

Tartu Ülikool

Loodus- ja tehnoloogiateaduskond

Ökoloogia ja Maateaduste Instituut

Mükoloogia õppetool

Gert Sooväli

EKTOMÜKORIISSETE TAIMEDI BIOGEOGRAAFIA

Bakalaureusetöö

Juhendaja: vanemteadur Leho Tedersoo

Indrek Hiiesalu

Tartu 2014

Sisukord

1. Sissejuhatus	4
2. Metoodika.....	5
3. Tulemused	7
3.1. <i>Betulaceae</i>	7
3.2. <i>Casuarinaceae</i>	8
3.3. <i>Fagaceae</i>	9
3.4. <i>Ticodendraceae</i>	10
3.5. <i>Nothofagaceae</i>	11
3.6. <i>Rhoipteleaceae</i>	12
3.7. <i>Juglandaceae</i>	13
3.8. <i>Gnetaceae</i>	14
3.9. <i>Ericaceae</i>	15
3.10. <i>Cistaceae</i>	17
3.11. <i>Pinaceae</i>	18
3.12. <i>Kobresia (Cyperaceae)</i>	20
3.13. <i>Dryas ja Cercocarpus (Rosaceae)</i>	21
3.14. <i>Asteropeiaceae</i>	22
3.15. <i>Nyctaginaceae</i>	23
3.16. <i>Coccoloba (Polygonaceae)</i>	24
3.17. <i>Bistorta vivipara, Polygonaceae</i>	25
3.18. <i>Pomaderreae (Rhamnaceae)</i>	26
3.19. <i>Tilia, Tilioideae</i>	27
3.20. <i>Amherstiae (Caesalpinioideae, Fabaceae)</i>	28
3.21. <i>Detariae (Caesalpinioideae, Fabaceae)</i>	29
3.22. <i>Aldina (Papilionoideae, Fabaceae)</i>	30
3.23. <i>Bossiaee ja Podalyrieae (Papilionoideae, Fabaceae)</i>	31
3.24. <i>Myrtaceae</i>	33
3.25. <i>Acacia sensu stricto, Mimosoideae, Fabaceae</i>	34

3.26. <i>Salicaceae</i>	35
3.27. <i>Sarcolaenaceae</i> ja <i>Dipterocarpaceae</i>	37
3.28. <i>Pimelodendron (Euphorbiaceae)</i>	39
3.29. <i>Poranthera (Euphorbiaceae)</i>	40
3.30. <i>Uapacaceae</i>	41
4. Arutelu.....	42
5. Kokkuvõte	44
6. Summary	45
7. Tänuavaldused.....	46
8. Kasutatud kirjandus.....	47

1. Sissejuhatus

Mükoriisa on kompleksorgan, mis moodustub taimejuurte ja seente vahel. Mükoriisa tüüpe on erinevaid: arbuskulaarne, ekto-, erikoidne, orhidoidne. Antud töös on käsitletud ainult ektomükoriisseid peremeestaimi. Samuti on käsitletud ektomükoriisseid alamtüüpe: arbutoidne ja monotoidne mükoriisa (Brundrett, 2009). Ektomükoriissel sümbioosil on tähtis roll troopilistes ja parasvöötmes olevate metsade ökosüsteemides, varustades taimi toitainetega (Tedersoo et. al., 2012). Ektomükoriissed seened võimaldavad taimedel paremini kätte saada nii mineraalset kui ka orgaanilist lämmastikku ja fosforit, taimed varustavad seeni süsinikuga (Smith ja Read, 2008). Ektomükoriisete taimede teke oli arvatavasti indutseeritud keskkonnatingimuste halvenemise tõttu, mille tulemusena kõrgemad taimed asusid sümbioosi efektiivsemate seentega. (Doyle 1977; Malloch et. al., 1980).

Ektomükoriissed taimed on vähem levinud kui arbuskulaarsed taimed (Wang ja Qiu, 2006). Maailmas esineb hinnanguliselt 6000 ektomükoriisete taime liiki 145 perekonnas ja 26 sugukonnas, enamasti on nad puud või põõsad (Brundrett, 2009). Taimed, mis moodustavad koos seentega ektomükoriisete kompleksorganit, kasvavad tavaliselt toitainetevaestel muldadel, näiteks parasvöötmetel metsades põhja- ja lõunapoolkeral (Malloch et. al., 1980).

Ektomükoriissed taimed on maismaataimed, neid võib leida viielt kontinendilt (Aafrika, Austraalia ja Okeania, Euraasia, Lõuna- ja Põhja-Ameerika). Neid leidub kõikides kliimavöötmetes (polaarses, lähispolaarses, parasvöötmes, lähistroopilises, troopilises, lähisekvatoriaalses ja ekvatoriaalses). Ektomükoriissed vormingud on enim levinud boreaalsetes okas- ja segametsades, samuti leidub neid ka vihmametsades, mägedes, poolkõrbetes, parasvöötmeteliste rohumaades, savannides, tundrates ja vahemerelise taimkattega regioonides. Esineb palju ektomükoriisseid taimi, mille biogeograafilised levikud ei ole täpselt määratletud ja teada. Antud uuringu eesmärgiks on võimalikult täpselt tuvastada ja kaardistada ektomükoriisete taimerühmade levik, lisaks hinnata ka liikide arvu ja leida millised maailma piirkonnad on ektomükoriisete taimerühmade poolest rikkaimad.

2. Metoodika

Antud bakalaureusetöö kaardide tegemiseks kasutati DIVA-GIS (<http://www.diva-gis.org>) ja CorelDraw (<http://www.coreldraw.com/us/>) programme. Lisaks kasutati MapInfost (<http://www.mapinfo.com/>) saadavat maailma riikide aluskaarti. Andmed kaardile märkimiseks võeti Global Biodiversity Information Facility (<http://www.gbif.org>) andmebaasist, samuti kasutati Missouri Botanical Gardeni (<http://www.mobot.org/mobot/research/apweb>) andmebaasi ja International Legume Database ja Information service andmebaasi (<http://www.ildis.org>). Global Biodiversity Information Facility on rahvusvaheline andmebaas, kuhu kantakse informatsioon bioloogilise mitmekesisuse kohta maailmas. Vastava liigi leiukoht kantakse kaardile punktina. Missouri Botanical Gardeni andmebaasis leiduvate sugukondade levikukaarte kasutati võrdluskaartidena ning täiustati töötluses olevaid kaarte, lisaks kasutati informatsiooni saamiseks erinevaid teadusartikleid.

DIVA-GIS programmi kasutatakse geograafiliste andmete analüüsiks ja kandmiseks kaardialustele. Selles töös on programmi kasutatud erinevate ektomükoriisete sugukondade kaardistamiseks. Kui DIVA-GIS programmiga olid andmed kaartidele kantud, siis töödeldi kaarte CorelDraw programmiga. CorelDraw on vektorgraafikatarkvara programm. Antud töö juures kasutati CorelDrawi looduslike areaalide joonistamiseks.

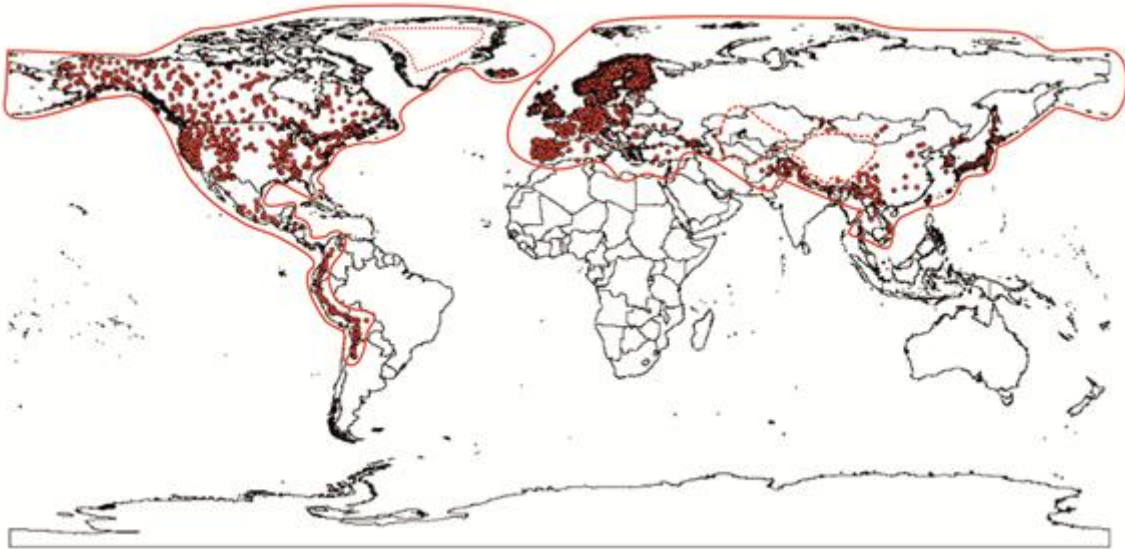
Esmalt töödeldi MapInfost saadud maailmakaarti DIVA-GIS programmiga. Kaardile kanti Global Biodiversity Information Facility andmebaasist ühe või mitme sugukonna kõik ektomükroisid perekonnad. Selle tulemusena tekkis näiline levikuareaal. Tekkinud areaali korrigeeriti Missouri Botanical Gardeni andmebaasis olevate levikukaartidega ja teaduslike artiklitega. Valminud kaarte töödeldi edasi CorelDraw programmiga, joonistati punase kontuurjoonega tegelikud looduslikud levialad ning samuti märgistati punktiirjoonega piiritletud alad, kuhu vastavad sugukonnad ei ole levinud. Seejärel kontrolliti joonistatud kontuurjoonte sobivust Missouri Botanical Gardeni andmebaasis olevate levikukaartidega.

Käsitletud on 11 seltsi: *Caryophyllales*, *Ericales*, *Fabales*, *Fagales*, *Gnetales*, *Malpighiales*, *Malvales*, *Myrtales*, *Pinales*, *Poales* ja *Rosales*. Sugukondadest on käsitletud: *Betulaceae*, *Casuarinaceae*, *Fagaceae*, *Ticodendraceae*, *Nothofagaceae*, *Rhoipteleaceae*, *Juglandaceae*, *Gnetaceae*, *Ericaceae*, *Cistaceae*, *Pinaceae*, *Kobresia* (*Cyperaceae*), *Rosaceae*, *Asteropeiaceae*, *Nyctaginaceae*, *Coccoloba* (*Polygonaceae*), *Bistorta vivipara* (*Polygonaceae*), *Tilia* (*Tilioideae*), *Pomaderreae* (*Rhamnaceae*), *Amherstiae*

(*Caesalpinioideae*, *Fabaceae*), *Detariae* (*Caesalpinioideae*, *Fabaceae*), *Aldina* (*Papilionoideae*, *Fabaceae*), *Bossiaee* ja *Podalyrieae* (*Papilionoideae*, *Fabaceae*), *Myrtaceae*, *Acacia sensu stricto* (*Mimosoideae*, *Fabaceae*), *Salicaceae*, *Sarcolaenaceae* ja *Dipterocarpaceae*, *Pimelodendron* (*Euphorbiaceae*), *Poranthera* (*Euphorbiaceae*) ja *Uapacaceae* (*Phyllanthaceae*). Loetelus on ka perekonnad mille ektomükoriissus ei ole veel piisavalt tõestatud, näiteks *Rhoiptelea*, *Pimelodendron* ja *Poranthera*. *Rhoiptelea* fülogeneetiline asend ja esialgsed uurimustulemused lubavad seda oletada.

3. Tulemused

3.1. *Betulaceae*



Joonis 1. Sugukonna *Betulaceae* looduslik levik maailmas. Punktid tähistavad andmebaasistatud leiukohti Gobaal Biodiversity Information Facility (www.gbif.org) järgi. Joonega ümbritsetud piirkonnad hõlmavad tegelikku looduslikku levilat Missouri Botanical Garden (<http://www.mobot.org/mobot/research/apweb>) põhjal. Punktiirjooned tähistavad suuremaid levikualast välja jäävaid piirkondi, mis ei sobi kliimaatiliste tingimuste tõttu.

Ektomükoriisse taimesugukonna *Betulaceae* hulka kuulub kuus perekonda: *Alnus*, *Betula*, *Carpinus*, *Corylus*, *Ostrya* ja *Ostryopsis*. Nendes perekondadesse kuuluvaid liike on hinnanguliselt 130 (Mabberley, 1988). See sugukond on põhiliselt levinud põhjapoolkeral. Erandina on *Alnus glutinosa* (L.), mille levila hõlmab ka Põhja-Aafrikas olevaid Vahemereäärseid riike. Lisaks on erand ka *Alnus acuminata*, levib läbi Kesk-Ameerika kuni Argentiina lõunaosani (Benson, 2004). Molekulaarsed ja fossiilsed uuringud lubavad väita, et *Betulaceae* ektomükoriissed rühmad on tekkinud Vahemere kliimavöötmes (Benson et al., 2004). *Betulaceae* perekonnad hõlmavad kõiki kliimavöötmeid, polaarsest kliimavöötimest ekvatoriaalseni, kuid enamik liikidest esineb boreaalsetes ja parasvöötmelistes tingimustes. *Betulaceae* liigid on väga laialdaselt levinud Põhja-Ameerikas, Euroopas ja Aasias. Paljusid liike on edukalt introdutseeritud Lõuna-poolkerale, kus mõned liigid on naturaliseerunud. *Alnus* kasvab väga erinevatel pinnastel: jäisetest moreenidest ja liivamägedest kuni kuivanud laavani ja tuhani (Schwencke ja Caru, 2001; Silvester, 1977).

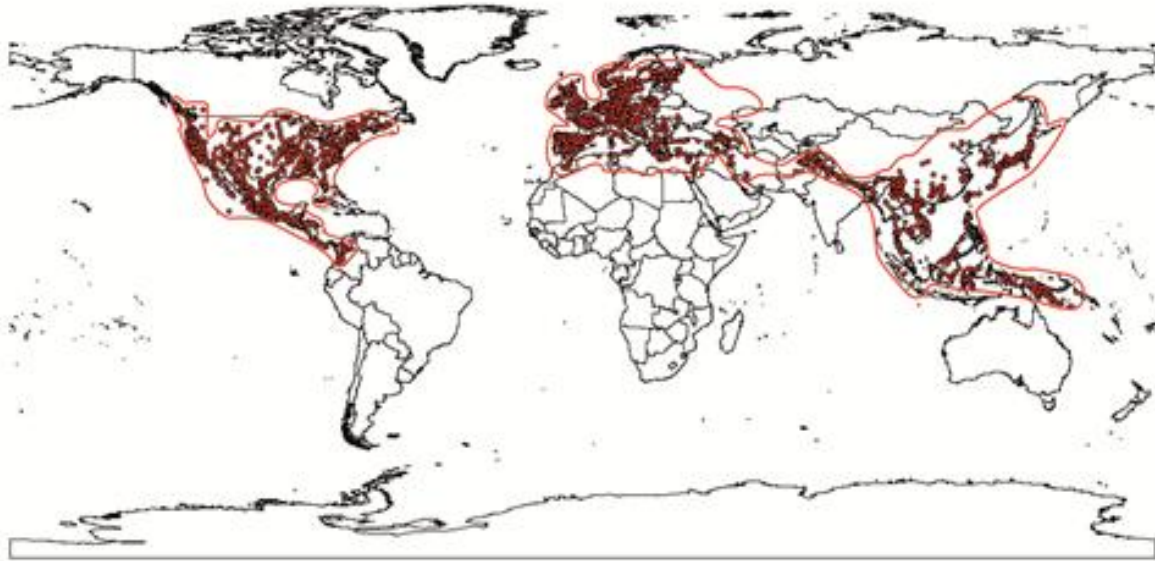
3.2. *Casuarinaceae*



Joonis 2. Sugukonna *Casuarinaceae* looduslik levik maailmas. Punktid tähistavad andmebaasistatud leiukohti Gobal Biodiversity Information Facility järgi. Joonega ümbritsetud piirkonnad hõlmavad tegelikku looduslikku levilat Missouri Botanical Garden ja Benson, (2007) põhjal.

Casuarinaceae on esindatud kahe ektomükoriisse perekonnaga: *Allocasuarina* ja *Casuarina*. Perekonnad *Gymnostoma* ja *Ceuthostoma* on arbuskulaar-mükoriissed. Ektomükoriissete liikide arv on hinnanguliselt 80 (Brundrett, 2009). Ja enamasti on tegemist puude või põõsastega. *Casuarinaceae* liigid levivad lõunapoolkeral soojades paikades. *Casuarinaceae* tekke koht võib olla Gondwana regioonis (Benson, 2004). Areaal piirdub Austraalaasiaga, asustades bioome vihmametsadest poolkõrbeteni. Perekonda *Casuarina* kuuluvad suured puud, mis asustavad kaldaäärseid ning rannikuäärseid alasid. Mõned *Casuarina* liigid on endeemsed nii troopilistes metsades kui ka Vaikse ookeani piirkonnas. *Casuarina* liigid on levinud Austraaliast Malaisiani ja Filipiinideni, kattes Sunda saared, Sumatra saare ja Sulawesi saare. *Casuarina* levik on esindatud ka Uus-Guineas, Salomoni saartel ja Vanuatu saarestikus. *Casuarina collina* on levinud ka Uus-Kaledooniasse. *Allocasuarina* on väikeste puude perekond, mis asustab põuaseid regioone Austraalias (Benson, 2007). Eelkõige liiki *Casuarina quisetifolia* on istutatud kõikjale troopilises ja lähistroopilises kliimavöötmes, et vähendada erosiooni ja lainete purustavat mõju rannikule.

3.3. *Fagaceae*



Joonis 3. Sugukonna *Fagaceae* looduslik levik maailmas. Punktid tähistavad andmebaasistatud leiukohti Gobal Biodiversity Information Facility järgi. Joonega ümbritsetud piirkonnad hõlmavad tegelikku looduslikku levilat Missouri Botanical Garden ning Manos ja Stanford (2001) põhjal.

Fagaceae on ektomükrooriisne sugukond, mis hõlmab perekondi: *Castanea*, *Castanopsis*, *Chrysolepis*, *Fagus*, *Lithocarpus*, *Quercus* ja *Trigonobalanus*. Liike on hinnanguliselt 750 (Brundrett, 2009). Põhiliselt levib *Fagaceae* põhjapoolkeral, kuid leidub ka perekondi, mis on kohastunud kasvuks lõunapoolkeral. *Trigonobalanus* levib Sumatral, Boroneol, Malay poolsaarel ja Celebesel. *Castanea* levik hõlmab Põhja-Ameerikat, selle perekonna liike võib leida veel Lääne-Euroopast, Hiinast, Taiwanist ja Jaapanist. *Castanopsis* levib ainult Ida-Aasia troopilistes ja lähistroopilistes kliimavöötmes, sealhulgas Jaapanis ja Uus-Guineas. *Chrysolepis* on endeemne Ameerika Ühendriikide lääneosas, ulatudes Lõuna-Californiast Ida-Nevadani. *Fagus* on levinud laialdaselt Lääne- ja Kesk-Euroopas, kaasates Norra ja Rootsi. *Fagus* on endeemseks liigiks veel Põhja-Ameerikas (Kanada ja USA idarannik) ja Aasias (Jaapanis ja Taiwansis). *Lithocarpus* on levinud Põhja-Ameerikas, Loode-Oregonis ja Californias. Samuti on *Lithocarpus* levinud Aasias, ulatudes Indohiina poolsaarest Uus-Guineani. *Lithocarpus* levib ka Jaapanis, Taiwanis. Perekond *Quercus* on kõige laialdasema levikuga ning hõlmab hinnanguliselt ligi pooli liike *Fagaceae* sugukonnast (Manos ja Stanford, 2001). *Quercus* on levinud Põhja- ja Kesk-Ameerikast Lõuna-Ameerikasse (Kolumbiasse). Samuti on see perekond levinud Euroopas, Lähis-Idas ja Aasias.

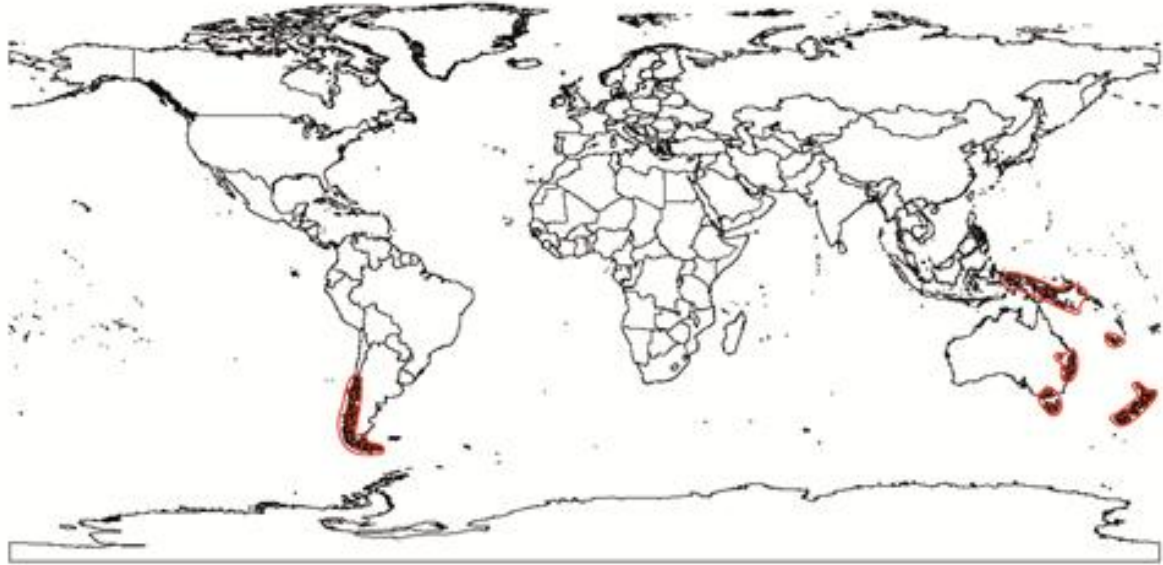
3.4. *Ticodendraceae*



Joonis 4. Sugukonna *Ticodendraceae* looduslik levik maailmas. Punktid tähistavad andmebaasistatud leiukohti Gobal Biodiversity Information Facility järgi. Joonega ümbritsetud piirkonnad hõlmavad tegelikku looduslikku levilat Missouri Botanical Garden, Gómez-Laurito ja Gómez (1989); Hammel ja Burger (1991) põhjal.

Ticodendraceae on monotüüpne sugukond ühe liigiga, *Ticodendron incognitum*, Seda liiki võib leida Kesk-Ameerika mägistest pilvemetsadest, Panamast Lõuna-Mehhikoni (Gómez-Laurito ja Gómez, 1989). Selle liigi eksemplare on leitud 500-2400 meetri kõrgusel. Kõige enam leidub *Ticodendron incognitum* taimi 750-1500 meetri kõrguselt. Keskmiselt kasvab hektaril 28,7 puud, keskmiseks kõrguseks on 17,9 meetrit ja läbimõõduks 0,25 meetrit (Martin ja Madrid, 1992). Suutlikus levida ainult mägedes on selle liigi biogeograafiliseks barjääriks (Hammel ja Burger, 1991).

3.5. *Nothofagaceae*



Joonis 5. Sugukonna *Nothofagaceae* looduslik levik maailmas. Punktid tähistavad andmebaasistatud leiukohti Gobar Biodiversity Information Facility järgi. Joonega ümbritsetud piirkonnad hõlmavad tegelikku looduslikku levilat Missouri Botanical Garden, Linder ja Crisp (1995) ja Van Steenis (1972) põhjal.

Ektomükoriisne taimesugukond *Nothofogaceae* hõlmab perekonda *Nothofagus*, 35 liigiga (Duretto, 2009). *Nothofogaceae* perekonna liigid hõlmavad troopilisi vihmametsi, mäestikke, parasvöetmelisi metsi ja vahemerelise taimkattega bioome. Selle taimerühma perekonna liigid on levinud Lõuna-Ameerikas (kaasates Tšiilit ja Argentiinat), Uus-Meremaal, Austraalias, Uus-Kaledoonias, Paapuas ja Uus-Guineas. Uus-Guineas esineb *Brassopora* alamperekond 14 liigiga ja Uus-Kaledoonias on neid viis. (Heads, 2006). Austraalias esineb kuus liiki alamperekonnast *Lophozonia*. Lõuna-Ameerikas on esindatud alamperekonnad *Nothofagus* (5 liiki), *Lophozonia* (6 liiki) ja *Fuscospora* (5-6 liiki). Tasmaanias ja Uus-Meremaal on esindatud alamperekonnad *Lophozonia* (6 liiki) ja *Fuscospora* (5-6 liiki) (Heads, 2006). Arutletud on, et *Nothofagaceae* võis levida Uus-Meremaale Austraaliast (Linder ja Crisp, 1995). Levimismehhanismid ei võimalda *Nothofogaceae* liikidel väga kaugele levida. Killustunud levik lõuna-poolkera mägistel aladel tuleneb Gondwana ürgmandri lagunemisest.

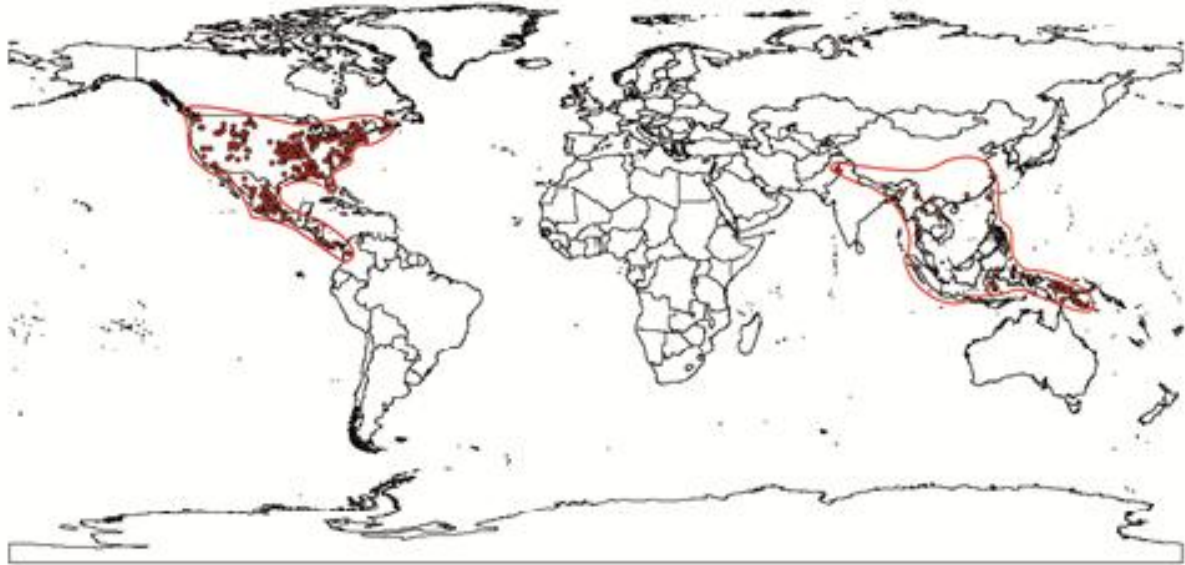
3.6. *Rhoipteleaceae*



Joonis 6. Sugukonna *Rhoipteleaceae* looduslik levik maailmas. Punktid tähistavad andmebaasistatud leiukohti Gobal Biodiversity Information Facility järgi. Joonega ümbritsetud piirkonnad hõlmavad tegelikku looduslikku levilat Missouri Botanical Garden ja Heads (2006) põhjal.

Rhoipteleaceae taimerühm hõlmab ühte perekonda, *Rhoiptelea*. Ainuke teadaolev liik on *Rhoiptelea chiliantha*, mis levib Vietnamis ja Lõuna-Hiinas (Heads, 2006). *Rhoiptelea chiliantha* levib ainult orgudes, mägede soppides ning ojade kallastel. *Rhoiptelea chiliantha* on tuultolmleja (Sun et. al., 2006). Siiani pole infot selle liigi mükoriissuse kohta, kuid tema fülogeneetiline positsioon seltsi *Fagales* keskel lubab oletada, et tegemist on ektomükoriisse liigiga.

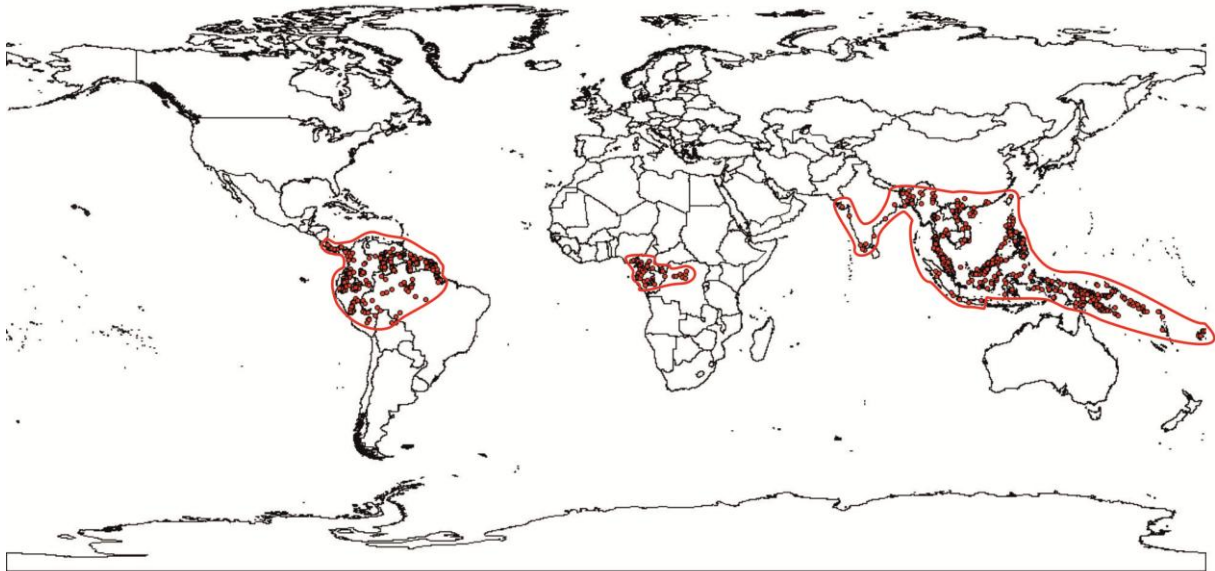
3.7. *Juglandaceae*



Joonis 7. Sugukonna *Juglandaceae* ektomükoriisete perekondade looduslik levik maailmas. Punktid tähistavad andmebaasistatud leiukohti Gobal Biodiversity Information Facility järgi. Joonega ümbritsetud piirkonnad hõlmavad tegelikku looduslikku levilat Missouri Botanical Garden ja Manning, (1970) põhjal.

Juglandaceae taimerühm hõlmab *Carya*, *Engelhardtia*, *Annamocarya* ja *Oreomunnea* ektomükoriisid perekondi. Liike on hinnanguliselt 32 (Brundrett, 2009). Enamik selle taimerühma liike on levinud Põhja-Ameerikas, kuid neid leidub ka Kesk-Ameerikas ja Aasias, sealjuures asustades bioome vihmametsadest kõrbeteni. Kõige laialdasemalt on levinud *Carya* perekond, mille liike võib leida Põhja- ja Kesk-Ameerikast ning ka Aasiast. Aasias leidub *Carya* liike Indias, Hiinas ja Indohiina poolsaarel. *Oreomunnea* on perekond, mille endemne areaal ulatub Lõuna-Mehhikost Põhja-Kolumbiani. Perekonna liike võib leida mägistest vihmametsadest (Manning, 1970). *Engelhardtia* on levinud Aasias, Indiast Paapua Uus-Guineani, sealhulgas ka Taiwanis, kuid Väike-Sunda saartel *Engelhardtia* liike ei esine. *Juglandaceae* taimerühmadel on välja kujunenud erinevad levimisviisid.

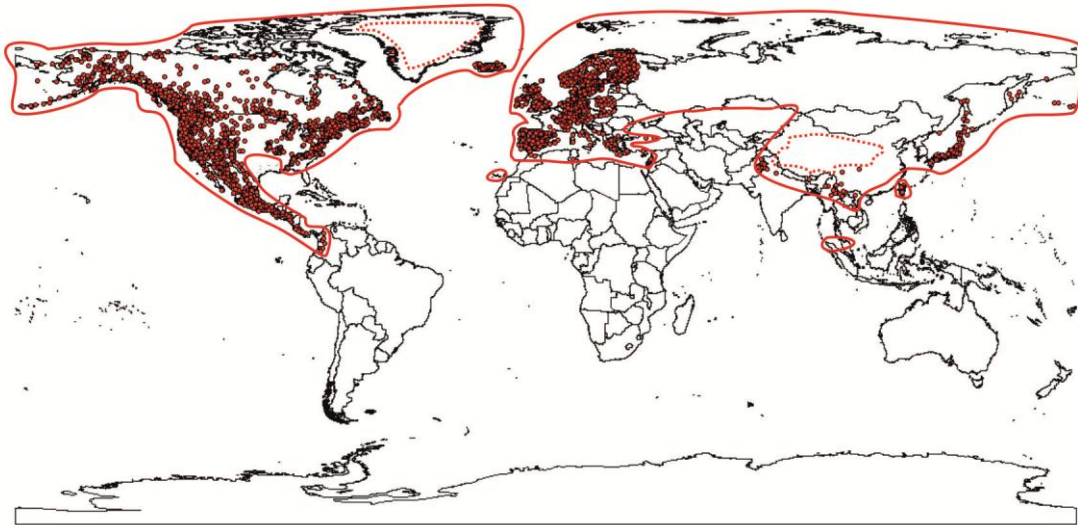
3.8. *Gnetaceae*



Joonis 8. Sugukonna *Gnetaceae* looduslik levik maailmas. Punktid tähistavad andmebaasistatud leiukohti Gobal Biodiversity Information Facility järgi. Joonega ümbritsetud piirkonnad hõlmavad tegelikku looduslikku levilat Missouri Botanical Garden ja Markgraf (1929), Won ja Renner (2006) ja Ridle, (1930) põhjal.

Gnetaceae sugukonda kuulub üks ektomükoriisne perekond *Gnetum*, mille liikide arv on hinnanguliselt 35 (Brundrett, 2009). *Gnetum* perekonda kuuluvad liigid on troopikas kasvavad puud või puudel ronivad liaanid (Markgraf, 1929). Perekonna *Gnetum* liike leidub Lõuna-Ameerikas, Lääne-Aafrikas ja Aasias. Lõuna-Ameerikas esineb 10 liiki, Lääne-Aafrikas esineb 1 liik ja ligikaudu 25 liiki on Aasias (Won ja Renner, 2006). *Gnetum* levik hõlmab Lõuna-Ameerika põhjaosa, Costa Ricast Boliiviani. Põhiline levik on Amsoonias kuni 600 meetri kõrguseni, kuid *Gnetum camporum* esineb Guajaanas kuni 1800 meetri kõrgusel üle merepinna (Won ja Renner, 2006). Aasias ja Okeaanias on *Gnetum* liigid levinud Lääne-Indiast Fijini. Aafrikas on *Gnetum africanum* levinud vihmametsavööndis Kagu-Nigeeriast Kongo Demokraatliku Vabariigini. *Gnetum* liigid kasvavad tavaliselt jõgede kallastel ning levivad jõgede kaudu. Täheldatud on ka seemnete levikut merede kaudu, näiteks Malaisias (Ridley, 1930). Paljude *Gnetum* liikide puhul on täheldatud ka loomset levikuviisi, viljade valmimise korral muutuvad nad punaseks ja kollaseks, meelitades ligi suuri loomi (ahve, linde) (e.g., Ridley, 1930; Markgraf, 1951; Kubitzki, 1985; Van Roosmalen, 1985; Forget et al., 2002). Eelkõige Aafrikas ja Kagu-Aasias tarvitatakse *Gnetum* liikide lehti ja vilju toiduks ning seetõttu on neid taimi ka laialdaselt istutatud.

3.9. *Ericaceae*



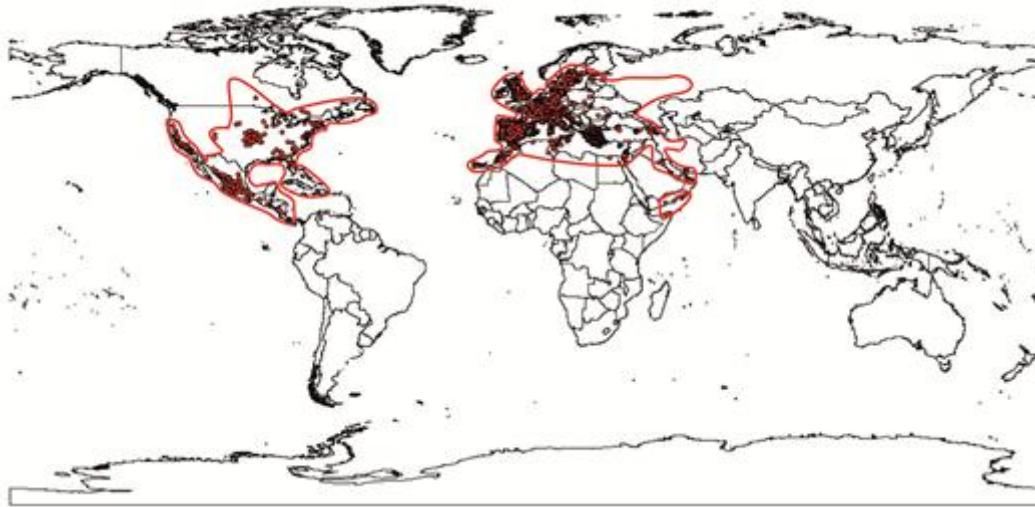
Joonis 9. Sugukonna *Ericaceae* ektomükoriissete perekondade looduslik levik maailmas. Punktid tähistavad andmebaasistatud leiukohti Gobal Biodiversity Information Facility järgi. Joonega ümbritsetud piirkonnad hõlmavad tegelikku looduslikku levilat Missouri Botanical Garden ning Hileman, Vasey ja Parker (2001) põhjal. Punktiirjooned tähistavad suuremaid levilast välja jäävaid piirkondi, mis ei sobi kliimaatiliste tingimuste tõttu.

Sugukond *Ericaceae* hõlmab nelja ektomükoriisset alamsugukonda: *Arbutoideae*, *Pyroloideae*, *Monotropoideae* ja *Pterosporoideae*, mis on levinud põhja-poolkeral. Muud alamsugukonnad moodustavad erikoidset mükoriisat. *Arbutoideae* alla kuulub kolm perekonda: *Arbutus*, *Arctostaphylos* ja *Comarostaphylis*. *Arbutus* liigid on levinud Vahemere piirkonnast Barentsi väinani mööda parasvöötme metsi, arktilisi tundraid ja taigasid, läbides ka Põhja-Aafrika riikide vahemerelise taimkattega bioome. *Arbutus* liigid on levinud läänepoolkeral mööda Põhja-Ameerika läänekallast Nicaraguast Kanadasse British Kolumbia osariiki (Hileman, Vasey ja Parker, 2001). *Arctostaphylos* on levinud tundra ja boreaalste okasmetsade bioomides. Põhja-Ameerikas on *Arbutoideae* liigid laialdaselt levinud troopilistest vihmametsadest arktiliste tundrateni, ulatudes Gröönimaast Kesk-Ameerika riikideni. Samuti levivad liigid ka Euroopas, mille levik ulatub Lõuna-Hispaaniast Norra põhjaosani. Levik hõlmab ka Islandi saarestiku, Shetlandi saart ning ka Gröönimaa osi, mis ei ole igijää katte all. *Comarostaphylis* on põhiliselt levinud subtroopilises Kesk-Ameerikas (Hileman, Vasey ja Parker 2001).

Pyroloideae hõlmab *Chimaphila*, *Moneses*, *Orthilia*, *Pyrola* ja *Sarcodes* perekondi. *Pyroloideae* liigid on Põhja-Ameerikas levinud Kesk-Ameerika riikidest Gröönimaani, läbides bioome troopilistest vihmametsadest arktiliste tundrateni. *Pyroloideae* liigid on levinud ka Hispaaniast Barentsi väinani, läbides parasvöötmelisi metsi, taigasid, arktilisi tundraid ja parasvöötmelisi rohumaid. Aasias läbib *Pyroloideae* levik troopilisi rohumaid, troopilisi vihmametsi, parasvöötmelisi metsi ja parasvöötmelisi rohumaid. Aasias on *Pyroloideae* liigid levinud Afganistaani lääneosast Jaapanani, jälgides Himaalaja piire.

Monotropeae alamsugukond hõlmab mükoheterotroofseid *Allotropa*, *Cheilothea*, *Hemitomes*, *Monotropa*, *Monotropastrum*, *Monotropsis*, *Pityopus*, *Pleuricospora* ja *Pterospora* perekondi. *Monotropeae* liigid on levinud Põhja-Ameerikas, Euroopas ja Aasias. Nende levik ei ole nii laialdane kui *Pyroloideae* ja *Arbutoideae* liikidel. *Allotropa*, *Hemitomes* ja *Pleuricospora* esinevad ainult Põhja-Ameerika läänekaldal. *Cheilothea* on levinud Taiwanis. *Monotropa* liike leidub ka Põhja-Ameerikas ning Lääne-Euroopast Venemaa keskosa parasvöötme metsadeni. *Monotropa* ja *Monotropastrum* levivad Aasias: Taiwanis, Jaapanis ja Indohiina poolsaarel. *Pityopus* levib Kesk-Ameerika riikides ja USA kaguosas. *Monotropsis* levib ainult USAs, Alabama ja Tennessee osariikides. *Pterospora* on levinud Mehhikos ja USA lääneosas.

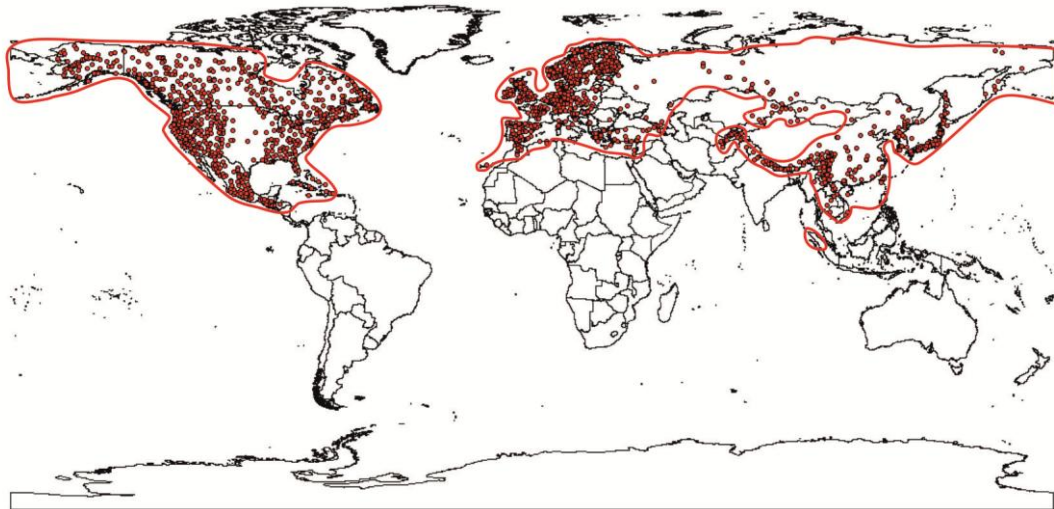
3.10. *Cistaceae*



Joonis 10. Sugukonna *Cistaceae* looduslik levik maailmas. Punktid tähistavad andmebaasistatud leiukohti Gobal Biodiversity Information Facility järgi. Joonega ümbritsetud piirkonnad hõlmavad tegelikku looduslikku levilat Missouri Botanical Garden ning Bremer (1992) ning Guzman ja Vargas (2005) põhjal.

Cistaceae taimerühma kuulub kaheksa perekonda: *Cistus*, *Fumana*, *Halimium*, *Helianthemum*, *Hudsonia*, *Lechea* ja *Tuberaria* ning hübriidne perekond *Halimicistus*. Hinnanguliselt on liikide arvuks 180 (Brundrett, 2009). *Cistaceae* liigid asustavad bioome parasvöötmetelistest metsadest poolkõrbeteni. Seejuures ektomükoriissed taimerühmad on ilmselt tekkinud vahemerelises kliimavöötmes (Bremer, 1992). *Cistaceae* liigid on levinud Põhja-Ameerikas, Euroopas, Vahemeremaades ja Lähis-Idas. Perekonnad, mis esinevad ainult Põhja-Ameerikas, on *Lechea* ja *Hudsonia*. *Hudsonia* on levinud Põhja-Ameerika Suurest järvistust Kesk-Ameerikas paikneva Honduraseni. *Helianthemum* liigid on levinud Kanaari saartelt Lähis-Idas paiknevate riikideni, kaasaarvatud Jeemen ja Kuveit. Samuti esineb seda perekonda Kanaari saartest Uurali mägedeni ja Šotimaa põhjaosani. *Helianthemum* liigid on esindatud ka Põhja-Ameerika mandril, ulatudes Kanadast Costa Ricani. *Cistus* esineb ainult Vahemereriikides ja Kanaari saartel. *Cistus heterophyllus* esineb üksnes Marokos ja Alžeerias. Samuti leidub *Cistus* liike Portugalist Lähis-Idani. *Tuberaria* levib samuti Vahemere riikides ja Kanaari saartel. *Halimium* liike võib leida Põhja-Aafrikast, Euroopast ning Lähis-Idast.

3.11. *Pinaceae*



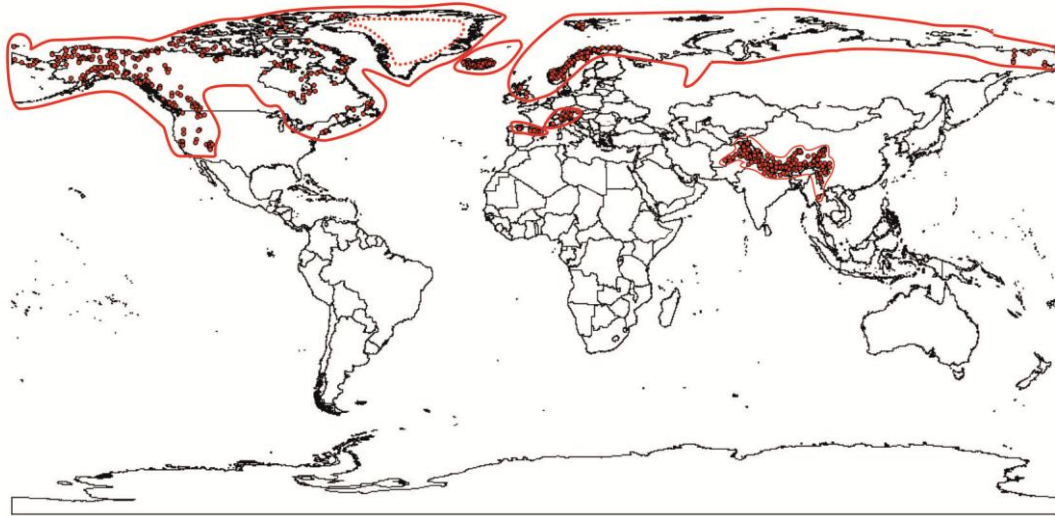
Joonis 11. Sugukonna *Pinaceae* looduslik levik maailmas. Punktid tähistavad andmebaasistatud leiukohti Gobal Biodiversity Information Facility järgi. Joonega ümbritsetud piirkonnad hõlmavad tegelikku looduslikku levilat Missouri Botanical Garden ning Ran (2006) ja Havill et. al., (2008) ja Contreras-Medina ja Vega (2002) põhjal.

Sugukond *Pinaceae* on ektomükoriisne taimerühm ning hõlmab perekondi: *Abies*, *Cathaya*, *Cedrus*, *Keteleeria*, *Larix*, *Picea*, *Pinus*, *Pseudolarix*, *Pseudotsuga* ja *Tsuga*. Liike on hinnanguliselt 250 (Brundrett, 2009). Levinud laialdaselt Põhja-Ameerikas, Euroopas ning Aasias. *Pinaceae* taimerühma liikmed levivad laialdaselt põhjapoolkeral, hõlmates bioome poolkõrbetest Arktiliste tundrateni.

Perekond *Abies* on laialdaselt levinud kogu Põhja-Ameerikas, Euroopas, Aasias ja Põhja-Aafrikas. Samuti leidub *Abies* liike ka mägedes. *Cathaya argyrophylla* on levinud Kagu-Hiina mägedes (Ran, Wei and Wang, 2006). *Cedrus* on endeemne Vahemere riikides ja Lääne-Himaalajas. Vahemere regioonis ulatub *Cedrus* liikide levik 1000 meetri kõrguselt kuni 3200 meetri kõrgueni, Himaalajas seevastu vahemikus 1000-2000 meetrit (Farjon, 1990). *Keteleeria* on levinud ainult Lõuna-Hiinas, Laoses ja Vietnamis (Havill et. al., 2008). Perekondade *Larix* ja *Picea* liigid on levinud väga laialdaselt Põhja-Ameerikas, Euroopas ja Aasias. *Larix* ja *Picea* liigid hõlmavad parasvöötmelisi metsi, taigasid, arktilisi tundraid, mäestikke ning vahemerelise taimkattega bioome. Perekonna *Pinus* liigid on samuti väga laialdase areaaliga, ulatudes Hispaaniast Beringi väinani ja Indo-Hiina poolsaareni. *Pinus merkusii* on levinud Sumatra saarel ulatudes lõuna poole ekvaatorit. Levik Ameerikas ulatub

Kesk-Ameerika riikidest Kanada põhjaosani. Monotüüpse perekonna *Pseudolarix* liik on levinud ainult Kagu-Hiinas (Contreras -Medina ja Vega, 2002). *Pseudotsuga* ja *Tsuga* on laialdaselt levinud Põhja-Ameerikas, Mehhikos ning Ida-Hiinas (Contreras-Medina ja Vega, 2002). Sugukond *Pinaceae* on teadaolevalt vanim ektomükoriisne taimerühm, mille fossiile on leitud juura-ajastust (LePage, 2003).

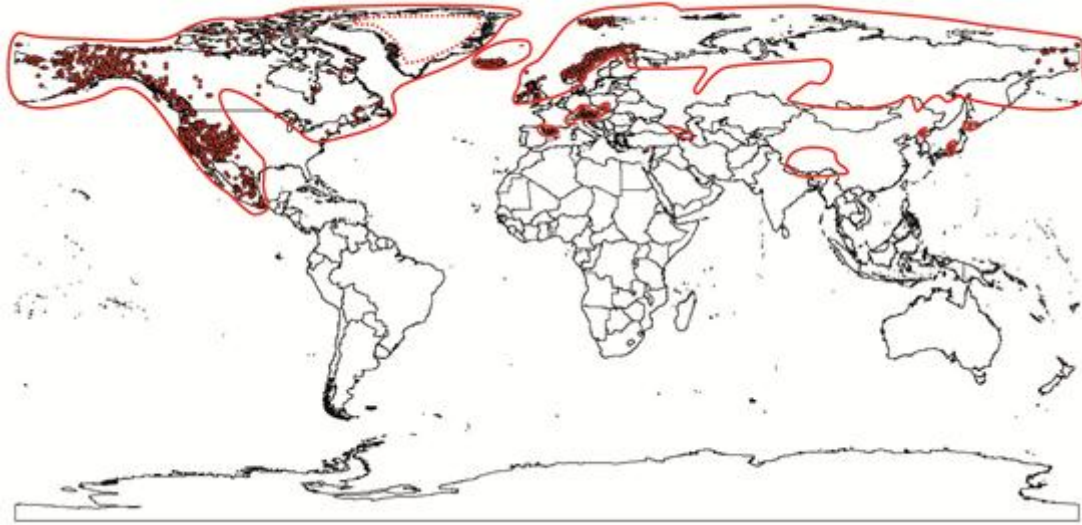
3.12. *Kobresia* (Cyperaceae)



Joonis 12. Perekonna *Kobresia* looduslik levik maailmas. Punktid tähistavad andmebaasistatud leiukohti Gobaal Biodiversity Information Facility järgi. Joonega ümbritsetud piirkonnad hõlmavad tegelikku looduslikku levilat Missouri Botanical Garden ning Zhang, (2001) ja Wang et al., (2008) põhjal. Punktiirjooned tähistavad suuremaid levilast välja jäävaid piirkondi, mis ei sobi kliimaatiliste tingimuste tõttu.

Cyperaceae sugukonda kuuluv perekond *Kobresia* on ektomükoriisne. *Kobresia* perekonda kuulub hinnanguliselt 60 liiki (Zhang, 2001) *Kobresia* liigid on kohastunud külmade ja kuivade elupaikadega, neid esineb ka mägedes ja põhiliseks levialaks on arktilised ja alpiinsed vööndid. *Kobresia* liigid levivad Põhja-Ameerikas, Euroopas ning Aasias. Euroopas on levik hõlmanud Pürenee mäestiku, Alpid, Islandi, Shetlandi saared, Norra ja Šotimaa mägised alad. Samuti on *Kobresia* liigid esindatud Rootsi ja Soome põhjaosas ja Uuralites. Liigid on levinud Norrast Beringi väinani mööda arktilist tundrat. Põhja-Ameerikas on *Kobresia* liigid levinud arktilises tundras, parasvöetmelistes metsades ning alpiinse kliimaga aladel Kaljumäestikus. *Kobresia* liigid on esindatud Qinghai-Tiibeti platool Aasias (Zhang, 2001). Tiibeti platool on *Kobresia humilis* tüüpiline alpiinsete niitude taim, mis moodustab monodominantseid kooslusi ulatuslikel maa-aladel (Wang et. al., 2008).

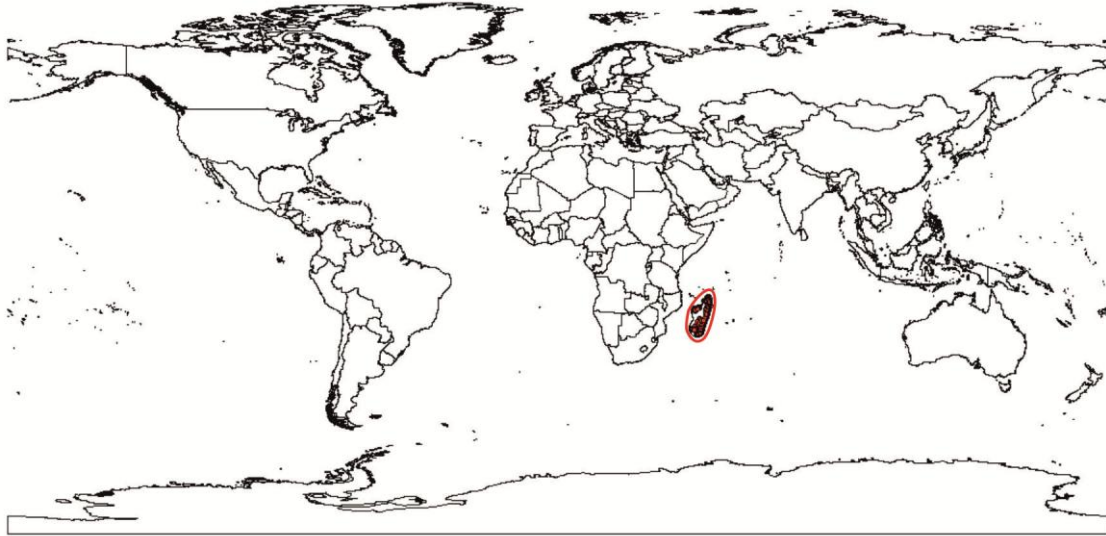
3.13. *Dryas* ja *Cercocarpus* (*Rosaceae*)



Joonis 13. Sugukonna *Rosaceae* ektomükoriisete perekondade looduslik levik maailmas. Punktid tähistavad andmebaasistatud leiukohti Global Biodiversity Information Facility järgi. Joonega ümbritsetud piirkonnad hõlmavad tegelikku looduslikku levilat Missouri Botanical Garden ning Hultén ja Fries (1986) põhjal. Punktiirjooned tähistavad suuremaid levilast välja jäävaid piirkondi, mis ei sobi kliimaatiliste tingimuste tõttu.

Taimesugukond *Rosaceae* hõlmab ektomükoriiseseid perekondi *Cercocarpus* ja *Dryas*, kuhu kuulub hinnanguliselt 29 liiki (Brundrett, 2009). Perekond *Cercocarpus* liigid esinevad Põhja-Ameerikas ja on levinud Lõuna-Mehhikost Loode-Washingtoni ja Lõuna-Montana osariigini mööda USA lääneosa. Perekonna *Cercocarpus* liigid asustavad poolkõrbeid, mäestikke, taigasid ja parasvöetmelisi rohumaid. Perekond *Dryas* liigid on arktiliste ja alpiinsete kohastumustega mitmeaastased rohttaimed. Liigid levivad Põhja-Ameerikas, Euroopas ja Aasias mööda arktilisi tundraid ja parasvöetmeid. Liike võib leida lubjakiviste aluspõhjaga mägedes Euroopas, Aasias, Jaapanis, Altais ja Kaukasuses, samuti Põhja-Ameerika lääneosast kuni lõuna Kaljumäestikuni (Hultén ja Fries, 1986). Samuti võib *Dryas* liike leida Pürenee mäestikus, Alpides ja Tatra mägedes. Aasias on *Dryas* liigid esindatud Himaalajas, Altai, Põhja-Korea ja Jaapani mägedes. *Dryas octopetala* kasvab Euroopas, kuid on levinud ka üle Beringi väina kuni Kaljumäestikuni (Hultén ja Fries, 1986). Mõlemad perekonnad levivad putukate ja tuule abil (Skrede, 2006).

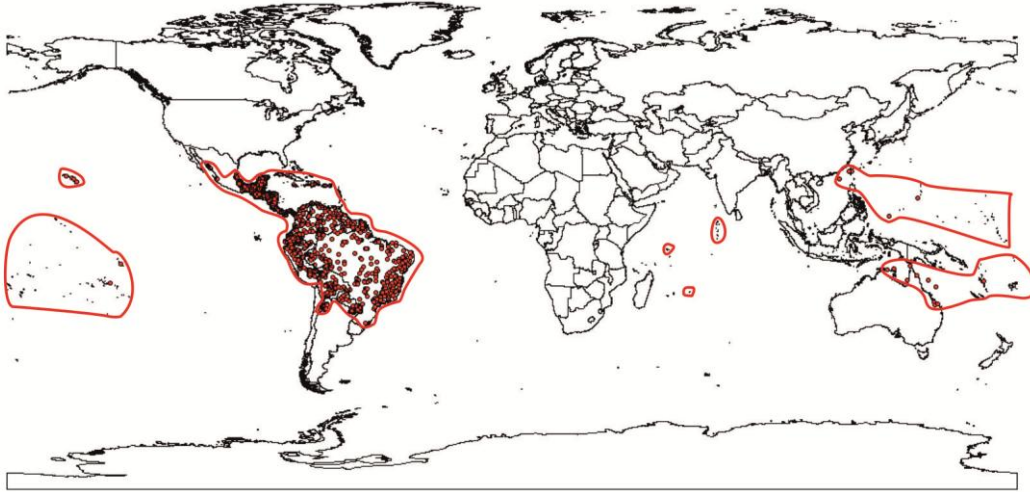
3.14. *Asteropeiaceae*



Joonis 14. Sugukonna *Asteropeiaceae* looduslik levik maailmas. Punktid tähistavad andmebaasistatud leiukohti Global Biodiversity Information Facility järgi. Joonega ümbritsetud piirkonnad hõlmavad tegelikku looduslikku levilat Missouri Botanical Garden ja Birkinshaw 2004 põhjal.

Asteropeiaceae on ektomükrosiisne taimerühm, mis on esindatud ühe perekonnaga *Asteropeia*, milles on 8 liiki (Brundrett, 2009). Liigid on endeemsed ainult Madagaskaril. Perekond *Asteropeia* on levinud niisketes ja poolniisketes metsades, samuti leidub neid mägistes igihaljastes metsades kuni 2000 meetri kõrgusel (Birkinshaw, 2004).

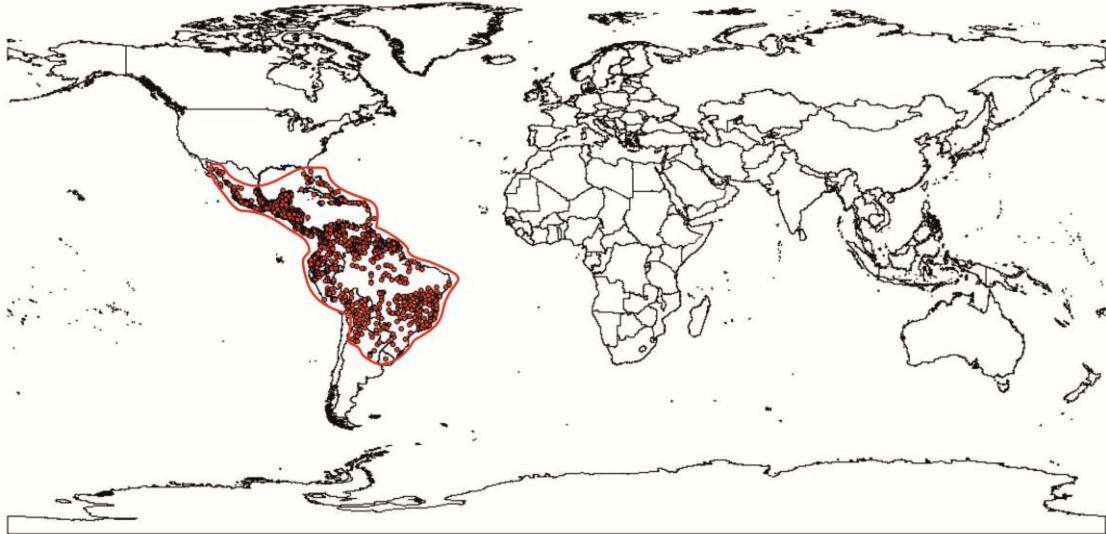
3.15. *Nyctaginaceae*



Joonis 15. Sugukonna *Nyctaginaceae* ektomükoriisete perekondade looduslik levik maailmas. Punktid tähistavad andmebaasistatud leiukohti Gobal Biodiversity Information Facility järgi. Joonega ümbritsetud piirkonnad hõlmavad tegelikku looduslikku levilat Missouri Botanical Garden ning St John (1951) ja Burger (2005) põhjal.

Nyctaginaceae hõlmab perekondi *Guapira*, *Neea* ja *Pisonia*. Perekondadesse kuulub hinnanguliselt 88 liiki (Encyclopeida of Life). Valdavalt on ektomükoriissed perekonnad levinud Kesk- ja Lõuna-Ameerikas, kuid *Pisonia grandis* on levinud India ja Vaikse ookeani saartel. Selle liigi seemned kleepuvad lindude külge ning levivad pikki vahemaid. *Pisonia grandis* on üks peamisi puuliike korallsaartel, ning on üks tunnus-puuliike guaanopinnasel suurtes linnukolooniates (St John, 1951; Burger 2005). Teised ektomükoriissed *Pisonia* liigid on levinud Kesk-Ameerikas ja Lõuna-Ameerikas, eriti Lääne-India saarestikus. Osad *Pisonia* liigid on teadaolevalt vaid arbuskulaar-mükoriissed (Suvi et. al., 2010). *Neea* ja *Guapira* liigid on esindatud Kesk-Mehhikost Põhja-Argentiinani. Samuti on *Neea* ja *Guaparia* liigid esindatud Kariibi mere saaretikus. Oma areali piires asustavad nad troopilisi vihmametsi, mägimetsi ja puissavanne.

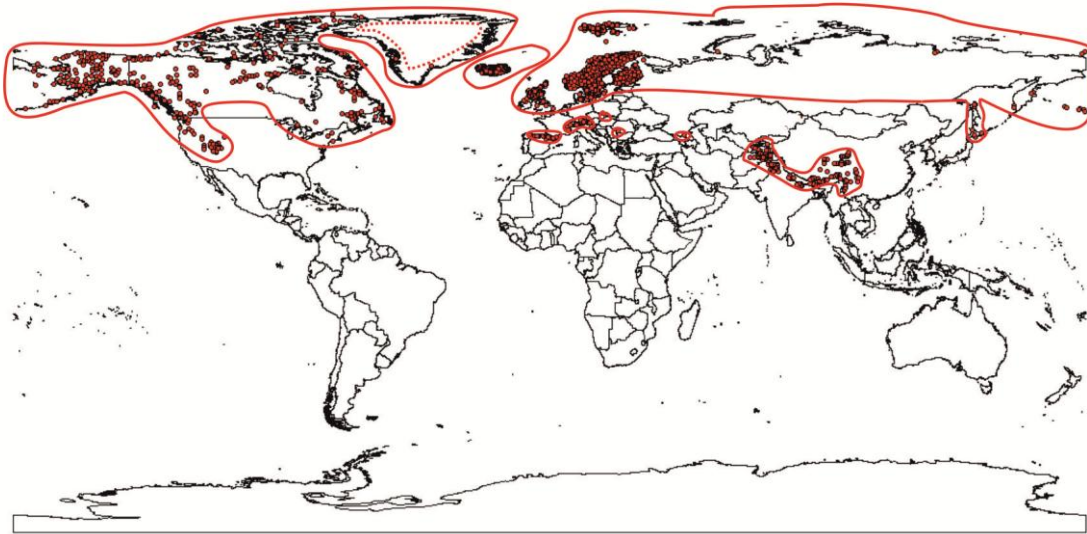
3.16. *Coccoloba* (Polygonaceae)



Joonis 16. Perekonna *Coccoloba* looduslik levik maailmas. Punktid tähistavad andmebaasistatud leiukohti Global Biodiversity Information Facility järgi. Joonega ümbritsetud piirkonnad hõlmavad tegelikku looduslikku levilat Missouri Botanical Garden ja Steyermark (1995) põhjal.

Ektomükoriisne *Coccoloba* perekond kuulub *Polygonaceae* sugukonda. *Coccoloba* perekonda kuulub hinnanguliselt 120 liiki (Flora of North America). Enamasti on *Coccoloba* levinud Lõuna- ja Kesk-Ameerikas, hõlmates bioome vihmametsadest kuivade lähistroopiliste metsadeni ning poolkõrbeteni kuni 2000 meetri kõrgusel (Steyermark, 1995). *Coccoloba* on levinud Argentiina põhjaosast Loode-Mehhikoni, sealhulgas ka Ameerika Ühendriikidesse Florida osariiki tõenäoliselt üle Kariibi mere saarte.

3.17. *Bistorta vivipara*, *Polygonaceae*



Joonis 17. Sugukonna *Polygonaceae* alla kuuluva ektomükoriisse liigi *Bistorta vivipara* looduslik levik maailmas. Punktid tähistavad andmebaasistatud leiukohti Gobal Biodiversity Information Facility järgi. Joonega ümbritsetud piirkonnad hõlmavad tegelikku looduslikku levilat Missouri Botanical Garden põhjal. Punktiirjooned tähistavad suuremaid levilast välja jäävaid piirkondi, mis ei sobi kliimaatiliste tingimuste tõttu.

Polygonaceae sugukonda kuuluv *Bistorta vivipara* on ilmselt ainus ektomükoriisne liik selles 15-liigilises perekonnas (Brundrett, 2009). *Bistorta vivipara* on levinud väga laialdaselt arktilises ja boreaalses kliimavöötmes. *Bistorta vivipara* on levinud ka mäestikes nii Põhja-Ameerikas Kaljumäestikus kui ka Euroopas Alpides, Pürenee mäestikus, Karpaatides ja Tatra mägedes. Ka Islandil, Gröönimaal ja Jan Mayeni saartel on *Bistorta vivipara* esindatud. Aasias on *Bistorta vivipaar* esindatud Himaalaja mäestikus, Jaapani põhjapoolsetes mägedes ning Sahhalini mägedes. Liik levib peamiselt suguliste sigisibulate abil.

3.18. *Pomadereae* (*Rhamnaceae*)

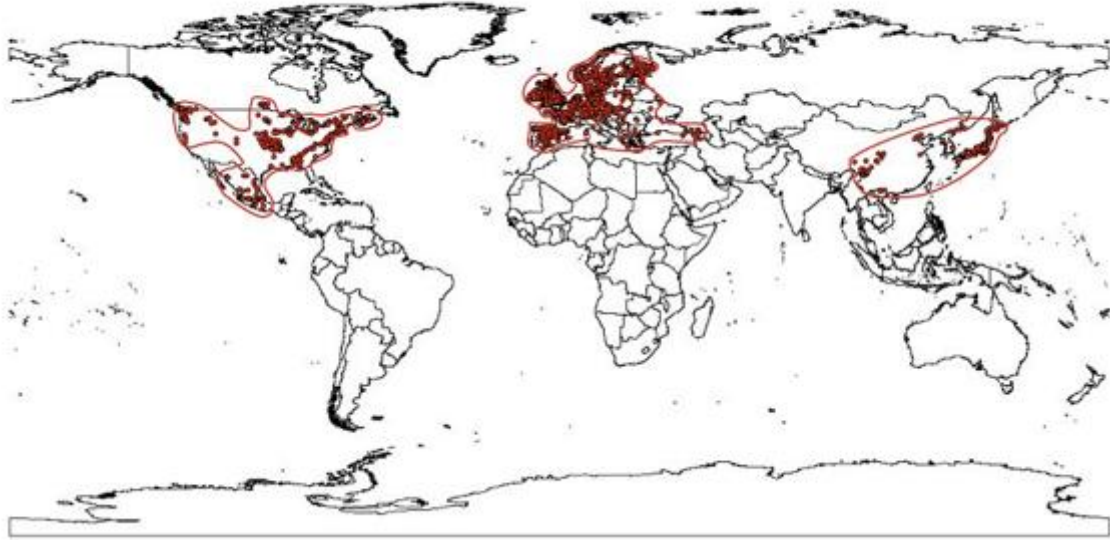


Joonis 18. Triibuse *Pomadereae* looduslik levik maailmas. Punktid tähistavad andmebaasistatud leiukohti Gobal Biodiversity Information Facility järgi. Joonega ümbritsetud piirkonnad hõlmavad tegelikku looduslikku levilat Missouri Botanical Garden ning Ladiges (2005) ja Rye (1997) põhjal.

Rhamnaceae sugukonnas esinev ektomükoriisne triibus *Pomadereae* on Austraalias esindatud kümne perekonnaga ja 200 liigiga (Ladiges, 2005). *Pomadereae* hõlmab perekondi: *Pomaderris*, *Blackallia*, *Cryptandra*, *Grantites*, *Papistylus*, *Polianthion*, *Siegfriedia*, *Spyridium*, *Stenanthemum* ja *Trymalium*. Fossiilsed uuringud annavad alust arvata, et kogu *Rhamnaceae* taimerühm on Godwana päritoluga (Benson, 2004).

Pomadereae liigid on põhiliselt esindatud Austraalia niiskematel äärealadel, ent osad liigid on levinud ka Lääne-Austraalia kõrbealadel ja Tasmaanias. (Ladiges, 2005). *Pomadereae* on levinud ka Uus-Meremaale, seitsmest liigist kolm on Uus-Meremaal endeemsed (Ladiges, 2005) Kõige enam endeemseid liike on Edela-Austraalias (Ladiges, 2005). Põhja-Austraalia isoleeritud metsaalad on esindatud *Cryptandra* kahe liigiga Arnhemis ja Kimberleys ühe *Cryptantra* liigiga (Rye, 1997). Ida-Austraalias esineb mitmesuguseid bioome, mis ulatuvad vihmametsadest kuivade puistuteni. Seal on põhiliselt levinud *Pomaderris*, *Spyridium*, *Cryptandra* ja *Blackallia* (Ladiges, 2005). Lõuna-Austraalias on levinud *Spyridium*, *Pomaderris*, *Blackallia* ja *Trymalium*.

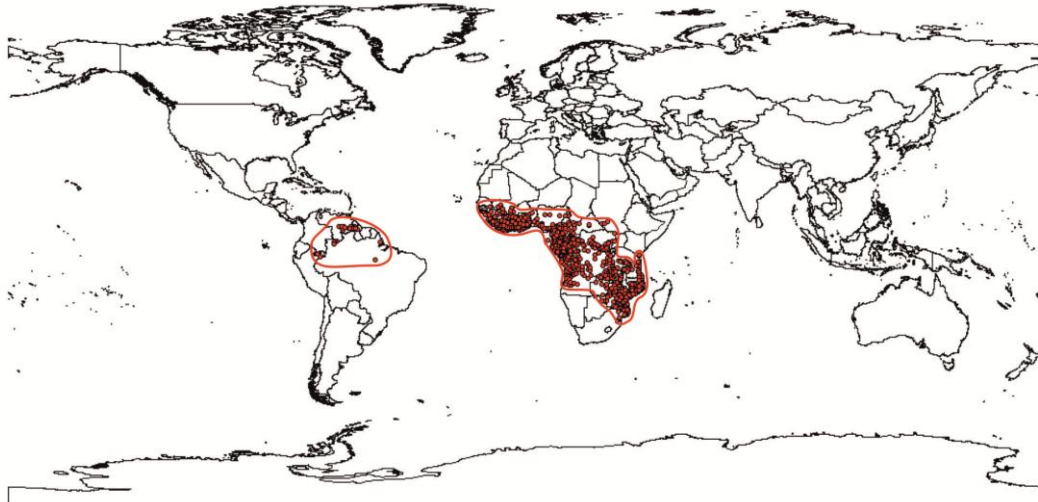
3.19. *Tilia*, *Tilioideae*



Joonis 19. Perekonna *Tilia* looduslik levik maailmas. Punktid tähistavad andmebaasistatud leiukohti Gobaal Biodiversity Information Facility järgi. Joonega ümbritsetud piirkonnad hõlmavad tegelikku looduslikku levilat Missouri Botanical Garden põhjal.

Tilioideae hulgas on ektomükoriisne perekond *Tilia*, kus esineb hinnanguliselt 22 liiki (Brundrett, 2009). *Tilia* on laialdaselt levinud põhjapoolkeral: Põhja-Ameerikas, Euroopas ja Aasias. *Tilia* liigid asustavad põhiliselt parasvöötmelisi metsi ja parasvöötmelisi rohumaid, vahemerelise taimkattega regioone ning levivad ka mäestikes. Põhja-Ameerikas on valdavalt levinud *Tilia americana*, mille leviala ulatub Lõuna-Mehhikost Kanadani. Aasias ulatub *Tilia* liikide levik Põhja-Indiast Põhja-Jaapanani. *Tilia amurensis* on esindatud Primorje krais. *Tilia* liikide levik Euroopas ulatub Hispaaniast Lõuna-Soomeni. *Tilia cordata* on laialdaselt levinud Euroopas ja Lääne-Aasias.

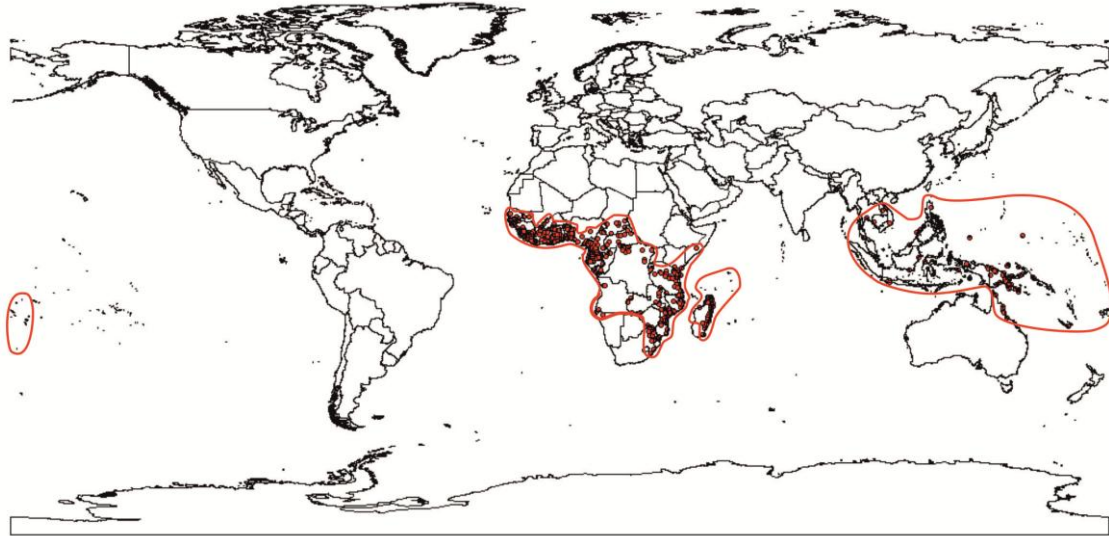
3.20. *Amherstiae* (Caesalpinioideae, Fabaceae)



Joonis 20. Triibuse *Amherstiae* looduslik levik maailmas. Punktid tähistavad andmebaasistatud leiukohti Gobal Biodiversity Information Facility järgi. Joonega ümbritsetud piirkonnad hõlmavad tegelikku looduslikku levilat Missouri Botanical Garden põhjal.

Taimerühm *Amherstiae* on ektomükoriisne ning hõlmab perekondi *Anthonotha*, *Aphanocalyx*, *Berlinia*, *Brachystegia*, *Cryptosepalum*, *Dicymbe*, *Didelotia*, *Gilbertiodendron*, *Isoberlinia*, *Julbernardia*, *Microberlinia*, *Monopetalanthus*, *Paraberlinia*, *Pellegriniodendron*, *Tetraberlinia*, *Touabouate* ja *Paramacrolobium*. Enamik selle rühma liike on levinud Aafrikas, kuid neid leidub ka Lõuna-Ameerikas. Liigid hõlmavad troopilisi vihmametsi ja puissavanne. Aafrikas ulatub levik Senegalist Lõuna-Mosambiigini. Lõuna-Ameerika põhjaosas on levinud endeemne perekond *Dicymbe*, mille liikide levik hõlmab Gujaanat, Venezuelat, Kagu-Kolumbiat ja Põhja-Brasiiliat.

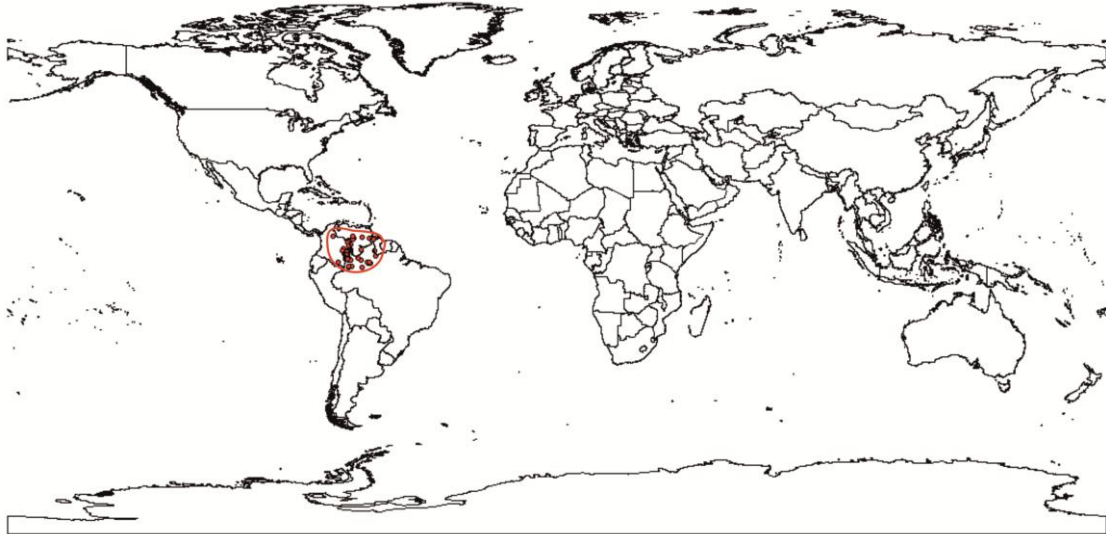
3.21. *Detariae* (*Caesalpinioideae*, *Fabaceae*)



Joonis 21. Triibuse *Detariae* looduslik levik maailmas. Punktid tähistavad andmebaasistatud leiukohti Gobar Biodiversity Information Facility järgi. Joonega ümbritsetud piirkonnad hõlmavad tegelikku looduslikku levilat Missouri Botanical Garden põhjal.

Ektomükoriisne taimerühm *Caesalpinioideae-Detariae* hõlmab kahte perekonda, *Afzelia* ja *Intsia*. Hinnanguliselt on selles taimerühmas 20 liiki (International legume database ja information service). Need perekonnad on esindatud Aafrikas, Aasias, Austraalias ja Ookeanias, levides valdavalt ekvatoriaalses ja lähisekvatoriaalses kliimavöötmes, asustades troopilisi vihmametsi ja savanne. *Afzelia* liigid on valdavalt levinud Aafrikas, kuid leidub ka liike, mis on levinud Aasias. *Afzelia javanica* levib Jaava saartel, *Afzelia rhomboidea* Borneo saarel ning *Afzelia xylocarpa* levib Indohiina poolsaarel. Aafrikas on *Afzelia* liigid levinud Senegalist Lõuna-Somaaliani, Lõuna-Aafrika Vabariigi põhjaosani ning Angola lõunaosani. *Intsia* liigid on levinud Aafrikast Ookeaniani. *Intsia bijuga* levib laialdaselt Polüneesia saarestikus, levik ulatub Lääne-Saamoa idaosani. Samuti levib *Intsia bijuga* Taiwanist Uus-Kaledooniani ning Taiwanist Jaava saareni. Lisaks levib see liik ka Madagaskari ja Seišellide vihmametsades ja kuivades troopilistes metsades. *Intsia palembanica* levib Tai poolsaarest Uus-Guineani, esinedes sealhulgas ka Taiwanis, Maluku saarel ja Filipiinide saarestikus.

3.22. *Aldina* (*Papilionoideae*, *Fabaceae*)



Joonis 22. Perekonna *Aldina* looduslik levik maailmas. Punktid tähistavad andmebaasistatud leiukohti Global Biodiversity Information Facility järgi. Joonega ümbritsetud piirkonnad hõlmavad tegelikku looduslikku levilat Missouri Botanical Garden põhjal.

Ektomükoriisne perekond *Aldina* kuulub *Papilionoideae* alamsugukonda. Teada olevaid liike on selles perekonnas 18, kuid hinnanguliselt on liike 22 (Bernard, 2012). Selle rühma liigid on endeemsed Lõuna-Ameerikas. Hõlmavad troopilisi vihmametsi, troopilisi savanne, soiseid metsi ja mäestikke. Põhiline levila ulatub umbes 1800 meetrini üle merepinna. Lõuna-Ameerikas levivad *Aldina* liigid Ida-Kolumbias, Venezuelas, Guajaanas ja Loode-Braasilias (Bernard, 2012).

3.23. *Bossiaeae* ja *Podalyrieae* (*Papilionoideae*, *Fabaceae*)



Joonis 23. Triibuste *Bossiaeae* ja *Podalyrieae* looduslik levik maailmas. Punktid tähistavad andmebaasistatud leiukohti Gobal Biodiversity Information Facility järgi. Joonega ümbritsetud piirkonnad hõlmavad tegelikku looduslikku levilat Missouri Botanical Garden põhjal.

Ektomükoriissed sõsartribused *Podalyrieae* ja *Bossiaeae* on levinud ainult Austraalias, hõlmates perekondi *Almaleea*, *Brachysema*, *Burtonia*, *Callistachys*, *Chorizema*, *Daviesia*, *Dillwynia*, *Erichsenia*, *Euchilopsis*, *Eutaxia*, *Gastrolobium*, *Gompholobium*, *Hardenbergia*, *Isotropis*, *Jacksonia*, *Kennedia*, *Latrobea*, *Leptosema*, *Mirbelia*, *Otton*, *Oxylobium*, *Phyllota*, *Platylobium*, *Podolobium*, *Pultenaea*, *Sphaerolobium* ja *Viminaria*. Need taimed levivad poolkõrbetes, savannides, troopilistes metsades, vahemerelie taimkattega regioonides ja parasvöötmelistes rohumaades. *Almaleea* liigid levivad Kagu-Austraalias ja Tasmaanias. *Brachysema*, *Callistachy*, *Erichsenia*, *Latrobea* ja *Otton* liike leidub Edela-Austraalias. *Chorizema* on levinud Austraalia ida- ja läänerrannikul. *Daviesia*, *Kennedia* ja *Phyllota* on levinud Austraalia ida- ja läänerrannikut mööda Lõuna-Austraaliasse ja sealt edasi sisemaa poole. Lisaks leidub liike ka Kesk-Austraalias, samuti Tasmaanias. *Dillwynia*, *Platylobium* ja *Oxylobium* on levinud Kaugu-Austraalias, samuti mööda idarannikut. Liigid esinevad ka Lõuna-Austraalias ning Tasmaanias. *Eutaxia* liigid on levinud mööda Austraalia lõunarannikut ja Tasmaanias. *Gastrolobium* liigid levivad Kagu- ja Põhja-Austraalias. *Gompholobium* liigid on levinud mööda Austraalia rannikut, leidub ka Kesk-Austraalias ning Tasmaanias. *Hardenbergia* esineb Kagu-Austraalias, samuti Põhja-Austraalias, Austraalia

idarannikul ja Lõuna-Austraalias. *Isotropis* liike leidub Ida-Austraalias, Lääne-Austraalias ja mandri keskosas. *Jacksonia* liikide areaal hõlmab Edela-Austraaliat, Austraalia põhjarannikut ja Kagu-Austraaliat, samuti leidub neid sisemaal. *Leptosem* liigid on levinud Lääne-Austraalias, Austraalia idaranniku lõuna- ja põhjaosas. *Mirbelia* levik ulatub Edela-Austraalias Kagu-Austraaliani, liigid on levinud rannikualadel ja sisemaal. *Podolobium* liigid levivad mööda idarannikut. *Pultenaea* liigid on levinud Edela-Austraalias, Austraalia lõunarannikul ja idarannikul, samuti Kirde-Austraalias ja Tasmaanias. *Sphaerolobium* ja *Viminaria* liigid on levinud Edela ja Kagu-Austraalias, sealhulgas ka Tasmaanias.

3.24. *Myrtaceae*



Joonis 24. Sugukonna *Myrtaceae* ektomükoriisete perekondade looduslik levik maailmas. Punktid tähistavad andmebaasistatud leiukohti Gobaal Biodiversity Information Facility järgi. Joonega ümbritsetud piirkonnad hõlmavad tegelikku looduslikku levilat Missouri Botanical Garden põhjal.

Ektomükoriisne taimerühm *Myrtaceae* hõlmab perekondi: *Eucalyptus*, *Leptospermum*, *Melaleuca*, *Eucalyptopsis*, *Backhousia*, *Tristania* ja *Tristaniopsis*. *Myrtaceae* liike on hinnanguliselt 1800 (Brundrett, 2009) ja ektomükoriisid on neist üle tuhande. Enamik selle rühma liike on levinud üle kogu Austraalia, asustades bioome vihmametsadest poolkõrbeteni. *Myrtaceae* sugukonda kuuluvate ektomükoriisete taimede looduslik leviala piirdub Austraaliaga, välja arvatud piiratud asurkond Lõuna-Vietnami soodes. *Melaleuca* esineb laialdaselt üle Austraalia ning ulatub ka kõrvalolevatele aladele, sealhulgas Papua Uus-Guinea, Uus-Kaledoonia, Lord Howe saar, Timor ja Vietnami lõunaosa (Wrigley ja Fagg, 1993; Craven 1999). Samuti on Austraaliast pärit *Eucalyptus* ja *Leptospermum* levinud üle Timori ja Uus-Guinea. Perekonnad *Leptospermum* on sealt edasi levinud Sunda saartele ja sealt Malaka poolsaarele. Perekond *Kunzea* on levinud Austraaliast Uus-Meremaale. Perekond *Tristaniopsis* on levinud Uus-Kaledoonias. Tänu suhteliselt suurtele seemnetele ja tõhusate levimismehanismide puudumisele on *Myrtaceae* kauglevi raskendatud. (Ladiges, 2003).

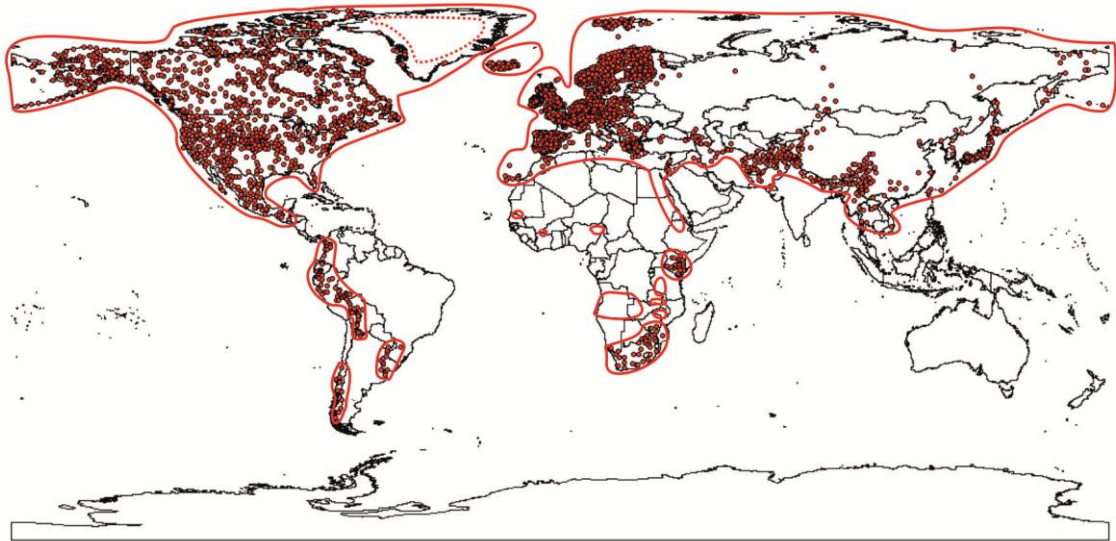
3.25. *Acacia sensu stricto*, Mimosoideae, Fabaceae



Joonis 25. Perekonna *Acacia* looduslik levik maailmas. Punktid tähistavad andmebaasistatud leiukohti Gobaal Biodiversity Information Facility järgi. Joonega ümbritsetud piirkonnad hõlmavad tegelikku looduslikku levilat, mis on tehtud Missouri Botanical Garden ja Pedley, (1975) põhjal.

Acacia perekonda kuulub hinnanguliselt 700 liiki (Pedley, 1975). *Acacia* levik on kõige ulatuslikum Austraalias. Leidub neli *Acacia* liiki, mis on Austraasiast kaugemale levinud ning muutunud endeemseks. *Acacia xiphoclada* on levinud Madagaskaril, *Acacia heterophylla* on levinud Maskareenidel. *Acacia koa* ja *Acacia kauaiensis* on levinud Hawaii. *Acacia koa* ja *Acacia heterophylla* levik on saanud alguse Austraaliast (Carlquist, 1965). *Acacia* perekonna seemnetel on välja kujunenud väga head levimismehhanismid lindudega. Seemned on idanemisvõimelised ja peavad vastu pika perioodi (Everist, 1949), lisaks suudavad vastu panna ka loomade seedesüsteemidele (Pedley, 1975).

3.26. *Salicaceae*

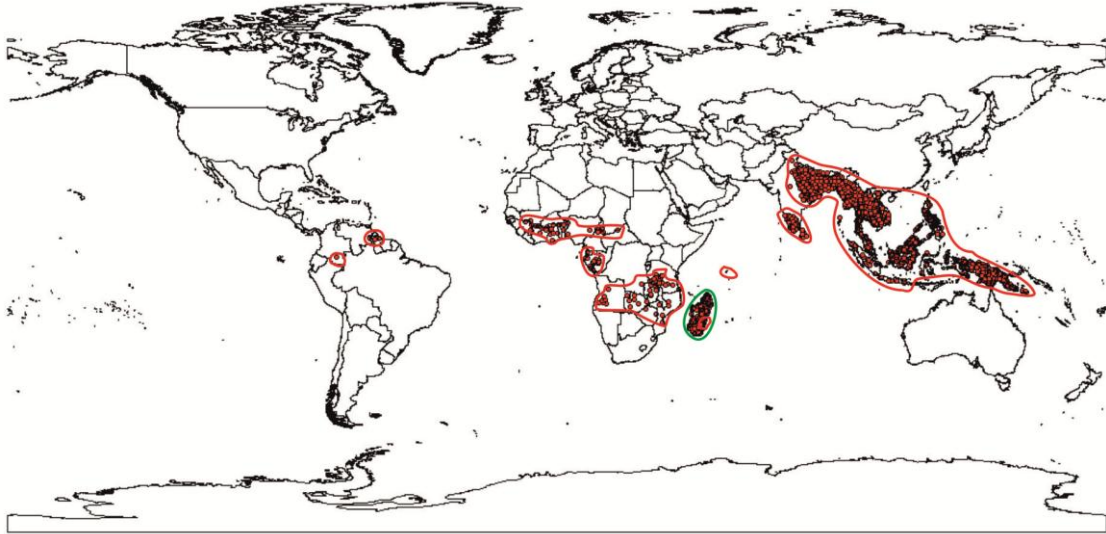


Joonis 26. Sugukonna *Salicaceae* ektomükoriissete perekondade looduslik levik maailmas. Punktid tähistavad andmebaasistatud leiukohti Gobal Biodiversity Information Facility järgi. Joonega ümbritsetud piirkonnad hõlmavad tegelikku looduslikku levilat, mis on tehtud Missouri Botanical Garden ja Shaw (1977); Webster (1994); Djarwaningish (2004) põhjal.

Ektomükoriisne taimerühm *Salicaceae* hõlmab perekondi *Chosenia*, *Populus* ja *Salix*. Liike esineb hinnanguliselt 385 (Brundrett, 2009). Teised selle sugukonna perekonnad on arbuskulaar-mükoriisid. *Salicaceae* perekonnad on esindatud laialdaselt põhjapoolkeral ning vähesel määral ka lõunapoolkeral. *Populus* on laialdaselt levinud üle põhjapoolkera, asustades bioome lähistoopikast boraalsete metsadeni (Braatne et. al., 1992). Leviku lõunapiiriks Aafrikas on Vahemere riikide rannikuäärsed regioonid. Aasias on lõunapiiriks Saudi-Araabia, India ja Tai poolsaar. *Populus* liikide leviku lõunapiiriks Põhja-Ameerikas on Guatemala. Üks *Populus* liik on levinud Keenias kaugele väljaspoole teiste liikide levilat. *Salix* liigid on levinud ekvatoriaalsest kliimavöötmetest arktilise kliimavöötmeni, asustades bioome poolkõrbetest tundrani. Samuti on *Salix* liigid esindatud mägedes. Lõuna-Ameerikas on *Salix* liigid levinud mööda mäestikke Kolumbiast Lõuna-Tšiilini, hõlmates ka Argentiina idaranniku jõgede ääri ja parasvöötmelisi rohumaid. Aafrika troopikas esineb 12 *Salix* liiki Lõuna-Aafrika Vabariigis levib kümme *Salix* liiki, millest üks levib Zimbaweni. Troopikas esinevad liigid on kindla lokaalse levikuga, kuid kaks liiki on laialdase levikuga, *Salix sabsaf* levib Süüriast Angoolani ja *Salix cyathipoda* Etioopiast Eritreani (Davy, 1992). *Salix hutchinsii* levib ainult Keenias ning *Salix schweinfurthii* ja *Salix murielii* levivad ainult

Sudaanis. *Salix coluteoides* levib ainult Senegalis ja *Salix chevalieri* levib ainult Elevantiluuranniku põhjaosas. *Salix nigerica* levib Põhja-Nigeerias ja *Salix adamauensis* Nigeeria lääneosas. *Salix kamerunensis* ja *Salix ledermanni* levib Bambutto mägedes (Davy, 1992).

3.27. *Sarcolaenaceae* ja *Dipterocarpaceae*



Joonis 27. Sugukondade *Sarcolaenaceae* ja *Dipterocarpaceae* looduslik levik maailmas. Punktid tähistavad andmebaasistatud leiukohti Gobaal Biodiversity Information Facility järgi. Joonega ümbritsetud piirkonnad hõlmavad tegelikku looduslikku levilat, mis on tehtud Missouri Botanical Garden ning Turnbull ja Appanah, (1998); Maguire ja Steyermark, (1981); Aubréville, (1976) põhjal. Rohelise joonega ümbritsetud ala tähistab *Sarcolaenaceae* looduslikku leviala.

Dipterocarpaceae ja *Sarcolaenaceae* sõsarsugukonnad on ektomükoriissed taimerühmad, mis hõlmavad kokku hinnanguliselt 560 liiki (Brundrett, 2009). *Dipterocarpaceae* hõlmab perekondi: *Anisoptera*, *Cotylelobium*, *Dipterocarpus*, *Dryobalanops*, *Hopea*, *Marquesia*, *Monotes*, *Neobalanocarpus*, *Pakaraimaea*, *Parashorea*, *Shorea*, *Stemonoporus*, *Upuna*, *Vateria*, *Vateriopsis* ja *Vatica*. Valdavalt võib *Dipterocarpaceae* perekondi leida Kagu-Aasiast ja Aafrikast, kuid mõned liigid on esindatud ka Lõuna-Ameerikas. *Dipterocarpaceae* on troopikas kasvavad puuliigid, mis läbivad mitmeid kliimavöötmeeid ning liikide arvukus võib varieeruda riigiti ühest kahesajani (Ashton, 1982). Ainult Lõuna-Ameerikas, väga väikesel alal Kolumbia Amazoonia, kasvab *Pseudomonotes tropenbosii* (Turnbull ja Appanah, 1998). Guyanas ja Venezuelas (Pakaraima mägedes) leidub *Pakaraimaea* *Dipterocarpaceae* (Maguire ja Steyermark, 1981). *Dipterocarpaceae* levib Aasias väga laialdaselt, rannikuäärsetest aladest kuni sisemaani (Symington, 1943; Wyatt-Smith, 1963). Põhiline levik Aasias on Indo-Malaisia piirkonnas ekvatoriaalmetsades. Põhjapiiriks on Himaalaja, Birma, Laose ja Vietnami põhjapoolsed osad. Liigid on levinud ka Lõuna-

Hiinasse ja Hainani saarele (Turnbull ja Appanah 1998). *Dipterocarpaceae* liigid levivad ka Lõuna-Indias, Sri Lankas ja ulatuvad Seišellidele (Turnbull ja Appanah 1998). Lääne piir ulatub kuni Pradeshini Indias, idapiiriks on Paapua Uus-Guinea ning lõunapiiriks Jaava saar (Väike-Sunda saartel levik puudub). Aasia *Dipterocarpaceae* liikide levik on otseses sõltuvuses kliimaatilistest tingimusest (Symington, 1943), samuti ka teistest naturaalistest piirangutest (suured jõed, mered, ookeanid, mäed). *Dipterocarpaceae* on Aafrika kontinendil levinud nii maismaal kui ka Madagaskari saarel. Esineb kaks kitsast regiooni (Aubréville, 1976), kitsas levikuala põhjapoolkeral Lääne-Malist Ida-Sudaanini. Lõunapoolkeral *Monotes*, *Marquesia* leviala katab poolkuiva regiooni kahe ookeani vahel Angolast Mosambiiki (Turnbull ja Appanah, 1998), kus põhjapiir ulatub Lõuna-Kongo ja Gaboni vihmametsadeni ning lõunapiir ulatub Lõuna-Mosambiigini.

Sarcolaenaceae hõlmab aga perekondi: *Eremolaena*, *Leptolaena*, *Mediusella*, *Pentachlaena*, *Perrierodendron*, *Rhodolaena*, *Sarcolaena*, *Schizolaena* ja *Xyloolaena*. *Sarcolaenaceae* on endemseks sugukonnaks Madagaskaril. Põhiline leviala on *Sarcolaenaceae* liikidel Madagaskari idarannik, kuid neid leidub ka sisemaal. *Mediusella* liikide leviala on Lõuna- ja Loode-Madagaskaril. *Pentachlaena* liigid on levinud Kirde-Madagaskaril, kuid üksikud leiud on ka Kesk-Madagaskaril. *Perrierodendron* on levinud üle kogu Madagaskari. *Leptolaena*, *Eremolaena*, *Rhodolaena*, *Schizolaena* ja *Sarcolaena* leviala piirdub Madagaskari idarannikuga, kuid leide on ka sisemaal. *Xyloolaena* on valdavalt levinud Põhja-Madagaskaril. Kuna paljud liigid hõlmavad veisiseid paiku, siis seemned levivad ka vee kaudu. (Ashton, 1982). *Dipterocarpaceae* leviku probleemideks on seemnete vähesus ning viljastamine toimub kahe-kuni kolmeaastaste vahedega. Samuti tõkestab levikut seemnete lühike eluiga (Turnbull ja Appanah, 1998).

3.28. *Pimelodendron* (*Euphorbiaceae*)



Joonis 28. Perekonna *Pimelodendron* looduslik levik maailmas. Punktid tähistavad andmebaasistatud leiukohti Global Biodiversity Information Facility järgi. Joonega ümbritsetud piirkonnad hõlmavad tegelikku looduslikku levilat, mis on tehtud Missouri Botanical Garden ning Shaw (1977), Webster (1994) ja Djarwaningish (2004) põhjal.

Pimelodendron kuulub *Euphorbiaceae* sugukonda. Hinnanguline liikide arv on 5, sest üks Sumatral esinev liik on kirjeldamisel (Djarwaningish, 2004). Perekonda *Pimelodendron* kuuluvad puud levivad ainult troopilistes vihmametsades. *Pimelodendron* levib Tai poolsaarelt kuni Saalomoni saarteni, lisaks levib ka Põhja-Austraalia troopilistes metsades (Shaw, 1977; Webster, 1994). Liigid levivad merepinnast kuni 1000 meetrini mägedes. Ainus viide selle perekonna ektomükoriisuse kohta (Verbeken ja Horak, 1999) vajab kontrollimist.

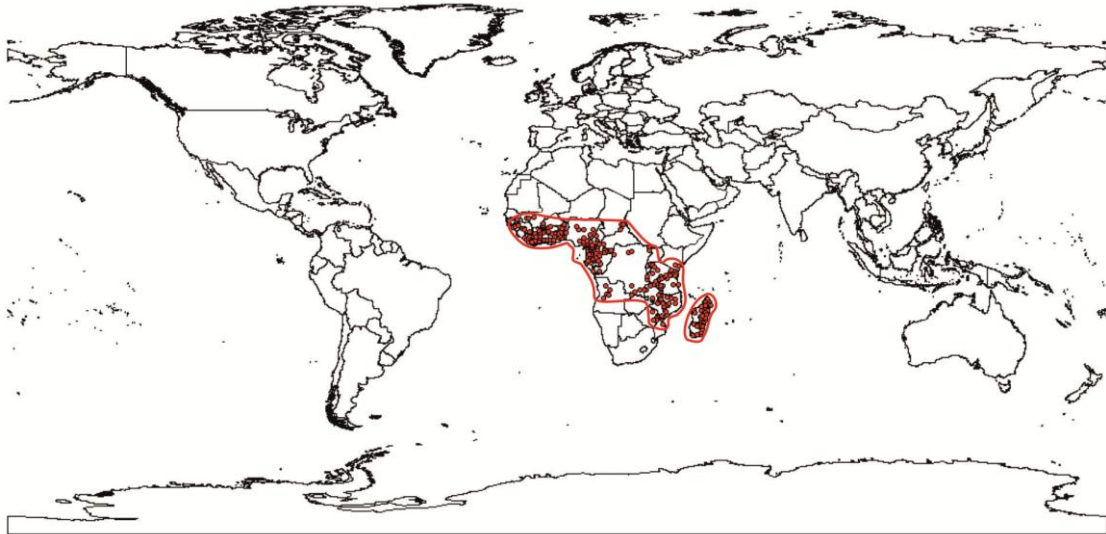
3.29. *Poranthera* (Euphorbiaceae)



Joonis 29. Perekonna *Poranthera* looduslik levik maailmas. Punktid tähistavad andmebaasistatud leiukohti Global Biodiversity Information Facility järgi. Joonega ümbritsetud piirkonnad hõlmavad tegelikku looduslikku levilat, mis on tehtud Missouri Botanical Garden Vorontsova ja Hoffmann (2007) põhjal.

Poranthera kuulub Euphorbiaceae sugukonda. Teada olevaid liike on 14 (Vorontsova ja Hoffmann, 2007). Enamik selle rühma liike on levinud üle Austraalia, asustades bioome poolkõrbetest troopiliste vihmametsadeni. Seejuures on *Poranthera* liigid esindatud ka Tasmaanias ja Uus-Meremaal. *Poranthera microphylla* on levinud Tasmaaniast Uus-Meremaale (Vorontsova ja Hoffman, 2007). Üksikud viited selle perekonna ektomükoriissusele (Warcup, 1985; Kope ja Warcup, 1986) vajavad kontrollimist.

3.30. *Uapacaceae*



Joonis 30. Sugukonna *Uapacaceae* looduslik levik maailmas. Punktid tähistavad andmebaasistatud leiukohti Global Biodiversity Information Facility järgi. Joonega ümbritsetud piirkonnad hõlmavad tegelikku looduslikku levilat, mis on tehtud Missouri Botanical Garden põhjal.

Ektomükoriisne taimerühm *Uapacaceae* hõlmab *Uapaca* perekonda, hinnanguliselt 105 liigiga (Brundrett, 2009). *Uapacaceae* liigid asustavad troopiliste rohumaade ja troopiliste vihmametsade bioome, olles seega levinud ekvatoriaalses ja lähistroopilises kliimavöötmes. Ektomükoriissed rühmad on ilmselt tekkinud vihmametsa vöötmes. Liigid on levinud ainult Aafrika mandril ja lähedastel saartel nagu Sao Tome ja Madagaskar.

4. Arutelu

Tulemused näitavad, et ektomükoriissed peremeestaimed on levinud üle kogu maailma. Nad on esindatud Põhja-Ameerikas, Lõuna-Ameerikas, Aafrikas, Euroopas, Aasias ning Austraalias ja Okeaanias. Ektomükoriissetel peremeestaimede rühmadel on välja kujunenud erinevad levikumustrid. Mõned sugukonnad on vaid lokaalse levikuga, näiteks *Ticodendraceae*, teised sugukonnad on aga laia levikuga, näiteks *Salicaceae*, mida esineb nii Euroopas, Aafrikas, Lõuna- ja Põhja-Ameerikas kui ka Aasias. Põhja-Ameerikas, Aasias ja Euroopas on ektomükoriisete taimede levik väga laialdane. Seevastu Aafrika kõrbeline põhjaosa piirkond ja Lõuna-Ameerika mägine ja kõrbeline lõunaosa on ektomükoriisete taimedega katmata. Ka Lähis-Ida piirkond on kaetud väheste ektomükoriisete peremeestaimedega.

Kõige rohkem ektomükoriisseid rühmi esineb troopilistes vihmametsades, taigades ja parasvöötmelistes metsades üle maailma. Kõige vähem liike esineb aga Lõuna-Ameerika lõunaosas ja kõrbelistes piirkondades. Lisaks on vähesed liigid levinud Okeania saartel. Samuti ei levi paljud liigid kõrgmäestikes. Ektomükoriissed taimed puuduvad regioonides, mis on kaetud igijääga. Samas on olemas rühmi, mis levivad ainult arktilistes ja boreaalsetes piirkondades.

Igale sugukonnale ja perekonnale on välja kujunenud omad sobivad keskkonnatingimused. Enamasti on levikut piiravaks teguriks kliimaatilised tingimused; ebasobivate tingimuste korral ei saa taimed ega seemned kasvada. Üldjuhul levivad ektomükoriissed taimed mööda kliimaatilisi vööndeid ja elukõlbulike bioome. Ektomükoriisseid peremeestaimi on leitud poolkõrbetest arktiliste tundrateni. Samuti on sugukondadel erinevad levimismehhanismid ning neid limiteerivad tegurid, näiteks mängib olulist rolli vilja ja seemne morfoloogia. Liigse suuruse korral ei suuda viljad üle mere väga kaugele levida, sest levikumehhanisme on vähem. Peamised geograafilised barjäärid on ookeanid, mered ja suured mäestikud. Ajalooliselt on peamisteks rändeteedeks olnud Beringi väin Aasia ja Põhja-Ameerika vahel, samuti Panama maakitsendus Põhja- ja Lõuna-Ameerika vahel.

Antud töös käsitletud ektomükoriisete peremeestaimede kaardistamisel esinevad ka ebatäpsused. See tuleneb sellest, et Global Biodiversity Information Facility andmebaasi ei ole kantud mõningaid maailma regioonide ektomükoriisete taimede geograafilisi andmeid. Seetõttu on osad kaardid koostatud ainult teaduslike artiklite ja Missouri Botanical Gardeni andmebaasi põhjal. Ebatäpsused esinevad ka seetõttu, et osade liikide kohta pole

ektomükoriissus kindel, näiteks *Poranthera*. Lisaks esineb mõningaid ebatäpsusi andmete ülekandmisel Global Biodiversity Information Facility andmebaasist kaardipõhjadele.

Oluliseks pean nende ektomükoriisete peremeestaimede uurimist, mille ektomükoriissus ei ole veel kindlaks tehtud. Nende alla kuuluvad *Rhoipteleaceae*, *Poranthera* ja *Pimelodendron* liigid. *Rhoipteleaceae* perekonna fülogeneetiline asend lubab oletada, et nad on ektomükoriissed, kuid puudub veel vajalik kogus informatsiooni.

Antud uuringust võib järeldada, et igal ektomükoriissel sugukonnal on välja kujunenud oma looduslik areaal ja leviku iseärasused. Neil ei ole välja kujunenud ühtseid kindlaid levikumustreid. Võib järeldada, et ektomükoriissed taimed levivad mööda kliimaatilisi vööndeid ja elukõlbulike bioome.

5. Kokkuvõte

Käesolev uurimustöö annab ülevaate ektomükoriisete peremeestaimede sugukondade looduslikust levikust, liikide arvukusest, levikute iseärasustest ning püüab välja tuua levimismehhanismid.

Uuringu põhieesmärgiks oli kaardistada ektomükoriisete peremeestaimede looduslik levik maailmas. Vaatluse alla võeti kõik teadaolevad ektomükoriisete taimede rühmad: *Betulaceae*, *Casuarinaceae*, *Fagaceae*, *Ticodendraceae*, *Nothofagaceae*, *Rhoipteleaceae*, *Juglandaceae*, *Gnetaceae*, *Ericaceae*, *Cistaceae*, *Pinaceae*, *Kobresia* (*Cyperaceae*), *Rosaceae*, *Asteropeiaceae*, *Nyctaginaceae*, *Coccoloba* (*Polygonaceae*), *Bistorta vivipara* (*Polygonaceae*), *Tilia* (*Tilioideae*), *Pomaderreae* (*Rhamnaceae*), *Amherstiae* (*Caesalpinioideae*, *Fabaceae*), *Detariae* (*Caesalpinioideae*, *Fabaceae*), *Amherstiae* (*Caesalpinioideae*, *Fabaceae*), *Aldina* (*Papilionoideae*, *Fabaceae*), *Bossiaee* ja *Podalyrieae* (*Papilionoideae*, *Fabaceae*), *Myrtaceae*, *Acacia sensu stricto* (*Mimosoideae*, *Fabaceae*), *Salicaceae*, *Sarcolaenaceae*, *Dipterocarpaceae*, *Pimelodendron* (*Euphorbiaceae*), *Poranthera* (*Euphorbiaceae*) ja *Uapacaceae* (*Phyllanthaceae*). Kaardistamiseks kasutati MapInfo, DIVA-GIS ja CorelDraw programme. Leviku kaardid tehti Global Biodiversity Information Facility, Missouri Botanical Gardeni ja International Legume Database ja Information service andmebaaside ja erinevate teadusartiklite põhjal.

Käsitletud on ka peremeestaimi, mille kohta ektomükoriisus ei ole veel kindlaks tehtud. Nende alla kuuluvad *Rhoipteleaceae*, *Poranthera* ja *Pimelodendron* liigid. Nende perekondade fülogeneetilised asendid lubavad oletada, et nad on ektomükoriissed, kuid puudub veel vajalik kogus informatsiooni.

6. Summary

Biogeographical overview of ectomycorrhizal plants in the world.

Gert Sooväli

The aim of this thesis was to give a biogeographical overview of the ectomycorrhizal plants in the world. The literature review also tries to give an overview about the distribution mechanism in some families. The main focus was on the distribution and record-based database of the ectomycorrhizal families. Later on the distribution maps were analysed and described. For distribution, maps I used the Global Biodiversity Information Facility database and the Missouri Botanical Garden database. Also there are included data from numerous different research articles. The biogeographical distribution maps were made with MapInfo, DIV-GIS and CorelDraw programs.

In this thesis all known genera of ectomycorrhizal plants have been included: *Betulaceae*, *Casuarinaceae*, *Fagaceae*, *Ticodendraceae*, *Nothofagaceae*, *Rhoipteleaceae*, *Juglandaceae*, *Gnetaceae*, *Ericaceae*, *Cistaceae*, *Pinaceae*, *Kobresia* (*Cyperaceae*), *Rosaceae*, *Asteropeiaceae*, *Nyctaginaceae*, *Coccoloba* (*Polygonaceae*), *Bistorta vivipara* (*Polygonaceae*), *Tilia* (*Tilioideae*), *Pomaderrae* (*Rhamnaceae*), *Amherstiae* (*Caesalpinioideae*, *Fabaceae*), *Detariae* (*Caesalpinioideae*, *Fabaceae*), *Amherstiae* (*Caesalpinioideae*, *Fabaceae*), *Aldina* (*Papilionoideae*, *Fabaceae*), *Bossiaea* ja *Podalyrieae* (*Papilionoideae* *Fabaceae*), *Myrtaceae*, *Acacia sensu stricto* (*Mimosoideae*, *Fabaceae*), *Salicaceae*, *Sarcolaenaceae*, *Dipterocarpaceae*, *Pimelodendron* (*Euphorbiaceae*), *Poranthera* (*Euphorbiaceae*) and *Uapacaceae* (*Phyllanthaceae*). Few distribution maps about genera were also made, which lack information about the ectomycorrhizal symbioses. Those genres are *Rhoipteleaceae*, *Poranthera* and *Pimelodendron*.

7. Tänuavaldused

Sooviksin tänada enda juhendajaid Leho Tedersood ja Indrek Hiiesalu, kes aitasid mind selles uurimistöös.

8. Kasutatud kirjandus

Artiklid

Ashton, P.S. (1982). Dipterocarpaceae. Flora Malesiana, Series I 92: 237-552.

Aubréville, A. (1976). Essai d'interprétation nouvelle de la distribution des dipterocarpacees. Adansonia, série 2, 12(2): 205-210.

Benson, R. D., Brian, D., Heuvel, V., ja Potter, D. (2004). Actinorhizal symbioses: diversity and biogeography. Garland Science/BIOS Scientific Publishers, Oxford.

Benson, R. D. (2007). Recent advances in the biogeography and genecology of symbiotic Frankia and its host plants. Physiologia Plantarum 130: 318–330.

Birkinshaw, C., Edmond, R., Hong-Wa, C., Rajeriarison, C., Randriantafika, F. ja Schatz, G. (2004). Red lists for Malagasy plants II: Asteropeiaceae. Missouri Botanical Garden. Antananarivo University, ANGAP.

Braatne, J. H., Hinckly, T. M. ja Stettler, R. F. (1992). Influence of soil water supply on the physiological and morphological components of plant water balance in *Populus trichocarpa*, *Populus deltoides* and their F1 hybrids. Tree Physiology 11: 325–340.

Bremer, K. (1992). Ancestral areas: a cladistic reinterpretation of the center of origin concept. Syst. Biol. 41, 436–445.

Brundrett, C. M. (2009). Mycorrhizal associations and other means of nutrition of vascular plants: understanding the global diversity of host plants by resolving conflicting information and developing reliable means of diagnosis. Plant Soil (2009) 320:37–77.

Brundrett, C. M. (2004). Diversity and classification of mycorrhizal associations. Biol Rev Camb Philos Soc 79:473–495, doi:10.1017/S1464793103006316

Burger, A. E. (2005). Dispersal and germination of seeds of *Pisonia grandis*, an Indo-Pacific tropical tree associated with insular seabird colonies. J Trop Ecol 21:263–271.

Carlquist, S. (1965). Island Life. Nat. Hist. Press, New York.

Contreras-Medina, R., Vega, L. I. (2002). On the distribution of gymnosperm genera, their areas of endemism and cladistic biogeography. Australian Systematic Botany 15, 193–203.

- Craven, L. A. (1999). Behind the names: the botany tea tree, Cajuput and Niaouli. In 'ea Tree The Genus Melaleuca. (Eds I. Southwell and R. Lowe.) pp. 11–28. (Harwood Academic Publishers: Amsterdam).
- Davy, J. B. (1992). The Distribution and Origin of *Salix* in South Africa. *Journal of Ecology*, Vol. 10, No. 1 (May, 1922), pp. 62-86.
- Demchenko, K., Winzer, T., Stougaard, J., Parniske, M. ja Pawlowski, K. (2004). Distinct roles of *Lotus japonicus* SYMRK and SYM15 in root colonization and arbuscule formation. *New Phytologist* 163, 381–392.
- Djarwaningish, T. (2004). Revision of pimelodendron (Euphorbiaceae) in Malesia. *Nationaal Herbarium Nederland, Leiden University branch BLUMEA* 49: 407– 423.
- Doyle, J. A., Hickey, L. J. (1977). Early Cretaceous fossil evidence for angiosperm evolution. *Bot Rev* 43:3–104.
- Duretto., M. F. (2009). 66 Nothofagaceae, version 2009:1. In MF Duretto (Ed.) *Flora of Tasmania Online*. 4 pp. (Tasmanian Herbarium, Tasmanian Museum ja Art Gallery: Hobart). ISBN 978-1-921599-16-3 (PDF). www.tmag.tas.gov.au/floratasmania
- Everist, S. L. (1959). Mulga (*Acacia aneura*) in Queensland. *Qd. J. Agric. Sci.* 6:87-139.
- Farjon, A. (1990). Pinaceae. Drawings and Descriptions of the Genera. Koeltz Scientific Books ISBN 3-87429-298-3.
- Forget, P. M., Hammond D. S., Milleron, T. ja Thomas, T. (2002). Seasonality of fruiting and food hoarding by rodents in neotropical forests: consequences for seed dispersal and seedin recruitment. Pages 241-256 in *Seed dispersal and frugivory: Ecology, evolution and conservation* (D. J. Levey, W. R. Silva, and M. Galetti, eds). CABI Publishing, U.K.
- Gómez-Laurito, J., ja Gómez P. L. D. (1989). Ticodendron: a new tree from Central America. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 76: 1148–1151.
- Guzman, B., ja Vargas, P. (2005). Systematics, character evolution, and biogeography of *Cistus* L. (Cistaceae) based on ITS, trnL-trnF, and matK sequences. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 37: 644–660.
- Hammel, B., Burger, G. W. (1991). Neither oak nor alder, but nearly: The history of Ticodendraceae. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 78:89-95. *Index Herbariorum*.

- Heads, M. (2006). Panbiogeography of *Nothofagus* (Nothofagaceae): analysis of the main species massings. *Journal of Biogeography* (J. Biogeogr.) 33, 1066–1075.
- Hileman, C. L., Vaseym C. M., ja Parker, V. T. (2001). Phylogeny and Biogeography of the Arbutoideae (Ericaceae): implications for the Madrean-Tethyan Hypothesis. *Systematic Botany* (2001), 26(1): pp. 131–14.
- Hultén, E., ja Fries, M. (1986). Atlas of North European vascular plants north of the Tropic of Cancer 1–3. Koeltz Scientific Books, Königstein
- Kope, H. H, Warcup, J. H. (1986). Synthesized ectomycorrhizal associations of some Australian herbs and shrubs. *New Phytol.* 104: 591-599.
- Kuang, K. Z. (1960). De familia monotypica Rhoipteleaceae. *Acta Botanica Sinica* 9: 43–47.
- Kubitzki, K. (1985). Ichthyochory in *Gnetum venosum*. *An. Acad. Barsil. Cienc.* 57:513-516.
- Ladiges, Y. P. (2005). Historical biogeography of Australian Rhamnaceae, tribe Pomaderreae. *Journal of Biogeography* (J. Biogeogr.) (2005) 32, 1909–1919.
- Ladiges, Y. P, Udovicic, F., Nelson, G. (2003). Australian biogeographical connections and the phylogeny of large genera in the plant family Myrtaceae. *Journal of Biogeography*, 30, 989–998.
- LePage, B. A. (2003). The evolution, biogeography and paleoecology of 2008. HAVILL ET AL.: PHYLOGENY AND BIOGEOGRAPHY OF TSUGA 487the Pinaceae based on fossil and extant representatives. Proceedings of the fourth international conifer conference. *Acta Horticulturae* 615: 29–52.
- Levy, J., Bres, C. et al. (2004) A putative Ca²⁺ and calmodulin-dependent protein kinase required for bacterial and fungal symbioses. *Science* 303, 1361–1364.
- Linder, H. P., ja Crisp, M. D. (1995). *Nothofagus* and Pacific biogeography. *Cladistics* 11, 5–32
- Stevens PF (2007) Angiosperm Phylogeny Website. Version 7, May 2006. <http://www.mobot.org/MOBOT/research/>
- Liu, J. Y., Blaylock, L. A. ja Harrison, M. J. (2004). cDNA arrays as a tool to identify mycorrhiza-regulated genes: identification of mycorrhiza-induced genes that encode or generate signaling molecules implicated in the control of root growth. *Canadian Journal of Botany* 82, 1177–1185.

- Mabberely, D. J. (1988). *The Plant-book*. Cambridge University Press: Cambridge, UK.
- Maguire, B., ja Steyermark, J.A. (1981). *Pakaraimaea*, Dipterocarpaceae III. *Memoirs of the New York Botanical Garden* 32: 306-309.
- Malloch, D. W., Pirozynski, K. A., Raven, P. H. (1980). Ecological and evolutionary significance of mycorrhizal symbioses in vascular plants (A review). *Proc Natl Acad Sci U S A* 77:2113–2118.
- Manning, W. E. (1979). The Classification within the Juglandaceae. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 65: 1058-1087. Germplasm Resources Information Network: *Oreomunnea*.
- Manos, S. P., ja Stanford, M. A. (2001) The Historical Biogeography of Fagaceae: Tracking the Tertiary History of Temperate and Subtropical Forests of the Northern Hemisphere : *International Journal of Plant Sciences*, Vol. 162, No. S6, Historical Biogeography of the Northern Hemisphere (November 2001), pp. S77-S93.
- Markgraf, F. (1929). Monographie der Gattung Gnetum. *Bull. Jard. Bot. Buitenzorg Ser.* 3,10:407-511.
- Markgraf, F. (1951). Gnetaceae. Pages 336-347 in *Flora Malesiana* 1,4.
- Martin, J. G., ja Madrid, S. (1992) Ethnobotany, distribution, and conservation status of *Ticodendron incognitum* I in northern Oaxaca, Mexico. *J. Ethnobiol.* 12(2):227-231.
- Pedley, L. (1975). Revision of the extra-Australian species of *Acacia* subg. *Heterophyllum*. *Contr. Qd Herb.* 18: 1-24.
- Ran, J. H., Wei, X. X., ja Wang, X. Q. (2006). Molecular phylogeny and biogeography of *Picea* (Pinaceae): Implications for phylogeographical studies using cytoplasmic haplotypes. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 41 (2006) 405–419.
- Ridley, H. N. (1930). *The dispersal of plants throughout the world*. L. Reeve ja Co., Ltd., Ashford.
- Rye, B. L. (1997). The Rhamnaceae of the Kimberley region of Western Australia. *Nuytsia*, 11, 287–292.

- Schwencke, J., ja Caru, M. (2001). Advances in actinorhizal symbiosis: Host plant-Frankia interactions, biology, and application in arid land reclamation. A review. *Arid Land Res. Manag.* 15: 285–327.
- Shaw, A. H. K. (1977). Additions and corrections to Euphorbiaceae of Siam. *Kew Bull.* 32: 80, 81.
- Silvester, W. B. (1977). Dinitrogen fixation by plant associations excluding legumes. In: Hardy, R.W.F., Gibson, A.H. (eds) *A Treatise on Dinitrogen Fixation*, pp. 141–190. John Wiley: New York.
- Skrede, I. (2006). Hultén, E., Fries, M. (1986). Atlas of North European vascular plants north of the Tropic of Cancer 1–3. Koeltz Scientific Books, Königstein Molecular Ecology (2006) 15, 1827–1840.
- Smith, S. E. ja Read, D. J. (2008) *Mycorrhizal Symbiosis* 3rd ed. Elviseer Ltd.
- St John, H. (1951). The distribution of *Pisonia grandis* (Nyctaginaceae). *Webbia* 8:225–229.
- Steyermark, J. A., Berry P. E., ja Holst, B. K. (1995). *Flora of the Venezuelan Guayana*. Volume 1. Missouri Botanical Garden. St. Louis. 320 pp.
- Sun, S. G., Lu, Y., ja Huang, S. Q. (2006). Floral phenology and sex expression in functionally monoecious *Rhoiptelea chiliantha* (Rhoipteleaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society*, 2006, 152, 145–151.
- Suvi, T., Tedersoo, L., Abarenkov, K., Gerlach, J., ja Kõljalg, U. (2010). Mycorrhizal symbionts of *Pisonia grandis* and *P. sechellarum* in Seychelles: identification of mycorrhizal fungi and description of new *Tomentella* species. *Mycologia*, 102(3), 2010, pp. 522–533. DOI: 10.3852/09-147.
- Symington, C. F. (1943). *Foresters' manual of dipterocarps*. Malayan Forest Record no. 16. Forest Department, Kuala Lumpur.
- Zhang, R. S. (2001). A preliminary revision of the supraspecific classification of *Kobresia* Willd. (Cyperaceae) *Botanical Journal of the Linnean Society*, 135: 289-294.
- Zhang, Z. Y., Lu, A. M., ja Wen, J. (1994). Embryology of *Rhoiptelea chiliantha* (Rhoipteleaceae) and its systematic relationship. *Cathaya* 6: 57–66.

Tedersoo, L., Bahram, M., Toots, M., Didhiou, G. A., Henkel, T. W., Kjoller R., Morris, H. M., Nara, K., Noura, E., Peay, G. K., Põlme, S., Ryberg, M., Smith E. M. ja Kõljalg, U. (2012). Towards global patterns in the diversity and community structure of ectomycorrhizal fungi. *Molecular Ecology* (2012) 21, 4160–4170.

Turnbull, M. J. ja Appanah, S. (1998) A Review of Dipterocarps: Taxonomy, ecology and silviculture. Center for International Forestry Research. ISBN 979-8764-20-X.

Van Roosmalen, M. G. M. (1985). Fruits of the Guianan Flora. Institute of Systematic Botany, Utrecht University.

Van Steenis, C. G. G. J. (1972). Nothofagus. *Flora Malesiana* I, 7, 277–293. Apweb

Wang, C. T., Cao, G. M., Wang, Q. L., Jing, Z. C., Ding, L. M., ja Long, R. J. (2008). Changes in plant biomass and species composition of alpine Kobresia meadows along altitudinal gradient on the Qinghai-Tibetan Plateau. *Science in China Series C: Life Sciences*.

Warcup, J. H. (1985). Ectomycorrhiza formation by *Glomus tubiforme*. *New Phytol.* 99: 267-272.

Webster, G. L. (1994). Synopsis of the genera and suprageneric taxa of Euphorbiaceae. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 81: 33–144.

Verbeken, A., Horak, E. (1999). *Lactarius* (Basidiomycota) in Papua New Guinea. 1. species of tropical lowland habitats. *Aust. Syst. Bot.* 12: 767-779.

Won, H., ja Renner, S. S. (2006). Dating Dispersal and Radiation in the Gymnosperm Gnetum (Gnetales)—Clock Calibration When Outgroup Relationships Are Uncertain. *Syst. Biol.* 55(4):610-622, 2006.

Vorontsova, M. S., ja Hoffmann P. (2007). Molecular phylogenetics of tribe Porantheraeae (Phyllanthaceae; Euphorbiaceae *sensu lato*) *American Journal of Botany* 94(12): 2026–2040.

Wrigley, J. W. ja Fagg, M. (1993). Bottlebrushes, Paperbarks and Tea Trees and All Other Plants in the Leptospermum Alliance. (Angus and Robertson: Australia).

Wyatt-Smith, J. (1963). Manual of Malayan silviculture for inland forests. Vol. 1. Malayan Forest Record no. 23. Forest Department, Kuala Lumpur.

Internet

CorelDraw [<http://www.coreldraw.com/us/>] 07.05.2014

DIVA-GIS [<http://www.diva-gis.org>]

Encyclopeida of Life [<http://eol.org/pages/4232/details>] 26.05.2014

Flora of North America

[http://www.efloras.org/florataxon.aspx?flora_id=1&jataxon_id=107463] 24.05.2014

Gobal Biodiversity Information Facility, [<http://www.gbif.org/>] 21.03.2014-21-05.2014

International legume database ja information service, [<http://www.ildis.org/>] 10.05.2014-21.05.2014

MapInfo [<http://www.mapinfo.com/>] 10.02.2014

Missouri Botanical Garden [<http://www.mobot.org/mobot/research/apweb/>] 21.03.2014-21.05.201

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, _____ Gert Sooväli _____,
(*autori nimi*)

annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

EKTOMÜKORIISSETE TAIMEDE BIOGEOGRAAFIA

(*lõputöö pealkiri*)

mille juhendaja on _____ Leho Tedersoo ja Indrek Hiiesalu _____,
(*juhendaja nimi*)

1.1 reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2 üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace'i kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus, **26.05.2014**