat pääse enää virtaamaan ylöspäin. Tätä virtausta rajoittaa myös se luonnollinen este, joka on geysirin vesiverkostosysteemeissä. Jos estettä tai rajoitetta ei olisi, konvektiokierto olisi vapaata ja geysir olisi kuuma lähde. Jotta höyrykuplat voisivat liikkua taas vapaasti ylöspäin, täytyy geysirin purkaa painetta. Tämä pakottaa yläpuolella olevan veden virtaamaan ulos geysiristä. Ulos virranneen veden vuoksi paine alenee syvyyksissä alentaen samalla veden kiehumispistettä. Yhä suurempi määrä vettä alkaa kiehua, muodostaen koko ajan enemmän höyryä. Höyrystyminen aiheuttaa geysirissä purkauksen, koska höyry laajenee tilavuudeltaan yli 1500-kertaiseksi sen alkuperäisestä. Kiehumisprosessi on räjähdysmäinen, jonka seurauksena geysir purkautuu suihkuten vettä ilmaan.



Kuva 26. Geysirin rakenne.

Purkaus jatkuu kunnes vesi on käytetty loppuun tai lämpötila laskee kiehumispisteen alapuolelle. Purkauksen jälkeen samat lämpenemis- ja täyttymisprosessit alkavat uudestaan johtaen ennen pitkään uuteen purkaukseen.



Kuva27. Old Faithfulin vesiverkostosysteemi. Vesiverkostosysteemit eivät ole ainutlaatuisia, vaan ne yleensä mutkittelevat tai ne sisältävät jonkinlaisen rajoitteen tai esteen. Old Faithfulin 10,25 cm leveä rajoite sijaitsee 6,7 m syvyydessä.

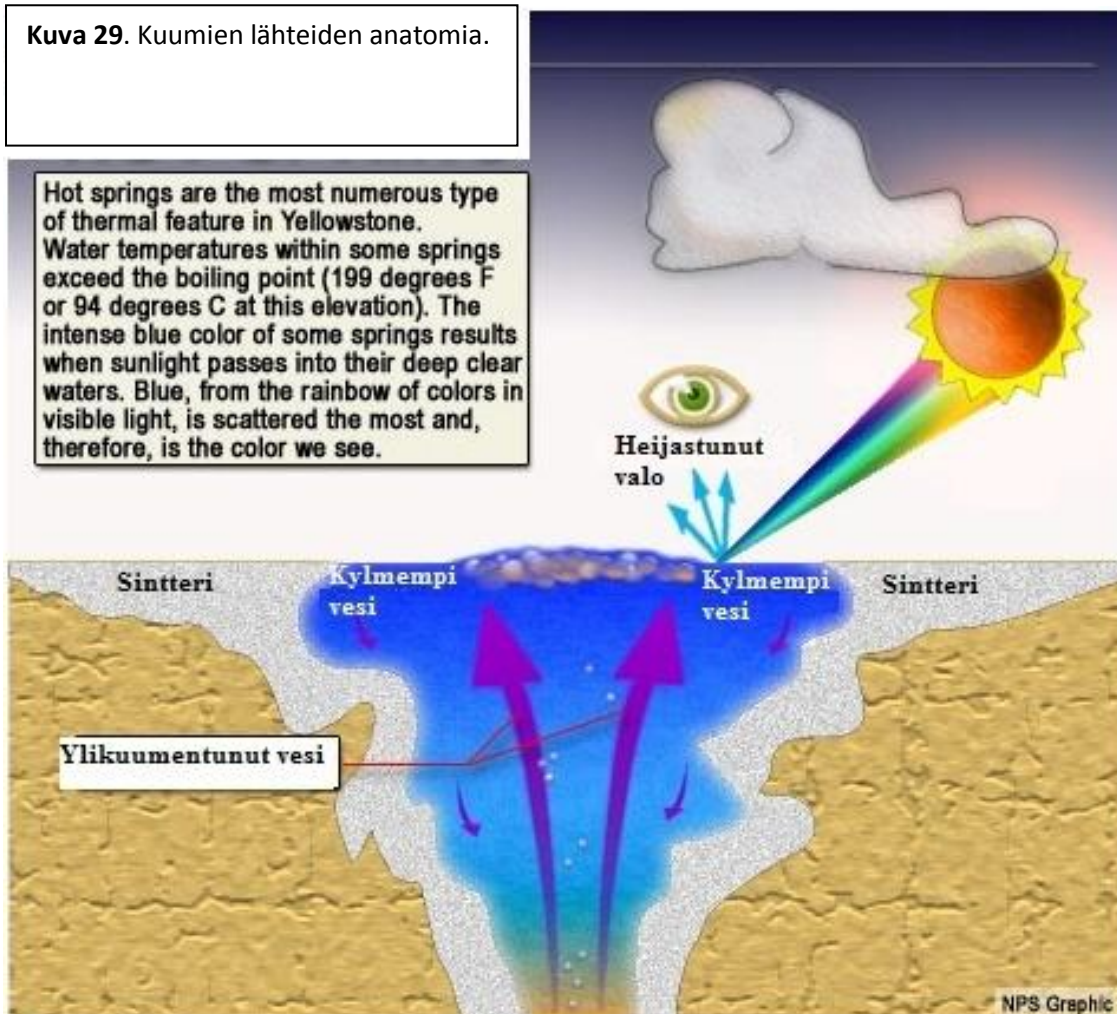
Kuumat lähteet



Kuva 28. Kuuma lähde

Kuumat lähteet ovat nimensä mukaisesti kuumia vesilähteitä. Toisin kuin geisireissä kuumissa lähteissä ei ole mitään, mikä estäisi vapaata konvektiokiertoa tapahtumasta. Siten kuumiin lähteisiin ei pääse kertymään liikaa painetta, eikä niissä tapahdu purkauksia. Kun ylikuumentunut vesi kohtaa pinnan, se viilenee ja vajoaa takaisin alas. Viilentynyt vesi korvautuu alapuolelta tulevalla lämpimällä vedellä. Tämä konvektiokierto estää vettä saavuttamasta lämpötilaa, joka tarvittaisiin geisirpurkaukseen. (NPS).

Kuva 29. Kuumien lähteiden anatomia.



Termofiilisten bakteerien värjäntyminen auringonvalossa on hyvä lämpötilaindikaattori kuumissa lähteissä. Eri bakteerit ovat myös syy siihen, miksi kuumat lähteet värjäntyvät sateenkaaren väreihin. Bakteerien avulla tehtävän lämpötilamäärityksen perusteella kuumat lähteet voidaan jakaa neljään eri alueeseen.

Korkean lämpötilan alue (>73 °C)

Kuuman lämpötilan alueella esiintyvät heterotrofiset ja lithotrofiset bakteerit ja mikrobit (archaea), jotka eivät hyödynnä fotosynteesiä. Vaikka korkean lämpötilan alueella on lukuisia ainutlaatuisia mikrobeja ja bakteereja, ovat kylmemmän alueiden mikrobikannat huomattavasti runsaammat.

Synechococcus-Chloroflexus alue (73–60 °C)

Alueen yleisimmät mikrobit ovat synechococcus ja chloroflexus. Synechococcukset ovat sinibakteereita, jotka värjäävän pinnan keltaisiksi ja vihreiksi biofilmeiksi lämpötilan ollessa 67–73 °C. Chloroflexus aurantiacus taas värjää pinnan vihreäksi ja oranssiksi lämpötilan vaihdellessa 60–68 °C.



Kuva 30. Lämpötilarajan havainnointi bakteerien esiintymisen perusteella.

Phormidium alue (60–30 °C)

Tämän alueen hallitseva sinibakteeri on phormidium, joka muodostaa bakteerialueita erilaisilla morfologioilla.

Calothrix alue (<30 °C)

Tämän lämpötila-alueen hallitseva sinibakteeri on calothrix, joka värjää pinnan harmahtavan ruskeaksi. Tämä alue sijaitsee yleensä matalalla (alle 5 cm syvyydessä), ja sillä on lähekkäin pakkautuneita vertikaalisia ja subvertikaalisia bakteeririhmastoja.



Kuva 31. Grand Prismatic Spring. Kuuma lähde, jossa bakteerien esiintymisrajat näkyvät selvästi.

Fumarolit

Fumarolit eli höyryn purkautumisaukot ovat toimintatavaltaan kuumien lähteiden tapaisia. Fumaroleissa on niin vähän vettä, että se kaikki höyrystyy ennen kuin vesi saavuttaa pinnan. Tällöin pinnalla näkyy vain purkautumisaukko, josta purkautuu jatkuvalla syötöllä tai lähes jatkuvasti höyryä. Fumarolit ovat siis kuumimpia hydrotermisiä ilmiöitä.



Kuva 32. Fumaroli.

Mutalammikot

Mutalammikot ovat happamia hydrotermisiä ilmiöitä, joissa on rajoittunut määrä vettä. Jotkut mikro-organismit käyttävät vetysulfidia (vetysulfidi nousee lähdeauilla syvältä maan sisältä) energianlähteenään. Mikro-organismit muuttavat vetysulfidikaasua rikkihapoksi, joka taas rapauttaa kiven saveksi. Monet kaasut vapautuvat vetisen saven lävitse aiheuttaen kuplinnan.



Kuva 33. Mutalammikko.

Geysir Basinien hydrogeologiaa

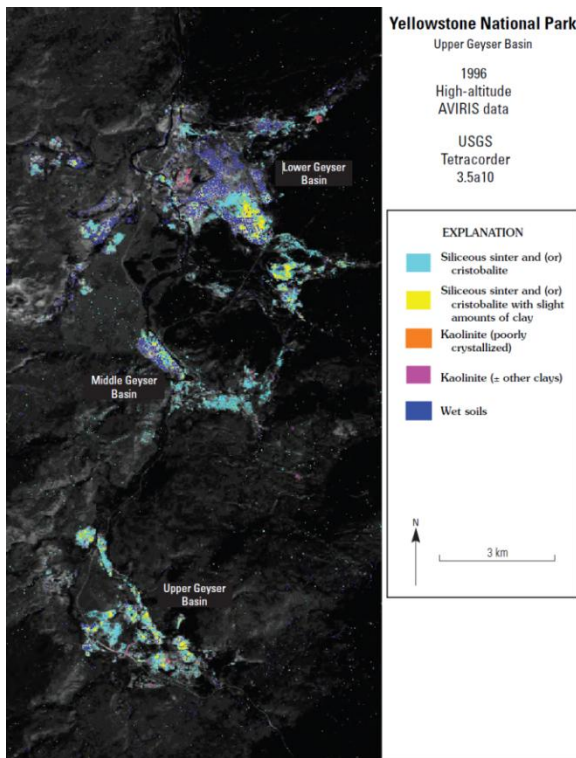
Yellowstonen alueen geysir basinien vesistä on identifioitu yhteensä neljää eri tyyppiä.

Tyyppi-1 vedet ovat pH:ltaan neutraaleja ja ne ovat kloridi-silikaatti rikkaita. Vedet ovat muuttaneet ryoliittisen sivukiven mafiset mineraalit götiitiksi, hematitiksi ja kalsedoniksi. Plagioklaasit ovat muuttuneet silikaattisintteriksi ja montmorilloniitiksi. Tyyppi-2 vedet muodostuvat vesihöyrypitoisesta kaasusta ja sisältävät vähemmän kloridia kuin muut vesityypit. Lähellä pintaa tyyppi-2 vedet happamoituvat vetysulfidin hapettumisen vuoksi ja joutuvat konvektiokiertoon ensimmäisen 30 metrin sisällä. Tyyppi-2 vedet valkaisevat ympäröivän sivukiven ja liuottavat rautaoksidi, jolloin syntyy montmorilloniittia, illiittia ja kloriittia. Tyyppi-3 vedet ovat happamia ja kloriittisulfaattirikkaita, joiden syntyyn vaikuttaa pH:ltaan neutraalin veden rajoittunut virtaus. Tämä vesi on kloriittisilikaattirikasta, joka sisältää sulfaattia ja pintavesiä (sadevettä ja lunta). Tyyppi-3 vedet valkaisevat sivukiven ja liuottavat kaiken rautaoksidin. Tyyppi-4 vedet ovat happamia ja sulfaattirikkaita. Niissä on vähän kloridia. Sen kiehuva vesi tai höyry sisältää vetysulfidia, joka johtaa alhaiseen pH:n. Tyyppi-4 vedet valkaisevat sivukiven, liuottavat rautaoksidi ja muuttavat kalimaasälvät ja sanidiinit kaoliniitiksi, opaaliksi ja kristobaliitiksi. Tyyppi-4 vedet muodostavat savimineraaleja, joista montmorilloniitti on vallitseva alle 198 °C lämpötiloissa. Montmorilloniitti-illiittikerros on vallitseva 198–238 °C välillä kun taas illiitti on vallitseva yli 238 °C.

Tyyppi-1:n kloriittirikkaat silikaattisintterikerrostumat ovat yleisiä Upper ja Lower Geysir Basinien alueilla sekä Norris Geysir Basinilla. Happamat sulfaattikerrostumat ovat tyypillisiä Norris Geysir Basinin Roaring

Mountainilla sekä Norrisin mäillä, kukkuloilla tai korkeammilla paikoilla. Yleisesti ottaen Yellowstonen kalderan alueen pH vaihtelee 7-9 välillä ja ne ovat sekä silikaatti- että kloriittirikkaita. 80–90 % Yellowstonen vesistä on tällaisia vesiä. Yellowstonen kalderan ulkopuolella osalla alueista vedet muuttuvat happamammaksi.

Upper, Lower ja Midway Geysir Basinien geologiaa



Kuva 34. Upper Geysir Basin.

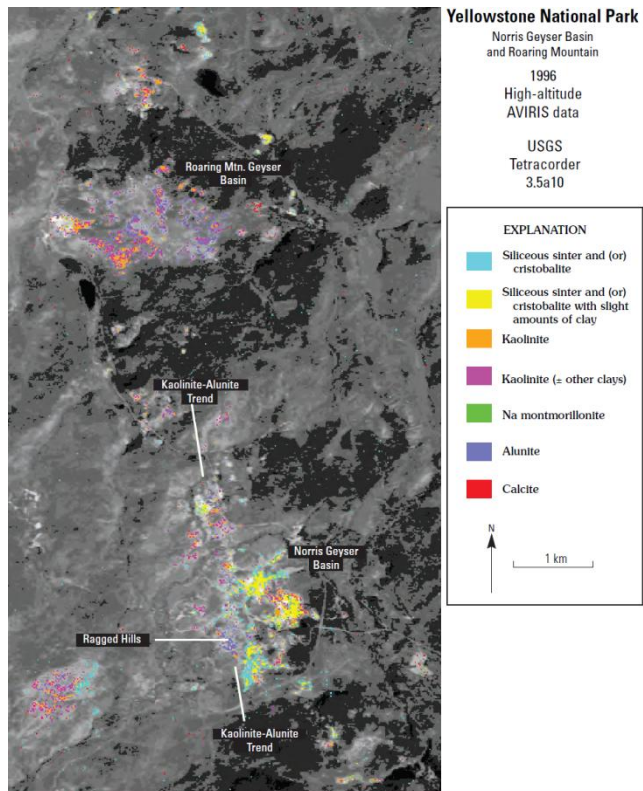
itäpuolella sekä Lower Geysir Basinin pohjois-puolella. Kaoliniitin esiintyminen tarkoittaa, että alueella esiintyy paikallisia sulfaattirikkaita fluideja, jotka ovat kuitenkin pH:ltaan neutraaleja kloridirikkaita vesiä. Kaoliniitin esiintyminen liittyy lähes aina happaman sulfaatin aiheuttamaan rapautumiseen. Kaoliniitin esiintyminen liittyy kuivaan ympäristöön, eikä sitä esiinny vetisessä maaperässä.

Näiden geyser basinien laajimmat sintterikerrostumat (kuvassa vihreällä) sijaitsevat Firehole Riverin läheisyydessä. Nämä kerrostumat ovat yleensä lähellä laaksojen pohjia ja ne ovat syntyneet neutraalista (pH) kloridirikkaasta hydrotermisestä fluidista. Firehole Riverin läheisyydessä päämineraalina on hydroterminen sintteri. Myös kaoliniittia esiintyy muutamilla alueilla (kuvassa punainen), mikä indikoi happamampia hydrotermisia fluideja.

Upper Geysir Basinin sintterikerrostumat suuntautuvat luode-kaakko suuntaisesti. Midway ja Lower Geysir Basinien sintterikerrostumat näyttävät muodostavan puoliympyrän muotoisia kuvioita. Yleisesti ottaen näiden kerrostumien sisäosissa on sintteriä, johon on sekoittunut hieman savimineraaleja, kun taas ulko-osissa on pelkkää

sintteriä. Kaoliniittikerrostumat sijaitsevat Old Faithfulin länsipuolella, Midway Geysir Basinin

Norris Geysir Basinin geologiaa



Kuva 35. Norris Geysir Basin.

Norris geysir basinin alueella on yhteensä neljä sintterikeskittymää basinin alavilla alueilla. Sen lisäksi alueella on aluniittikeskittymä lounaassa sijaitsevalla mäellä sekä kaoliinikeskittymä, joka kiertää basinin sivuilla.

Ragged Hillsin aluniitti on syntynyt rikki-isotooppiarvojen perusteella sulfaatista, joka on syntynyt höyryssä olevan vetysulfidin hapettumisesta. Aluniitin ja kaoliiniitin esiintyminen enenevässä määrin geysir basinillä saattaa tarkoittaa veden kemiallista muutosta eli pH:ltaan kloridirikkaan veden muuttumista happamaksi vesihöyryksi Norrisissa.



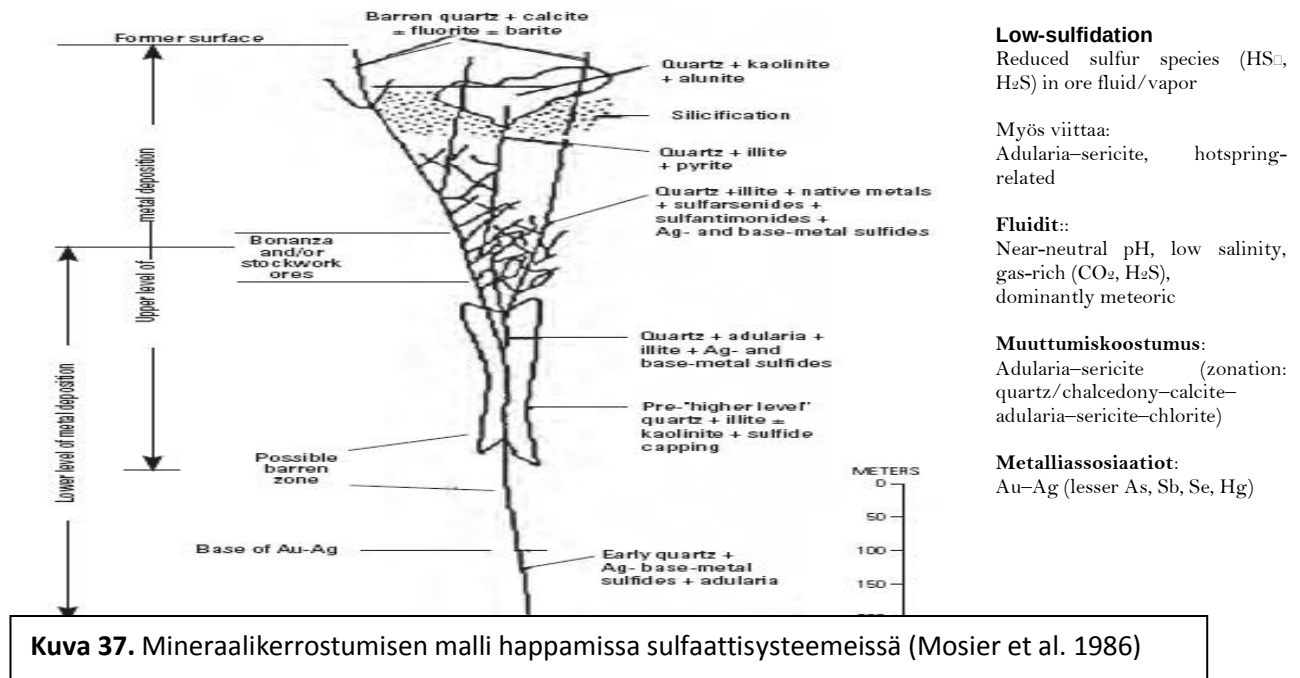
Kuva 36. Sintteriä.

Sintteri on mineraalikerrostuma, jolla on huokoinen tai rakkulainen tekstuuri. Sintteriä on kahta erilaista eli silikaattisintteriä ja kalkkisintteriä. Silikaattisintteri, jota Yellowstoneassa tavataan, on *geysiriitti* (kemiallinen kaava: $\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$). Geysiriitti on valkoista tai harmahtavaa mineraalia, jonka kemiallinen kaava on sama kuin opaalilla. Se on amorfinen silikaatti, jota esiintyy kuumien lähteiden ja geysirien reunoilla ns. peitteenä ja ne muodostavat joskus kartionmuotoisia kumpareita geysireissä (geysir cone) tai terasseja. Sintterin vuoksi kuumien lähteiden ja geysirien läheinen kasvillisuus on karua. Sintteriä syntyy,

kun kuuma vesi liuottaa vulkaanisesta sivukivestä silikaatit. Kun vesi saavuttaa pinnan kuumissa lähteissä tai geysireissä, se kylmenee ja saostuu geysiriittiä. Sintteriä tavataan Yellowstonen lisäksi Islannissa, Uudessa Seelannissa ja Steamboat Springseillä (Colorado).

Kalkkipitoinen sintteri, jota kutsutaan myös nimellä lähdekalkki (tufa), on kalsiumkarbonaattikerrostumaa. Mammoth Hot Springsillä esiintyvä travertiini on esimerkki kalkkipitoisesta sintteristä.

Malmin muodostusprosessit



Yellowstonen alapuolella syntyvää malmiota kutsutaan epitermiseksi kerrostumaksi. Se syntyy verrattain matalalla maankuoressa. Tätä malmityyppiä on tutkittu mm. Uudessa-Seelannissa, jossa sen on todettu syntyvän 50–1000 metrissä lämpötilan vaihdellessa 160–270 °C välillä. Tässä malmityypissä syntyy kulta-hopea-malmioita.

Epitermisistä kerrostumista on löydetty yhteensä kahta erilaista mineralisaatiotyyppiä: korkeata ja alhaista sulfidisaatiota. Nämä viittaavat rikin hapettumisasteeseen malmifluidissa, sen kemiaan ja pH:hon. Yellowstonen syvyyksissä tapahtuva mineralisaatiotyyppi on alhainen sulfidisaatio.

Alhaisen sulfidisaation kerrostumat liittyvät fluideihin, joita on esimerkiksi kuumissa lähteissä ja muissa geotermisissä ilmentymissä. Nämä fluidit ovat tasapainossa niiden isäntäkiven kanssa ja niissä on yleisesti ottaen meteorinen komponentti. Meteorinen vesi tarkoittaa painovoiman seurauksena maan alle vajonnutta vettä, joka nousee takaisin ylös lämmän vaikutuksesta. Todennäköisesti nämä meteoriset vedet ovat sekoittuneet magmaattisten fluidin kanssa, mikäli vulkanismia on lähellä. Alhaisen sulfidisaation kerrostumat saattavat syntyä vulkaanisten rakennelmien sisään erityisesti hiipumisvaiheessa tai esimerkiksi Yellowstonessa. Yleensä ne syntyvät kaummaksi vulkanismista. Tämän malmityypin fluidit ovat lähes nerutraaleja ja niissä on alhaiset suolapitoisuudet.

The Grand Canyon of Yellowstone (14.9.2012)

Tuomas Kauti

Yellowstonen Kansallispuistossa sijaitsee hieman tuntemattomampi Grand Canyon. Kanjoni on syntynyt Yellowstone-järvestä suoraan pohjoiseen laskevan Yellowstone-joen vesien kulutustyön seurauksena. The Grand Canyon of Yellowstone saa alkunsa Yellowstone Falls-putouksilta, mistä se jatkuu noin 38 kilometriä koilliseen. Kanjonin syvyys vaihtelee 250-370 metrin välillä ja sen leveys 450-1200 metrin välillä.



Kuva 38. Satelliittikuva The Grand Canyon of Yellowstonen alkupäästä.

Kanjonin geologiasta ei ole tehty yksityiskohtaisia tutkimuksia, mutta sen syntyyn tiedetään vaikuttaneen enemmän virtaavan veden eroosiovoimien kuin jäätiköitymisprosessien. Edellisen Yellowstonen supertulivuoren purkautumisen aikaan alue peittyi useiden laavavirtausten alle noin 600 000 vuotta sitten. Ennen purkausta tapahtunut maankohoaminen sai myös aikaan alueen kallioperän siirrostumista. Siirrokset erilaisten kivilajiyksiköiden välillä mahdollistavat vesiputousten synnyn. Kanjonin nykyinen sijainti on luultavasti seurausta tästä kohoamisesta ja siihen liittyvistä siirroksista, jotka mahdollistivat eroosion jatkumisen kiihtyvällä tahdilla. Lisäksi alueen yli on pyyhkäissyt jäätiköitä useiden jääkausien aikana. Jäätikkökerrostumat ovat luultavasti täyttäneet kanjonin monia kertoja, mutta niistä on jäänyt vain vähän tai ei ollenkaan todisteita.

The Lower Yellowstone Falls-putouksen alajuoksulla on ollut geotermistä aktiivisuutta, mm. geysirejä, mikä oli seurausta rhyoliittisista laavavirroista, ekstensiivisestä siirrostumisesta ja hot spotin tuomasta lämmöstä. Ei tiedetä varmasti milloin alueen geysiriallas muodostui, mutta luultavasti se oli vielä olemassa viimeisimmän jäätiköitymisen aikaan. Geysiirin aiheuttamat kemialliset reaktiot ja lämpö saivat rhyoliitissä aikaan hydrotermisiä muutoksia, tehden siitä pehmeää ja haurasta, eli helpommin erodoituvaa. Kuumat lähteet ja geysiirit, joita kanjonissa vieläkin tavataan, ovat todisteita tästä termisestä aktiivisuudesta. USGS:n geologi Ken Piercen mukaan viimeisen jääkauden lopulla, noin 14 000-18 000 vuotta sitten, Yellowstone-järven suulle muodostui suuria jääpatoja. Näiden patojen sulaessa syntyi sarja massiivisia tulvia,

joiden valtavat eroosiovoimat kuluttivat kanjonin pitkälle sen nykyiseen muotoon. Kanjoni on perinteinen V-laakso –tyypin muodostuma, mikä antaa viitteitä sen olevan ennemminkin jokieroosion kuin jäätikköeroosion muovaama. Yellowstone-joki erodoi kanjonia edelleen.

Grand Canyonin seinämien silmiinpistävä värikkyyys on myös seurausta hydrotermisestä muuntumisesta. Kanjonin rhyoliittiset kivet sisältävät erilaisia rautayhdisteitä. Näissä rautayhdisteissä tapahtui kemiallisia reaktioita vanhan geysiirialtaan ollessa vielä aktiivinen. Altistuminen eri alkuaineille sai aikaan kivessä värimuunnoksia. Pinnalla kivet hapettuvat eli kanjoni ruostuu. Värit indikoivat veden mukanaoloa tai sen puuttumista tietyissä rautayhdisteissä. Suurin osa kellertävästä väristä kerrostumissa johtuu kivissä olevasta raudasta. Kuitenkin usein ihmiset luulevat tämän johtuvan rikistä.



Kuva 39. Näkymä Grand Canyonin alajuoksulle.

Grand Canyon saa alkunsa kahdesta vesiputouksesta; Upper Yellowstone Falls ja Lower Yellowstone Falls. Edellinen on 33 metriä korkea ja putouksen reuna on raja kovan rhyoliittisen laavakerrostuman ja voimakkaammin erodoituneen, lasimaisen laavakerrostuman välillä. 400 metriä alajuoksulle edettäessä seuraa suurempi putous, Lower Yellowstone Falls, jonka pudotus on 94 metriä. Se on koko Kalliovuorten suurin vesiputous.



Kuva 40. Lower Yellowstone Falls kuvattuna koillisesta Lookout Point-näköalatasanteelta.

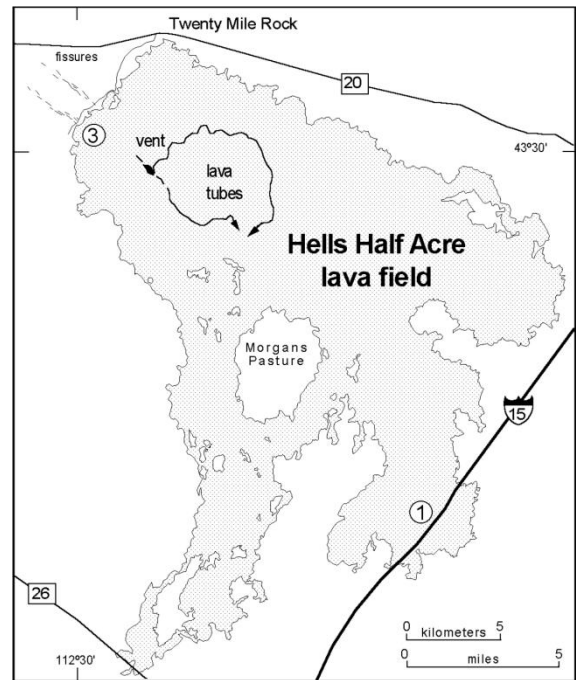
Ekskursioseurueemme ajoi yksisuuntaista Grand Loop Roadia pitkin pohjoiseen ja saavuimme kanjonille 14. syyskuuta klo 18.00, noin tuntia ennen auringonlaskua. Energisimmät meistä riensivät Lower Yellowstone Falls-putouksen reunalle vievälle raskaalle polulle, jonka päässä sijaitsee Brink of the Lower Falls-näköalatasanne. Polku on noin 600 metriä pitkä ja sen korkeusvaihtelu on 150 metriä, mutta palkintona uurastaja pääsee ihailemaan veden syöksyä putoukseen aivan muutaman metrin etäisyydeltä joesta. Tämän jälkeen suuntasimme hieman edemmäksi alajuoksulle Lookout Point-näköalatasanteelle, josta yllä oleva kuva on otettu. Ehdimme vielä tehdä nopean kuvauspysähdyksen Inspiration Point-näköalatasanteelle ennen kuin aurinko painui horisonttiin. Sieltä avautuu esteetön näkymä sekä lounaaseen takaisin putousten suuntaan kuin koilliseenkin, missä kanjoninäkymä jatkuu kilometrien päähän joen kulkusuuntaan. Ehdottoman suositeltava vierailukohde!

Hell's Half Acre - basalttikenttä (15.9.2012)

Johanna Savunen

Yellowstonen jälkeen matkalla kohti Salt Lake Cityä pysähdyimme valtatie I-15:sta varrella Hell's Half Acre basalttikentällä lähellä Idaho Fall'sin ja Blackfootin kaupunkeja. Hell's Half Acre sijaitsee Idahon osavaltiossa Snake River –tasangolla, joka koostuu useista laavakentistä, Hell's Half Acren ollessa niistä itäisin ja toiseksi suurin. Kiersimme alueella kiertävän lyhyen, alle mailin pituisen polun, jonka varrella on alueen geologiaan liittyviä infotauluja.

Nykyisen käsityksen mukaan Snake River tasangon itäiset osat ovat muodostuneet Pohjois-Amerikan mannerlaatan kulkiessa Yellowstonen hot spotin yli. Snake River –tasanko on yhteensä noin 390 neliökilometrin laajuinen laavakenttä, joka leikkaa aikaisemmin muodostunutta Basin & Range-aluetta. Purkautunut magma on ollut pääasiassa tholeiittista basalttia, johon on kiteytynyt oliviinia. Hells Half Acre basalttikenttä on kemiallisesti ja litologisesti hyvin homogeeninen ja se on muodostunut mioseeni- ja plioseeni-aikakaudella muodostuneiden ryoliittisten tuffi-kerrosten päälle. Basalttikenttä on muodostunut pääasiassa hitaasti virranneesta pahoehoe-laavasta, joka on purkautunut matalasta kilpitulivuoresta. Pahoehoe-laava on normaalisti kuumaa, noin 1100 asteista ja sille on tyypillistä nopea virtaus laajalle alueelle ja jähmettyessä muodostuva köysimäinen olemus. Alueella voi nähdä lisäksi myös pylväsbasalttia. Hell's Half Acren basalttikentän purkaus tapahtui noin kolme kilometriä pitkältä koillis-lounas-suuntaisesta raosta. Purkaukset alkoivat noin 15 000 vuotta sitten ja viimeisin purkaus oli vain noin 5200 vuotta sitten. Basalttikenttä on sen verran nuori, että alueella ei ole juurikaan maaperää ja vain vähän kasvillisuutta.



Kuva 41. Hells Half Acre.

Laavakentällä on kolme isoa jyrkkäreunaista, päältä tasaista kukkulaa (engl. butte), jotka ovat muodostuneet paljon ennen itse laavakenttää. Suurimman ja eteläisimmän iäksi on arvioitu noin 300 000 vuotta ja kahden muun noin 600 000 vuotta. Eteläinen ja itäinen kukkula muodostuivat, kun ryoliittidoomi nousi vanhempaan basalttikenttään. Keskimäinen kukkula on kivettynyt kappale basalttia, jonka vulkaaninen paine on nostanut pintaan. Eteläinen Big Southern Butte nousee noin 740m korkeammalle kuin ympäröivä laavakenttä ja näkyy kauas. Uudisasukkaat käyttivätkin näitä kukkuloita apuna suunnistaessaan kohti länttä.



Kuva 42. Hell's Half Acre - basalttia.



Kuva 43. Hell's Half Acre - basalttia.

Basin & Range-alue

Johanna Savunen

Basalttikenttien ja Snake River tasangon jälkeen tie kulki Basin & Range alueen läpi, jolle on tyypillistä vuorijonot ja niiden välissä kulkevat laaksot. Vuorijonot kulkevat luode-kaakkosuunnassa ja I-15 kulkeekin pääasiassa yhdessä näistä laaksoista. Kyseinen Basin & Range alue jatkuu lähes läpi koko läntisen mantereen. Alue on muodostunut ekstensiossa, jota edelsi vuorijononmuodostus Tyynenmerenlaatan työntyessä Pohjois-Amerikan laatan alle. Paine oli tuolloin koillis-lounas suunnassa. Tämä päättyi eoseenikaudella, jolloin tilalle tuli ekstensio ja ekstensioirrokset. Pääasiassa siirrokset ovat listrisiä normaalsiirroksia, jotka siis taipuvat lähes vaakasuuntaisiksi kuoren syvyyksissä.

Salt Lake City (16.9.2012)

Johanna Savunen

Salt Lake Cityssä yövyimme jälleen Motel 6:ssa aika lähellä keskustaa. Salt Lake City on USA:n mittapuulla suhteellisen pieni kaupunki ja kävellen pääsi keskustassa helposti joka paikkaan. Kaupungissa asuu n. 180 000 asukasta, suurkaupunkialueella kuitenkin jopa 1,1 miljoonaa. Kaupunki sijaitsee Utahin osavaltiossa Ison Suolajärven rannalla, jossa osa kävi myös uimassa. Kaupunki on perustettu 1847 mormoniseurakunnan johdolla ja mormonien kirkon päämaja on kaupungissa edelleen. Kaupunki sijaitsee 1300 m korkeudessa ja sen lähistöllä olevan vuoriston huiput kohoavat jopa yli 3500 metriin. Kaupunki on vaurastunut kaivos- ja rautatietoiminnan ansiosta. Sen lähistöllä sijaitsee Binghamin avolouhos, joka on yksi maailman suurimmista.

Bingham Canyon Mine (17.9.2012)

Henna Murto

Maanantaina 17. syyskuuta Pultereiden USA:n ekskursionporukka suuntasi Salt Lake Citystä kohti St. Georgea. Salt Lake Cityn ulkopuolella pysähdyimme vierailemaan Bingham Canyonin kuparikaivoksella, maailman suurimmalla ihmisen tekemällä kaivauksella.



Kuva 44. Satelliittikuva Binghamin Canyonin kuparikaivoksesta.

Bingham Canyon, eli Kennecottin kuparikaivos, on maailman suurin avolouhos. Kuparikaivos sijaitsee lähellä Salt Lake Cityä, Utahin osavaltiossa, Yhdysvalloissa. Esiintymä löydettiin vuonna 1848, mutta kaivos aloitti toimintansa vasta vuonna 1906 ja nykyään sen omistaa englantilainen kaivosyhtiö, Rio Tinto Group. Oquirrh-vuoristossa sijaitseva avolouhos on 1210 metrin syvyinen, neljä kilometriä leveä ja pinta-alaltaan 770 hehtaaria. Historiansa aikana kaivos on tuottanut 19 miljoonaa tonnia kuparia. Vuosittaisen noin 273 000 kuparitonnin lisäksi Bingham Canyonin kaivos tuottaa vuosittain myös noin 11,34 tonnia kultaa, 113,4 tonnia hopeaa, 13500 tonnia molybdeeniä sekä 910 000 tonnia rikkihappoa.

Bingham Canyonin malmi on porfyryinen kupariesiintymä, joka on syntynyt kvartsimontsoniitin intrudoituessa sedimenttikiveen. Alueen vanhimmat kivet (hiekkakivet, kvartsiitit sekä kalkkikivet) ovat alun



Kuva 45. Bingham Canyonin avolouhos.

perin kerrostuneet sedimentteinä matalaan veteen noin 300 miljoonaa vuotta sitten. Myöhemmin, 60 - 135 miljoonaa vuotta sitten, sedimentit poimuttuivat Oquirrh-vuoriston muodostumisen yhteydessä. 30 - 40 miljoonaa vuotta sitten osittain sulanut merellinen kuori intrudoitui sedimenttikiviin muuttaen niiden ja vanhempien magmakivien koostumusta. Jäähtyessään magma muodosti suuria metalliesiintymiä laajalle alueelle magma- ja sedimenttikiviin. Muodostuma tunnetaan nykyään nimellä Bingham Stock. Kuparimineraalien, pääosin kuparikiisun, pitoisuudet malmissa ovat melko pieniä ja ne ovat levinneet graniittityypin isäntäkiveen laajalti, pieninä juonina. Ajan saatossa alueelta on erodoitunut yli 2,2 kilometriä vanhaa vuoristoa pois tuoden kupariesiintymät lähemmäs pintaa.

Ekskursion aikana vierailimme Bingham Canyonin kaivoksella 17. syyskuuta 2012. Vierailusta oli sovittu etukäteen ja meille oli järjestetty esittely kaivoksesta, esiintymästä ja alueen geologiasta. Esittelyn meille piti geologi Kim Schroeder. Saimme myös mukaamme kivilajeja kaivoksesta. Itse kaivokseen emme päässeet vierailulle, mutta esittelyn lisäksi pääsimme tutustumaan kaivoksen vierailukeskukseen, missä esiteltiin kaivoksen toimintaa, esiintymän muodostumista sekä sen hyödyntämiseen käytettyä tekniikkaa. Esillä oli myös vanhoja ja nykyisiä kaivoksessa käytettäviä työkaluja sekä alueen kivilajeja ja mineraaleja. Vierailukeskus sijaitsi aivan avolouhoksen vieressä ja pystyimme seuraamaan kaivoksen toimintaa avolouhoksen reunalta.



Kuva 46. Bingham Canyonin avolouhos.

Rhyoliten aavekaupunki (18.9.2012)

Lea Silto

Kullan kaivostoiminnan historia on Kuolemanlaaksossa lyhyt mutta intensiivinen. Kalifornian kultaryntäys alkoi 1800-luvun puolessa välissä ja pieni osa kullanetsijöistä jäi laaksoon. Ensimmäiset pienet kultakaivokset rakennettiin kuitenkin vasta 1800-luvun lopussa. 1800- ja 1900-lukujen taitteessa Kuolleeseenlaaksoon suuntautui pieni kultaryntäys ja rankoista oloista huolimatta laaksoon perustettiin kymmeniä pieniä kaivoksia joissa louhittiin hyrdotermistä kultaa. Merkittävimpiä kaivoksia ja niiden viereen syntyneitä kaupunkeja olivat Rhyolite, Skidoo ja Keane Wonder.

Rhyoliten asukasmäärä oli suurimmillaan noin 10 000. Nykyään Rhyolite on aavekaupunki, jossa ei asu ketään. Joidenkin talojen julkisivut ovat pysyneet pystyssä, tosin raunioihin meneminen on ankarasti kielletty. Mielenkiintoista oli havaita että yksityisten yritysten, kuten saluunojen ja kauppojen, rakennukset olivat paremmassa kunnossa kuin entisten "valtionvirastojen" julkisivut. Johtuuko tämä erilaisesta rakennustavasta vai huolenpidosta, se ei käynyt ilmi. Puurakenteita ei näkynyt juuri missään. Kaupungin keskusta noudatteli samaa kaavaa kuin nykyiset amerikkalaiset pikkukaupungit, kaikki liikkeet ja toimistot olivat yhden tien varrella. Aavikko on selvästi vaatimassa omaansa takaisin ja monet rakennukset olivatkin jo osittain hautautuneet hiekkaan. Kuolemanlaakso on nimensä veroinen, se on äärimmäisen kuuma ja kuiva alue, jossa eläminen ja kaivostoiminnan harjoittaminen on vaatinut suunnattomia ponnistuksia.



Kuva 47. Rhyolite

Kuolemanlaakso (18.-19.9.2012)

Matti Latikka



Kuva 48. Hiekkadyvnejä Kuolemanlaaksossa

Kuolemanlaakso on aavikkolaakso itäisessä Kaliforniassa Sierra Nevadan vuoristosta lounaaseen. Tämä laakso on Pohjois-Amerikan matalin ja kuivin paikka. Siellä on mitattu maailman korkein ilmanlämpötila (56,7 celsiusastetta). Ilmastoidusta autosta ulos astuessa laakson nimi avautui täysin: paikka ei todellakaan ole elämistä varten. Lämpötila oli vierailumme aikana +44 astetta (yöllä +26) ja ilma järkyttävän kuiva. Ilmasto on tällainen, koska ympäröivät vuoret estävät Tyyneltämereltä tulevia sateita pääsemästä laaksoon.

Kuolemanlaaksolla on pitkä ja monimuotoinen geologinen historia. Vanhimmat kivet ovat 1,7 miljardia vuotta vanhoja, gneissiytyneitä prekambrisia vulkaniitteja ja sedimenttejä Badwaterissa. Voimakkaasti metamorfoitumisesta johtuen niiden historia on hankalasti tulkittava, mutta noin 500 Ma vanhat hiekka- ja kalkkikivet viittaavat alueen olleen matala meri suurimman osan Paleotsooista kautta.

Mesotsooisella kaudella Farallonin mannerlaatta alkoi liukua Pohjois-Amerikan laatan alle ja syntynyt subduktiovyöhyke aiheutti laaja-alaista deformaatiota, siirrostumista, vuoriston kohoamista ja tulivuoria hävittäen Paleotsooisen meren. Miljoonien vuosien kuluessa eroosio kuitenkin kulutti alueen topografian suhteellisen tasaiseksi.



Kuva 49. Zabriskie Point.

Noin kolme miljoonaa vuotta sitten kuoren liikedynamiikka muuttui, ja Kuolemanlaakson selkeimmät piirteet alkoivat muodostua. Silloin kompressionaalinen tektoniikka vaihtui ekstensioon, ja suuret kiviysiköt alkoivat hitaasti liukua toistensa ohi muodosten normaalisiirroksin graben ja horst -rakenteita, jotka ilmenevät vaihtelevina laaksoina ja pieninä vuorijonoina alueella. Alue onkin tyypiesimerkki basin and range -geomorfologiasta.

Kuolemanlaaksossa on monimutkaisia strike-slip-siirrossysteemejä, mutta Kuolemanlaakson erikoiseen syvyyteen johtaneen, ympäröivää aluetta voimakkaamman ekstension selittää pitkälti vasenkätinen, lateraali strike-slip-liike, joka vetää Panamintin vuorijonoa länteen ja aiheuttaa Kuolemanlaakson grabenin liukumisen alaspäin Furnace Creekin siirrosta pitkin.

Rakenteellisten muutosten lisäksi Kuolemanlaaksossa on tapahtunut suuria ilmastollisia muutoksia viimeisen kolmen miljoonan vuoden aikana. Laaksoa peittivät suuret järvet, jotka evaporoituivat noin 10 000 vuotta sitten ilmaston lämmitessä jääkauden jälkeen jättäen jälkeensä suolakerrostumia. Pohjois-Amerikan matalin kohta Badwater (86 metriä merenpinnan alapuolella) on noin 4 miljoonaa vuotta sitten muodostunut suolatasanko.



Kuva 50. Badwaterin suolatasanko.

Mountain Pass (19.9.2012)

Toni Metsänkylä

Matkalla Death Valleysta Las Vegasiin pysähdyimme Mojaven autiomaassa lähellä osavaltioiden rajaa sijaitsevan Mountain Passin REE-kaivoksen liepeille. Koska lupaa kaivosalueelle menemiseen ei ollut, tyydyimme kuuntelemaan kaktusten seassa Jeremyn lyhyttä maastoluentoa alueen geologiasta ja kaivoksen vaiheista.

Mountain Pass on harvinaisia maametalleja (rare earth elements, REE) tuottava avolouhos, joka aikanaan tyydytti suurimman osan koko maailman REE-tarpeista. Kaivos suljettiin 2002 REE-metallien hintojen alennuttua sekä ympäristövaikutusten takia. Nyt tilanne on taas muuttunut, ja kaivosta nykyaikaistetaan ja laajennetaan.

Mountain Passin alueella sijaitsee 1,4 miljardia vuotta vanhoja gneissiin tunkeutuneita karbonatiitteja, joissa on bastnäsiitti-nimiseen mineraaliin sitoutuneena jopa 10% REE-metalleja, kuten ceriumia, lantaania, neodyymiä ja europiumia.



Kuva 51. Mountain Passin kaivos

Las Vegas (19.-20.9.2012)

Mathias Hagback

Las Vegas ei itsessään ole geologinen nähtävyys vaan lähinnä huvittelun ympärille rakennettu suurkaupunki Nevadan osavaltiossa. Lähistöltä löytyy myöskin geologisia nähtävyyksiä esim. Red Rock Canyon, joka koostuu hiekkakivimuodostelmista.

Kaksi päivää kestäneen pysähdyksemme aikana keskityimme lähinnä tarkastelemaan amerikkalaista kulttuuria sekä Sin Cityn antimia. Saavuimme Las Vegasiin 19.9.2012 jossa majoituimme Motel 6 Tropicanaan noin puolilta päivin. Pitkän ajomatkan jälkeen pidimme virkistymistauon ja illan hämärtyessä suuntasimme koko porukalla syömään Motel 6:en vieressä sijaitsevaan Casino Hotel Hootersiin. Syömisen ja nopean motellilla käynnin jälkeen lähdimme tarkastelemaan Las Vegasin yöelämää. Asia mikä luultavimmin kiemurtelee tiensä ihmismieleen kun puhutaan Vegasista on sen monet kasinot. Niissä koitti onneaan yksi jos toinenkin ryhmämme jäsenistä hyvin vaihtelevin lopputuloksin. Suurin osa kasinoista pysyy auki kellon ympäri, joka on huono asia jos kärsii lievästä peliriippuvuudesta. Ensimmäisen päivän ilta/yö jatkui Las Vegas bulevardia pitkin poukkoillessa. Seuraava päivä 20.9 oli vapaa päivä jonka ihmiset saivat viettää haluamallaan tavalla. Osa suuntasi kohti outlet storeja, joita löytyy pilvin pimein Las Vegasin liepeillä sijaitsevista kauppakeskuksista kun taas jotkut viettivät aikaansa rentoutuen monien ajettujen kilometrien jälkeen muiden aktiviteettien parissa. Illalla suuntasimme jälleen Vegasin loputonta valoshowta ihmettelemään. 21.9 aamulla pakkasimme tavaramme ja jätimme maailman viihdekeskuksen taaksemme suuntana 400 km päässä sijaitseva Bryce Canyon. Varmasti mielenkiintoinen pysähdyspaikka kaikille mukana olleille, joko hyvässä tai pahassa.



Kuva 52. Las Vegas ja pojat.

Zion National Park (21. ja 23.9.2012)

Heli Hevonoja

Zion, joka tarkoittaa ”luvattua maata”, on todella näyttävä ja kaunis kansallispuisto. Suuri korkeusvaihtelu puistossa, kanjonien pohjalta (n. 1097 metriä merenpinnasta) korkeille tasanteille (n. 2652 m), on luonut hyvin rikkaan luonnon ja eläimistön alueelle. Zionin maisema on muokkaantunut vuosimiljoonien aikana jokien ja purojen sitä kuluttaessa.

Zionin Geologia

Zion sijaitsee Colorado plateaun reunalla ja kuuluu yhdessä *Bryce Canyonin* ja *Grand Canyonin* kanssa niin sanottuun *Grand Staircaseen*. Vuosimiljoonien aikainen sedimentaatio ja tektoniikka on johtanut siihen, että Bryce Canyonin pohjimmainen kerrostuma on Zionin päällimmäinen ja Zionin pohjimmainen on Grand Canyonin päällimmäinen kerrostuma.

240 miljoonaa vuotta sitten Zion oli tasainen lähellä meren pintaa oleva sedimentaatio allas. Ympäröivästä vuoristosta erodoitui kiviainesta ja purot kuljettivat ja kerrostivat aineksen altaaseen. Kerrostuneiden sedimenttien paino johti altaan vajoamiseen ja näin aina päällimmäisin kerrostuma oli lähellä merenpintaa. Ilmaston muutokset ja tektoniset liikunnot johtivat alueen muuttumiseen matalasta merestä rantaterasseiksi ja siitä aavikoksi, kunnes sedimenttipatjoja oli 3084 metrin paksuudelta jolloin aktiivinen sedimentaatio loppui.

Age	Formation	Member	Symbol	Depositional Environment
Quaternary			Qa	Alluvial
			Qat	Alluvial terrace
			Qe	Eolian
			Ql	Lacustrine
			Qbcr	Debris-flow with boulders
			Qb	Basalt flow
Tertiary			Qms	Mass-movement (landslide)
			Ta	Alluvial fan
Cret.	Lower	Dakota	Ti	Qtz monzonite (igneous)
			Kd	Alluvial fan to marginal marine
Jurassic	Middle	Carmel	Jcw	Not in Zion
			Jcp	Marginal marine, arid coastal
			Jcx	Marginal marine, arid coastal
		Temple Cap	Jcc	Open & restricted marine
			Jtw	Coastal dunes
	Lower	Navajo	Jts	Warm shallow marine
			Jnw	Coastal eolian dune fields (erg)
			Jnp	Coastal eolian dune fields (erg)
		Kayenta	Jnb	Coastal eolian dune fields (erg)
			Jk	Fluvial, playa, some lake
Triassic	Upper	Chinle	Jms	Fluvial channel fill
			Jmw	Ponds & lakes
		Moenkopi	Jmd	Fluvial, lake, flood plain
			Jm	Meandering stream, lake, coastal lowland
			Jm	Braided stream, valley-fill
	Lower	Moenkopi	TRcp	Tidal flat & coastal plain
			TRcs	Restricted marine
			TRmu	Tidal flat & coastal plain
			TRms	Shallow marine
			TRmm	Tidal flat & coastal plain
Permian	Lower	Kaibab	TRmv	Shallow marine
			TRml	Tidal flat & coastal plain
		Toroweap	TRmt	Shallow marine
			TRmr	Fluvial channel fill & regolith
			TRmr	Fluvial channel fill & regolith
Permian	Lower	Kaibab	Pkh	Shallow marine, near-shore envs.
			Pkf	Shallow marine, near-shore envs.
		Toroweap	Ptw	Coastal sabkha, eolian dunes, marine
			Ptb	Marine

Kuva 53. Zionin kansallispuiston sedimentoitumisympäristöt.
(http://www.nature.nps.gov/geology/parks/zion/geol_history.cfm)

AGE (millions of years)	FORMATION (thickness in feet)	SYMBOL	LITHOLOGY
QUATERNARY (0-1.8)	100 units on map	Q	Unconsolidated material & volcanic rocks
TERTIARY (1.8-65)	3 map units	T	Igneous & sedimentary rocks
CRETACEOUS (65-144)	Dakota? (100)	Kdm	Sandstone, tan, fine-grained, fossil plants and pelecypods.
JURASSIC (144-206)	Carmel (850)	Jc	Limestone, tan & gray, sandstone & siltstone, banded pink & gray, gypsum, sandstone, fine-grained
	Temple Cap (0-260)	Jt	Sandstone, gray & tan, crossbedded
	Navajo Sst. (2000 max.)	Jn	Sandstone, white, gray, yellow, tan, pink, medium to fine-grained, crossbedded
	Kayenta (600)	Jk	Mudstone, reddish brown, siltstone, & sandstone. Dinosaur trackways common.
	Moenave (490)	Jm	Sandstone, mauve, overlying reddish-brown siltstone & mudstone
TRIASSIC (206-248)	Chinle (400)	TRc	Shale, mauve, gray, white, weathered to clay where exposed, with sandstone and limestone lenses.
	Moenkopi (1800)	TRm	Siltstone & mudstone, red & red-brown, w/ many gray gypsiferous shale beds
PERMIAN (248-290)	Kaibab (incomplete)	Pk	Limestone, yellowish gray, massive w/ chert & marine fossils.
	Toroweap (360-400)	Pt	Limestone, cherty limestone, & gypsiferous siltstone

Unconsolidated sediments	Sandstone	Gypsum
Igneous rocks	Conglomerate	High-angle cross-bedding
Shale	Cherty Limestone	Regional Unconformity
Siltstone	Limestone	

Kuva 54. Zionin kansallispuiston stratigrafia.

(http://www.nature.nps.gov/geology/parks/zion/geol_history.cfm)

Alue Zionista Kalliovuorille koki voimakasta vuorijonopoimutusta ja tämän seurauksena maa kohosi merenpinnan tasolta yli 3000 metrin korkeuteen. Prosessi ei ollut nopea, vaan hyvin hidas ja maan kohoamista tapahtuu edelleen. Viimeisin 5,8 Ml maanjäristys tapahtui vuonna 1992, järistys aiheutti puistossa maanvyöryjä ja suuria lohkaraita tippui kanjonien seinämitä.

Orogenian jälkeen *Virgin River* alkoi kaivertamaan tietään läpi sedimenttikerrostumien. Joen virtaama oli voimakas, näin ollen kulutus ja kuljetus voima oli huomattava. Kapeat kanjonit ovat syntyneet joen kulutuksen voimasta ja leventyneet maanvyöryjen ansiosta. Sedimenttipatjojen koostumus eroista johtuvat kestävyys erot ovat olennaisessa osassa Zionin kanjonien omanlaisen ulkomuodon synnyssä. Varsinkin *Navajo* ja *Kayenta* muodostumilla on suuri rooli Zionin ulkonäössä. Navajon alla oleva Kayenta erodoituu herkemmin, jolloin Kayentan erodoituessa Navajo jää roikkumaan tyhjän päälle kunnes se romahtaa alas. *Virgin River* virtaa ja laajentaa kanjonia edelleen.

Vaellukset Zionissa

Saavuimme Zioniin ensimmäisen kerran 21.9.2012. Koska olimme ajaneet koko päivän Las Vegasista, ajelimme puiston shuttelilla ja teimme melko lyhyen kävelyenkin kanjonin pohjalla jokea seuraten. Reitin nimi oli *Riverside walk*, matkaa tuli yhteensä pari mailia eli noin kolme kilometria. Vaellus oli todella helppo ja polut päällystettyjä. Kanjonin pohjalla maasto oli tasaista ja sai vain nauttia melko trooppisen oloisesta ympäristöstä. Hurjia maaoravia tuli kuitenkin varoa, useat kyltit hyvin karmaisevien kuvien kera suosittelivat olla tunkematta kättä näiden söpöjen karvapallojen ulottuville. Halutessaan reittiä pystyi jatkamaan eteenpäin *Zion Narrows* polkua pitkin jokea ylitellen, kenkien kustannuksella ja pahimmassa tapauksessa jokeen pyllähtäen.



Kuva 55. Zion Narrows.

Lähtiessämme Zionista kohti *Bryce Canyonia* illan hämärtyessä päätimme käydä vielä Zionin *Canyon Overlookilla*. Ehdimme juuri näköalapaikalle, kun aurinko laski vuorien taakse. Kanjonin seinämät hohkasivat punaisenaan ja paikalta oli hurja pudotus kanjonin pohjalle. Visiittimme jäi kuitenkin todella lyhyeksi, koska pimeys alkoi laskeutua. Polku takaisin autoille oli ajoittain melko haastavakin hämärtyvän illan valossa.

Palasimme Zioniin muutamaa päivää myöhemmin sunnuntaina 23.9.2012. Tällöin vietimme koko päivän puistoa tutkien ja kukin omien kiinnostustensa mukaan vaelellen. Pieni ryhmä lähti valloittamaan hurjaksikin kuvattavaa reittiä, *Angels Landingia*. Kyltin mukaan vuoden 2004 jälkeen reitillä oli kuollut kuusi ihmistä, joten varovaisuutta noudatettiin polvet täristen. Reitti koostui niin sanotusti kahdesta osuudesta. Ensin nousimme jyrkkää siksakkia ylös kohti varsinaisen huipun juurta, polun nimi oli *Walter's Wiggles*. Tämän jälkeen reitti tuntui enemmän kiipeilyltä kuin vaeltamiselta. Varsinainen Angels Landing koostui ketjuilla varustetusta kapeasta polusta, jossa jyrkät pudotuksen olivat muutamien senttien päässä. Ajoittain reitti oli melko haastavakin, mutta huipulle päästyä oli maisema jokaisen hikipisaran ja sydämen tykytyksen arvoinen.



Kuva 56. Angels Landing.

Zionin kansallispuistossa oli mahdollista ajella shuttleilla edes takaisin ja kuunnella pohjoiseen mentäessä valmista opasnauhaa, mutta paljon antoisampaa oli ajella takaisin etelään kohti Visitor centeriä ja kuunnella kuljettajien tarinoita alueesta. Puistossa oli myös mahdollista tehdä lyhyempiä vaelluksia, kuten *Emerald Pools trail*, jossa pääsi ihastelemaan vesiputouksia, altaita ja monoliitteja. Jos laiskotti saattoi Visitor Centerista ottaa shuttlein *Zion Lodgeen* ja istuskella siellä kahvin tai tuopin ääressä koko päivän.

Bryce Canyon National Park (22.9.2012)

Kaisa Salonen

Bryce Canyon on Lounais-Utahissa, 2400 – 2700 metrin korkeudessa sijaitseva kansallispuisto. Nimestään huolimatta se ei ole virtaavan veden muodostama ”oikea” kanjoni. Bryce Canyonissa kivilajeina on pääasiassa kalkkikiveä, hiekkakiveä ja savikiveä, jotka eroosio ja pakkasrapautuminen ovat muotoilleet erilaisiksi torneiksi, huipuiksi, ikkunoiksi ja sokkeloiksi. Bryce Canyon on kuuluisa erityisesti pylväsmäisistä muodostumista (hoodoo).

Bryce Canyonin muodostumat ovat pääasiassa syntyneet pakkasrapautumisen vaikutuksesta, mutta myös hieman hapan sadevesi on vaikuttanut pylväiden syntyyn liuottamalla kalkkikiveä pikkuhiljaa.

Bryce Canyon National Park maailman suurimpana keskittymänä eroosion muokkaamia kalliopylväitä ja –jätkäleitä tarjoaa vierailijoille suuren määrän mielenkiintoista nähtävää ja eri pituisia ja tasoisia kävelyreittejä. Ryhmästämme käveltiin monenlaisia reittejä, suurin osa valitsi lähtöpaikaksi Sunset Pointin, josta näkyy myös Bryce Canyonin kuuluisin hoodoo, Thorin vasara. Osa kävi myös bussilla katsomassa hieman kauempana sijaitsevat näköalapaikat Bryce Point ja Fairyland Point.



Kuva 57. Bryce Canyon.

Grand Canyon (24.9.2012)

Pia Lindholm

Grand Canyon sijaitsee Luoteis-Arizonassa, Yhdysvalloissa. Se on jyrkkäreunainen kanjoni, jonka on uurtanut maaperään Colorado-joki. Kanjoni on noin 446 km pitkä, leveys vaihtelee 6-29 km välillä ja syvyyttä sillä on paikoin jopa 2 km. Grand Canyonia ympäröi Grand Canyonin kansallispuisto, joka on pinta-alaltaan lähes 5000 km². Kaikkein vanhimmat kerrostumat ovat Varhais- ja Keski-Proterotsooisia Vishnu-kiviä, jotka ovat kerrostuneet alun perin sedimentteinä, mutta metamorfoituneet rajusti 1,75 Ga sitten kun magmaa nousi kerrostumiin, jäähtyi ja kiteytyi muodostaen graniitteja. Vishnu-kiviin kuuluu liuskeita, gneissejä sekä graniittia. Suurimmassa osassa kanjonia nuorin havaittavissa oleva kerrostuma on Kaibab-kerrostuma, joka on muodostunut n. 270 Ma sitten matalaan, lämpimään mereen.

Huomattavan osan kanjonin kerrostumista muodostavat Paleotsooisella maailmankaudella (550–250 Ma sitten) rannikko-olosuhteissa kerrostuneet hiekkakivet, liuskeet ja kalkkikivet (aines peräisin maalta ja mereltä), joissa on nähtävissä muinaisten merenpintojen vaihteluja sekä tuulen vaikutusta kerrostumiin. Suurin osa kerrostumista on kerrostunut vedenpinnan alla. Ordoviki- ja Siluurikausien kerrostumia ei ole joko eroosion takia tai sitten niitä ei ole koskaan kerrostunutkaan. Eroosio on myös kuluttanut Mesotsooisien maailmankauden kerrostumat lähes kokonaan ja Kenotsooisien maailmankauden kerrostumia on nähtävissä vain kansallispuiston ja kanjonin läntisissä osissa.

Itse kanjonin muodostuminen alkoi voimakkaan vesieroosion tuloksena n. 6-5 Ma sitten. Kanjonin muotoihin vaikuttavat eniten erilaisten kerrostumien kyky vastustaa eroosiota. Esimerkiksi kovemmat Coconino -hiekkakivi ja Redwall -kalkkikivi muodostavat seinämiä, kun taas pehmeämmät kerrokset, kuten saviliuskeet, muodostavat rinteitä (kuten Tonto Platform).

Pleistoseenin aikaiset jääkaudet aiheuttivat 2-3 Ma sitten kylmemmän ja kosteamman ilmaston alueelle, jolloin kasvanut sadanta lisäsi myös pintavaluntaa tehden vesivirtojen eroosiosta voimakkaampaa. Coloradon-joen voimakas virtaus alkoi kuluttaa Grand Canyonia maaperään n. 2 Ma sitten ja saavutti lähes nykyisen syvyytensä jo 1,2 Ma sitten. Kanjonin kerrostumissa on nähtävissä myös luolia, siirroksia, monokliineja sekä fossiileja.



Kuva 58. Grand Canyon.

Saavuimme Jacob's Lakelle, joka sijaitsee Grand Canyonin kansallispuiston läheisyydessä, Sunnuntaina 23.9 illalla ja jonne majoituimme Grand Canyonilla vierailun ajaksi. Tarkoituksenamme oli tutustua kansallispuiston pohjoispuoleen sekä kanjonin pohjoisreunaan. Pohjoisreuna on noin 300 metriä korkeammalla kuin eteläreuna, ja siksi pohjoisosassa sademäärä onkin lähes kaksinkertainen, luonto vehreämpi ja talvet kylmempiä. Maanantain 24.9 vietimme pohjoisreunalla aloittaen Grand Canyonin pohjoisreunan vierailijakeskuksesta. Tämän jälkeen osa opiskelijoista lähti pidemmälle vaellukselle North Kaibab Trailille, joka laskeutuu kanjonissa alaspäin. Loput jäivät kiertämään kielekkeen reunoja Transept traililla sekä katsomaan maisemaa Bright Angel Pointilta kielekkeen kärjestä. Transept traililta avautui näkymä mm. Roaring Springs Canyoniin ja Bright Angel Canyoniin. Koska sää oli hieman sateinen ja harmaa, ei näkyvyys ollut parhaimmasta päästä edes Bright Angel Pointilla. Siksi kanjonin seinämistä oli vaikea erottaa eri kerroksia muuten kuin suurimpien värvaihteluiden osalta. Sateen loppumista puiden alla odotellessa näimme myös pohjoisreunan mäntymetsille tyypillisen kaibabinoravan. Koska kielekettä kiertävät vaellusreitti oli lyhyt, ehti muutama osallistua iltapäivällä Grand Canyon Lodgella pidettyyn luentoon, jossa yksi puistonvartijoista kertoi alueen geologiasta. Luennolla käsiteltiin lyhyesti alueen historiaa ja käytiin pintapuolisesti läpi alueella olevia kivilajeja ja sitä miten ne ovat muodostuneet. Luennon ehkä hauskin anti oli Grand Canyonin muodostumista kuvaava D.U.D.E. (deposition, uplift, down cutting ja erosion), josta on helppoa muistaa miten kanjoni on muodostunut ajan kuluessa. Muiden palattua pidemmältä vaellukselta lähdimme vielä illan hämärtyessä ajamaan kohti Cape Royalin näköalapaikkaa, jossa otimme ryhmäkuvan taustana Grand Canyonin huikea maisema.



Kuva 59. Grand Canyon.

Monument Valley ja Navajo (25.-26.9.2012)

Iina Kaivola

Grand Canyonin jälkeen geologiseurueemme jatkoi kohti koillista ja Monument Valleyn puistoaluetta. Täällä yövyimme yhden yön leirintäalueella. Aamulla vierailimme Monument Valleyn puistossa, jossa jopa omalla autolla pääsee kiertämään alueen näyttävimpiä kohteita. Monument Valleyn maisemat ovat kuuluisia monista elokuvista ja perinteinen käsitys Amerikan intiaaneista ja villin lännen sankareista ilmentyy juuri täällä.



Kuva 60. Monument Valley.

Monument Valley sijaitsee Utahin ja Arizonan osavaltioiden rajalla ja on osa valtavaa Coloradon laattaa. Monument Valleyn näkyvät kerrostumat on osa pääosin silttikivistä koostuvaa Cutler-muodostumaa. Cutler-muodostuma sisältää samoja sedimenttikerroksia, joita löytyy myös esimerkiksi läheisestä Grand Canyonista. Ylimmät näkyvät sedimenttikerrokset Monument Valleyssä ovat alhaalta ylöspäin Organ Rock, Chelly, Moenkiepi ja Shinarump. Cutler-muodostuma kerrostui meandroivan joen kasatessa hitaassa virtauksessa hienoa hiekkaa ja silttiä. Monument Valley on kuuluisa ”monumenteistaan” eli autiomaan tasaisen kuvan rikkovista korkeista ja erimuotoisista kallioista. Nämä monumentit syntyivät kun Coloradon laatta kohosi ja sai sedimentit lohkeilemaan pienemmiksi palasiksi, joista vesi- ja tuulieroosio muokkasivat nykyisenlaisen maiseman. Vesi ja tuuli muovaavat yhä Monument Valleyn aluetta.



Kuva 61. Monument Valley.

Monument Valleyn ympäristö tunnetaan nimellä Navajo Nation. Nimi viittaa alueella muinoin ja nykyään asuviin alkuperäisasukkaisiin – Navajo-heimon intiaaneihin. Navajo-heimo on nykyisistä yhä tunnetuista heimoista suurin (yli 300 000 virallista jäsentä) ja yksi tunnetuimmista. Navajo-heimon uskotaan saapuneen näille alueille pohjoisesta 1400-luvulla. Alun perin Navajojen elinkeinoina olivat lähinnä metsästys ja keräily. Muiden heimojen ja espanjalaisten valloittajien vaikutuksesta Navajot aloittivat myös viljelyn ja karjankasvatuksen. Nykyisin tällä alueella asuvien Navajo-heimon edustajien elinkeinot liittyvät pääasiassa turismiin, joka on Monument Valleyn

sijainnin ansiosta hyvin runsasta. He muun muassa pitävät yllä majoituspalveluita sekä myyvät ja valmistavat perinteisiä käsitöitä.

Canyon lands (26.9.2012)

Mira Kylläinen

Canyonlandsin kansallispuisto sijaitsee Utahissa ja se on perustettu vuonna 1964. Kansallispuiston pinta-ala on n. 1366 neliökilometriä ja se tunnetaan pääosin jokieroosion kuluttamista kanjoneistaan ja alueella onkin nähtävissä 12 sedimentologista muodostumaa.

Canyon Landsin Geologinen kehitys

Alueen kerrostuminen alkoi n. 320 miljoonaa vuotta sitten, jolloin ensimmäisinä kerrostuivat Hermosa – ryhmän sedimentit. Ne kerrostuivat syvänmeren altaassa ja ovat siksi hyvin suolapitoisia (mm. suolaa ja kipsiä mustaliuskeissa). Lisäksi näissä sedimenteissä on nähtävissä siirrostumista (graben). Honaker trail – muodostuman sedimentit ovat matalan veden kerrostumia, jotka sisältävät hiekkakiveä sekä fossiileja sisältäviä tummanharmaita kalkkivijaksoja. Permikaudella alueella tapahtui myös Halgaito liuskejaksen muodostuminen, jotka ovat myöskin matalan veden kerrostumia. Tuolloin meri perääntyi muodostaen rantaterasseja ja kanjoneja.

Permikauden Cedar Mesa hiekkakivet (mm. Elephant canyon) muodostuivat n.285 Ma. Ne syntyivät rannan läheisyydessä dyneistä, jotka olivat ajoittain veden alla muodostaen punaisen sedimenttikerroksen. Tälle hiekkavijaksolle on tyypillistä vaaleiden ja punertavien sedimenttikerrosten vuorottelu. Niiden päällä on nähtävissä hapettuneita liejukerroksia (orgaaninen liuskejakso). Punaisen värinsä kerrostuma on saanut rautaoksideista.

Triaskauden alussa syntyivät White Rim –hiekkakivet, jotka ovat dyynimäisiä rannikkomuodostumia ja niissä on nähtävissä ristikerroksellisuutta. Kerrostumat näkyvät ranta- ja pengermuodostumina. Triaskaudella tapahtui jälleen matalan veden vuorovesivyöhykkeen kerrostumista, joista yksi tunnettu on Moenkopi –muodostuma. Se koostuu hiekka- ja silttikerrostumista ja siinä on nähtävissä fossiloituneita aallonmerkkejä. Triaskauden lopulla alkoi myös eroosiovaihe, jonka jälkeen järvien pohjille kerrostui liuskeita.

Jurakausi koostui useista lyhyistä kuivista ajanjaksoista Canyonlandsin kerrostumishistoriassa. Yksi tunnetuimmista on Wingate hiekkavijakso (208-144 Ma), mikä koostuu tuulen muodostamista hiekkadyneistä. Tuolta ajalta on jäänyt näkyviin myös fossiloituneita dinosaurusten jälkiä. Ajanjakson loppupuolella muodostui voimakkaasti erodoituneita hiekkakerrostumia. Lisäksi aivan Jurakauden lopussa muodostui matalan veden Morrison muodostuma, joka sisälsi bentoniittisavia, vulkaanista tuhkaa ja hiekkakiveä. Kerrostumasta on löydetty mm. urania ja dinosaurusten fossiileja.

Liitukaudella alkoi jälleen hiekkavimuodostumien aika (144-64 Ma), jolloin joet kerrostivat muodostumat ja aiheuttivat ristikerroksellisuutta. Lisäksi jotkin muodostumista kerrostuivat aivan rantojen tuntumassa tai meren lahdissa, jolloin kerrostui harmaanruskeaa hiekkakiveä, mikä paikoin saattoi olla bitumipitoista.

Tertiääri- ja kvartaarikauden alussa muodostui paljon järvi- ja virtamuodostumia mikä kerrosti paljon rautarikasta hiekkakiveä ja muodosti konglomeraatteja. Tertiääri- ja kvartaarikaudelle mahtuu myös lyhyt Green River – liuskejaksokin ennenkuin tertiääri- ja kvartaarikauden lopulla vaipasta kohonnut magma ja maankuoren kohoaminen nostivat Canyonlandsin alueen nykyiselle tasolleen (n. 70-40 Ma).

Pulterit Canyonlandsilla

Retkipäivämme Canyonlandseilla koostui pitkälti maisemien ihailusta, sillä kiireisen aikataulumme vuoksi kävimme katsomassa pääosin mielenkiintoisimmat kohteet. Joukkomme jakaantui kahtia ja ajelimme kohti seuraavaa leiripaikkaa hieman eri reittejä. Näimmekin paljon erilaisia hiekkakivimuodostumia, jotka muodostivat korkealle kohoavia torneja ja kanjoneita ympäristöönsä.



Kuva 62. Canyon Lands.

Lisäksi kävimme katsomassa yhtä Utahin osavaltion historiallista monumenttia Newspaper Rockia. Se on yksi suurimmista tunnetuista kalliomaalausten joukoista maailmassa, sillä kalliossa on yli 650 maalausta. Alkuperäisasukkaat tekivät ensimmäiset maalaukset jo noin 2000 vuotta sitten. Newspaper Rock sijaitsi Canyonlandsin itäosissa ollen osa Wingate –muodostumaa.



Kuva 63. Newspaper Rock.

Arches National Park (27.9.2012)

Iina Hämäläinen

Canyonlandsista matkamme jatkui itäiseen Utahiin Moabin ulkopuolelle Archesin kansallispuistoon. Archesin kansallispuisto on 31,031 hehtaaria kattava alue joka kätkee sisälleen yli 2000 luonnollisesti muodostunutta hiekkakivikaarta. Puiston kaarimuodostumista suurin, Landscape Arch, on läpimitaltaan miltei 100 metriä, kun taas pienimmät puiston hiekkakivikaarista ovat vain metrin kokoisia. Puiston korkein huippu on 1,723 metriä korkea Elephant Butte. Kaarten lisäksi puiston hiekkakivimuodostumiin kuuluvat hiekkakivipylväät, monoliitit ja vertikaaliset levyt, sekä muodostumien huipuilla tasapainoilevat kivet.

Kansallispuiston hiekkakivimuodostuminen synnyn taustalla piilee puiston alapuolinen, maanalainen, paikoin satoja metrejä paksu evaporiittikerrostuma. Suolakerros kerrostui noin 300 miljoonaa vuotta sitten Coloradon tasangolle (Colorado Plateau) Paradox Basin kerrostumisaltaaseen mariinisenkerrostumisen ja meriveden haihtumisen seurauksena. Suolakerrostuma pysyi koillis-Utahissa tapahtuvan maankohoamisen (Uncompahgre Uplift) erodoiman debriksen peittämänä miljoonien vuosien ajan. Varhaisen Jurakauden aikaan noin 210 miljoonaa vuotta sitten alueella vallitsivat aavikko-olosuhteet ja Najavo hiekkakivi kerrostui. Entrada-hiekkakivi kerrostui aeolisista ja fluviaalisista sedimenteistä Najavo-hiekkakiven päälle noin 140 miljoonaa vuotta sitten. Nuorempia sedimenttejä kerrostui yli 1500 metrin paksuudelta Entrada- ja Navajo-kerrostuminen päälle. Nuoremman sedimenttikerroksen paino johti maanalaisen evaporiittikerrostuman likviditoitumiseen ja työnsi kiven yläkerroksia suoladoomeiksi. Alueen evaporiitit muodostivat suolaantikliineja ja vertikaalisia siirroslinjoja. Tapahtui siirroksia ja kokonaisia kiviseurueita painui doomien välisiin alueisiin. Maanalainen suolan liike muokkasi maisemaa ja nuorempien sedimenttikerrostumien erodoituminen poisti nuorempaa kivikerrostumaa maanpinnalta. Yksittäisiä jäännöksiä lukuunottamatta puiston kaaret ovat pääosin lohenpunaisia Entrada-hiekkakivi muodostumia ja ruskeankeltaisia Najavo-hiekkakivi muodostumia. Ajan myötä muodostumat ovat halkeilleet jään aiheuttaman fysikaalisen rapautumisen myötä ja tuuli on erodoinut irtainta ainesta alueelta jolloin yksittäisiä muodostumia on jäänyt jäljelle. Vain kovimmasta materiaalista koostuvat muodostumat ovat

säilyneet tähän päivään saakka. Vuoden 1970 jälkeen 43 kaarta on romahtanut eroosion johdosta.



Kuva 64. Delicate Arch

Colorado National Monument (28.9.2012)

Charlotta Simelius

Colorado National Monument, CNM, on kansallispuisto Yhdysvaltain Coloradon osavaltiossa lähellä Grand Junctionin kaupunkia. Sille tunnusomaista ovat syvälle hiekkakiveen uurtuneet kanjonit, monoliitit eli yhdestä kivistä koostuvat vuoret ja moniväriset muodostumat. CNM sijaitsee aivan Uncompahgren laakion rajalla, joka ympäröi myös Grand Canyonia, Bryce Canyonia ja Archesia.

Vierailimme Colorado National Monumentissa paluumatkallamme Denveriin. Aluksi kävimme kansallispuiston Visitor Centerissä. Tämän jälkeen ajoimme 23 mailin pituisen Scenic Rim Rock Drive – maisemareitin, jonka varrella pysähdyimme Grand View-, Fallen Rock Overview- ja Artistic Point–näköalapaikoilla. Reitti on esitetty kuvassa 62.

CNM:n muodostumat ovat pääasiassa mesotsooisia, mutta kansallispuisto on myös yksi harvoista paikoista Coloradon laakiolla, jossa on nähtävillä prekambrisia kiviä, lähinnä proterotsooista gneissia ja liuskeita. Näiden päällä on kvartaarin alluviaalimuodostumia ja dyynejä.

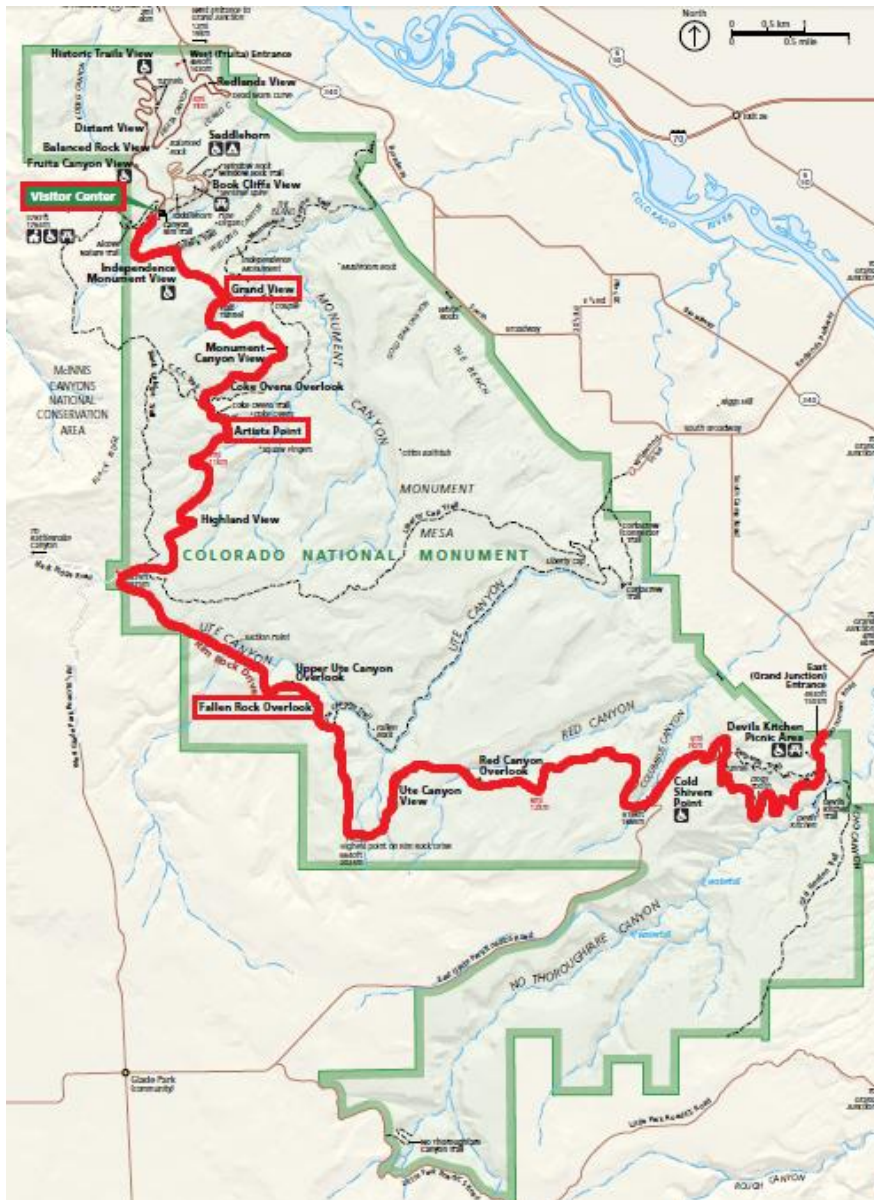
Alueen muodostumat syntyivät Laramiden orogeniassa, kun Uncompahgren laakion itärajalle syntyi suuri monokliini. Tämä monokliini kohosi ylös pääasiassa tässä Laramiden orogeniassa, jolloin prekambrisen kallioperän siirrokset aktivoituivat uudelleen ja yläpuoliset sedimentit taipuivat. Uncompahgren laakion kohoaminen toi prekambriset liuskeet, gneissit ja graniitit lähelle maanpintaa ja eroosio paljasti nämä kivilajit kanjonien pohjalla.

Triaskautinen Chinlen muodostuma makaa Prekambrisen pohjan päällä ja muodostaa tummanpunaiset rinteet, joiden väri tulee hematiittia sisältävistä liuskeista ja silttikivistä. Tällaisia värikkäitä muodostumia näimme Artistic Point –näköalapaikalla. CNM:n alueella nämä kivet ovat kerrostuneet Chinlen muodostuman muihin osiin verrattuna pitkällä aikavälillä.

CNM:n maisema sen jyrkänteineen ja monoliitteineen koostuu triaskautisesta Wingaten hiekkakivistä, jota päällystää eroosiota hyvin kestävä Kayentan muodostuma. Sen yläpuolella on ollut myös Navajon hiekkakiveä, mutta se on erodoitunut pois. Visitor Centeristä avautui näkymä, josta pystyi erottamaan erodoituneen Wingaten hiekkakiven ja sen yläpuolella olevan kielekkeen, joka koostuu vahvasta Kayentan muodostuman hiekkakivistä. Hyvin säilynyt Kayentan muodostuma oli nähtävissä myös Grand View–näköalapaikasta, jossa Kayentan muodostumasta koostuva monoliitti kohoaa 137 metrin korkeuteen.

Fallen Rock–näköalapaikassa näimme kanjonin seinästä irronneen kalliolohkon, joka oli liukunut 30 metriä alas kanjoniin. Tämän kalliolohkon ohut ylin kerros koostuu Kayentan muodostuman hiekkakivistä.

Wingaten ja Navajon muodostumisen aikoihin läntinen Yhdysvallat oli peittynyt laajaan hiekkamereen. Wingaten ja Navajon hiekkakivet ovat klassisia esimerkkejä eolisista kerrostumisesta ja tuulen muovaamista hiekkadyyneistä. Eolisille kerrostumille on tyypillistä dyynien vaeltaessa syntynyt ristikerroksellisuus. Tällaisia ristikerroksellisia rakenteita oli nähtävillä eri puolilla kansallispuistoa.



Kuva 65. Ajoreittimme ja kohteet Colorado National Monument –kansallispuistossa.

USA:n ruokakultturi – No Reservations!

Jukka-Pekka Paasivaara

USA on kaikkialla tunnettu McDonaldsista, Coca-Colasta ja pikaruuasta yleisesti. Rytmiryhmämme siis lähtikin suurin odotuksin tutustumaan amerikkalaiseen ruokakulttuuriin vesikielin. Amerikassa kaikki on suurta, kuten autot, talot ja liikenne, joten ruokakaan ei tuottanut pettymystä kokonsa suhteen vaan jopa yllätti annosten suuruudellaan. USA on todellakin pikaruuan luvattu maa ja siellä jokainen mättömähiäinen ja herkkuhipsteri pääsee virittämään ruokasynapsinsa äärimmilleen, jos kestää ruuan aiheuttaman ruogasmin.

Amerikan pikaruokaketjut ovat levinneet ympäri maailmaa, joten kaikille oli tuttua mennä syömään ulos. Tunnelma ruokaloissa on suhteellisen kotoisa, sillä esim. Suomessa onkin otettu mallia suuren maailman ruokakuppiloista. Ruokaketjuja oli moneen lähtöön, kuten MacDonalds, Burger King, Arby's, Wendy's, Taco Bell, Pizza Hut, Jack in the Box, KFC, Crown Burger jne. ja Amerikassa on myös suosittua herkutella erilaisissa leivosruokaketjuissa, joita oli yhtä paljon kuin burgeripaikkoja. Amerikassa on myös vahva ja vanha diner-kulttuuri, joka tarjoaa parhaimmillaan aamupalaa ja yleisravintolaruokaa 24 tuntia päivässä.

Aamuisin burgeripaikoissa oli yllätykseksi aamupalamenu, joten aamuisin ei ollut tarjolla perusmättöruokaa juuri ollenkaan. Hampparipaikoissa oli siis tarjolla yleensä ateriana kahvi-croissant-muna-deepfriedfries-keksi-combo. Se oli allekirjoittaneelle hieman liian makea, rasvainen, suolainen ja diippi setti, joten suuntasimme jos oli mahdollista daineriin aamupalalle. Kahvit, limut ja muut juomat olivat noin 0,5 litraa pienimmillään ja isoimmat olivat sitten kunnon litran kannuja. Dainerissa kahvia kaadettiin lisääkupiin aina kun oli loppumassa. Kuten yleensä, annokset olivat suomalaiseseen kokostandardiin niin isoja, että kaksi syöjää olisi tullut kylläiseksi yhdestä ateriasta. Suomalainen tapansa mukaan pyrkii syömään lautasen tyhjäksi, joten tämä johti mahan tilavuuden ihmeelliseen kasvuun lopulta. Aamupalaksi dainerissa oli yleensä munakkaita, tortilloja, paahtoleipiä, pirtelöä, siirappia, pekonia, jotain pihviä, hedelmiä ja joskus jopa jonkinlaista puuroa. Perinteinen aamupala siis sisälsi kahvin, pekonia, pihvin, hashbrown (perunasuikaleita), munakkaan ja paahtoleipää. Tällä setillä jaksoikin koko päivän iltaan asti.

Päivälliseksi syötiin usein jonkinlainen hamppariateria. Mäkkäreissä ja muissa burgeripaikoissa tilauksen jälkeen ateria haettiin tiskiltä numeroa tai nimeä vastaan, juomat ja lisukkeet sai valita itse erilliseltä tiskiltä. Ruuan kokoa oli kaksi vaihtoehtoa: medium ja large. Verrattakoon Suomen mittapuuhun large on Amerikan small tai medium ja small-kokoa ei yleensä ollut saatavilla. Ravintolassa tarjoilija toi aina vettä pöytään ja otti tilaukset vastaan. Tarjolla oli yleensä niin suuri menuvalikoima, että välillä oli vaikeus pysyä yhdessä valinnassa. Yleisesti tarjolla oli erilaisia aperitiivejä kuten nachoja, juustotikkuja ja pääruokana hamppariaterioita, pihvejä, kalaa ja jotain erikoisuuksia kuten käärmettä ja biisonia. Jos halusi jotain kevyempää kuten salaattia, valinta olikin sitten vaikeampaa. Usein salaatissa oli pääraaka-aineina makaroni/peruna, majoneesi ja esim. muutama paprikan palanen. Joskus jotkin ravintolat yllättivät menullaan siten, että salaatti oli jotain oikeita vihanneksia, mutta kylkeen oli usein laitettu, pekonia, tuplajuustoa ja majoneesia. Jos halusi hieman lähempänä suomalaiseen makuun sopivaa ”normaaliruokaa”, kannatti suunnata paikalliseen panimoon, sillä monessa osavaltiossa lain mukaan alkoholinmyynnin kanssa oli pakko tarjota ruokaa. Tästä johtuen panimot kilpailivat oluiden lisäksi ruokatarjonnallaan. Pääruuan lisukkeena tarjottiin lähes poikkeuksetta ranskalaisia perunoita, mutta pienestä lisämaksusta sai oikeastaan mitä vaan. Jälkiruuat olivat usein pirtelöitä, muffinseja, munkkeja, keksejä, jäätelöä jne, erikoisin oli ehkä pekonipirtelö.

Usein ruuan suuren valinnan mahdollisuuden vuoksi oli vaikea päättää mitä söi, kannatti siis kääntyä kysymään paikallisilta neuvoa. Paikalliset suosittelivat valitsemaan ruokapaikan sen mukaan mikä oli kyseisen alueen pääväestö esim. meksikolaiset. Tällöin sai aina alueen parasta ja herkullisinta ruokaa. Ja jos olit maaseudulla tai aavikolla, kannatti unohtaa kala ja suunnata katse kohti paikallisten farmarien biisoni- tai T-Bone-pihveihin.

Amerikkalaiset rakastavat myös erilaisia makeita herkkuja. Tarjolla oli paljon kaikenlaisia leivoksia, kakkuja ja leivosketjut toimivat samaan tapaan kuin ruokaketjut. Leivokset olivat suussa sulavia, sokerihumalaa aiheuttavia, isoja ja rasvaisia. Krapulapäivänä siis löytyi helposti pelastaja. Kauppojen hyllyt notkuivat kaikenlaisia herkkuja, mutta karkit olivat huonompia kuin Euroopassa ja halvemman oloisia laadultaan. Ehkä yleisin nopeaan makean himoon sopiva leivos oli nimeltään Twinkies-leivos. Paketissa oli kaksi vaaleaa leivospalasta, joiden täytteenä oli jotain valkoista överimakeaa vaahtoa, nam!

Amerikassa on voimakas tippikulttuuri ravintoloissa. Joten ruuan hinta koostui kolmesta eri osasta. Menussa on aterian perushinta, laskutuksen yhteydessä hintaan lisättiin vero ja tarjoilijan tippi. Joten hinta oli joskus hieman yllätys. Tippaus oli siis suositeltavaa ja pakko. Normaali tipin suuruus vaihteli ruuanhinnan suhteutettuna 10-20%, riippuen palvelun tasosta. Syy miksi oli hyvä tipata, sillä tarjoilijoiden palkasta suurin osa perustui tippaukselle, sillä työnantajat maksoivat huonoa palkkaa. Joskus hyvin harvoin laskussa oli valmiiksi merkitty tippi. Suurella ruokaryhmällä liikuttaessa oli järkevää pyytää yksittäiset laskut tai jakaa itsensä pienempiin ruokaryhmiin ennen ravintolaan menoa, sillä yleisenä tapana oli, että yksi maksaa laskun. Tästä tavasta koitui välillä tunnin kestävä sumpliminen, että kuka maksaa ja mitä. Lisäksi muutama olutkannu alla ei helpottanut tehtävää yleensä.

Ruokaa oli tarjolla missä vaan ihmisellä oli hetki aikaa pysähtyä arkikiireiltään, kuten bussipysäkkien läheisyydessä, matkanvarrella, moottoritienliittymissä ja valinnanvaraa ravintoloissa oli yleensä noin kymmenen. Kaduilla oli pieniä, yleensä meksikolaisten ylläpitämiä, paistokärryjä joista sai hodareita ja burriittoja. Jos nälkä siis yllätti, niin vuorokauden ajalla ei ollut merkitystä.



Kuva 66. Burgeria naamaan.



kuva 67. Leirimättöä.

On puhuttu, että amerikkalaisilla on suuri ylipaino-ongelma, niin siihen selvisi syy hyvin nopeasti. Ensinnäkin pikaruoka oli erittäin rasvaista, suolaista, päänkokoista, sokerilla kyllästettyä, mutta ennen kaikkea halpaa. Oli siis nähtävissä, että keskiluokkaa köyhemmät söivät ulkona usein, sillä ruokakaupassa myytävät peruselintarvikkeet olivat Suomen hintaluokkaankin nähden kalliita. Ulkona syödessä noin 6 eurolla sai mahan täyteen juomien kera. Ruokakaupoista oli myös hieman vaikea löytää terveellisiä elintarvikkeita ja kaupat olivat niin suuria, että tunti oli lyhyt aika kikkailla hyllystöjen viidakossa. Myös ruuan vähäinen ravintoarvo alkoi kostautua allekirjoittaneelle jo viikossa, niin piti ostaa vitamiineja ruuan lisäksi, jotta elimistö olisi toiminut normaalilla tavalla. Jos travelleri päätti lähteä leireilemään, kannatti tehdä jonkin sortin pastaa salaattilla, syödä perustölkkiruokaa (joka oli yllättävän hyvää) ja kuivalihaa.

Kaiken kaikkiaan jos pitää pikaruuasta, mättöruuasta ja herkuttelusta yleisesti, kannattaa lähteä karvailemaan kulinarististen elämyksien ihmemaa Amerikkaan. Allekirjoittanut on suuri roskaruu- ystävä, joten ruokakulttuuri oli makoisa kokemus ja 48 hampparin jälkeen silti jostain syystä vyötärö pysyi yllättävän samoissa asetuksissa kuin ennen lähtöä.



Kuva 68. Pulterit leirinuotiolla Yellowstonen kansallispuistossa.