

Eesti Kunstiakadeemia

Arhitektuuriteaduskond

Arhitektuur ja linnaplaneerimine, V

Andrea Ainjärv

Isemajandava energiatõhusa väikelinna loomine

Globaalse kliima soojenemise probleemast tulenevalt

Juhendajad:

Andres Alver

Douglas Gordon

Tallinn

2020

Autorideklaratsioon

Kinnitan, et:

1. käesolev magistritöö on minu isikliku töö tulemus, seda ei ole kellegi teise poolt varem (kaitsmisel) esitatud;
2. kõik magistritöö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd (teosed), olulised seisukohad ja mistahes muudest allikatest pärinevad andmed on magistritöös nõuetekohaselt viidatud;
3. luban Eesti Kunstiakadeemial avaldada oma magistritöö repositooriumis, kus see muutub üldsusele kättesaadavaks interneti vahendusel.

Ülaltoodust lähtudes selgitan, et:

- Käesoleva magistritöö koostamise ja selle sisalduvate ja/või kirjeldatud teoste loomisega seotud isiklikud autoriõigused kuuluvad minule kui magistritöö autorile ja magistritöö varalisi õigusi kasutatakse vastavalt Eesti Kunstiakadeemias kehtivale korrale;
- Kuivõrd repositooriumis avaldatud magistritööga on võimalik tutvuda piiramatul isikute ringil, eeldan, et minu magistritööga tutvuja järgib seadusi, muid õigusakte ja häid tavasid heas usus, ausalt ja teiste isikute õigusi austavalt ning hoolivalt.

Keelatud on käesoleva magistritöö ja selles sisalduvate ja/või kirjeldatud teoste kopeerimine, plagieerimine ning mistahes muu autoriõigusi rikkuv kasutamine.

Töö vastab magistritööle esitatud nõuetele:

(kuupäev)

(kuupäev)

(magistritöö autori nimi ja allkiri)

(magistritöö juhendaja allkiri, akadeemiline või teaduskraad)

Tänuõnad

Tahaksin tänada oma juhendajaid Andres Alverit ja Douglas Gordonit inspireerivate ja huvitavate vestluste eest. Samuti tänaksin vaheülevaatustel osalenuid ja teisi õppejõude nõuannete, konstruktiivse kriitika ja heade mõtete eest!

Suur tänu Kaire ja Ahti Vuksile toetuse ja lõputu vastutulelikkuse eest!

Aitäh perele, sõpradele, kursusekaaslastele ja Joosepile!

Sisukord

Autorideklaratsioon.....	2
Tänuõnad	3
Sisukord.....	4
Sissejuhatus	7
1. Kliima soojenemine.....	8
1.1. Tõendid kliima soojenemisest	8
1.1.1. Jää sulamine	9
1.1.2. Vee taseme tõus.....	10
1.1.3. Kasvuhoone efekt.....	10
2. Kliima soojenemine arhitektuuri ja ruumilise planeerimise vaatepunktist	13
3. Uue maailmapildi kujunemine	17
3.1. Praegune olukord.....	17
3.2. Kogu maailma jää sulamine	18
3.3. 4 kraadi soojem kliima	19
3.4. Alles jäävad rohealad.....	19
3.4.1. Näited	20
4. Muutuste vajalikkus	25
4.1. Vee alad	26
4.1.1. Näited	26
4.2. Kõrbealad.....	28
4.2.1. Näited	28
5. Näidete analüüs	37
6. Asukoha valik ja analüüs.....	38
6.1. Kõrbed kui ekstreemsete tingimuste fookuspunkt.....	39
6.2. Ouadane linn ja taustainfo	41

6.3. Maastiku eripära	42
7. Maa-alused ruumid.....	44
7.1. Maa-aluste ruumide eelised	46
7.2. Maa-aluste ruumide puudused.....	48
7.3. Temperatuur.....	49
7.4. Inimese mugavus maa-aluses ruumis (<i>Human Comfort</i>)	50
7.5. Looduslik ventilatsioon	51
8. Elustiili muutus	53
8.1. Vesi.....	53
8.2. Religioon	54
8.3. Majandus	54
8.4. Kommunikatsioon	55
8.5. Ühiskonna korraldus.....	55
8.6. Tervishoid.....	56
8.7. Elanikkond.....	56
8.8. Haridus.....	57
9. Maa-aluse linna loomine	58
9.1. Sotsiaalsed aspektid.....	58
9.2. Ruumiprogramm.....	59
9.2.1. Elu	59
9.2.2. Haridus	60
9.2.3. Põllumajandus	60
9.2.4. Vesi.....	61
9.2.5. Tööstus	61
9.2.6. Mehaanika	61
9.2.7. Transport	61
9.2.8. Energia	61

9.2.9. Kultuur	62
9.2.10. Tervis.....	62
9.3. Kuju / vormi loomine vastavalt maastiku eripärale.....	63
9.4. Rohealad	64
9.5. Linna tihedus ja toimimine	66
9.6. Linna sügavus	67
9.7. Keskne peatänav	68
9.8. Väljakud.....	70
9.9. Linnaplaneerimise strateegia	72
9.10. Linna paiknemine	73
9.10.1. Olemasolevad elupaigad	74
9.10.2. Olemasolevad rohealad	75
9.10.3. Põhjavesi	75
9.11. Päikese mõju linna paiknemisele.....	75
9.12. Katus.....	77
9.12.1. Varjestus.....	77
9.12.2. Ventilatsioon	78
9.12.3. Sissepääsud.....	79
9.12.4. Maa pealse osa funktsionaalsus.....	80
9.13. Vertikaalsed ühendused.....	80
9.14. Ehitus	81
9.15. Rahastus.....	82
Kokkuvõte	83
Summary	85
Kasutatud kirjandus.....	87

Sissejuhatus

Magistritöö fookuseks on isemajandava energiatõhusa linnakompleksi välja töötamine. Teema on arhitektuurselt oluline järjest suureneva globaalse kliima soojenemise ohu pärast.

Töö raames mängitakse läbi kliima soojenemisest tulevate muutuste stsenaariumid ja tuuakse välja olulisus muutuste rakendamiseks. Samuti võrreldakse erinevaid olemasolevaid projekte ja ka sarnase temaatikaga ideeprojekte, mis räägivad võimalikest lahendustest kliimamuutustega toimetulemiseks.

Täpsemalt keskendutakse kõrbealade kliimaprobleemidest tulenevalt elamismudeli lahenduse otsimisele, et kohalik rahvas ei peaks ekstreemsete ilmastikutingimuste tõttu immigreruma muudele aladele. Projekti konkreetne asukoht on paigutatud Sahara ekstreemsete tingimustega keskosas asuva Ouadane linna lähedusse. Sellest tulenevalt uuritakse ka maastiku eripära.

Läbi erinevate analüüside otsustatakse loodav linn luua osaliselt maa alla. Seetõttu tuuakse välja maa-aluste ruumide eelised ja puudused. Samuti uuritakse inimese mugavustunde olulisemaid aspekte maa-alustes ruumides viibimisel ja kuidas see mõjutab tulevikus sealset elustiili.

Projekt lahendatakse arvestades inimeste kohanemisvõimet uue elustiiliga, seega luuakse võimalikult ligilähedased tingimused praeguse elamisvormiga.

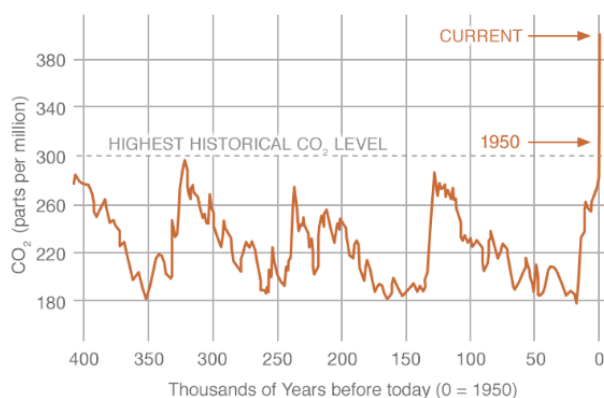
1. Kliima soojenemine

Kliima soojenemine on maapinnalähedase atmosfääri ja ookeanide keskmise temperatuuri tõus. (Riigikogu keskkonnakomisjon, 2010)

Kliimamuutuste mõju avaldub kogu maailmas. Polaarjää sulab ja merevee tase tõuseb. Mõnedes piirkondades on äärmuslikud ilmastikunähtused ja vihm muutumas tavapärasemaks, samas kui mujal esineb senisest enam äärmuslikke kuumalaineid ning põuda. (Euroopa Komisjon, 2019)

1.1. Tõendid kliima soojenemisest

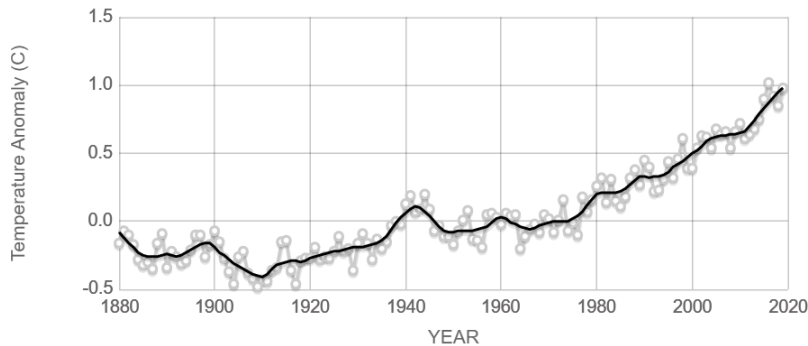
Planeet Maa kliima on ajaloo jooksul muutunud. Viimase 650 000 aasta jooksul on olnud mitmeid kõikumisi temperatuuride vahel (Illustratsioon 1), kusjuures 7000 aastat tagasi olnud viimase jääaja järsk lõpp tähistas moodsa kliima ajastu ja inimtsivilisatsiooni algust. Enamik nendest kliima kõikumistest on tingitud väga väikestest muutustest Maa orbiidil, mis muudavad päikeseenergia kogust Maa atmosfääris. (NASA, 2019)



Illustratsioon 1 Jää massidest leitud õhu mullide CO₂ taseme graafik läbi ajaloo (NASA, 2019)

Praegune soojenemistrend on eriti oluline, kuna enamus sellest on suure tõenäosusega (>95%) inimtegevuse tagajärjel tekkinud. Soojenemine algas 20. sajandi keskpaigast ja liigub võrreldes varasemaga enneolematu kiirusega.

Planeedi keskmine pinnase temperatuur on tõusnud 0.98 kraadi (Celsius) alates 19-ndast sajandist - muutus, mille põhjuseks on suurenenud süsinikdioksiidi ja muude inimtegevusest põhjustatud heitgaaside tõus atmosfääri (Illustratsioon 2). (NASA, 2019)



Illustratsioon 2 Maa keskmine pinnase temperatuur (NASA, 2019)

1.1.1. Jää sulamine

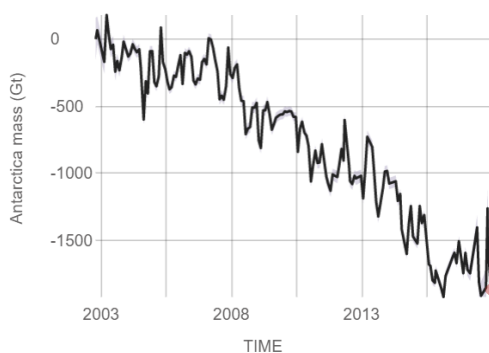
NASA GRACE satelliitide andmed näitavad, et nii Antarktika (Illustratsioon 3) kui ka Gröönimaa (Illustratsioon 4 Gröönimaa jäämassi sulamine) maismaa jääkihid on massi kaotanud alates 2002 aastast. (NASA, 2019)

ANTARCTICA MASS VARIATION SINCE 2002

Data source: Ice mass measurement by NASA's GRACE satellites.
Credit: NASA

RATE OF CHANGE

↓ 127.0
Gigatonnes per year
margin: ±39



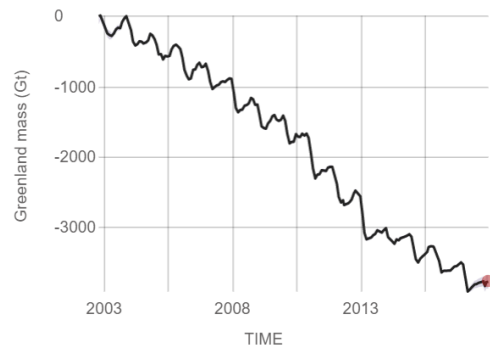
Illustratsioon 3 Antarktika jäämassi sulamine (NASA, 2019)

GREENLAND MASS VARIATION SINCE 2002

Data source: Ice mass measurement by NASA's GRACE satellites.
Credit: NASA

RATE OF CHANGE

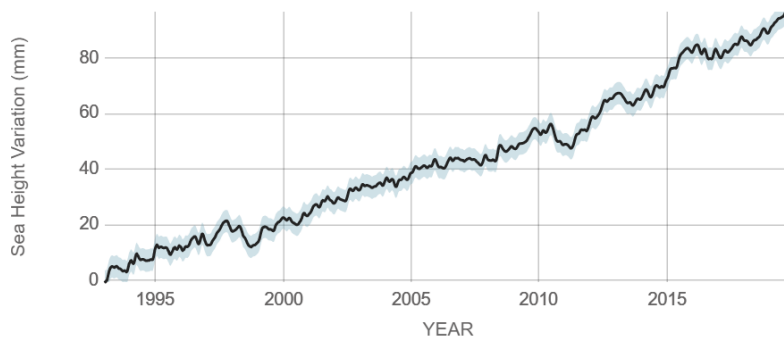
↓ 286.0
Gigatonnes per year
margin: ±21



Illustratsioon 4 Gröönimaa jäämassi sulamine (NASA, 2019)

1.1.2. Vee taseme tõus

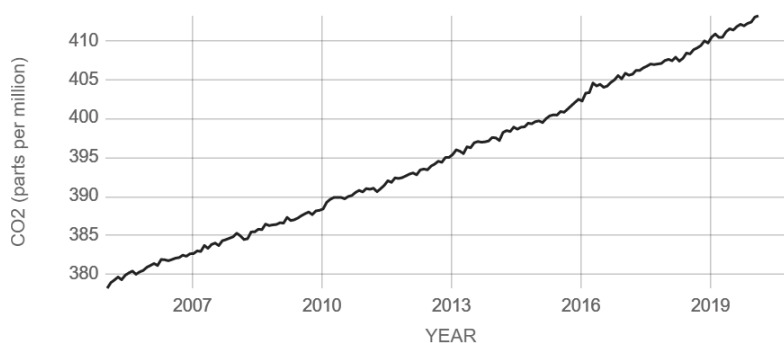
Jää sulamisest tingitult tõuseb ka merevee tase (Illustratsioon 5). Viimasena mõõdeti $95 (\pm 4)$ mm tõusu (detsember 2019). Meretaseme tõusu põhjustavad peamiselt kaks globaalse soojenemisega seotud tegurit: jääväljade ja liustike sulamisel tekkinud vesi ning soojenedes merevee paisumine. (NASA, 2020)



Illustratsioon 5 Vee taseme tõus (NASA, 2020)

1.1.3. Kasvuhoone efekt

Maal muudab inimtegevus loomulikku kasvuhoone efekti. Viimase kümnendi jooksul on fossiilsete kütuste põletamine suurendanud atmosfääri süsinikdioksiidi (CO_2) kontsentratsiooni märgatavalt (Illustratsioon 6). (NASA, 2020)



Illustratsioon 6 CO_2 kontsentratsiooni tõus atmosfääris (NASA, 2020)

Süsinikdioksiid on oluline soojust püüdev kasvuhoonegaas, mis eraldub inimtegevuse käigus (näiteks fossiilkütuste põletamine aga ka looduslikud protsessid nagu hingamine ja vulkaanipursked).

Loodusliku atmosfääri kasvuhooneefekti muutusi on raske ette ennustada, kuid teatud mõjud on väga tõenäolised:

- Keskmiselt muutub Maa soojemaks. Mõnes piirkonnas võib olla soojem temperatuur, kuid teistes mitte.
- Soojemad tingimused põhjustavad tõenäoliselt suurema aurustumise ja sademete kasvu, kuid üksikud piirkonnad erinevad, mõned muutuvad märjemaks ja teised kuivavad.
- Tugevam kasvuhooneefekt soojendab ookeane ja sulatab osaliselt liustikke ja muud jääd, tõstes meretaset. Ookeani tase tõuseb ka soojenedes, sest vesi paisub.
- Samal ajal võivad mõned taimed reageerida atmosfääris suurenenud CO₂ kasvule, kasvades jõulisemalt ja kasutades vett tõhusamalt. Samuti võivad kõrgemad temperatuurid ja muutlik kliima muuta piirkondi, kus taimed kasvavad kõige paremini ja mõjutada taimekooslusi. (IPCC, 2014)

Päikese energia tugevuse muutused põhjustavad kliima muutusi, kuna päike on peamine kliimat kontrolliv energiaallikas. Mitmed uuringud näitavad, et päikese varieeruvus on mänginud rolli varasemates kliimamuutustes. Kuid mitmed tõendid näitavad, et praegust globaalset soojenemist ei saa seletada päikesest tuleva energia muutumisega:

- Alates 1750. aastast püsis päikesest tulev keskmine energiakogus konstantsena või suurenes üksnes pisut.
- Kui soojenemise põhjustas aktiivsem päike, siis oleks eeldatav, et soojust on näha kõigis atmosfääri kihtides. Selle asemel on aga atmosfääri ülemises osas jahtumine ning atmosfääri pinnal ja alaosades soojenemine.
- Päikesekiirguse muutusi sisaldavad kliimamudelid ei saa korrata viimase sajandi jooksul täheldatud temperatuuri muutusi. (NASA, 2020)

Teadlased on kindlad, et globaalne temperatuur tõuseb veel aastakümneid järjest ja seda suuresti inimtegevuse tagajärjel tekkivate kasvuhoonegaaside tõttu. Valitsuste vaheline kliimamuutuste paneel (IPCC - *Intergovernmental Panel on Climate Change*), kuhu kuulub enam kui 1300 teadlast erinevatest riikidest, prognoosib järgmise sajandi jooksul temperatuuri 7 kraadist tõusu.

Kliima muutus on täna üks keerukamaid probleeme. See hõlmab paljusid mõõtmeid - teadust, majandust, ühiskonda, poliitikat ning moraalseid ja eetilisi küsimusi. See on globaalne probleem, mida tuntakse kohalikul tasandil ja mille tagajärjed jäävad meiega sajanditeks. Süsinikdioksiid, kuumust püüdev kasvuhoonegaas, mis on põhjustanud praeguse globaalse soojenemise, viibib atmosfääris sadu aastaid. Planeet aga reageerib sellele ajapikku. Isegi kui me täna peataksime kõik kasvuhoonegaaside kiirguse, mõjutavad globaalne soojenemine ja kliimamuutused siiski tulevasi põlvkondasid.

Kui palju kliima tegelikult muutub? Selle määrab kui suurel kogusel meie heitgaasid jätkuvad ja ka see, kuidas meie kliima süsteem nendele reageerib. Vaatamata suurenevale teadlikkusele kliimamuutuste kohta, jätkub meie kasvuhoonegaaside heide järeleandmatu tõusuga.

Ajaloo vältel on inimesed ja ühiskonnad kohanenud erinevate kliimamuutuste ja äärmustega. Kliimamuutused on vähemalt osaliselt põhjustanud tsivilisatsioonide tõuse ja langusid. Meie kaasaegne elu on kohandatud stabiilse kliimaga. Kuna kliima tingimused muutuvad, peame õppima kohanema. Mida kiiremini kliima muutub, seda raskem see võib olla. (NASA, 2020)

2. Kliima soojenemine arhitektuuri ja ruumilise planeerimise vaatepunktist

Kliimamuutused on meie aja peamine disaini probleem. Kõik muud probleemid, millest paljud on äärmiselt olulised, on siiski kõrvalised. Kliimasoojenemise oht on eksistentsiaalne ja ehitised on üks tohutu mõjutaja, isegi rohkem kui transport. (Cramer, 2017)

Arhitektid seisavad silmitsi valikuga: ehitada valmis ühiskond ümber nii, et see ei tekitaks süsinikdioksiidi või jätkata tegevust tavapäraselt ja seejärel elada tagajärgedega.

Isegi kui inimkond lõpetaks kohe süsinikdioksiidi heite, muutuks kliima jätkuvalt, sest kasvuhoonegaasid, mille oleme täna atmosfääri heitnud, võivad hajuda aastatuhandeid. Kuid see ei tähenda et me saaks probleemi ignoreerida. Kaine reaktsioon oleks leevendada nii heitgaaside hulka kui ka tugevdada linnade, külade ja hoonete infrastruktuuri, et need suudaksid taluda tulevaid muutuseid.

Kliima soojenemine süvendab vaesust, haigusi, näljahädasid ja konflikte. 2100. aastaks võib tõusev veetase sundida ligi 2 miljardit rannikualade elanikku üle terve maailma rändama kõrgemale pinnasele. (Moore, 2019)

Sellest võib järeldada, et arhitektid peavad minimaliseerima energia- ja süsinikumahukate tehnoloogiate kasutust (näiteks elektrivalgustus ja kliimaseadmed) ja taaselustama tehnoloogia-vabasid lahendusi (näiteks passiivne ventilatsioon). Samas peab tehnoloogia roll mõnes valdkonnas kasvama ja arvestama hiljutisi edusamme hoonete projekteerimisel, analüüsimisel, materjalide, süsteemide, ehituse ja kliimamuutusi leevendavate toimingute alal.

Ligikaudu 40% kasvuhoonegaaside heitkogusest (Pilt 1 Hoonete osakaal planeedi CO₂ heitmes) on tingitud ehitatud keskkonnast. See viitab sellele, et hoonete projekteerimine ja linnade planeerimine võivad kliimakriisiga võitlemisel palju saavutada. (Moore, 2019)



Pilt 1 Hoonete osakaal planeedi CO₂ heitmes (Hermann, Tüür, & Valner, 2019)

Arhitektide deklaratsiooni (*Architects Declare*) argument, mida võib nimetada mõistlikuks keskteks, läheb nii: arhitektidel pole mingit vabandust, et nad ei anna endast maksimumi, et oma projektidel oleks keskkonnale võimalikult väike mõju. Nad peavad arvestama kõigega - kui pikk on kivi teekond ehitusplatsini ja kas hoone komponendid jäävad lammutamisel prügilaks või mitte. (Architects Declare, 2019)

Kasutuskulude - küte, ventilatsioon, valgustus, vesi, jäätmed, hooldus - vähendamisest ei piisa, vaid tuleks arvestada ka ehitamisesse ja lammutamisesse minev energia: tsemendi kaevandamine, terase sulatamine, telliste põletamine, materjalide kohaletoometamine, nende paika panemine, uuesti maha võtmine ja utiliseerimine. (Moore, 2019)

Jätkusuutlikku disaini ei tohiks vaadelda pelgalt tehnilise parandusena. See tuleks pigem integreerida arhitektuurikunsti. Ideaalis peaks see aitama luua paremaid, pikaajalisemaid, meeldivamaid ja ilusamaid hooneid igal pool. See võib tähendada looduslikku kivi, rohkem puitu.

IPCC on öelnud, et kuna kliimamuutuste katastroofi piiramiseks on jäänud vaid 11 aastat, siis tavapärased arhitektuuriprotsessid on liiga aeglased, et midagi muuta. Kogu suhtumine ehitusse peaks muutuma, mis eeldab ka selle taga oleva majandussüsteemi - st kapitalismi - muutmist.

Arhitektuuri jaoks võib see tähendada õppimist põlistelt ehitustehnikatelt, mis põhinevad kohalike materjalide kasutamisel, näiteks mudamüürid või õlgkatus, mida on täiustatud tänapäevase tehnoloogiaga. Näiteks masinad, mis toodavad mudast telliseid, seinapaneelid kanepist ja lubjast, kokku pressitud teksariidest või männivaiguga segatud maapinnale kukkunud männiokkad. Samuti on olemas seeneniidistik (*mycelium*) - see on seenevorm, mis seob erinevaid materjale tellisteks.

Sarnase ideega tehtud projekt „Turning Dunes Into Architecture“ (Näide 1) tegeleb täpsemalt kõrbestumise ja kohaliku materjali kasutamisega. Sel puhul on tegemist liiva ja bakteria (*Bacillus pasteurii*) seguga. Kogu liiva kõvastumisprotsess võtab aega vaid 24 tundi, samas võtab bakteri lisamine ära võimaluse disainida ruumi ise, sest bakter võtab mingil hetkel protsessi üle ja loob looduslike ruume.



Näide 1 „Turning dunes into architecture“ (Larsson, 2009)

Tehnoloogia arenguga on meil olnud võimalus olukorda parandada, kuid oleme sõna otseses mõttes läbi kukkunud. Selle tagajärjeks on kaduv Arktika jää, ülemaailmsed vihmametsade põlengud ja sulav Antarktika.

Praeguse algava katastroofi hetkel on inimkonnal aega umbes kümmekond aastat, et kasutada äärmuslikke meetmeid kliimamuutuste ennetamiseks. Kahjuks on see aeg liiga vähene, et viia maailm fossiilkütustest taastuenergiani. On ohutu eeldada, et arhitektid ei ole enam võimelised päästma planeeti sellisena, nagu me seda teame.

Mida arhitektid siis üldse teha saaksid? Minu ettepanek oleks lõpetada kliimamuutuste vastu võitlemine ja hakata aktsepteerima looduse alistumistingimustega. Arhitektuur võib pakkuda vaid leevendavaid lahendusi juba käimas olevatele muutustele.

Tuleks arvestada arhitektuursete kaalutlustega. Näiteks kuidas kõige paremini integreerida tohutuid uusi kogukondi olemasolevatesse linna- ja linnalähedastesse infrastruktuuridesse, midagi ehk veidi paremat kui pagulaslaagrid või vanglad. Humaansete lahenduste leidmiseks on vaja arhitektuuri ja linnaplaneerimise uuringuid. Vajame üldplaane, et juhtida või ka kontrollida massilist rahvaste rännet. Ajavahemikus 2100-2200 sulavad ilmselt kõik maismaa- ja merejäänud. Seega uued linnad, mis asendaksid hüljatud asustuskeskusi, võivad vajalikud olla sisemaal juba järgneva 80 aasta jooksul.

Arhitektid on julgete ideede katalüsaatoriks. Disaineritele on pinnase sulamine võimalus ühiskonna ümberkujundamiseks. Arhitektidel on oskused, kuid mis veelgi olulisem - moraalne kohustus seda läbi näha.

3. Uue maailmapildi kujunemine

Globaalsetel kliimamuutustel on juba olnud keskkonnale märgatav mõju. Liustikud on kahanenud, jõgede ja järvede jää laguneb varem, taime- ja loomapiirkonnad on nihkunud ning puud õitsevad varem.

Erinevad mõjud, mida teadlased varem globaalsetest kliimamuutustest tulenevalt ennustasid, ilmnevad nüüd juba igal kontinendil: merejää kadu, merevee taseme tõus ning pikemad ja intensiivsemad kuumalained.

3.1. Praegune olukord

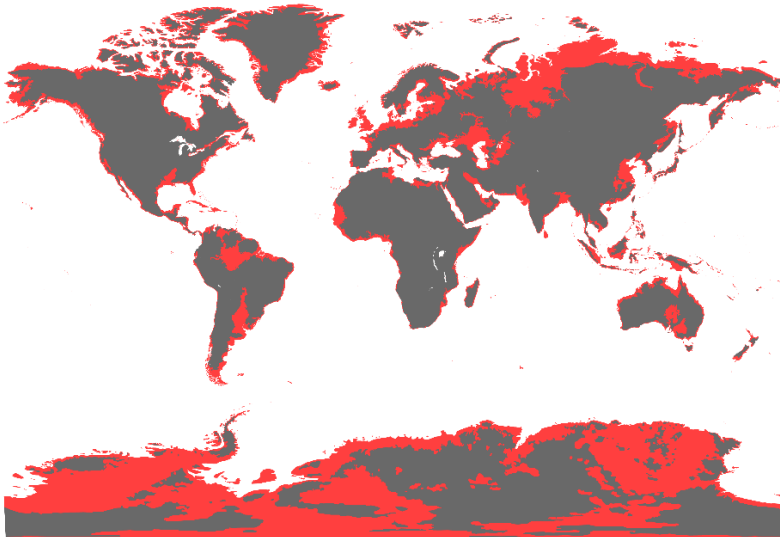
Praegusel hetkel (Kaart 1) on olukord veel üsna stabiilne. Mõned alad on juba hakanud näitama katastroofilisi tunnuseid, kuid olukord pole sugugi nii hull kui tulevikus.



Kaart 1 Olukord praegu (autori illustratsioon)

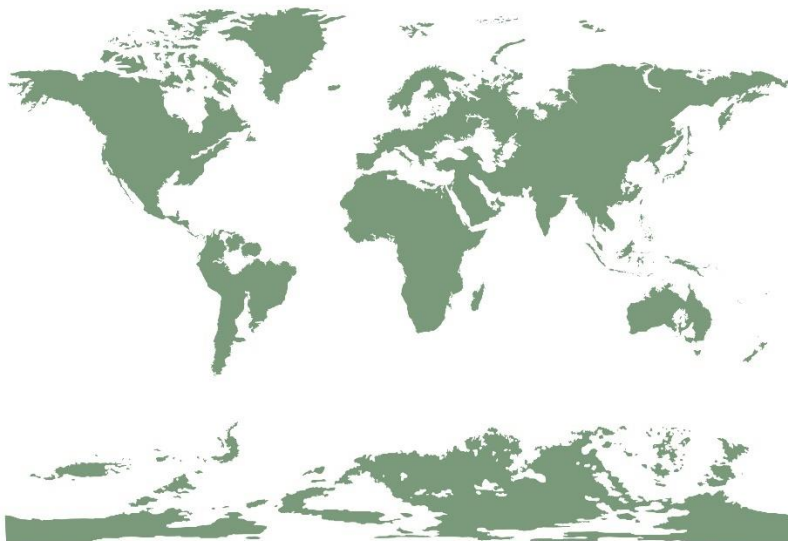
3.2. Kogu maailma jää sulamine

Kliima soojenemisega kaasnev maailmajää sulamine toob endaga kaasa katastroofilise pildi, kus väga paljud ranniku lähedal asuvad linnad ja isegi riigid mattuvad üleujutustest tuleva vee alla. Kaardile (Kaart 2) on märgitud punasega piirkonnad, mis jääksid sel puhul vee alla.



Kaart 2 Üleujutuse alad (autori illustratsioon)

Selline olukord jätab alles täiesti arvestatava ala maapinda, kus oleks võimalik elada. Alles jäävat maa-ala kujutatud järgneval kaardil (Kaart 3).

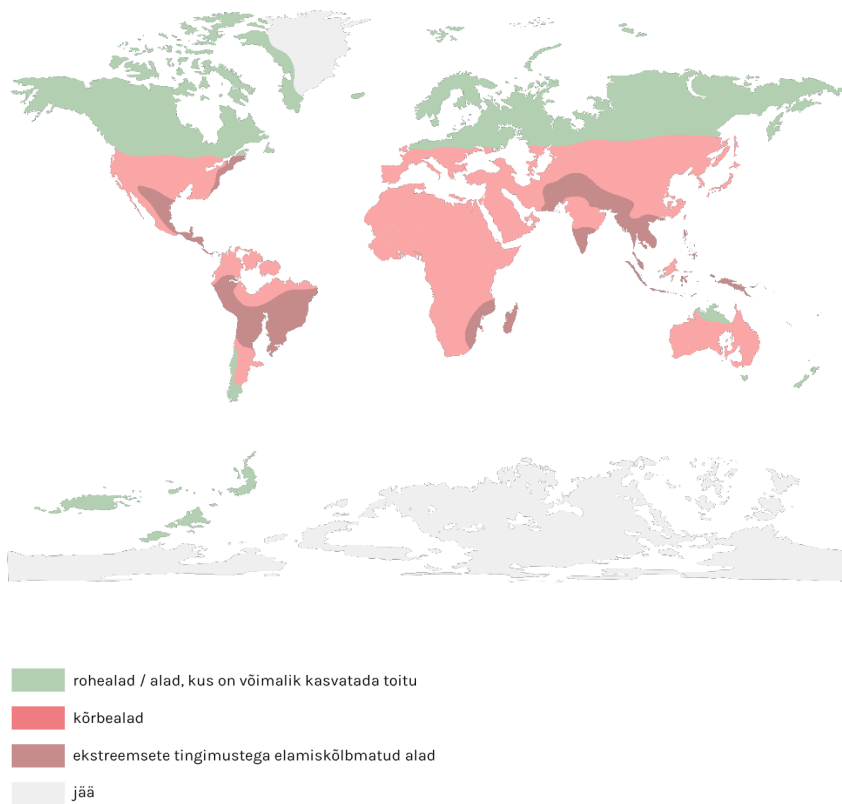


Kaart 3 Peale üleujutust alles jäävad maismaa alad (autori illustratsioon)

3.3. 4 kraadi soojem kliima

Globaalsed temperatuurid tõusevad 2100 aastaks hinnanguliselt 4,8 kraadini. See põhjustaks karmimaid ilmasid, toidu- ja ressursikriise, haiguste levikut ja paljugi muud.

Kui võtta geograafiliselt arvesse lisaks maailmajää sulamisele ka temperatuuri soojenemist, siis muutub kaardi keskosa enamasti kõrbeks või eriti ekstreemsete tingimustega elamiskõlbmatuks alaks. Drastilisi muutusi maailma kaardil on näha järgnevalt (Kaart 4).



Kaart 4 Olukord 4°C soojenedes (autori illustratsioon veebisaidi (Parag Khanna, 2016) andmetel)

3.4. Alles jäävad rohealad

Kaardil (Kaart 5) olen eraldi välja toonud alles jäävad rohealad, või nii nimetatud alad, kus annaks kasvatada toitu ja rajada linnasid. Sellise olukorra puhul oleks mõistlik mõelda olemasolevate linnade kaitsmisele kliima soojenemise tegurite eest. Siin kohal pakuksin lahenduseks olemasolevate linnade kupli süsteemi loomise, või mõelda läbi, kuidas saaks praegu olemasolevate struktuuridega takistada kliima soojenemist.



Kaart 5 Alles jäävad rohealad (autori illustratsioon)

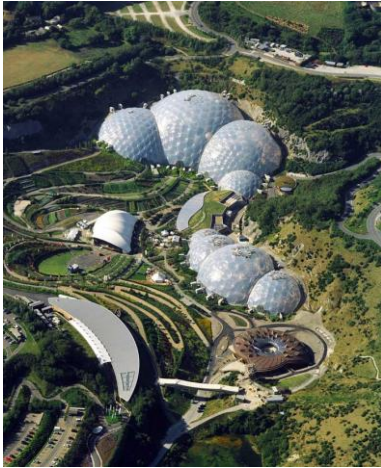
3.4.1. Näited

Sarnase põhimõttega näiteid on maailmas mitmeid. St. Louises asuv „Climatron“ (Näide 2) oli esimene hemisfääriline kasvuhoone, mis kasutas andmekeskust, et kontrollida mehhaanilist õhu varustatust, niisutamissüsteeme, valgust ja isegi linnu laulu. Eesmärgiks oli luua hoonesse mitu erinevat kliimat, et tagada kõigile taimedele spetsiaalse kliimaseadmega päritolu asukohale vastav keskkond. Tegemist on kõrgema tasemega tehnoloogiaga, sest mingisugust eraldust ruumis polnud, ainult süsteemi abil juhiti kindel temperatuur õigetes kohtadesse. (Lars Müller Publishers, 2018)



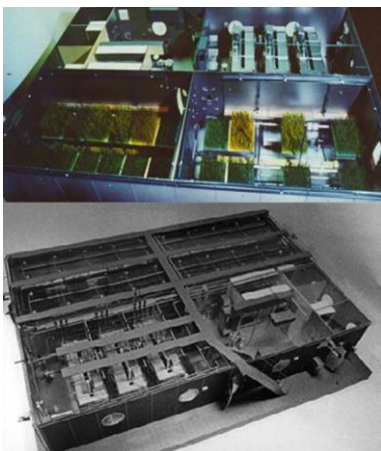
Näide 2 Climatron (Lars Müller Publishers, 2018)

Teine sarnane ehitis asub Inglismaal. „Eden Project“ (Näide 3) asub 60 meetri sügavuses kaevanduse karjääris ja on 2.15 hektari suurune. Selle eesmärgiks oli muuta kunagine kasutamata savi kaevandus rikkalikuks aiaks. Oma olemuselt on ta hiiglaslik botaanika aed, mis koosneb täispuhutud sfääridest ja teraskonstruktsioonist. Sarnaselt projektile „Climatronile“ on ka seal väga kõrgel tasemel kliima kontroll, mis tagab erinevatele taimeliikidele vajalikud mikrokliima tingimused. (Lars Müller Publishers, 2018)



Näide 3 Eden Project (Quinn, 2012)

Lisaks kuplistüsteemidele, on tehtud ka palju projekte suletud süsteemidest. „BIOS-3“ (Näide 4) on Karasnoyarskis, Venemaal tehtud projekt, mis oli osa Nõukogude kosmose programmist. Eesmärgiks oli luua isemajandav süsteem kosmonautidele Marsil. Kogu ruum oli 315 ruutmeetrit suur ja see hõlmas endas eluruumi, hapniku ruumi (kus *algae* abil süsinik dioksiid muudeti hapnikuks) ja kahte roheruumi, kus tehti uuringuid. (Lars Müller Publishers, 2018)



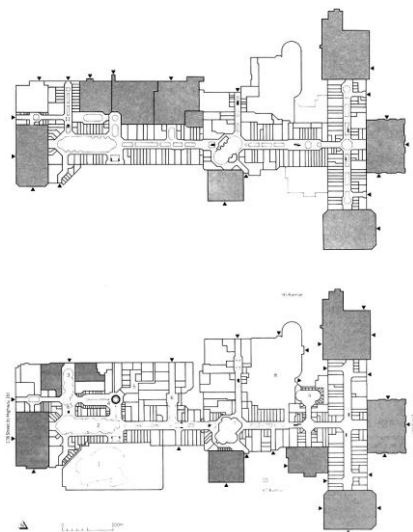
Näide 4 BIOS-3 (Lars Müller Publishers, 2018)

Sarnase ideega „Ecological House“ (Näide 5) Lõuna-Londonis oli tehtud tänavalt leitud jääk-materjalidest. Eesmärgiks oli luua energiasõltumatu hoone ning projekt pidi olema poliitiline vastuseis tarbimisele ja kapitalismile. Maja oli täielikult toimiv integreeritud süsteem, kus inimese jäätmetest toodeti metaani toidu valmistamiseks. Hoone on disainitud sedamoodi, et ilma inimeseta ei jääks hoone ellu. (Lars Müller Publishers, 2018)



Näide 5 Ecological House (Lars Müller Publishers, 2018)

Pisut suurema skaalalisem „West Edmonton Mall“ (Näide 6) Kanadas on 48 linna bloki suurune. Eesmärgiks sel puhul oli luua uus vaba-aja ja kaubanduse keskuse stiil. Kuigi väliselt võib arvata, et tegemist on ühe suure massiga, siis sisetingimustes on erinevad mikrokliimad, atmosfäärid ja mitmed kohalikud tegevused erinevad. See loob täiesti uue siseruumi linna struktuuri. (West Edmonton Mall, 2018)



Näide 6 West Edmonton Mall plaanid (Lars Müller Publishers, 2018)

„EPCOT“ ehk *Experimental Prototype Community of Tomorrow* (Näide 7) Bay Lake-s oli Walt Disney idee luua linn, kus saab kohalike elanike peal katsetada uusi tehnoloogiaid ja süsteeme. Väljapaistvaim selles linnas oli aga saaste kontrollimise süsteem. Walt Disney esitles seda ideed paar nädalat oma surma. Kõige imelisem Walt Disney puhul oli see, et ta uskus, et õnne on võimalik disainida. (Lars Müller Publishers, 2018)



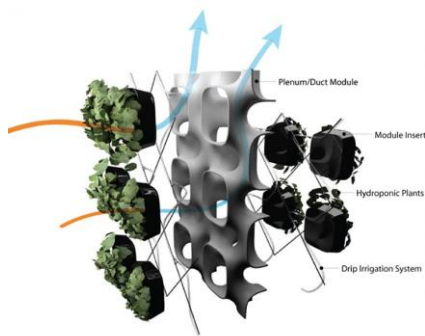
Näide 7 EPCOT (Lars Müller Publishers, 2018)

Lisaks on palju väiksema skaalalisi projekte, mis on keskendunud pigem kontseptsiooni ideele. Rühmituse Ant farmi projekt „Clean Air Pod“ (Näide 8) oli kui *performance* esitus, mis asus 12 x 12 meetrisel alal Berkley-s. Nende eesmärgiks oli välja tuua õhu saaste probleem juba 1970-ndatel aastatel. See oli üks suur plastikust täispuhutud mull, kuhu Ant farmi liikmed kutsusid mööduvaid inimesi värsket õhku hingama. Need, kes keeldusid, paluti alla kirjutada „surmatunnistusele“, sest väline saastatud õhk pidavat nad tapma. (Lars Müller Publishers, 2018)



Näide 8 Clean Air Pod (Lars Müller Publishers, 2018)

Veel üks projekt New Yorkis kannab nime „AMPS“ (Näide 9). See projekt üritas lahendada suletud ja rohkete kliimaseadmetega hoonete halba sisekliima kvaliteeti. Projekt toimib kui rohesein, kus on hüdrofoonilised taimed, mis on paigutatud bio-filtrite kapslitesse. Need kapslid on paigutatud modulaarse seina süsteemi sisse, kusjuures modulaarne abiraam hoiab taimesid paigas ja soosib nende hüdreerimist ja õhutamist. Taimede juured on õhutatud selle asemel, et olla peidetud sügavale pinnasesse, mis muudab taimed 200-300% efektiivsemaks õhu puhastuse mõttes. (Lars Müller Publishers, 2018)



Näide 9 AMPS (Lars Müller Publishers, 2018)

4. Muutuste vajalikkus

Kliimamuutused on päris nähtavad USA lõunapiiril. Kesk-Ameerikas elab umbes 50 miljonit inimest. Rohkem kui 2 miljonit elab aina enam laienevates kuivades koridorides näiteks El Salvadoris, Guatemalas, Hondurases ja Nicaraguas. Ebasobivad ilmastikutingimused on seal aastaid juba põllukultuure laastanud. Nälg ja toitainete kättesaamatus viisid ühiskonna lagunemisele, sundides sadu tuhandeid otsima varjupaika USA-s. Lühikese aja jooksul, võibolla järgmise 30 aasta jooksul kolib USA-sse 10-17 miljonit Ladina-Ameerika kliimapõgenikku. Samuti võib sinna saabuda kümneid miljoneid veel Euroopa, Aasia ja Aafrika kõrbestumise tagajärjel. Meeldigu või mitte, aga nad tulevad. Ükski betoonsein, terasest tara ega sõdurid ei hoia neid eemale. Ükski pagulaslaager ei suudaks neid majutada.

Kui arvestada sellist rahvaste rännet või suurt rahvamassi, kes selle tõttu immigreruvad kuumadelt aladelt alles jääva rohelise suunas, siis tekiks alles jäävale rohealale ligikaudu 10 000 või isegi rohkem miljonlinna. Olen järgnevale kaardile (Kaart 6) märkinud 10 000 punktiga iga uue võimaliku miljonlinna asukohad.



Kaart 6 10 000 miljonlinna alles jääval rohealal (autori illustratsioon)

See tähendab, et alles jääva roheala pind on enamasti täidetud hiigellinnadega. Selle vältimiseks võiks mõelda ka vee- või kõrbeala koloniseerimisele.

4.1. Vee alad

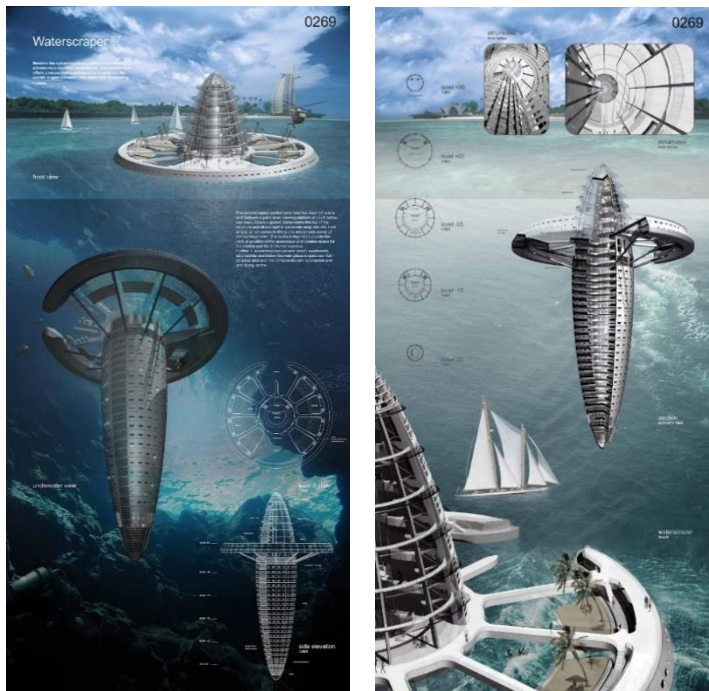
Maismaa vähenemisel muutub vee osakaal veelgi suuremaks, ning oleks vaja mõelda selle ala ära kasutamisele. Uue maailmapildi järgi märgitud vee alad on märgitud järgnevale kaardile (Kaart 7). Vee alade laienedes võiks mõelda ujuv-linnade rajamisele, ranniku alade laiendamisele tehissaartega või ka muu sarnase peale.



Kaart 7 Veealad (autori illustratsioon)

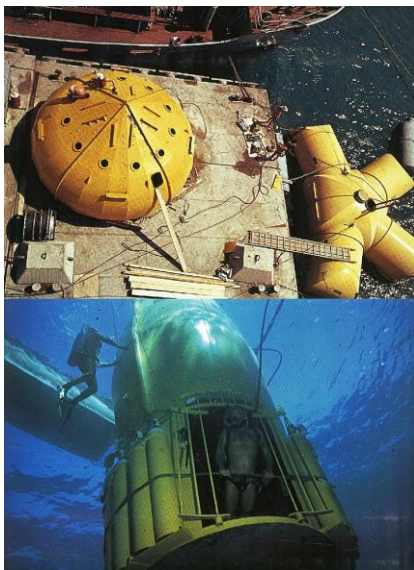
4.1.1. Näited

„Waterscraper“ (Näide 10) on ujuv hoone, mis võib triivida avameres, liikuda ringi või ka ankurduda vajadusel kindlasse asukohta. See on kui veealune pilvelõhkuja, mis ulatub 25 korrust ehk 122 meetrit allapoole veepiiri. Teraskonstruktsioonist ümar vorm tagab efektiivse rõngastruktuuri, mis talub vee survet. Kogu konstruktsioon stabiliseeritakse ujuvrõnga abil, mis ühendub sillakonstruktsioonide kaudu, et tagada vertikaalne asend igal ajal. (Koester, 2009)



Näide 10 Waterscraper (Koester, 2009)

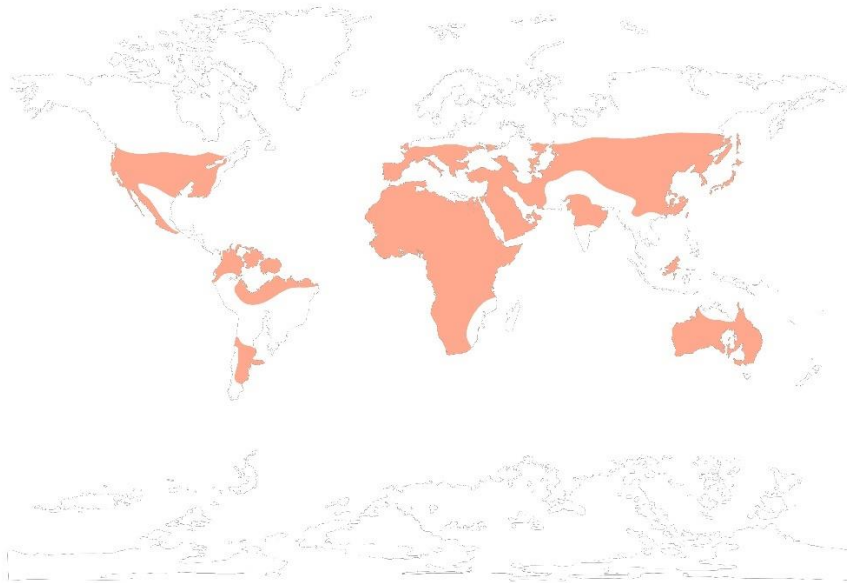
Pisut väiksema skaalaline „Conshelf“ (Näide 11) oli veevalune eksperimentaalne projekt, kus erinevates asukohtades olid ookeanaudid pikki perioode järjest vee sügavustes. Eesmärgiks oli avastada ja koloniseerida ookeani sügavused. Vee sügavustes elamine muutis ka oluliselt käitumist, sest kasutati tehislisku UV valgust ja heeliumiga rikastatud õhku, mis muutis hääled heledaks. (Lars Müller Publishers, 2018)



Näide 11 Conshelf (Lars Müller Publishers, 2018)

4.2. Kõrbealad

Lisaks veele jääb ka suur osa kõrbe maastikku, kuhu kuiva ja kuumade kliimade pärast saaks mõelda maa-aluste linnade loomisele. Kaardil (Kaart 8) on märgitud uue maailmakaardi järgselt kõrbealade piirkonnad.



Kaart 8 Kõrbealad (autori illustratsioon)

4.2.1. Näited

Sarnase ideega maa-aluseid linnasid on juba praegu maailmas olemas. Austraalia kõrbes asuv Coober Pedy linn (Näide 12) on ehitatud maa alla. Õhutemperatuur ulatub seal sageli üle 40 kraadi, mistõttu hakati juba esimesest maailmasõjast alates endale eluasemeid maa sisse kaevama. 80 % linnaelanikest elavad ja töötavad maa all. Lisaks elamutele on linnas ka kirikud, kauplused, restoranid ja ka muud vabaaja funktsioonidega alad. (Nalewicki, 2016)



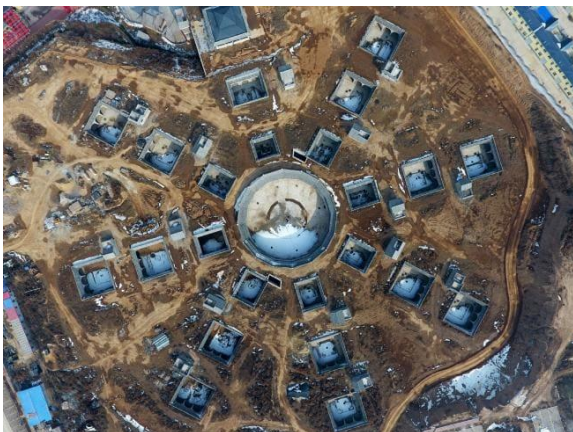
Näide 12 Coober Pedy (South Australia, 2019)

Samuti on kliima tõttu maa-aluseid struktuure ehitatud ka Tuneesias Matmatas (Näide 13), kus maa all asuvad enamasti elamud. Külale tüüpilised ehitised luuakse kaevates maasse suur auk ning seejärel kaevates augu perimeetri ümber kunstkoopad ruumidena kasutamiseks. Mõnes kodus on isegi mitu kaevikut, mis on ühendatud kraavilaadsete vahekäikudega.



Näide 13 Matmata (Martin, 2017)

Ka Hiinas asuv Sanmenxia (Näide 14) on ehitatud pinnase sisse kliima tõttu, nimelt piirkonnas on kuumad suved ja külmad talved. Piirkonnas on 10 000 kodu ja terrassi, mida kutsutakse *yaodongideks*. Ühes tüüpses maa-aluses sisehoovis oli eraldi vannituba, elutuba ja magamistoad. Lisaks kuulus eluruumi ka karjakultuur ja laoruum. Väidetavalt olid maa sisse kaevatud elamud maavärina ja heli kindlad.



Näide 14 Sanmenxia (Mujaj, 2018)

Suurimaks selliseks avastatud linnaks on Cappadocias asuv Derinkuyu (Näide 15), mis on mitme tasandiline maa-alune linn. See ulatub 60 meetri sügavusele maa alla ja on ehitatud pehme vulkaanilise kivi sisse. Kasutusajal majutas see 20 000 inimest koos nende kariloomade ja toiduvarudega. Asukoht on kliimaliselt küll soojas piirkonnas, kuid seda linna kasutati hoopis kaitseks araabia-büstantsi sõja ajal. Linn on ühendatud mitme kilomeetriste tunnelitega, mis viivad teistesse lähedal asuvatesse maa-alustesse linnadesse (nagu Kaymakli, milleni on 8 kilomeetrit)



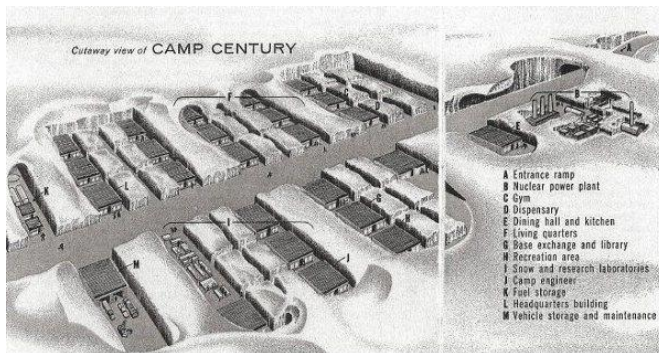
Näide 15 Derinkuyu (Smith, 2012)

Samuti kaitsefunktsioonina ehitatud Dixia Cheng (Näide 16) asub Pekingis. See on umbes 82 ruutkilomeetri suurusel alal paiknev pommivarjendite süsteem. Linna tunnelid on kaevatud peamiselt käsitsi ja hõlmavad endas nii poode, magamisruume kui ka muid väiksemaid funktsioone.



Näide 16 Dixia Cheng (Shah, 2019)

Ka sõjabaase on ehitatud maa alla. Üheks selliseks on „Project Iceworm“ (Näide 17), mis oli ülisalajane arktika jää alla kaevatud sõjabaas. See ulatus 3 kilomeetri suuruse ala peale ja 8 meetri sügavusele. Kusjuures baasis olid laboratooriumid, haigla, kino, pood, kabel, majutus ligi 200 sõdurile ja isegi juuksur. Maa alla on see ehitatud nii varjamise kui ka kliima tõttu, sest temperatuur ulatub kohati peaaegu -20 kraadini. Ehitusviisilt on jää sisse kaevatud vaod ja hiljem kaetud kaardus terasplaatidega ning seejärel kohaliku lumega. Siseruimid pandi kokku eraldi moodul ühikutest, mis hiljem ühendati omavahel. (Raven, 2017)



Näide 17 Project Iceworm (Raven, 2017)

RESO (Näide 18) on Montreali keskses äri piirkonnas asuv maa-alune linnaosa, kõige tihedama asustusega piirkond. Seal on 32 kilomeetrit tunnelit 12 ruutkilomeetril alal. Maa-alust osa kasutatakse pikkade ja külmade talvede tõttu, kusjuures talviti kasutab seda igapäevaselt 0.5 miljonit inimest. Seal on erineva meeleolu ja funktsiooniga kohad, meenutades rohkem nagu siseruumi linna (*indoor city*), millel on ühendused ka ülemistel korrustel ja enamus sissepääsudest asuvad maapinnal.



Näide 18 RESO (Kenworthy, 2019)

Mitme näite puhul saame rääkida ka olemasoleva struktuuri ära kasutamisest. Esimene selline on Wieliczka (Näide 19) endine kivisoola kaevandus Poolas, kus märgati kunagi, et kaevurite hingamisteede tervis oli märkimisväärselt hea ning seejärel otsustati see muuta sanatooriumiks. Hetkel on seal soolatööde muuseum, maa-alune kabel ja esimene omalaadne terviseasutus. Sanatooriumis lastakse inimestel viibida soolakambrites päeva või lausa mitu, olenevalt vajadusest. Õhutemperatuur jääb maa all 13-14.5 kraadi vahele ja õhuniiskus on seal 60-75 %.



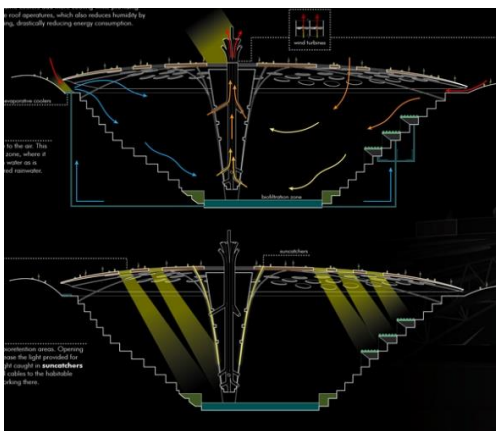
Näide 19 Wieliczka (Staedtler, 2014)

Teine olemasolevat struktuuri ära kasutatav iidne küla on Kandovan (Näide 20), mis asub Aserbadžiaanias. Seal on troglodüütide kodud, mida nimetatakse kohalikul tasandil *Karaaniks*. Need kodud on kaevatud vulkaaniliste kivimite ja tuffide sisse. Majade koonuseline vorm on lahari voolu tulemus, mis koosneb poorsest, ümarast ja nurgelisest pimssi kivist koos teiste vulkaaniliste osakestega. Küla on hea näide inimeste rajatud kaljuelamutest, mis on senini asustatud.



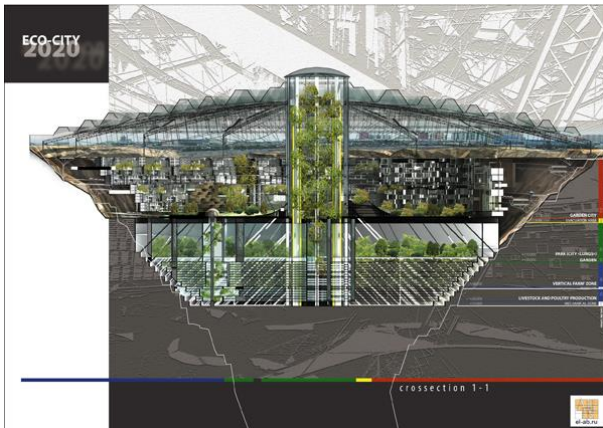
Näide 20 Kandovan (Elmira, 2019)

Lisaks olemasolevatele maa-alustele linnadele on ka mitmeid sarnaseid idee projekte, mida pole veel teostatud. Üheks selliseks on Matthew Fromboluti töö nimega “Skyscraper, or sustainable underground society?” (Näide 21), kus lisaks kliimale on mõeldud ka kohaliku kõrbemaastiku tervendamisele. Projekt on paigutatud Arizonase osariigis Bisbees asuva endise kaevanduse karjääri kraatrisse. Seal on elamis- ja tööpiirkonnad ning haljasala põllupidamiseks ja puhkamiseks. Lisaks on seal kergliiklus süsteem, mis ühendab linna lähedal asuva Bisbeega. Hoone on täiesti isemajandav. Kuppelkatusega suletud hoone on täielikult maa all, ainult kliimaseadmete jaoks strateegiliselt paigutatud katuseaknad võimaldavad juurdepääsu maapealsele maailmale.



Näide 21 „Skyscraper, or sustainable underground society?“ (Fromboluti, 2010)

Sarnane on Venemaal Ida-Siberis asuva Mirniy tööstustsooni rehabiliteerimise ettepanek nimega „Eco City Siberia“ (Näide 22), mis on samuti projekteeritud olemasoleva kaevanduskarjääri suudmesse. Suudme läbimõõt on üle 1 kilomeetri ja sügavus 550 meetrit – tegemist on ühe maailma suurima inimtekkelise karjääri kraatriga. Ideeks oli luua uus aedlinn, mis oleks kaitstud karmide Siberi keskkonnatingimuste eest, mida iseloomustavad pikad ja karmid talved ja lühikesed kuumad suved. Kasutatud on ära endist kaevandust, millel on peale planeeritud klaasist kuppel, mida katavad fotoglavaansed elemendid, mis koguvad uueks arenguks piisavalt päikeseenergiat. Ruumiprogrammiliselt on seal vertikaalne talu, metsad, elukohad ja puhkealad. (TABOODADA, 2011)

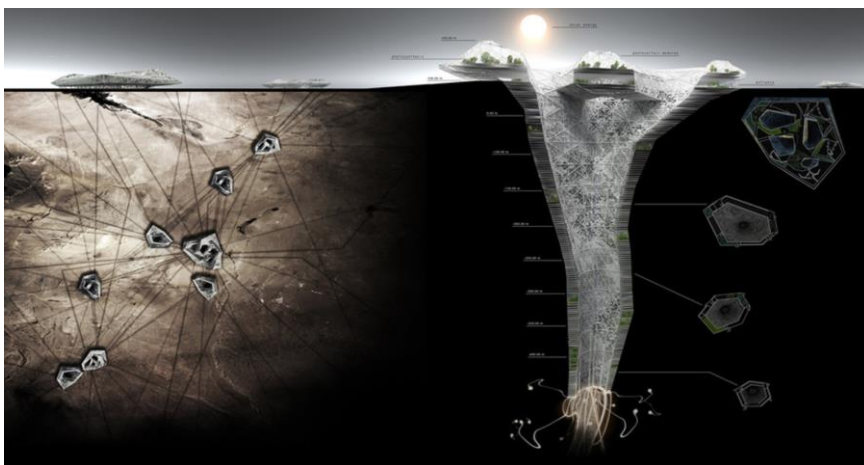


Näide 22 „Eco City Siberia“ (AB Elis Ltd, 2010)

Itaalias valminud töö „Rhizome Tower: A Thousand Underground Plateaus“ (Näide 23) on erinevalt eelnevatest planeeritud täiesti tühjale platsile, kus on pinnasesse kaevatud linnale vajalik maa-alune struktuur. Seal on 4 erinevat kihti, mis on organiseeritud siseatriumi ümber loomuliku valguse saamiseks:

- 1) Rekreatsioon, toidu kasvatamine, farmid ja kasvuhooned
- 2) Elamuala (umbes 60 korrust) eri suuruses eluruumidega
- 3) Kontorid
- 4) Kõige sügavam osa, mis tegeleb geotermilise energia uurimise ja kogumisega.

Projekt kasutab ära nii maa pealseid kui ka maa-aluseid maavaraalisi ressursse. Omavahel ühendatud *rhizome*-i tornides võivad olla terved linnad kui ka rahvused. (Metarchitects, 2011)



Näide 23 Rhizome Tower (Metarchitects, 2011)

Tokyos valminud idee „Alice City“-st (Näide 24) on maapinda kaevatud, sest piirkonnas on odavam ehitada maa alla, seal on palju maavärinad ja ka üle rahvastuse probleem. Linn koosneb kolmest sektorist: linnaruum, kontori- ja tööruum ja taristu ruum, kus asuvad kaubandus, elamuualad, spetsiaalsed elektrienergia ja jäätmeringluse rajatised. (Cross, 1989)



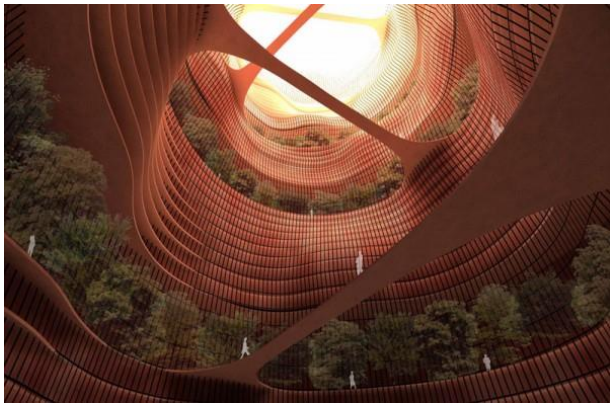
Näide 24 Alice City (Cross, 1989)

Mexico City-s välja mõeldud „Earthscraper“-i (Näide 25) idee on kui maa-alune tagurpidi pööratud asteekide püramiid. Selle idee käisid välja BNKR arhitektid, kes nägid seda, kui lahendust elamuprobleemile liiga tiheda asustuse tõttu. See on 65 korruseline ja on kaevatud 300 meetri sügavusele pinnasesse. Pealt kaetud klaaskatusega loomuliku valguse ja vaadete võimaldamiseks. Seal on ka keskne siseatrium, mille ümber toimub suurem osa elust. (Lo, 2013)



Näide 25 Earthscraper (Bolotov, 2011)

Sarnaselt eelnevale, tegeleb projekt „Earthscraper: Underground Architecture“ (Näide 26) samuti tiheda linnakeskkonnaga, pakkudes linnale tühja platsi, mis jääb alatiseks vabaks, toimides loodusliku kopsuna keskkonnale. Seal on tsentraalne tühimik ehk keskne siseatrium, mille kaudu saavad kõik ümbritsevad ruumid valguse ja ventilatsiooni. See on vastupidine kontseptsioon tavapärasele hoonele, kus hoonet ümbritsev õhk asub ettepaneku tuumikus. Seal on ka rohealad, mis toimivad ühisaladena ja ühendavad erinevate funktsioonidega tsoone. (Castineira, et al., 2010)



Näide 26 Earthscraper: Underground Architecture (Castineira, et al., 2010)

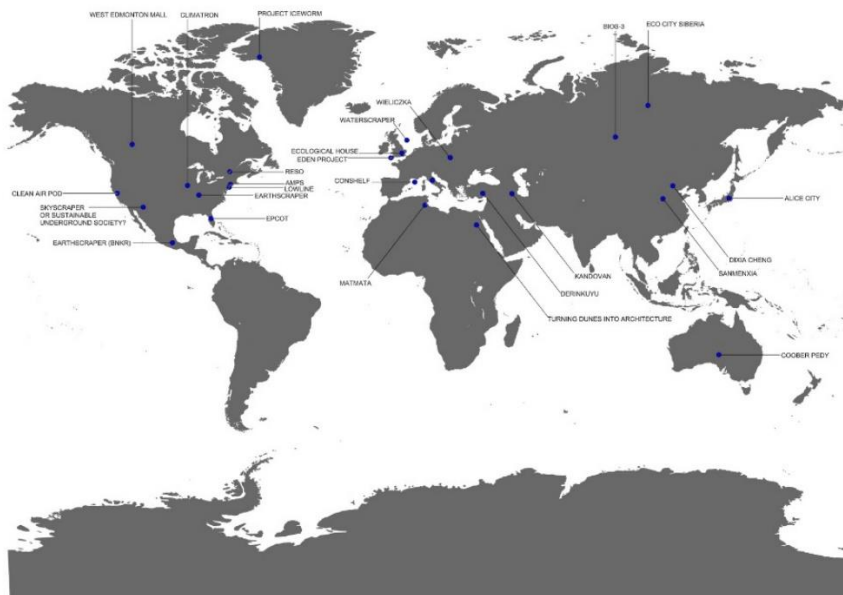
New Yorki mõeldud ideeprojekt „Lowline“ (Näide 27) on maa-alune rohepark, mis on jalgpalliväljaku suurune. See idee kasutab ära olemasolevat mahajäetud metroo terminali. Nad testisid, kuidas saaks tuua loomuliku valgust maa alla ja läbi transmittorite toodud valguse abil sai seal ka taimi kasvatada.



Näide 27 Lowline (Lowline, 2020)

5. Näidete analüüs

Märkisin kaardile (Kaart 9) kõikide töös käsitletud näidete asukohad. Need sõltuvad enamasti küll autori kodukohast, kuid mõningatel juhtudel ka ekstreemsete tingimustega ala lahendamisest.



Kaart 9 Näidete asukohad (autori illustratsioon)

Sedasorti näiteid on kindlasti veel, kuid põhilised teadmised suletud süsteemidest, vee alustest üksustest või maa-alustest linnadest on nende näidete puhul väga hästi välja tulnud.

Nende paljude näidete puhul õppisin keskse siseatriumi olemasolu vajalikkusest ja ka seda, et ühe keskse tuuma asemel võiks olla mitu omavahel ühenduses olevat avarat ruumi. Samuti pean oluliseks eri aladel erineva mikrokliima kasutamist, et luua ruumi mõistes varieeruvust. Kõige olulisem ongi varieeruvus, sest suletud ruumid võivad muutuda pikemas perspektiivis monotoonseks ja üksluiseks.

Ruumiprogrammi peaks lisaks majutusele, töötamisele ja vaba-ajale lisama kindlasti rohelist ja avarat avaliku ruumi keskkonda, et ei tekiks klaustrofoobia tunnet. Võimaluse korral võiks ära kasutada kohalikku materjali, sest juba materjalide toomine mujalt pole väga energiatõhus lahendus. Kui läheduses peaks asuma mõni asula või linn või muu üksus, siis võiks luua liiklusühendused nendega.

6. Asukoha valik ja analüüs

Töö protsessi käigus tegin võrdluse (vaata Tabel 1, Tabel 2, Tabel 3, Tabel 4), milline oleks kõige parem variant, kuidas ja kuhu projekti ideed teostada. Sel puhul võtsin võrdluseks võimalused ehitada maa peale, maa alla, osaliselt maa alla ja ka vee alla.

Variant 01		PLUSSID		MIINUSED	
			kogus		kogus
Tulemus 1	MAA PEALE	vaated	1	müra	1
		valgus	1	pole keskkonnasäästlik	1
		odavam ehitada	1	vajab tehislisku soojendus ja jahutus meetodit	1
		ei vaja kohanemist, sest inimesed on harjunud sedamoodi elama	1	ei pea vastu tõsistele ilmastiku tingimustele	1
		saab ehitada peaaegu igale poole	1		
		Kokku	5	Kokku	4

Tabel 1 Maa peale (autori illustratsioon)

Variant 02		PLUSSID		MIINUSED	
			kogus		kogus
Tulemus 2	MAA-ALLA	müra vähendamine	1	kulukas ehitada	1
		turvalisus ja vastupidavus tõsistele ilmastiku tingimustele	1	vajab kohanemist	1
		energiasäästlik	1	vähe päikesevalgust	1
		tugev ja vastupidav	1	ei saa ehitada üleujutus aladesse	1
		hea tulekindlus	1	puuduvad vaated välja	1
		sobitub hästi ümbritsevasse keskkonda	1		
		pole vaja tehislisku soojustus ega jahutus meetodeid, sest sise temperatuur hoiab suvel jahedas ja talvel soojas	1		
		Kokku	7	Kokku	5

Tabel 2 Maa-alla (autori illustratsioon)

Variant 03		PLUSSID	kogus	MIINUSED	kogus
OSALISELT MAA-ALLA Tulemus 3	osalist vaated		1	kulukas ehitada	1
	kohanemine on kergem		1	ei saa ehitada üleujutusala	1
	energiasäästlik		1	vastupidavus ekstreemsetele ilmastiku mõjudele on väiksem	1
	osaline müra vähendamine		1		
	valgus		1		
	ei vaja tehislisku soojustus ega jahutusmeetodeid		1		
	Kokku		6	Kokku	3

Tabel 3 Osaliselt maa-alla (autori illustratsioon)

Variant 04		PLUSSID	kogus	MIINUSED	kogus
VEE ALLA Tulemus 1	vaated vee-alusele elule ja maastikule		1	külm	1
	valgus		1	tohtu rõhu all	1
	üleujutuse korral vastupidav		1	hapniku puudus	1
	saab ehitada igale poole, kus on suurem veekogu		1	väga sügaval ei suuda inimene pikalt olla	1
	toitu saab veekogus püüda (kalad)		1		
	Kokku		5	Kokku	4

Tabel 4 Vee alla (autori illustratsioon)

Võrdluse tulemusena otsustasin oma töös keskenduda osaliselt maa-aluse linna loomisele, sest sel viisil saab ära kasutada maa-aluse ehitusviisi positiivseid omadusi kui ka pakub see mingil määral loomulikku valgust ja vaateid nagu maa peale ehitades.

6.1. Kõrbed kui ekstreemsete tingimuste fookuspunkt

Kõige ekstreemsemad tingimused ilmnevad nii praegu kui ka tulevikus kuivadel aladel ehk kõrbedes. Seega pean sobilikuks valida oma projekti asukohaks just kõrbemaastik.

Kõrbed katavad rohkem kui viiendiku maismaa pindalast ja neid leidub igal mandril. Kohaks, kuhu aastast satub vähem kui 25 sentimeetrit vihma, peetakse kõrbeks. Need alad eksisteerivad niiskuse defitsiidi all, mis tähendab, et aurustumise tõttu võivad nad kaotada sageli rohkem niiskust kui aastane sade. (Nunez, 2019)

Kõrbestumist on kirjeldatud kui „meie aja üht suurimat keskkonnaalast väljakutset“ ja kliimamuutused muudavad asja veelgi ohtlikumaks. Kliima soojenedes laienevad kuivade alade piirkonnad globaalselt. Arvatakse, et sajandi lõpuks moodustavad kuivad alad 50-56 % Maa maapinnast, kusjuures täna on see vaid 38%. (Mcsweeney, 2019)

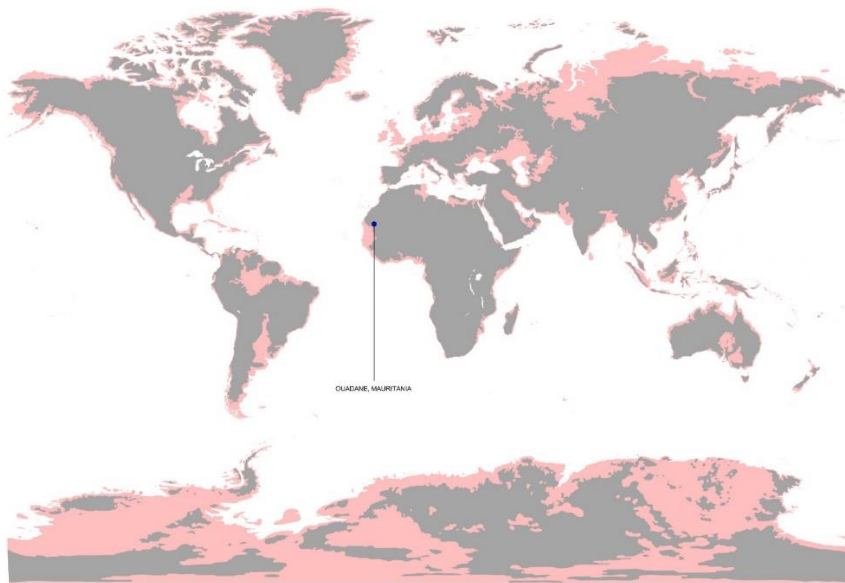
Aafrika on kliimamuutuste suhtes kõige haavatavam mandriosa Maast. (IPCC, 2007) Seal on kliima soojenemine juba tänane reaalsus.

Maailma suurimas kuumas kõrbes Saharas ulatub temperatuur päeva jooksul kuni 50 kraadini Celsiuse järgi. Viimase sajandi jooksul on see Põhja-Aafrika kõrbe pindala kasvanud märkimisväärselt (~10 %) ja üheks suuremaks põhjuseks on kliima soojenemine. (Gabbatiss, 2018)

Sahara koosneb mitmest eristatavast öko-piirkonnast. Oma temperatuuri, sademete, kõrguse ja mulla varieeruvuse tõttu on neis piirkondades erinevad taime- ja loomakooslused.

Sahara kõrbe hübriidne keskosa on nendest kõige ekstreemsem, sest seal on sademed minimaalsed ja mitte-regulaarsed. Taimestik on seal seetõttu haruldane. See ala katab enda alla 4 639 900 ruutkilomeetrit. (World Wildlife Fund)

Enda projekti asukohaks valisin seetõttu Sahara kõrbe keskosas asuva ekstreemsete tingimustega ala. Kuna tegemist on olemuselt väga suure maa-alaga, siis otsustasin täpsemaks asukohaks valida Mauritaania piirkonnas asuva väikese linna Ouadane läheduse (Kaart 10). Asukoht jääb vee taseme tõustes üsna veekogu lähedusse, et vajadusel luua merelisi ühendusi teiste linnadega.



Kaart 10 Asukoha valik (autori illustratsioon)

6.2. Ouadane linn ja taustainfo

Ouadane ehk araabia keeles „kaks jõge“ on Mauritaania kõrbe vanim linn. Selle kuulus minevik tuleb ilmsiks sümbolises kivimošees, kuid liiv on katnud suurema osa vanalinnast ning seetõttu on ka suur osa linnast hüljatud. (Daa, 2017)

Linna asustas 1147. aastal berberite hõim Idalwa el Hadji. Sellest sai peagi peale asustamist oluline kaameli karavanide peatuspunkt ja kaubanduslinn, kus peamiseks kaupadeks olid sool, datlid ja kuld. (New World Encyclopedia contributors, 2018)

Sinna loodi 1487. aastal Portugali kaubanduspost, kuid juba kuueteistkümnendast sajandist on linn kahanenud. Ehkki vanalinn on varemetes, on see siiski oluliselt puutumatumalt püsinud. Praegu asub vanalinna kõrval väike kaasaegne asula, mis paikneb väljaspool vanalinna väravat ja on asustatud Berberite Idawalhajji hõimu poolt. (New World Encyclopedia contributors, 2018)

6.3. Maastiku eripära

Mauritaania reljeefi mõjutab kuivus, mis on iseloomulik suuremale osale riigist. Maastiku kolossaalset muljet rõhutab selle tasasus, sest erosiooni tõttu on maapind kulunud peaaegu tasaseks pinnaks. Suuremas osas lõikavad lagendike aga *wadid* ehk kuivad jõesängid, kus esinevad haruldased üleujutused ja mille abil kogutakse vett. (Gerteiny, Toupet, Deschamps, & Stewart, 2019)

Mauritaania keskosa koosneb ulatuslikust Adrari ja Taganti platoost, mida tuntakse *Trab el-Hajra* nime all (araabia keeles: „kivide maa“). Seal leidub kaljude jalamil mitmeid oaase, millest enamik olid keskajal hästi tuntud kaubanduslinnad, üks nendest on ka Ouadane linn. (Gerteiny, Toupet, Deschamps, & Stewart, 2019)

Kesk-Mauritaania piirkonnas asuv väike Ouadane linn paikneb Adrari platoo lõunaservas. Küla on seatud nõlvale, sulandudes maastikku. Seda ümbritsevad oaas, *palmyrah* palmipuud ja liivaluited. (New World Encyclopedia contributors, 2018)

Aluspinna geoloogia kohaselt on asukoha pinnas pärit süsiniku ajastust (*Carboniferous Period*). Termin "*Carboniferous*" pärineb Inglismaalt, viidates seal esinevatele rikkalikele kivisöe maardlatele. Sellele ajastule kohaselt võib leida pinnasest erinevaid setteid, kus on kunagised loomade ja taimede säilmed. (Waggoner, 1996)

Seega oleks võimalik uues linnas luua võimalus nende leidude eksponeerimiseks.

Kaevanduslikus mõttes on Mauritaanias olulisi maavarasid ja asukoht on üks maailma suurimaid rauamaagi tootjaid. Mauritaanias on toodetud ka tagasihoidlikes kogustes tsementi, vaske, kulda, kipsi, ja soola selle rikkalikest mineraalladestustest, mille hulka kuuluvad ka koobalt, teemant, fosfaat kivim, väävel ja uraan. (Tasiast Mauritanie Limited SA, 2012)

Asukohas on liivase tekstuuriga mullad ehk arenosoolid, millel puudub oluline mullaprofiili areng. Neil on vaid osaliselt moodustunud pinnase ülemine kiht, milles on vähe huumust. Arvestades nende liigset läbilaskvust ja madalat toitainesisaldust, nõuab nende muldade põllumajanduslik kasutamine hoolikat majandamist. (The Editors of Encyclopaedia Britannica, 2000)

Mauritaanias leidub ka valgeid soolalahuse koorikuid. Neil on soolaallikana teatav majanduslik tähtsus. Sellistes koorikutes leidub mitmesuguseid mineraale. Valge soolalahuse koorikud koosnevad peamiselt naatrium- ja magneesiumkloraatidest ja sulfaatidest. Enamik sellistest pinnastest on savised ja settelised. (FAO, 1993)

Suuremate kõrgendike pinnaseid leidub madalamal asuvate savannide läheduses, kus on kõrbele omast taimestiku. Sellised mullad on suure savi sisaldusega. (FAO, 1993)

Savi sisaldus pinnases annab võimaluse kasutada kohalikku materjali ka ehitus- ja viimistlusmaterjalina.

7. Maa-alused ruumid

Globaalne soojenemine on inimestele suureks väljakutseks. Süsinikdioksiidi kontsentratsiooni suurenemist atmosfääris teatakse laialdaselt kui suurimat kliima soojenemise tegurit. Süsinikdioksiidi kiirguse vähendamisega seoses on märkimisväärselt kasvanud tähelepanu energiasäästmisele. Hoonete energiatõhususe kontekstis on muljetavaldav potentsiaal muistsel tarkusel kasutada maad kui temperatuuri moderaatorit karmide ilmastiku tingimuste korral, samuti oleks see kindel lahendus hoonete kütte-, ventilatsiooni- ja kliimaseadmete vastu. See loov ja traditsiooniline passiivne jahutustehnika on võimaldanud saavutada ka enamiku säästva arengu kriteeriumitest, mis puudutab maailma kasvavat elamunõudlust, kliimamuutusi, fossiilkütuste ammendumist ja piiratud maa-ala ning ressursse. (Alkaff, Sim, & Efan, 2016)

Globaliseerumise ajastul ongi suurimateks takistusteks kliimamuutused, energiaressursside puudus ja rahvaarvu suurenemine. Üheks lahenduseks on mitmete teadlaste arvates elamine maa all, kus keskmine temperatuur on peaaegu ühtlane ja võrdne maapinna keskmise temperatuuriga aastaringelt. Seega mõjutavad kliimamuutused sellises keskkonnas vähem ja energiatarbimine on muude tingimustega võrreldes väiksem.

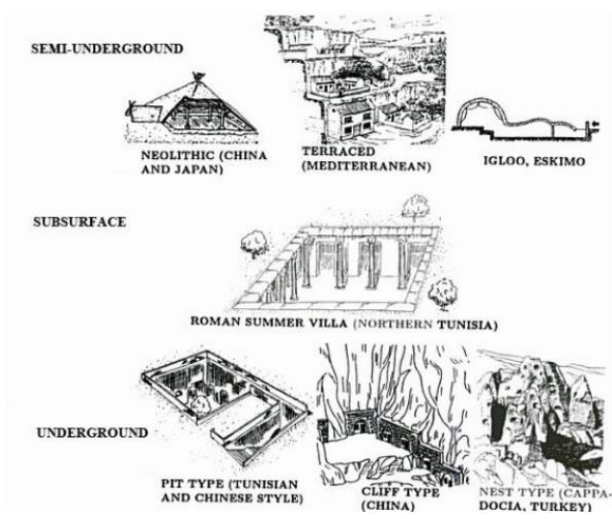
Maa-aluse pinna temperatuur on madalam kui välisõhu temperatuur suvel ja kõrgem talvel. See on tingitud mulla termilistest omadustest, mida võib rakendada soojuskondensaatorina sisetemperatuuri modereerimiseks. (Alkaff, Sim, & Efan, 2016)

Maa-alune elamine pakub mugavat, rahulikku ja ilmastikukindlat atmosfääri. On tehtud mitmesuguseid uuringuid, mis näitavad, et maa-aluste ehitiste vastupidavus loodusõnnetuste ja ebaloomulike katastroofide ajal on tõhusam kui maa pealsetel ehitistel. Maa-alused kohad sobivad ideaalselt keskkonna parandamiseks ja säästva arengu toetamiseks ning samal ajal on need kohad turvalised tuumarünnakute ajal, maavärinate puhul, orkaani ja ka tsunami ajal.

Erinevalt tavalisest väärarusaamast on enamik maa-alustest ruumidest kuivad ja soojad ning neid on võimalik täita ka päikesevalgusega, kuid siseruumide keskkonnakvaliteedi määrab läbimõeldud disain mitte juhuslikkus. See tähendab, et väikese mõtlemise ja vaatluse abil on võimalik muuta maa-alused ruumid inimestele mugavamaks ja elamiskõlblikumaks.

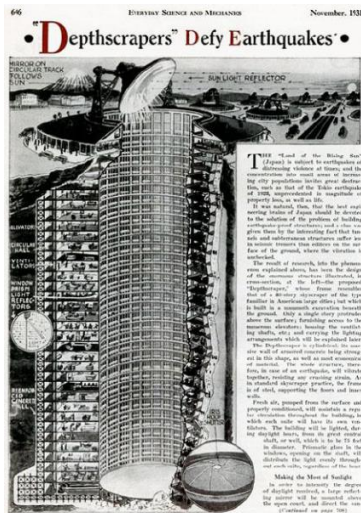
Koopad olid inimestele primaarseks koduks ja koobaste funktsioon sarnaneb energiatõhususe poolest maa-aluste ehitistega. Seda aga erinevusega, et eelajaloolised koopaelanikud valisid soojust ja kaitset metsloomade ning raskete ilmastikuolude eest otsides olemasoleva looduliku maavormi, mis nende vajadused rahuldab. Iidsed maa-alused ehitised võivad jagada kolmeks peamiseks alajaotuseks (Skeem 1):

- Pooleldi maa-alused
- Sisehooviga maa-alused
- Täiesti maa-alused



Skeem 1 Maa-aluste ehitiste jaotus (Ashrafiyan, Ferdos, & Haghlesan, 2011)

Lisaks väiksematele sellistele hoonetele pakuti 1931. aasta novembris välja „Depthscrapperit“ (Skeem 2) elamurajatiste lahendusena Jaapanis maavärinate vastu. Tegemist on 35-korruselise pilvelõhkujate raamiga, mis ehitatakse tegelikult maapinna alla. Kogu kompleksi ainult üks korrus ulatub pinnale ning see ala kuulub arvukatele liftidele, ventilatsiooniruumidele ja valgusseadmeteks. Kompleksi kuju on silindriline, selle massiivne soomusbetooni sein on selle kujuga tugevaim aga ka kõige ökonoomsem materjal. Seetõttu vibreerib maavärina korral kogu konstruktsioon koos, pidades vastu igasugusele muljumispingele. Päeva valguse intensiivistamiseks paigaldatakse avatud sisehoovi kohale suur peegel, mis suunab päikesevalguse otse sügavusse. (Science and Mechanics, 1931)



Skeem 2 ajakirja Science and Mechanics artikkel (Science and Mechanics, 1931)

7.1. Maa-aluste ruumide eelised

Maa-aluses ehituses on palju eeliseid. Maa-alused ehitised on vähem tundlikud äärmusliku välisõhu temperatuuri mõju suhtes, seega ei peaks seal ebasoodsate ilmastikuolude mõju tundma nii palju kui tavalistes hoonetes. Temperatuur nende sees on stabiilsem kui tavalistes hoonetes ja väiksema temperatuurimuutustega tunduvad siseruumid mugavamad.

Kuna maa katab osaliselt või täielikult nende välisilme, vajavad maa-alused ehitised vähem välishooldust, näiteks vihmaveerennide või muu välismaterjali värvimine ja puhastamine. Maa sisse kaevatud või maaga ümbritsetud hoone loob mingil moel loodusliku helikindluse. Enamik maa-aluseid hooned sulanduvad maastikku harmoonilisemalt kui tavalised hooned. Lisaks pakub nende disain lisakaitset tugevate tuulte, rahetormide ja loodusõnnetuste, näiteks tornaadode, orkaanide ja maavärinate eest.

Maa-aluste hoonete rajamise suur eelis on väga stabiilne keskkond. (Teygeler, 2001)

Raamatu „*The \$50 and Up Underground House Book*“ autori Mark Oehleri sõnul on maa-aluste hoonete eelised järgnevad:

- 1) Vundamenti pole
- 2) Vähem ehitusmaterjali
- 3) Vähem tööjõudu

- 4) Esteetilisem
- 5) Vähem makse
- 6) Talvel on soe
- 7) Suvel on jahe
- 8) Sulandub looduslikku keskkonda
- 9) Sisseehitatud kasvahoone
- 10) Ökoloogiliselt veatu
- 11) Suurem maa pealne õue ala
- 12) Radioaktiivse tolmu eest varjupaik
- 13) Lõikab atmosfääri kiirgust
- 14) Kaitsefunktsiooniga
- 15) Peidetud
- 16) Veeallikale lähemal
- 17) Hea tulekindlusega
- 18) Torud ei külmu kunagi
- 19) Parem põrandakate
- 20) Võib ehitada igäiks
- 21) Ilmastikukindel
- 22) Vajab vähem hooldust
- 23) Helikindel

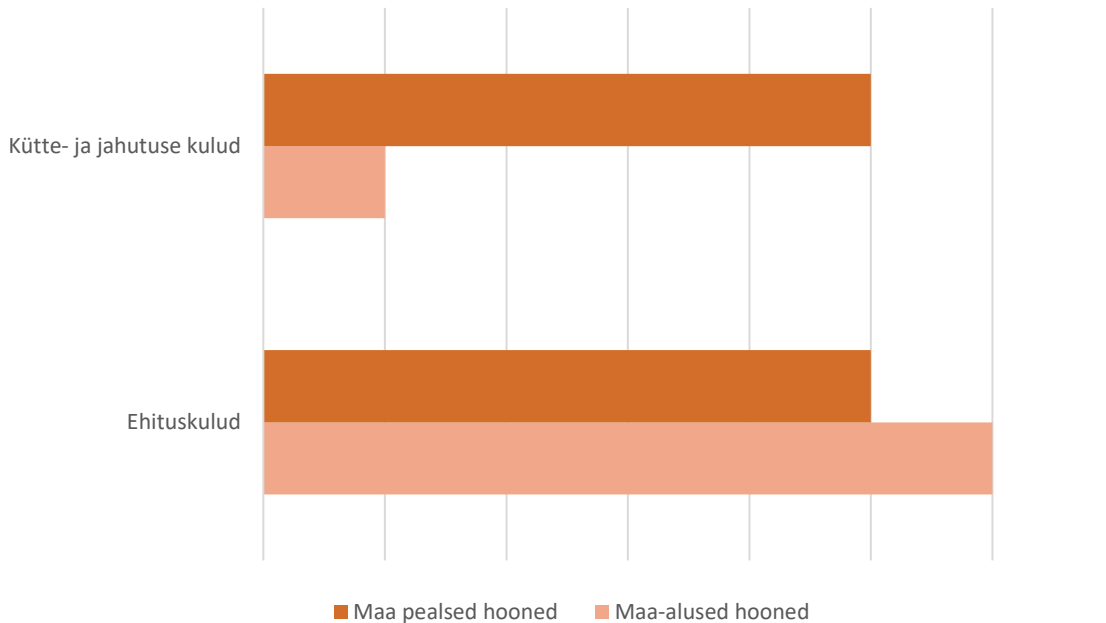
Tokyost kirdes asuvas Torazuka vanas hauakambris tehtud viieaastases uuringus leiti, et välisõhus temperatuuride erinevus kogu aasta vältel oli keskmiselt kõrgeim 30 kraadi ja madalaim 5 kraadi, hauakambris aga kõrgeim temperatuur 17 kraadi ja madalaim 15 kraadi. (Teygeler, 2001)

Maa-aluste hoonete küte ja jahutus vähendavad kulusid umbes 80 % või isegi rohkem. Kuna maa katab suurema osa hoone ümbrise, saab hoone muutuda õhukindlamaks. Maaga varjatud hoone pakub suuremat võimalust kontrollida hoone siseruumides oleva välisõhu varustust. (Barker, 1986)

Nende eeliste ühendamine katastroofilise vastupidavuse ja sellega seotud ehitiste kaitse erinevate ilmastikuolude vastu on piisavalt veenev. Seega pean maa-alust elamist sobivamaks kui maapealset kohta, eriti pidades meeles valitud asukoha ekstreemseid ilmastikutingimusi.

7.2. Maa-aluste ruumide puudused

Maa-alustel hoonete puhul on vähe puudusi, mida kõiki saab sobiva disainilahendusega hajutada. Peamised varjuküljed on ka ehituse algsed kulud, mis võivad olla kuni 20 % kõrgemad kui tavalisel ehitusel (Tabel 5 Kulude võrdlus maa pealsete ja maa-aluste hoonete puhul (autori illustratsioon)). Selle aga kompenseerivad hiljem kütte- ja jahutuskulud.



Tabel 5 Kulude võrdlus maa pealsete ja maa-aluste hoonete puhul (autori illustratsioon)

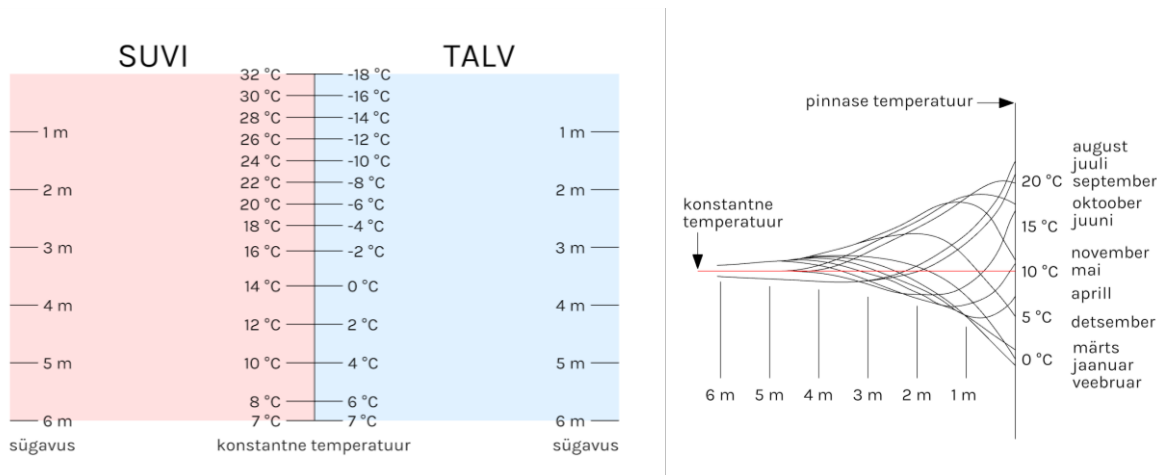
Mõned puudused ja negatiivsed seosed maa-aluste ruumidega on järgmised:

- 1) Pimedus koos niiske õhuga
- 2) Maa-alune on seotud ka surma ja matmisega
- 3) Hirm kinnijäämise ees struktuurse kokkuvarisemise tõttu
- 4) Desorientatsioon
- 5) Ühenduse kaotamine loodusega / välismaailmaga
- 6) Loodusliku valguse puudumine ja kehv ventilatsioon

Tänapäeva tehnoloogia on suutnud toime tulla paljude ülalnimetatud aspektidega ja neist üle saada ning loodetakse, et tulevikus tegeletakse selliste probleemidega veelgi tõhusamalt ja tulemuslikumalt. (Durmisevic, 1999)

7.3. Temperatuur

Sügavus 0-10 meetrit (Skeem 3) iseloomustab välistemperatuuri isoleerimist, suurendades hooajalist temperatuuri stabiilsust, kus suvel on jahedad ja talvel soojad temperatuurid. Selles sügavuses väheneb ka temperatuuride hooajaline kõikumine. Kui sügavus suureneb, suureneb ka temperatuuri stabiilsus, samas juba umbes 10 meetri juures on temperatuur hooajaliselt stabiilne. Kuna see vahemik asub vahetult pinnase all, on klaustrofoobia tunnet vähem. Seega on soovitatav, et see sügavustase oleks selline tsoon, mis mahutab kõige rohkem inimese ööpäevaseid tegevusi, kuna see on füüsiliselt ja psühholoogiliselt kõige mugavam. (Golany & Ojima, 1996)



Skeem 3 Pinnase temperatuur (autori kohandatud illustratsioon – originaal allikas (J.N.Hait, 2005))

10-50 meetri sügavusel varieerub maapinna koostis ja geoloogiline struktuur vastavalt asukohale. Üldiselt on temperatuur sellises sügavuses suhteliselt stabiilne, pakkudes seega sobivat ruumi teatud tüüpi tööstusele ja majadele.

7.4. Inimese mugavus maa-aluses ruumis (*Human Comfort*)

Mugavustunne või täpsemalt öeldes ebamugavustunne põhineb meeleeelundite võrgustikul: silmad, kõrvad, nina, kompamine, soojustaju ja aju. Üldiselt sõltub inimese mugavus mitmesugustest teguritest. Temperatuur, niiskus, õhuniiskus, päikesekiirgus, valgustuse tase, keskkonnatingimused, õhusaaste ja õhukvaliteet, lõhn, müra, ventilatsioon ja ka keha ainevahetus mõjutavad otseselt inimese mugavust. Kõigile teguritele, välja arvatud keha ainevahetusele, mis on inimestel erinev, peab projekteerimisprotsessis piisavalt tähelepanu pöörama. Mõned tingimused, mis maa-aluses hoones võivad esineda ja mõjutavad inimese mugavust on järgnevalt välja toodud:

- Kui ruumi suhteline õhuniiskus on kõrge, võib inimene end suve jooksul ebamugavalt „kuumana“ tunda, kuna kehalt aurustub higi.
- Inimesed tunnevad end mugavamalt ja neil ei teki pragunenud ega kuiva naha probleeme kui suhteline õhuniiskus talvel pole liiga madal.
- Sõltuvalt välispinnase paksusest ja kompaktsusest võib ventilatsioon suurendada või vähendada. Samuti võib niiskus mõjutada vajalikku ventilatsioonikiirust.
- Siseõhu kvaliteet maa-aluses hoones on sobivam kui suurlinnas asuv maapealne hoone, sest tänapäeva linnades on õhk rohkem saastunud.
- Soojusmugavust pakub maa-alune hoone hõlpsasti, tänu sellele, et pinnas on sobiv soojustusmass.
- Päikesekiirgus mõjutab maa-aluseid ruume vähem ja võib sobiva disaini korral olla meeldivam. Tõepoolest, otsest kiirgust ei ole ja see võib olla väga sujuv disainielement.
- Valgustuse tasemele peaks pöörama rohkem tähelepanu kui loomulik valgus on vähene või kaudne.
- Tuulel on seal vähem mõju ja seega ei saa õhuringluse kiirust suurendada. Väiksem õhuringluse kiirus võib aga põhjustada ebamugavustunnet.
- Maa all olemise tõttu on vähem ebameeldivat müra. Omavahel seotud hoonetel on looduslik akustiline süsteem.
- Sisekeskkonnatingimused sõltuvad maa-aluste hoonete kujundamisest, kuid väliskeskkonnas on suurem potentsiaal ennast mugavalt tunda harjumuste tõttu. (Ashrafian, Ferdos, & Haghlesan, 2011)

Kõiki neid aspekte tuleb projekti loomisel silmas pidada ja teha vastavad kohandused, et saavutada optimaalne inimese mugavustunne.

Praegusel perioodil, kus inimesed peavad toime tulema kliimamuutuste, energiapuuduse ja rahvastiku plahvatusliku tõusuga, tuleks pöörata keskkonnale rohkem tähelepanu. Maa-alused ehitised ei paku mitte ainult elamiseks sobivaid tingimusi, vaid on ka looduslikult kohandatud ja avaldavad keskkonnale vähem mõju. See võib olla looduskatastroofi ajal varjupaigaks ja pakkuda rasketes tingimustes inimestele mugavust väiksema energiakuluga. Sellegipoolest tuleks maa-aluste ehitiste puhul teha veel palju uurimistööd.

7.5. Looduslik ventilatsioon

Üks peamisi tegureid inimeste mugavuse puhul on õhukvaliteet, mis hõivab spetsiifilist keskkonda ja mida iseloomustab loomulik ventilatsioon.

Olenemata sellest, kas hooned on looduslikult või mehaaniliselt ventileeritavad, on need projekteeritud ja ehitatud inimeste ja nende vajaduste rahuldamiseks. Oluline nõue siinkohal on, et siseõhu kvaliteet peaks olema mugav enamikele inimestele ja sel ei tohiks olla kahjulikku mõju tervisele.

Loodusliku ventilatsiooni kujundamisega seotud peamistest mõistetest saadakse juba paremini aru, kuid loodusliku ventilatsioonisüsteemi üksikasjaliku kavandamise juhiseid või protseduure pole täpselt määratletud ning tegeliku ventilatsiooni toimimisest on praktikas suhteliselt vähe teada. (Clements-Croome, 2003)

On selge, et loomuliku ventilatsiooni ja kliimaseadmetega seotud otsused peavad arvestama nii hoone orientatsiooni, vormi, paigutust, massi kui ka materjali. (Clements-Croome, 2003)

Looduslikult ventileeritavatel hoonetel on tavaliselt madalamad energiakulud ja madalamad kapitaalkulud kui mehaaniliselt ventileeritud hoonetel.

Hoone disain mõjutab tugevalt suvist mugavustunnet ja ülekuumenemise riski hoones. Kui kliimaseadmed osutuvad ebapraktiliseks, saab projekteerimismeeskond kasutada madala energiatarbimisega kliimatundlikku lähenemisviisi, mis hõlmab selliseid meetmeid nagu:

- Ümbrise isoleerimine, et vältida juhtivuse suurenemist, mis tuleneb päikesekiirguse esinemisest selle välispinnal. Välispindadel on soovitatud heledad värvid, eriti katusel.
- Läbipaistvate pindade efektiivne ja reguleeritav varjestamine otsese päikesekiirguse vältimiseks. Eelistatavad on lõuna- ja põhjapoolsed klaasid, ida-, lääne-, kagu-, edelapoolset horisontaalset valgust tuleks vältida kahel põhjusel: langeva kiirguse kogus ja raskemini teostatav varjestamine.
- Hästi päevavalgusega valgustatud ruumid.
- Öise ventilatsiooni abil puhastatud õhu kasutamine ööpäevaste sisetemperatuuri muutuste reguleerimiseks.
- Turvaliste ja käitavate avade loomine loomuliku ventilatsiooni võimaldamiseks kui ümbritseva õhu temperatuur on madalam kui sisetemperatuur.
- Kõrged laed, et tagada sooja õhu reservuaar üle pea kõrguse ja võimaldada päevavalguse paremat ligipääsu.

Mõnel juhul on võimalik, et kõige energiatõhusamad hooned võivad hõlmata sega režiimis ventilatsiooni. See võib tähendada, et talvel on aknad suletud (vältides liigset õhu leket ja külma tuuletõmbust) ja minimaalse värske õhu nõudmisi täidab mehaaniline ventilatsioon, sageli koos soojustuse süsteemiga. Suvel on päevasel ajal avatud naturaalne ventilatsioon avatavate akende kaudu, samal ajal võib suveöödel mehaaniline ventilatsioonisüsteem pakkuda turvalist ja kontrollitavat õhuvahetust öiseks õhu puhastamiseks. (Clements-Croome, 2003)

Õhu liikumine on põhiline osa ventilatsiooniprotsessist ning seda on hoone projekteerimisel, akende või avade paigutamisel või ehitise orientatsiooni integreerimisel vaja arvestada. Õhu liikumise korral räägime ka õhu kiirusest, temperatuurist, suhtelisest õhuniiskusest ja saastainete kogusest õhus. Need andmed on olulised soojusmugavuse ja siseõhu kvaliteedi määramiseks, hindamiseks ja simuleerimiseks uuritavas hoones või ka projekteerimise etapis. Kuid välisõhu liikumise tingimused mõjutavad ka siseõhu liikumise toimimist hoone fassaadile vastava õhurõhu või surve erinevuse kaudu. (Siew, Che-Ani, Tawil, Abdullah, & Mohd-Tahir, 2011)

8. Elustiili muutus

"I was sitting on a stone at the edge of the Ouadane oasis, in the Sahara, northeast of Nouakchott, the Mauritanian capital. For an entire week now, I had been trying to leave this place - to no avail. It is difficult to get to Ouadane, but even more difficult to depart. No marked or paved road leads to it, and there is no scheduled transport. Every few days - sometimes weeks - a truck will pass, and if the driver agrees to take you with him, you go; if not, you simply stay, waiting who knows how long for the next opportunity." (Kapuscinski, 2001)

Ouadane küla populatsioon oli 2013. aasta seisuga 3973 inimest, mis praeguseks on suure tõenäosusega veel enam kahanenud ja enamasti maha jäetud. Suurem osa linnast on varemetes, sest elamiskõlblikku ala jääb iga aastaga aina vähemaks. (Ouadane department in Mauritania, 2013)

Ekstreemsete tingimuste ja aina laieneva kõrbeluidete ala eest põgenemise asemel pakun ma oma tööga välja võimaliku lahenduse jääda paikseks oma elukohale ja kolida lähedal asuvasse uude maa-alusesse linna.

Praegune ühiskond ei ole aga harjunud maa-aluse eluga, seega peab toimuma suur ümber kohanemine teistsuguse elamise vormi poole. Selle all mõtlen hapniku varustust, loomulikule valgusele ligipääsetavust, kinniseid ruume ilma akendeta jne. See ei tähenda muidugi, et maa-alused ruumid on pimedad ja klaustrofoobilised, vaid antud töö üheks eesmärgiks ongi luua võimalikult ligilähedased tingimused maapealse eluga, et kohanemine uue elamismudeliga oleks võimalikult sujuv.

8.1. Vesi

Mauritaania elu ja taimestik on piiratud sellistesse kohtadesse nagu kuivanud jõesängid, mille all vesi endiselt voolab, või oasidesse. Ka Ouadane asub oasises. (Gerteiny, Toupet, Deschamps, & Stewart, 2019)

Ouadane linnas endas on hetkel olemas põhjavesi, mida pumbatakse välja elektrigeneraatoril töötava veepumbaga. See tähendab, et kui elektrit pole, siis pole ka vett.

Ka projektis loodud maa-aluses linnas saab ära kasutada põhjavett, kuid lisaks sellele tuleks tulevikus mõelda ka merevee taseme tõusust tingitud läheneva ookeanivee puhastamisele. Samuti on vajalik tormiks valmisolek või nn „*storm management*“, et hoiduda võimalikest üleujutustest, aga seejuures kasutada vihmavett funktsionaalselt ära.

8.2. Religioon

Peaaegu kõik piirkonna elanikud on sunniidi moslemid. Kahel suuremal Sufi vennaskonnal - Qādiriyyah ja Tijāniyyah ordudel – on terves riigis arvukalt järgijaid. Usulised linnaühendused on kogu riigis õitsenud ja enamus linnaelanike identifitseerivad esmalt pigem oma maaelu päritolu kui uute suuremate linnade oma. (Gerteiny, Toupet, Deschamps, & Stewart, 2019)

Kuna enamus linnaelanike samastuvad pigem oma maaelu päritoluga, siis võin eeldada, et elukoha valikul eelistavad asunikud jääda lojaalseks oma sünnipaigale. Seetõttu on oluline, et töö raames loodav linn asuks vahetus läheduses vanale asukohale.

8.3. Majandus

Saheli ja Sahara tsoonis asuv Mauritaania on Lääne-Aafrika üks vaesemaid põllumajandusbaase. Seal areneb kaasaegne ekspordi majandus, mis põhineb rauamaagi ja vase ressursside kasutamisel. Maamajanduse jaoks on kõige olulisem olnud loomakasvatuse sektor. Arvuliselt kõige tähtsamad kariloomad on kitsed ja lambad, neile järgnevad veised ja kaamelid. Veiseid kasvatatakse peamiselt lõunapoolses piirkonnas, samas kui kitse ja lamba kasvatused asuvad Sahara piirimail põhja pool. Kaamelid kasvavad enamasti põhjas ja keskosas, eriti Adrari piirkonnas. Lisaks kariloomadele kasutatakse niisutatud põllumajandust oasides ja kaevuvee olemasoluga aladel. Sellistel alades kasvatatakse maisi, otra, hirssi ja köögivilju. Sellegipoolest on alates 1970. aastate alguse tugevast põuast riik elanike toitmiseks sõltunud suuresti imporditud toiduainetest. (Gerteiny, Toupet, Deschamps, & Stewart, 2019)

Kuna piirkond on enamasti viljatu, siis loodavas maa-aluses linnas tuleb lisaks kariloomadele tegeleda ka põllumajandusega. Taimed nõuavad aga loomulikku päikesevalgust fotosünteesiks, seega peab tagama rajatavas linnas piirkonnad, kuhu saab kasvama panna erinevaid maitse-, tera- kui ka ravimtaimi.

8.4. Kommunikatsioon

Posti-, telefoni- ja telegrammiteenused on ühendatud peamistes postkontorites. Mobiilside teenuse kasutajate arv tõuseb kiiresti, samal ajal kui maaliinide kasutajaid on vähenenud. Riigi elanikkonnaga võrreldes on Mauritaania piirkonnas kasutatavate arvutite arv väike ja interneti võimalust pakuvad vaid suuremate linnade interneti-kohvikud. (Gerteiny, Toupet, Deschamps, & Stewart, 2019)

Loodavas maa-aluses linnas on võimalik kommunikatsiooniga seotud tegevused suunata postkontoritesse, kus tegeletakse nii linna siseste kui ka väliste ühenduste loomise ja hoidmisega. Lisaks pean oluliseks maa-aluses linnas avaliku interneti alade olemasolu, kust on võimalik olla ühenduses interneti kaudu välismaailmaga.

8.5. Ühiskonna korraldus

Islami seadus (*Shari'ah*) ja kohtupraktika on kehtinud Mauritaania piirkonnas alates 1980. aasta veebruarist. (Gerteiny, Toupet, Deschamps, & Stewart, 2019)

Minu nägemuse järgi luuakse uues linnas kogukonnapõhine elustiil, kus kõik teevad normaalse elu säilitamiseks koostööd. Kommuunipõhine elustiil on inimeste tahtlik koos elamine, ühiste hüvede, vara, omandi, ressursside jagamine.

Kõik otsivad ühendust ja tahavad olla mingil määral osa grupist või kogukonnast. Sedamoodi elatakse kogukondades, kus on kindel struktuur ja kus toimub elamine inimestega, kellel on sarnased huvid, täiendavad tugevused ja ühised eesmärgid. (Al Jeffery, 2014)

Lisaks on selline kommuuni elu ka säästliku eluviisi mõistes hea lahendus. Praeguse planeedi Maa edasiste arengutega arvestades peab leidma säästvamad viisid koos elamiseks. Need on viisid, mis võimaldavad saada ressurssidest rohkem ja säästvamalt. Kogukondades elamine tähendab, et inimesed jagavad oma ressursse teistega ja seejuures vähendavad nii toiduainete kui ka muu raiskamist ja jäätmeid. (Al Jeffery, 2014)

Kuna tegemist on maa-aluse linnaga, siis ei saa elukorraldus olla samasugune nagu maa pealses linnas. See tähendab, et ka korra pidamise reguleerimine muutub mingil määral. Täpsemate ühiskondliku korralduse lahenduste jaoks on vaja täiendavaid uuringuid, millega antud magistr töö raames ei tegeleta.

8.6. Tervishoid

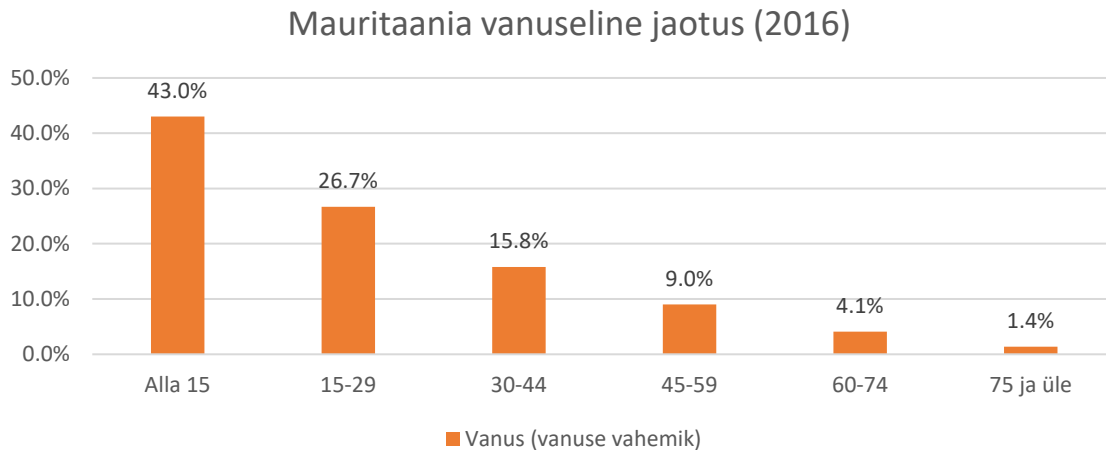
Kaasaegseid tervishoiuasutusi on Mauritaanias vähe. Nouakchottis on suur haigla ning eri asukohtades veel mitmed muud piirkondlikud tervisekeskused ja sünnitusmajad. Vaesetele on saadaval tasuta meditsiiniteenused. Kasutatakse traditsioonilisi haiguste ravivahendeid, millest mõned pärinevad klassikalistest araabiakeelsetest tekstidest, teised aga kohalike ravimtaimede ja arstide pädevusest. (Gerteiny, Toupet, Deschamps, & Stewart, 2019)

Haigla olemasolu uues linnas on seega äärmiselt tähtis. Samuti pean oluliseks jätkata traditsiooni ning kasvatada ka maa-aluses linnas kohalikke ravimtaimi.

8.7. Elanikkond

Elanikkond kasvab aina kiirenevas tempos, sest sündimus on paranenud tervishoiuteenuste tõttu üsna kõrge. Samas on suure kõrbepiirkonna tõttu asustustihedus Aafrika üks madalaimaid.

Üldiselt on elanikkond väga noor (Tabel 6 Mauritaania rahvastiku vanu): enam kui kaks viiendikku Mauritaania elanikest on alla 15- aastased ja üle kahe kolmandiku elanikkonnast on 29 aastased või nooremad. Ehkki eeldatav eluiga on Sahara keskmisest pikem, jääb see siiski oluliselt alla maailma keskmise. Majandusteadlaste hinnangul elab umbes kolmandik elanikkonnast allpool vaesuspiiri. (Gerteiny, Toupet, Deschamps, & Stewart, 2019)



Tabel 6 Mauritaania rahvastiku vanus (autori kohandatud illustratsioon – originaal Encyclopedia Britannica Inc. 2016)

Uue linna asustustihedus on suurem ja pakub paremaid tingimusi elanikele. Sel viisil võib tõusta keskmine eluiga ja rahvastiku suremus poleks nii suur.

8.8. Haridus

Kuna elanikkond on noor, siis tuleb uues linnas panustada suuremat rõhku haridusele. Noored on ka maa-aluse linna tulevik, seega on oluline õpetada neile vajalikke oskusi linna toimimiseks ja ellujäämiseks juba varases eas.

Kuus aastat kestev põhikool algab hetkel kuueaastaselt ja on kohustuslik. Keskkool, mis algab 12-aastaselt, kestab kuus aastat ja jaguneb kaheks kolmeaastaseks tsükliks. Ligikaudu pool täiskasvanud elanikkonnast on kirjaoskajad. (Gerteiny, Toupet, Deschamps, & Stewart, 2019)

Tulevases linnas haridusele rohkem rõhku lisades oleks haritustase kindlasti kõrgem. Seega on ka inimesed pigem kirjaoskajad, et nad oskaksid kasutada interneti. Kuna kohalike lemmikspordiala on jalgpall, seetõttu pean vajalikuks ka multifunktsionaalse spordiväljaku lisamist maa-alusesse linna projekti.

9. Maa-aluse linna loomine

Minu idee oleks luua Ouadane küla lähistele uus toimiv linnakompleks, mis majutaks kohalike elanike, et nad ei peaks immigreeruma kliima tõttu. Seal on tegemist juba praeguse probleemse alaga, kus saaks hakata välja arendama maa-alust linna kompleksi, mis toimiks ka hiljem suureneva kriisi korral.

Suur osa inimestest ei ole harjunud maa-aluse eluga. Ülemineku perioodi jaoks on oluline luua head ühendused maa-aluse ja maa pealse eluga. See tähendab, et esialgu võib mingi tegevus või funktsioon olla veel maa peal, näiteks kui maa peal on veel võimalus kasvatada toitu, siis pole vajadust lasta võimalusel raisku minna, vaid paralleelselt kriisi süvenedes kolida vajalikud funktsioonid uude maa-alusesse linna.

Hiljem on oluline luua ka maa pealseid ühendusi kõrval asuvate asulatega, et hoida sidet maapealsega. Samuti tuleb luua ekspeditsiooni grupid, kes käivad maa peal hindamas ja uurimas kriisi süvenemist ja võimalust, et kunagi võib veel olukord paremuse poole muutuda.

9.1. Sotsiaalsed aspektid

Oluline kogu uue elamisviisi juures on, et elanikud teeksid omavahel koostööd ja muutuksid kui ühtseks suureks perekonnaks, kes üksteist aitavad ja koos töötavad. Tuleviku elamismudel muutubki kommuunipõhiseks, kus kõik teevad koostööd igapäevaseks elu toimimiseks. Igal ühel on oma osa, mille eest ta vastutab, aga suures plaanis töötavad kõik koos.

Loodavas linnas antakse vastavalt oskustele igale kodanikule ülesanded, mis on vaja täita selleks, et koos elus püsida. Tavapäraseid rahaga premeeritavaid töö kohti pole antud olukorras vaja, sest raha isenesest pole vajalik. Koostöös teistega täidab igaüks oma igapäevaseid ülesandeid ja saab premeeritud näiteks toiduga või muu vajalikuga.

Tegemist on kommuunipõhise elamisega - see tähendab, et tehakse koos tööd ja nauditakse koos hüvesid, ka tähtsamaid otsuseid tehakse ühiselt hääletades (*Collective politique of the public*). Ideaalis võiks tegemist olla demokraatliku ruumiga, kus abivajajad võetakse alati vastu ja leitakse neile sobiv ülesanne sealse eluoluga toime tulemiseks.

9.2. Ruumiprogramm

Linna funktsionaalseks toimimiseks olen loonud kümme suuremat programmigruppi, mis omakorda jagunevad konkreetseteks alamfunktsioonideks (Joonis 1 Ruumiprogramm). Need alamfunktsioonid hoolitsevad linna kõikide igapäeva probleemide eest ja loovad elanikele vastavalt töökohti.



Joonis 1 Ruumiprogramm (autori illustratsioon)

9.2.1. Elu

Elamisfunktsiooni alla jaotuvad magamisruumid, tualetid ja pesuruumid.

Maa-aluses linnas on elamisüksusteks magamistoad. Kommuunipõhises elus on ülejäänud elamiseks vajalikud funktsioonid jagatud teistega, näiteks einestamisalad ja köök asuvad eraldi funktsioonidena eluruumidest eemal ja seal toimuvad ühised söögikorrad.

Elamisüksused ehk magamisruumid koonduvad vähem valgust saavatele aladele, eeldades, et inimesed käivad seal ainult magamas. Selline paigutus jätab magamisalad vaikseteks ja loob eralduse päevaste ja öiste tegevuste vahel.

Tualetid ja pesuruumid toimivad jagatud üksustena. Sel viisil on võimalik kokku hoida nii ruumi kui ka vee tarbimist.

9.2.2. Haridus

Haridus on uues linnas tähtsal kohal, sest rahvastik on asukohas noor. Seetõttu pean oluliseks luua võimalikult head võimalused noortele, sest nemad peavad vastutama linna tuleviku eest. Hariduse funktsiooni alla kuuluvad klassiruumid, vabaaja alad ja ka spordiväljak.

Klassiruumid koonduvad valguse tõttu aatriumi perimeetri ümber. Pimedatesse aladesse jäävad vajalikud laoruumid ja tualetid.

Vabaaja alad toimivad kui iseseisva õppimise alad, kus on võimalik keskenduda ja süveneda nii seltskondades kui ka üksi. Need paigutuvad suurematele rõdu või terrassi aladele, kus haljastus summutab üleliigse müra.

Oluline osa haridusest on aktiivsel liikumisel. Seda osa täidab multifunktsionaalne spordiväljak, mis jääb lõuna poolse suurema väljaku keskele hariduse üksuse lähedusse. Seal on võimalik mängida erinevaid pallimänge ja õppida vajalikke oskusi ellu jäämiseks kriisi korral.

9.2.3. Põllumajandus

Põllumajandus on koondatud hariduse lähedusse, et noortel oleks võimalik õppida toidu kasvatamist ekstreemsetes tingimustes. Selle funktsiooni alla kuuluvad seega toidu kasvatus, ühised einestamisalad ja köögid, kus valmistatakse toitu kogu linna elanikele.

9.2.4. Vesi

Vesi on ellujäämiseks vajalik ja on seega paigutatud linna keskmesse, et sealt vee varu laiali saata erinevatele teistele funktsioonidele. Sinna alla kuuluvad vee puhastamine, vee pumpamine maa alusest põhjavee soonest, erinevad kontori pinnad vee ratsionaalse kasutamise määramiseks ja ka „*storm management*“ ala, mis tegeleb vihmaperioodil üleliigse vee juhtimisega vajalikesse hoidlatesse, et seda hiljem põuaperioodil kasutada.

9.2.5. Tööstus

Tööstuse funktsiooni alla koonduvad õmblustöökojad, puidu ja liiva töökojad, valukojad ja ahjude ruumid. See üksus varustab kogu linna riiete ja eluks vajalike tarbeesemetega.

9.2.6. Mehaanika

Mehaanika üksus vastutab remondi ja ehituse eest. Samuti kuuluvad sinna ruumilise planeerimise kontorid ja elektrikute ruumid.

9.2.7. Transport

Transpordi üksus koosneb suuresti maa-alusest metroojaamast ning kommunikatsiooni- ja sideteenustest. Lisaks on seal ka postkontor, mille abil toimub uudiste ja kirja vahetus lähedal asuvate linnade vahel.

9.2.8. Energia

Kuna asukohaks on Sahara kõrb, siis põhiliseks energiaks kasutatakse päikeseenergiat. Selle jaoks on katusel vastavad paneelid (aknaklaasid on tehtud läbipaistvateks päikesepaneelideks – fotoglavaansed klaaspaneelid).

Samuti on võimalik kasutada tormi korral hüdroelektrit, kus kasutatakse ära tormi ajal voolavat vett.

Lisaks kahele eelnevale on võimalik kasutada tuuleenergiat tugevate kirdest puhuvate tuulte tõttu. Ja samuti on võimalik kasutada inimese jäätmetest metaani ära toidu tootmisel, mida kasutas üks varasemalt välja toodud näidetest nimega „Ecological House“. Metaani on võimalik kasutada ka taimede väetamiseks.

Energia funktsiooni alla koonduvadki vajalikud ruumid, kus genereeritakse ressursidest energiat.

9.2.9. Kultuur

Kultuuri funktsioon hõlmab raamatukogu, avaliku interneti ala, ajaloo muuseumit ja religioosseid ruume.

Vana linn on kuulus oma säilinud vanade kirjutiste tõttu, seega on suureneva kriisi korral võimalik need transportida maa-alusesse linna, kus neid saab säilitada raamatukogus või ajaloo muuseumis. Muuseumis võib kuvada ka väljakaevamistel avastatud leide varasematest aegadest.

Avaliku interneti ala on oluline, et säiliks kommunikatsioon ülejäänud maailmaga. See aitab vältida vangistuse tunnet ja loob kergema informatsiooni ligipääsetavuse.

Kohalik kultuur on väga religiooni põhine ja selle tarbeks on vajalikud ka spetsiaalsed ruumid ja kabel. Nende ruumide iseloomu otsustab kohalik elustik ja traditsioonid.

9.2.10. Tervis

Oluline on panna rõhku ka tervisele, sest elutingimuste muutused võivad olla keerulisemad mõnedele elanikele. Samuti võivad kitsastes kinnistes ruumides haigused kiiremini levida ja selleks tuleb valmis olla.

Samuti on tervise seisukohast oluline hoida ennast aktiivsena ning selle tarbeks on seal jõusaal ja ka bassein.

Haigla funktsiooni alla jaotuvad haigla ruumid, bassein, jõusaal ja ka ala ravimtaimede kasvatamiseks.

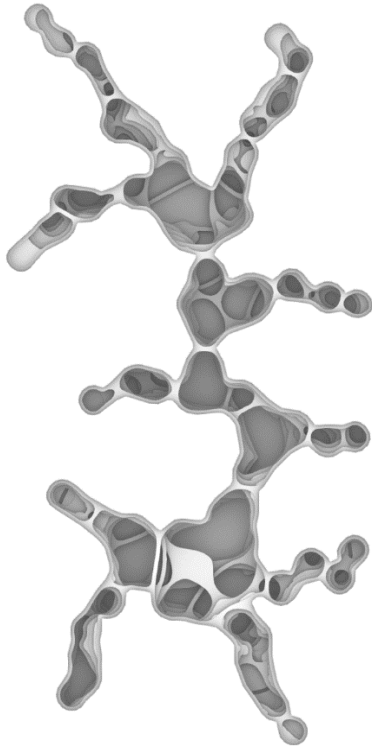
9.3. Kuju / vormi loomine vastavalt maastiku eripärale

Ideeks on luua maa-alune linn, mis sulanduks mingil määral ümbritsevasse maastikusse. Loodud projekti kuju tuleb kohalikust topoloogiast ja olemasolevate erosioonijälgede imitatsioonist (Pilt 2).



Pilt 2 Erosiooni jäljed kohalikul maastikul (väljavõte Google Earth leheküljelt)

Samuti on juba olemasolevatest liivaga täitunud vagudest kergem välja kaevata pinnast. Lisaks meenutab see looduslikku maa lõhenemist (Joonis 2), luues lõhenemise kohtadesse kanjoni laadse struktuuri, mis loob erinevatel päeva aegadel eriskummalisi valguse mängu kanjoni seintel.

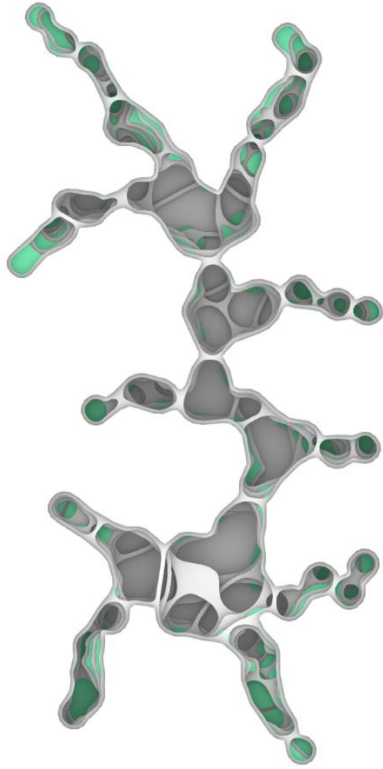


Joonis 2 Orgaaniline vorm inspireerituna kohalikust maastikust (autori illustratsioon)

Pinnase välja kaevamine annab võimaluse luua erinevaid struktuure. Projekti käigus mõeldi läbi erinevaid võimalikke variante linna kuju loomisel. Projekti kuju on kausjas ja suunatud seemoodi, et loodud linn saaks võimalikult palju loomulikku päikesevalgust. Koopale sarnaste struktuuridega pole see aga võimalik.

9.4. Rohealad

Väga oluline on luua rohelist maa-alusesse linna. Taimed vajavad valgust, seega on nad paigutatud rohkem päikesevalgust saavatele aladele (Joonis 3).



Joonis 3 Rohealade paigutus (autori illustratsioon)

Lisaks on erinevatel tasanditel vaiksemates nurkades rohe-basseinid haljastuse või peenardega (Pilt 3 Rohealade paigutus ja rohebasseinid). Selline roheluse paigutus loob pisut rippaedade tunde ja vaiksemad rohebasseinid lisavad väärtust summutades müra aktiivsematelt ja mürarikkamatelt aladelt.

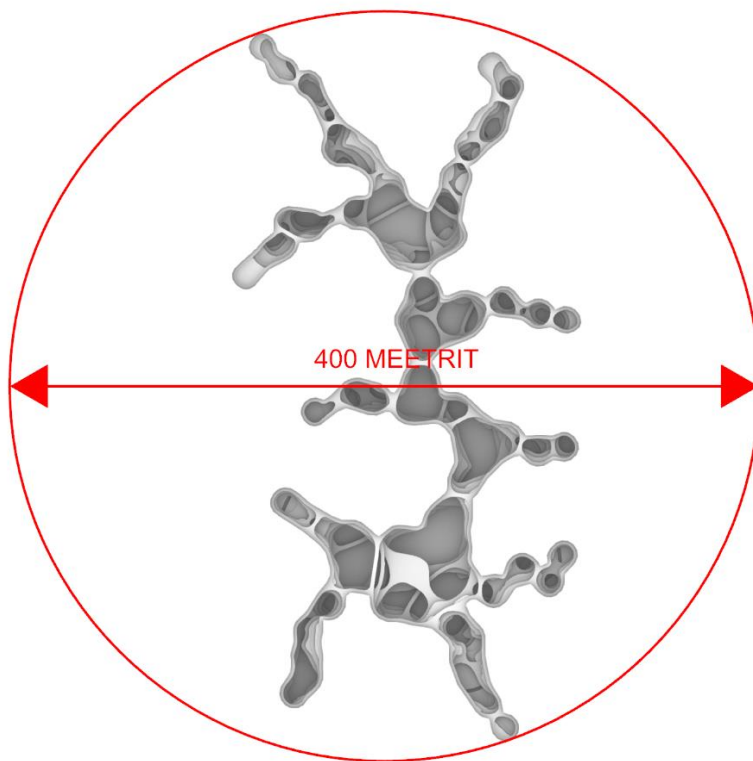


Pilt 3 Rohealade paigutus ja rohebasseinid (autori illustratsioon)

9.5. Linna tihedus ja toimimine

Linn on mõeldud 5000 elanikule. Põhiline sihtgrupp on kohalikud elanikud, et nad ei peaks järjest karmimate ilmastiku tingimuste pärast immigreruma teistele aladele. Seda ka seetõttu, et kohalikud on kursis valitud keskkonnaga ja teavad kohalikust olukorrast rohkem kui mujalt tulnud inimesed.

Maa-aluses linnas toimub kogu liikumine jalgsi. See tähendab, et vahemaad peavad olema väiksemad ja mugava jalutuskaugusega (Joonis 4). Inimeste eelistused mugavaks jalutuskauguseks on erinevad. Seetõttu arvestasin linna loomisel ühe standardse transpordiühenduse kauguse loogikast, kus transpordipeatuse ümber on mõtteline 400 meetri raadiusega ala, kust inimesed peatusesse jalutavad.



Joonis 4 400 meetrit ühest linna otsast teise (autori illustratsioon)

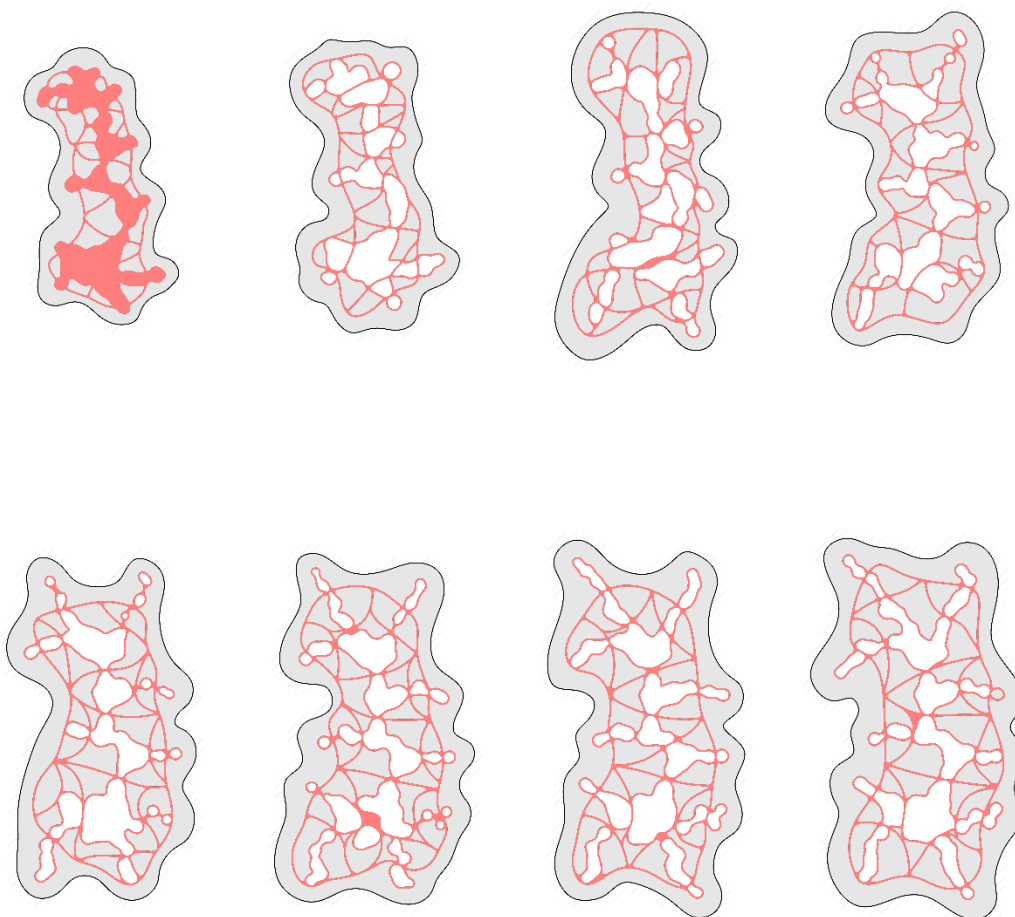
Projekti raames loodavas maa-aluses linnas oleks seega ühest otsast teise jalutamine 400 meetri pikkune jalutuskäik. See tähendab, et 400 meetrise ala sees elab 5000 inimest seega linna tihedus on ligikaudu 12 m² inimese kohta.

9.6. Linna sügavus

Minimaalselt oleks vajalik minna 6-10 meetrit maa alla, sest sel sügavusel hakkab maa pinnas kaitsema maa-alust linna ja tagab energiatõhusama temperatuuri püsivuse.

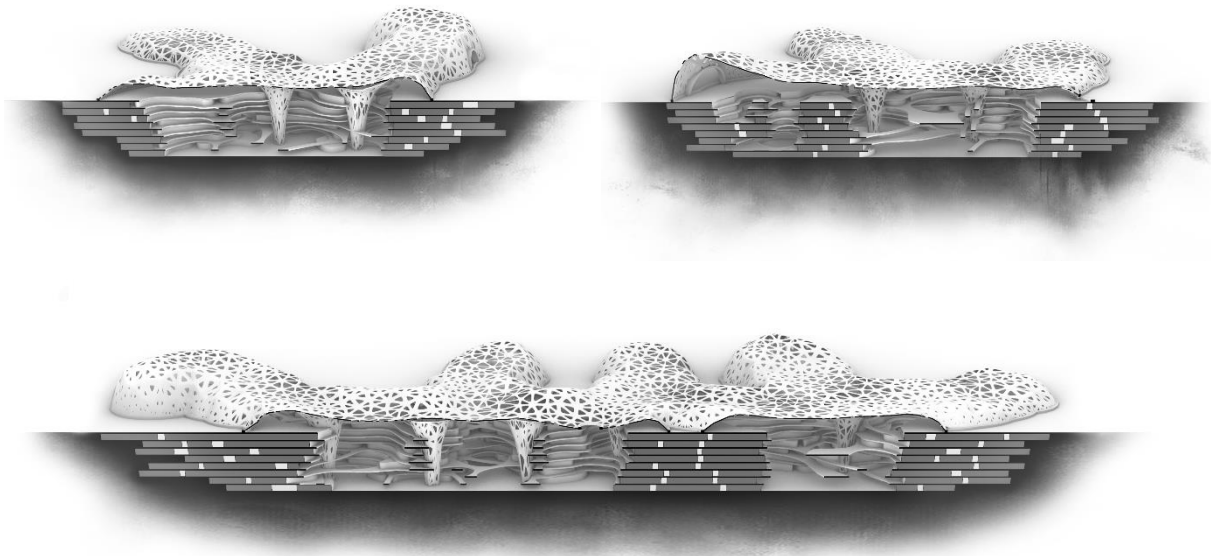
Maksimaalselt oleks loogiline minna 24 meetrit maa sügavusse, sest sel kõrgusel on veel päikesevalgusel võimalus jõuda ka sügavamal asuvate funktsioonideni.

Korruste arv sõltub sellest, kui tihedat asustust ma soovin luua (400 m ala sees 5000 inimest ehk 12 m² inimese kohta). Seega loon 8 korrust (Joonis 5), mis on piisav, et mahutada ära 5000 inimest valitud alale.



Joonis 5 Korruse plaanide skeem (autori illustratsioon)

Kui kogu linna sügavus on 24 meetrit ja planeeritud on 8 korrust, siis ühe korruse kõrguseks jääb 3 meetrit, mis on madalam kui tavaliselt, aga antud keskkonnas polegi vaja kõrgemat. Linna kõrguslike distantse näeb järgnevatelt lõigetelt (Joonis 6).



Joonis 6 Lõiked (autori illustratsioon)

Võimalikku ohtu vee taseme kerkimisest ennetades olen asetanud enda projekti raames loodud linna kõrgemale platoo servale.

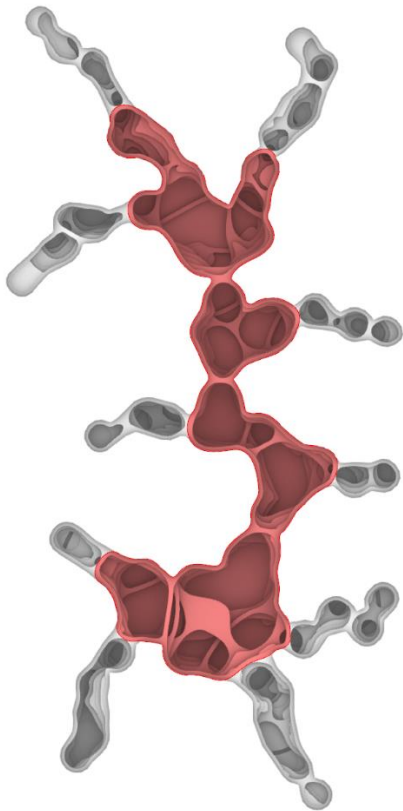
9.7. Keskne peatänav

Peatänav on asula või selle osa keskne, tavaliselt keskmisest suurema liikumisega tänav, tihti ka põhiline kaubandustänav, mis viib asula keskväljakule. (Eesti Keele Instituut, 2009)

Peatänav pole mitte ainult peamine linna läbiv tee, vaid kogu tänavamelu fookuspunkt. See on koht, kus linnaelanikud sotsialiseeruvad ja veedavad oma vaba aega. (World Heritage Encyclopedia, 2009)

Maa-aluse linna puhul on tegemist kommuunipõhise elamisega, seega loob peatänav seal võimaluse erinevateks juhuslikeks kohtumisteks kui ka igapäevasteks kogunemisteks vaba aja veetmiseks. Lisaks tekitab inimeste suunamine peatänavale suurema tõenäosuse sellele, et inimesed tunnevad oma naabreid ja kaaselanike väikeses linnas, sest igapäevaseid kokkupuuteid omavahel on tänu sellele rohkem. Seega loob maa-aluse linna peatänav eelduse paremaks kommuunipõhiseks eluks ja suhtluseks.

Linna peatänav laius võiks olla 7-9 meetrit sarnaselt autovabadele jalakäijate bulvaritele (Joonis 7). Selle ümber on põhilised ja rohkem kasutatavad funktsioonid.

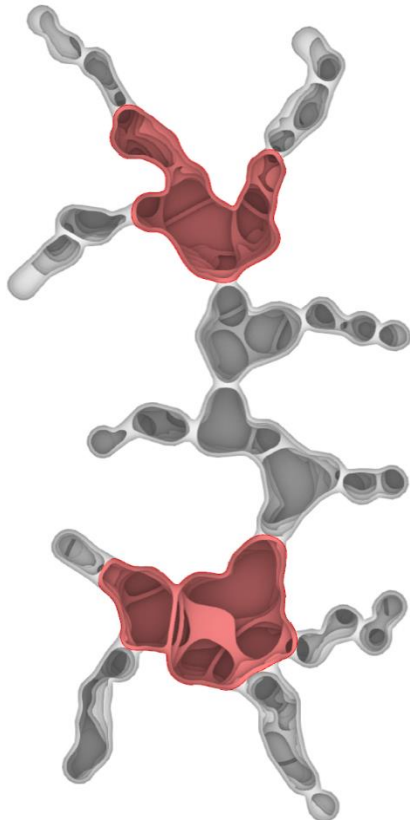


Joonis 7 Peatänav (autori illustratsioon)

Lisaks peatänavale ja aatriumi külgedele jäävatele rõdudele on maa sees teine kihistus tänavaid, mis toimivad kui otseteedena ühe funktsiooni juurest teiseni ning võimaldavad ligipääsu sügavamal pinnases asuvasse ruumidesse. Need tänavad on pimedamad, sest ei saa loomulikku valgust. Seetõttu põikavad need tänavad pidevalt avatud aatriumisse, et vähendada sealset klaustrofoobilist olustikku.

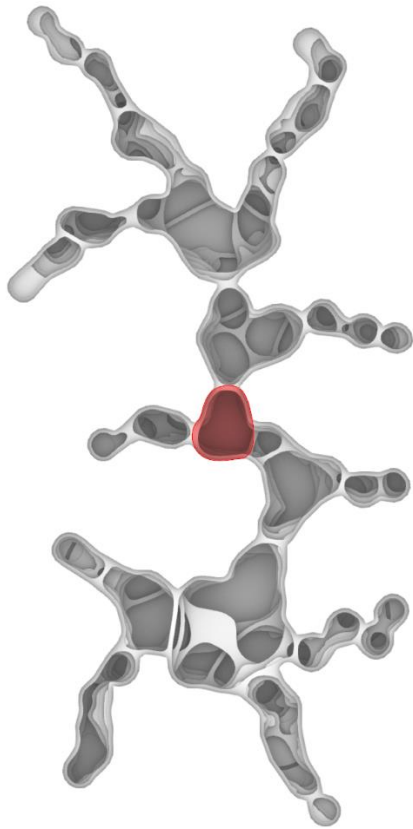
9.8. Väljakud

Peatänava mõlemas otsas on suuremad avalikud mitme-tasandilised väljakud (Joonis 8). See tähendab, et väljakud laienevad ka ülemistele korrustele ja nendel asuvatele terrassidele ja rõdudele. Esimene väljak on suuremate koosviibimiste jaoks ja teine sporditegevuste jaoks.



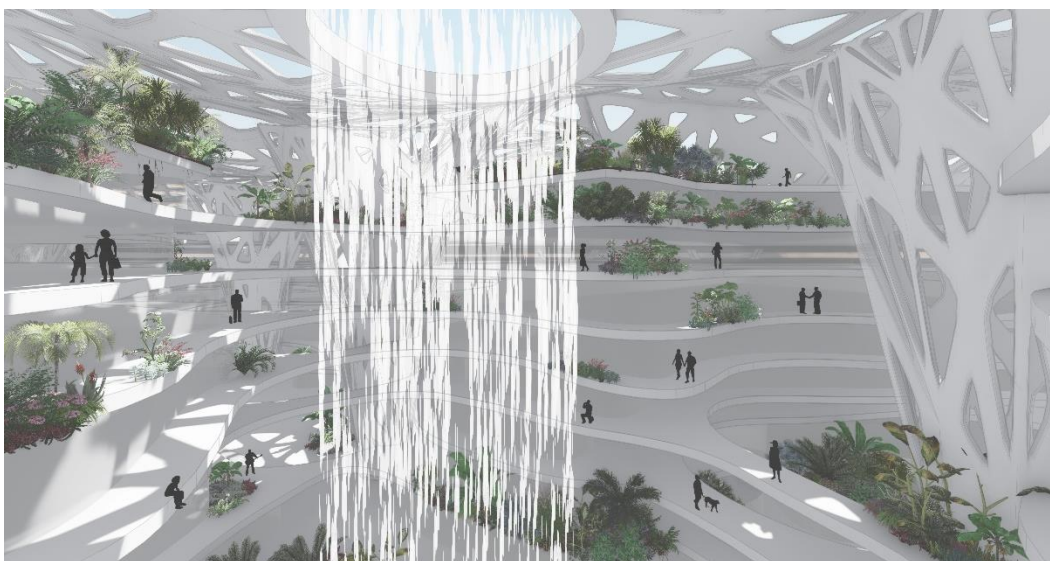
Joonis 8 Fookuspunktid ehk põhiväljakud (autori illustratsioon)

Samuti on oluline luua ka kolmas väljak (Joonis 9) nende keskele, mis muutuks linna laienedes keskseks väljakuks ja uueks fookuspunktiks.



Joonis 9 Kolmas väljak – uus fookuspunkt (autori illustratsioon)

Keskne väljak erineks teistest ka oma katuse disaini poolest (Pilt 4), sest sealt kaudu kogutakse vihmavett. Selle tarbeks on katusel vastav ava, milles sarnaselt Singapuri lennujaamale langeb vesi kosena alla. All on kogumiseks bassein, kust juhatakse vesi edasi hoidlatesse.

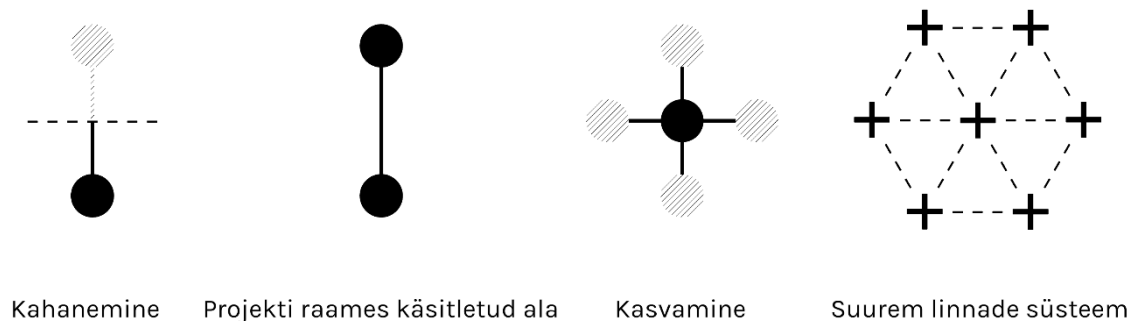


Pilt 4 Erinev katus kolmanda väljaku kohal (autori illustratsioon)

Väljakud on mõeldud põhiliselt olema ikkagi avalikud, kuid vaiksemaid kohti tekib linnas siiski ka. Need paiknevad harudena peatänavast laiali minevalt ja seal on ka rohebasseinid haljastusega summutamaks müra suurema "liiklusega" tänavatelt ja väljakutelt. See on vajalik eraldus, et inimestel oleks võimalik olla nii linnamelu keskel kui ka nautida aega eraldatuna.

9.9. Linnaplaneerimise strateegia

Uue linna loomisel tuleb ka arvesse võtta võimalikku linna kasvamist ja kahanemist tulevikus (Skeem 4).



Skeem 4 Linna kahanemine ja kasvamine (autori illustratsioon)

Projekti raames tegeletakse väikese skaalalise linna loomisega, millel on peatänav ühendamiseks kahte põhiväljakut. Nende platside ümber kogunevad erinevad funktsioonid andes mõlemale väljakule oma eripära.

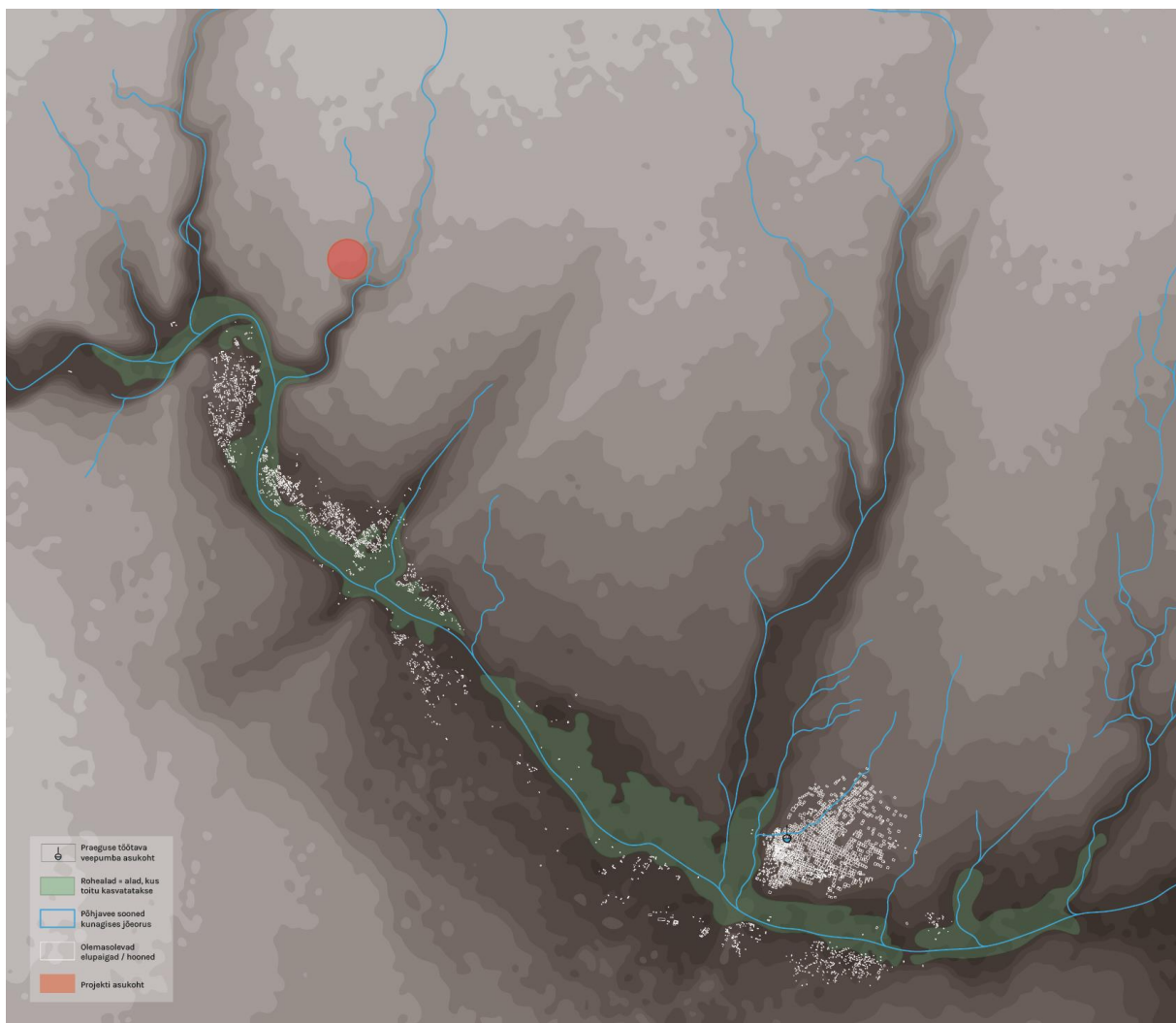
Linna kasvades tekib teine, eelmisega risti paigutuv suurem tänav. Sarnaselt esimesele tekivad uue tänava otstesse väljakud, mille iseloom sõltub ümbritsevatest funktsioonidest, andes juurde mitmekesised linnaväljakud. Tänu kahele risti olevale suuremale tänavale tekib nende ühenduspunkti uue tähenduse saanud põhiväljak, mis eelnevalt oli erineva katuse disainiga kolmas väljak. Sellest saab linna uus aktiivseim fookuspunkt.

Projekti raames käsitletud linn on osa suuremast linnade süsteemist, kus tänu maa-alusele transpordi ühendusele on võimalik kergesti liigelda teistesse sarnastesse maa-alustesse linnadesse. Seega on suure rahvastiku kasvu korral võimalik luua sarnaseid uusi linnasid projekti käigus käsitletud linna lähiste. Ümberkaudsete maa-aluste struktuuride tekkimisel on ühenduste loomiseks tarvis edaspidiseid uuringuid ja analüüse.

Tulevikus võib uue tehnoloogia areng või muud edasi arengud maailmas muuta ebavajalikuks elada maa-aluses linnas, ning seepärast peab ka läbi mängima võimalikud stsenaariumid linna kahanemiseks. Sellisel korral on võimalik taandada linna kasutust mõtteliselt poolele linnale ja kasutamata olemasolev ruum jätta linnapargiks või vajadusel kasvatada seal täismahus toidutaimi või pidada karjaloomi.

9.10. Linna paiknemine

Asukoht jääb olemasoleva Ouadane linna asustuse lähedusse. Järgneval asendiplaanil (Joonis 10 Asendiplaan) olen välja toonud asukoha kõrguslikud erinevused, olemasolevad elupaigad valge kontuuriga, praegused rohealad rohelisega, põhjavee sooned sinisega ja olemasoleva veepumba asukohta. Punasega on märgitud projekti raames loodava uue maa-aluse linna asukoht.



9.10.1. Olemasolevad elupaigad

Asendiplaanil on välja toodud valgete piirjoontega olemasolevad elupaigad, kus all paremal on vanem linn ja vasakul pool uued ajutised elupaigad.

Vanem linn (Pilt 5) paikneb Adrari platoo lõunaservas oleval nõlval. Kõrbeliiv on katnud suurema osa vanalinnast ning seetõttu on ka enamik linnast hüljatud.



Pilt 5 Meeleolu pilt vanalinnast (Sun, 2020)

Uued ajutised elupaigad (Pilt 6) on loodud kunagisse jõeorgu, kus maa on piisavalt viljakas, et kasvatada taimi. Sealsed elupaigad on enamasti ehitatud palmipuust ja ei oma vajalikku isolatsiooni öökülmade või kuumalainete kaitseks.



Pilt 6 Meeleolu pilt uutest ajutistes elamutest (Sun, 2020)

9.10.2. Olemasolevad rohealad

Hetkel olemasolevad rohealad (Pilt 7) paiknevad kunagises jõeorus, kuhu vihmaperioodil koguneb rohkem vett. Strateegiliselt toimivad ümbritsevad jõeoru servad ka mingil moel varjestusena, mis ei lase tugeval päikesekuumusel taimesid ära kuivatada.

Lisaks taimedele kasvatatakse seal karjaloomi, kelleks on põhiliselt kaamelid.



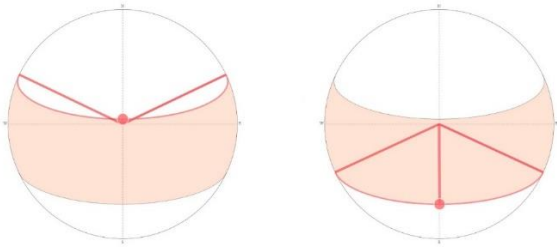
Pilt 7 Olemasolevad rohealad (Sun, 2020)

9.10.3. Põhjavesi

Asukohas on ka põhjavee olemasolu. See paikneb soontena kunagise jõesängi põhjas. Samuti on loodud ka veepump põhjavee kättesaamiseks vanalinna serva. Uue linna loomisel arvestasin veesoonte asukohaga paigutades loodava projekti vastavalt vee lähedusse.

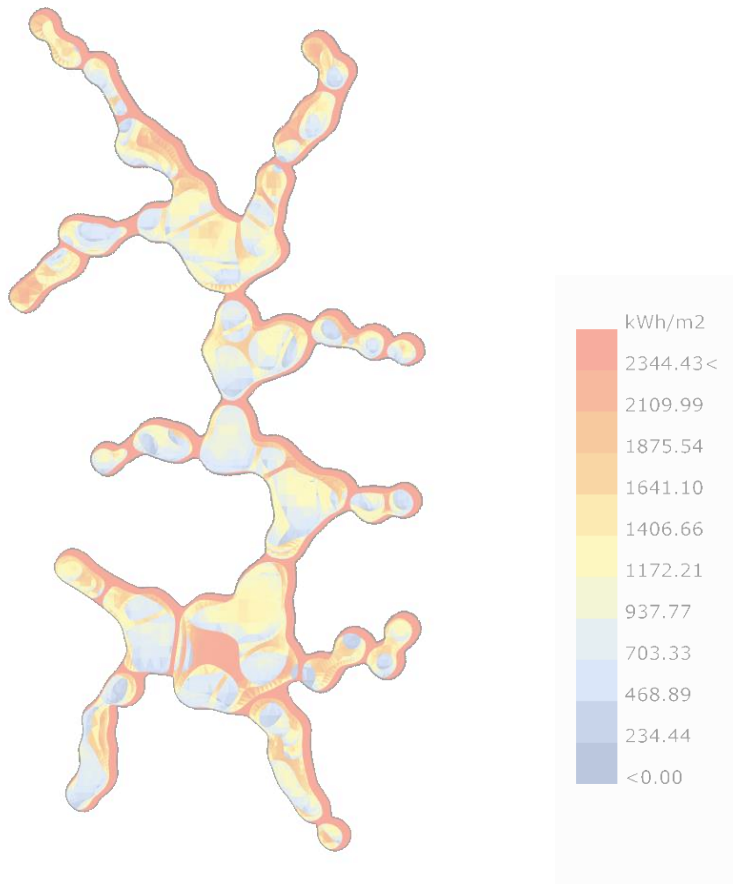
9.11. Päikese mõju linna paiknemisele

Projekti paiknemisel olen arvesse võtnud ka päikese liikumist. Järgnevalt olen välja toonud päikese paiknemise suvisel ja talvisel pööripäeval (Skeem 5), mille tulemustes tuleb välja, kuidas mõlemal puhul jääb varjude ulatus väikseks ehk võib järeldada, et päike paistab asukohas suhteliselt otse alla.



Skeem 5 Vasakul suvise pööripäeva päikese paiknemine ja paremal talvise pööripäeva päikese paiknemine (SunCalc, 2020)

Samuti tegin vastavalt linna kujule päikese radiatsiooni analüüsi (Skeem 6) ilma hoone katusega, et teha kindlaks, millistel aladel on tarvis rohkem varjestust ja ka kus oleks tarvis rohkem valgust.



Skeem 6 Päikese radiatsiooni analüüs (autori illustratsioon)

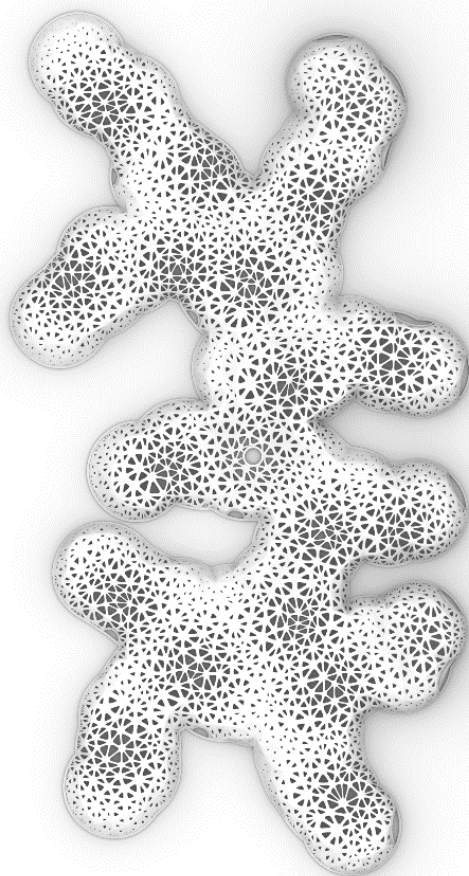
Skeemilt on nähtavad punased alad, mis saavad rohkem radiatsiooni ja sinised alad, mis saavad vähem. See näitab ka ära, millistesse kohtadesse ulatub valgust paremini ja millistesse vähem.

9.12. Katus

Katuse konstruktsioonil on loodavas projektis mitu funktsiooni. See hõlmab endas päikese varjestust, vajalikke ventilatsiooni avasid kui ka sisse- ja väljapääse loodavasse linnakeskkonda. Lisaks töötab kogu katuse pind vihmavee kollektorina. Selle tarbeks on katus nõgus ja vesi suunatakse kolmanda, keskse väljaku katuse avasse, mille kaudu juhitakse vesi hoidlatesse.

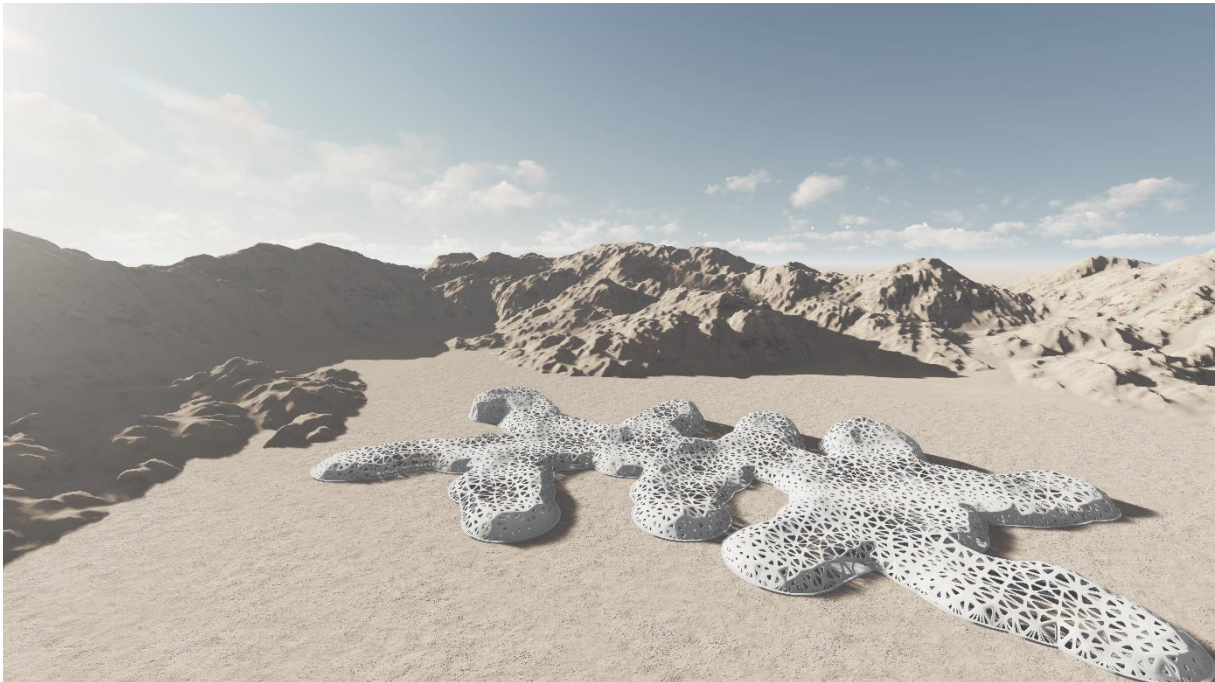
9.12.1. Varjestus

Analüüsi andmete põhjal loodud varjestus loob suuremad katusel paiknevad avad kohtadesse, kus on vaja rohkem valgust ning väiksemad avad kohtadesse, kus oli analüüsi järgi päikese radiatsioon liiga suur. Sellise loogika järgi tekib varjustusest katusele muster (Joonis 11).



Joonis 11 Katuse varjestuse muster (autori illustratsioon)

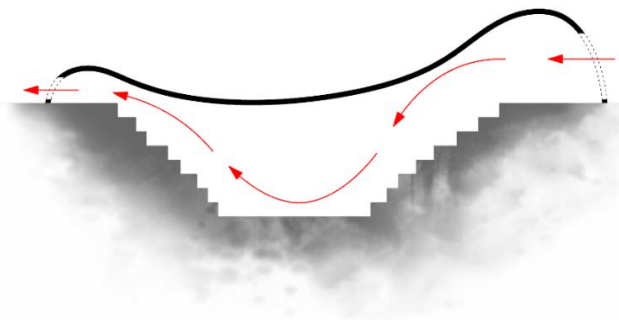
Katuse vormi osas arvestati ümbritsevat maastiku eripära ja loodi kuju sarnaselt liivaluidetele (Pilt 8). Sedamoodi sulandub hoone ümbritsevasse keskkonda paremini.



Pilt 8 Visuaal maa pealsest osast (autori illustratsioon)

9.12.2. Ventilatsioon

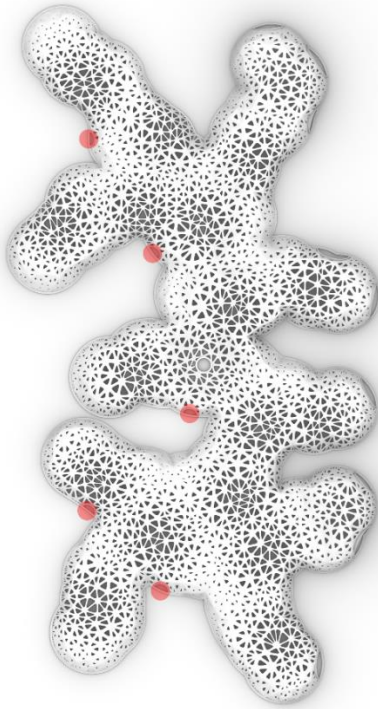
Ventilatsiooni olen lahendanud tahtliku loomuliku ventilatsioonina (Skeem 7). Selle tarbeks olen kergitanud ida suunas olevat katuse äärt, et sealt vahelt juhtida tugevate kirde suunast tulevate tuulte abil värske õhk maa-alusesse linna. Üleliigne ja kasutatud õhk liigub välja teiselt poolt linna struktuuri.



Skeem 7 Ventilatsioon (autori illustratsioon)

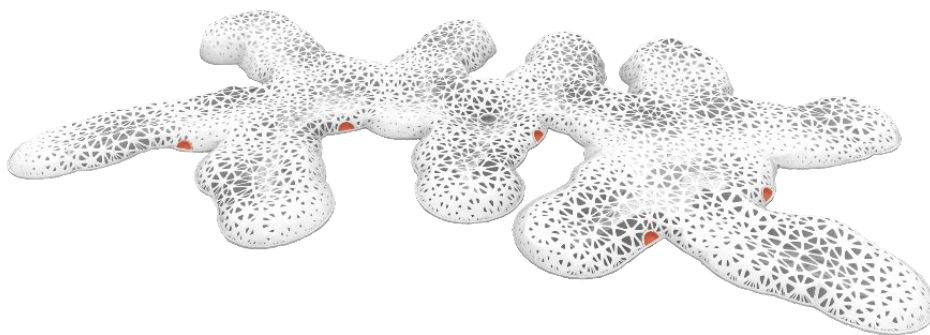
9.12.3. Sissepääsud

Sissepääsud paiknevad linna lääneküljel, kus on tuul vaiksem (Skeem 8 Sissepääsud).



Skeem 8 Sissepääsud (autori illustratsioon)

Need on loodud keskse peatänava lähedusse, kus hoone omapärane kuju loob tuulevaiksed sisehoovid turvaliseks sisenemiseks (Pilt 9). Samuti jätab see võimaluse kasutada sissepääsude läheduses olevat välisala leebemate ilmastiku tingimuste korral.



Pilt 9 Sissepääsud maa pealt vaadates (autori illustratsioon)

9.12.4. Maa pealse osa funktsionaalsus

Maa pealne osa katuse all on põhiliselt sissepääsu funktsiooniks nii ventilatsioonile kui ka inimestele. Lisaks jääb katuse alla jalutusala, mis pakub vaateid avarale siseruumile (Pilt 10). See on vajalik vabaaja veetmise paigana, mis meenutab looduslikku metsarada.



Pilt 10 Vaade linna maa pealsele osale (autori illustratsioon)

9.13. Vertikaalsed ühendused

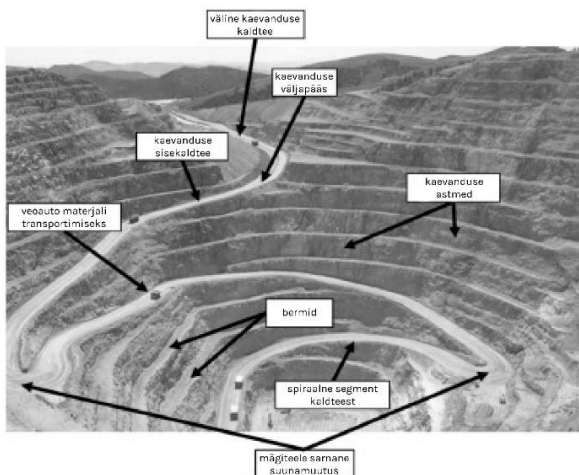
Vertikaalsed ühendused on multifunktsionaalsed, toimides nii korruste vahelise ühendusteenana kui ka tugipostidena katusestruktuurile. Need jäävad aatriumi servadesse (Skeem 9), kus nad on mugavalt kasutatavad peatänaval liikujatele. Vertikaalsed ühendused on paigutatud sissepääsude vahetusse lähedusse, et linna sisenemine oleks lihtne ja loogiline. Oluline on märkida, et vertikaalse liikumise sõlmed jäävad avalikumale alale ja vaiksematesse kõrvaltänavatesse neid ei paigutata.



Skeem 9 Vertikaalsete ühenduste asukohad (autori illustratsioon)

9.14. Ehitus

Ehituse algaas toimub sarnaselt kaevandustele (Skeem 10), kus järkjärgult kaevatakse kausikujuliselt sügavamaks kuni saavutatakse sobiv kuju. Projekt on paigutatud erosiooni jälgedest tekkinud vagudesse, kust on kergem sinna kuhjunud liiva välja kaevata. Kuna piirkonnas on mitmeid sarnase ülesehitusega kaevandusi ja karjääre, siis on kohalikud kursis sellise kaevandamise meetodiga ning ehitamine toimub tõhusamalt.



Skeem 10 Ehituse protsess (Yarmuch, Brazil, Rubinstein, & Thomas, märts 2020)

Sel viisil saab kasutada ära ka välja kaevatud materjali, mida saab kasutada katuse ja seinte konstruktsiooni loomisel ning ka viimistlusmaterjalina. Samuti on võimalik ehitada sellest varjestus käiguteedele, mis viivad juba praegu olemasolevatesse linnadesse või tulevikus kõrval asuvatesse sarnastesse linnadesse, et oleks võimalik ka vajadusel maa pealt jalgsi liikuda.

Ehituses on väga oluline kasutada kohalikku tööjõudu ja kogukonna oskusi. Sel viisil tekib neil tugevam side loodava uue linnaga juba valmimise ajal.

9.15. Rahastus

Suurim rahastaja või toetaja oleks antud projektile tõenäoliselt riik ise, sest tegemist on nende territooriumi ja nende rahva ellujäämisega kliima soojenemise olukorras. Samas saab Mauritaania riik juba praegu väga palju toetust välisriikidelt, seega pole välistatud ka teiste riikide toetus või erainvestorite leidmine.

Asukohas on juba praegu väga kommuunipõhine elu, seega oleks oluline, et juba ka rahastuse leidmise käigus osaleb suures osas ka kohalik kogukond. Sarnaselt ehitusele tekib neil sedasi juba algfaasis tugevam side loodava uue linnaga.

Maa-alune ehitus on kõigest 20% kallim ja tasub pikemas perspektiivis ära, kuna kütte ja jahutuskulud on hiljem väiksemad. Seega ei erine kogu ehituseks kuluv summa nii palju traditsioonilisest ehitusest.

Kokkuvõte

Globaalsetel kliimamuutustel on juba olnud keskkonnale märgatav mõju. Liustikud on kahanenud, jõgede ja järvede jää laguneb varem, taime- ja looma piirkonnad on nihkunud ning puud õitsevad varem. Erinevad mõjud, mida teadlased varem globaalsetest kliima muutustest tulenevalt ennustasid, ilmnevad nüüd juba igal kontinendil: merejää kadu, merevee taseme tõus ning pikemad ja intensiivsemad kuumalained.

Kliimamuutused on meie aja peamine disaini probleem. Kõik muud probleemid, millest paljud on äärmiselt olulised, on siiski kõrvalised. Kliimasoojenemise oht on eksistentsiaalne ja ehitised on üks tohutu mõjutaja. Ligikaudu 40% kasvuhoonegaaside heitkogusest on tingitud ehitatud keskkonnast. See viitab sellele, et hoonete projekteerimine ja linnade planeerimine võivad kliima kriisiga võitlemisel palju saavutada.

Globaalsed temperatuurid tõusevad 2100 aastaks hinnanguliselt 4,8 kraadini. See põhjustaks karmimaid ilmasid, toidu- ja ressursikriise, haiguste levikut ja paljugi muud. Kui võtta geograafiliselt arvesse lisaks maailma jää sulamisele ka temperatuuri soojenemist, siis muutub ekvaatori lähine piirkond enamasti kõrbeks või eriti ekstreemsete tingimustega elamiskõlbmatuks alaks.

Arvestades suurt rahvamassi, kes selle muutuse tõttu immigreruvad kuumadelt aladelt alles jääva roheline suunas, tekiks alles jäävale rohealale ligikaudu 10 000 või isegi rohkem miljonlinna. See tähendab, et alles jääva roheala pind on enamasti täidetud hiigel-linnadega. Selle vältimiseks võiks mõelda ka kõrbeala koloniseerimisele.

Kõige ekstreemsemad tingimused ilmnevad nii praegu kui ka tulevikus kuivadel aladel ehk kõrbedes. Seega valiti projekti loomiseks just kõrbemaastik. Sahara kõrbe hübriidne keskosa on nendest kõige ekstreemsem, sest seal on sademed minimaalsed ja mitte-regulaarsed. Taimestik on seal seetõttu haruldane. See ala katab enda alla 4 639 900 ruut kilomeetrit. Projekti asukohaks valiti seetõttu Sahara kõrbe keskosas asuva ekstreemsete tingimustega alal paikneva väikese Ouadane linna lähedus.

Ideeks oli luua Ouadane küla lähistele uus toimiv energiatõhus linnakompleks, mis majutaks kohalike elanike, et nad ei peaks immigreruma kliima tõttu. Seal on kliimaprobleemid juba tänane reaalsus, seega saaks seal hakata välja arendama maa-alust linna kompleksi, mis toimiks ka hiljem suureneva kriisi korral ja oleks prototüüp linnana eeskujuks teiste sarnaste linnade loomisel.

Hoonete energiatõhususe kontekstis on muljetavaldav potentsiaal muistsel tarkusel kasutada maad kui temperatuuri moderaatorit karmide ilmastikutingimuste korral, samuti oleks see kindel lahendus hoonete kütte-, ventilatsiooni- ja kliimaseadmete vastu.

Erinevate võrdluste tulemusena otsustati töös keskenduda osaliselt maa-aluse linna loomisele, sest sel viisil saab ära kasutada maa-aluse ehitusviisi positiivseid omadusi kui ka pakub see mingil määral loomulikku valgust ja vaateid sarnaselt maa pealsele ehitusele.

Praegune ühiskond ei ole aga harjunud maa-aluse eluga, seega peab toimuma suur ümber kohanemine teistsuguse elamisvormi poole, milleks on kommuunipõhine elu. Ülemineku perioodi jaoks on ka oluline luua head ühendused maa-aluse ja maa pealse eluga ning võimalikult ligilähedased tingimused maa pealse keskkonnaga.

Summary

Global climate change has already had a significant impact on the environment. Glaciers have shrunk, the ice of rivers and lakes is disintegrating earlier, plant and animal areas have shifted and trees bloom earlier. The various effects that scientists previously predicted as a result of global climate change are already being felt on every continent: ice sheets melting, sea level rising and longer and more intense heat waves.

Climate change is a major design challenge of our time. The threat of global warming is existential and building are a huge factor. About 40 % of greenhouse gas emissions are in the atmosphere because of the built environment. This suggests that building design and urban planning can do much to combat the climate crisis.

Global temperatures will rise to an estimated of 4.8 degrees by the year 2100. This would lead to harsher weather, food and resource crises, the spread of disease and much more. If geographically, in addition to the melting of the world's ice, the warming of the temperature is taken into account, then the area near the equator becomes a desert or an uninhabitable area with particularly extreme conditions.

Given the large population that will migrate from the remaining green areas as the result of this change, there would be about 10 000 or even more metropolises in the remaining green area. This means that the surface of the remaining green areas are mostly filled with giant cities. To avoid this, the colonization of the desert areas should also be considered.

Currently and in the future the most extreme conditions occur in the dry areas also known as deserts. Therefore, the desert landscape was chosen for the project. The hybrid central part of the Sahara is the most extreme desert there is, as precipitation there is minimal and irregular. Vegetation is therefore rare. This area covers 4 639 900 square kilometres. The location of the project was therefore chosen to be in close proximity of the small town of Ouadane. Which is situated in an area with extreme conditions in the middle of the Sahara.

The idea was to create a new self-sufficient energy efficient urban complex near the town of Ouadane, which would accommodate the locals so that they would not have to migrate due to the climate. Climate problems are already a reality there today, so an underground city complex could be developed there, which would continue to function in the event of a growing crisis and work as a prototype city for future similar projects.

In the context of energy efficiency in buildings, there is an impressive potential for ancient wisdom to use land as a temperature moderator in harsh weather conditions, as well as a sure solution against heating, ventilation and air-conditioning in buildings.

As a result of various comparisons, it was decided to focus on the creation of a partially underground city, because in this way the positive features of the underground construction method can be exploited and it offers some natural light and views similar to above ground construction.

However, today's society is not used to underground life, so there is a great need to adapt to a different way of life, which is community-based living. For the transition period, it is also important to establish good connections between underground and terrestrial life. Therefore, the conditions should be as close to possible to the lifestyle now.

Kasutatud kirjandus

- AB Elis Ltd. (10. 11 2010. a.). *Eco-city Inside a One Kilometer Crater in Siberia*. Kasutamise kuupäev: 03. 11 2019. a., allikas eVolo: <http://www.evolo.us/eco-city-inside-a-one-kilometer-crater-in-siberia/>
- Al Jeffery. (10. 06 2014. a.). *Looking Forward: Communal living*. Kasutamise kuupäev: 16. 03 2020. a., allikas Al Jeffery: <https://aljeffery.com/looking-forward-communal-living/>
- Alkaff, S. A., Sim, S. C., & Efzan, E. M. (08. 02 2016. a.). A review of underground building towards thermal energy efficiency and sustainable development. *ELSEVIER: Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Kasutamise kuupäev: 18. 02 2020. a., allikas <https://www.journals.elsevier.com/renewable-and-sustainable-energy-reviews>
- Architects Declare. (26. 11 2019. a.). *UK Architects Declate Climate and Biodiversity Emergency*. Kasutamise kuupäev: 12. 03 2020. a., allikas Architects Declare: <https://www.architectsdeclare.com/>
- Ashrafian, T., Ferdos, N. M., & Haghlesan, M. (2011). *Human Comfort in Underground Buildings*. Iran, Mashhad. Kasutamise kuupäev: 14. 04 2020. a., allikas https://www.researchgate.net/publication/236587450_Human_Comfort_in_Underground_Buildings
- Barker, M. (1986). *Using the Earth to Save Energy: Four Underground Buildings. Tunneling and Underground Space Technology*. UK: Pergamont Journal Ltd. Tsiteeritud 14. 04 2020. a.
- Bolotov, K. (03. 10 2011. a.). *Мексиканцы спроектировали подземный небоскрёб*. Kasutamise kuupäev: 03. 11 2019. a., allikas Membrana: <http://www.membrana.ru/particle/16865>
- Buday, R. (06. 09 2019. a.). What We Don't Get About Climate Change. *ArchDaily*. Kasutamise kuupäev: 30. 11 2019. a., allikas <https://www.archdaily.com/924330/what-we-dont-get-about-climate-change>

- Castineira, F., Goldfarb, H., Ispani, A., Nelken, A., Maratea, J., & Verni, M. (23. 02 2010. a.). *Earthscraper: Underground Architecture*. Kasutamise kuupäev: 08. 12 2019. a., allikas eVolo: <http://www.evolo.us/earthscraper-underground-architecture/>
- Clements-Croome, D. (2003). *Naturally Ventilated Buildings: Building for the Senses, the Economy and Society*. London, UK: E & FN Spon. Kasutamise kuupäev: 21. 04 2020. a., allikas https://www.researchgate.net/publication/279190553_Naturally_Ventilated_Buildings_Building_for_the_senses_the_economy_and_society
- Cramer, N. (04. 10 2017. a.). The Climate Is Changing. So Must Architecture. *Architect Magazine*. Kasutamise kuupäev: 30. 11 2019. a., allikas https://www.architectmagazine.com/design/editorial/the-climate-is-changing-so-must-architecture_o
- Cross, M. (29. 04 1989. a.). *Technology: Japan invests millions in life underground*. Kasutamise kuupäev: 08. 12 2019. a., allikas NewScientist: <https://www.newscientist.com/article/mg12216623-400-technology-japan-invests-millions-in-life-underground/>
- Daa, M. u. (08. 02 2017. a.). *Mauritanian manuscripts preserved through digital technology*. Kasutamise kuupäev: 11. 03 2020. a., allikas Agencia EFE: <https://www.efe.com/efe/english/life/mauritanian-manuscripts-preserved-through-digital-technology/50000263-3173402#>
- Durmisevic, S. (1999). *The future of the underground space*. Suur-Britannia: Elsevier Science Ltd. Kasutamise kuupäev: 14. 04 2020. a., allikas https://www.academia.edu/7826060/The_future_of_the_underground_space
- Eesti Keele Instituut. (2009). *eki.ee*. Kasutamise kuupäev: 13. 04 2020. a., allikas Eesti keele seletav sõnaraamat: <http://www.eki.ee/dict/ekss/index.cgi?Q=peat%C3%A4nav&F=M>
- Elmira. (15. 04 2019. a.). *Kandovan Village, Cliff-Cut Settlement*. Kasutamise kuupäev: 03. 11 2019. a., allikas Iran Tourism: <https://irantourism.com/kandovan-village/>

- Euroopa Komisjon. (16. 01 2019. a.). *Kliimamuutuste tagajärjed*. Kasutamise kuupäev: 12. 03 2020. a., allikas Euroopa Liit - Euroopa Komisjon: https://ec.europa.eu/clima/change/consequences_et
- FAO. (1993). *Soil tillage in Africa: needs and challenges*. Rooma: FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. Kasutamise kuupäev: 05. 04 2020. a., allikas Soil tillage in Africa: needs and challenges: <http://www.fao.org/3/t1696e/T1696e00.htm#TopOfPage>
- Fromboluti, M. (11. 10 2010. a.). *Skyscraper, or Sustainable Underground Society?* Kasutamise kuupäev: 03. 11 2019. a., allikas eVolo: <http://www.evolo.us/skyscraper-or-sustainable-underground-society/>
- Gabbatiss, J. (29. 03 2018. a.). *World's largest desert has grown even larger due to climate change*. Kasutamise kuupäev: 09. 12 2019. a., allikas Independent: <https://www.independent.co.uk/environment/sahara-worlds-largest-desert-climate-change-growth-global-warming-sahel-a8280361.html>
- Gerteiny, A., Toupet, C. H., Deschamps, H. J., & Stewart, C. (24. 10 2019. a.). Mauritania. *Encyclopaedia Britannica*. Kasutamise kuupäev: 18. 02 2020. a., allikas Mauritania: <https://www.britannica.com/place/Mauritania>
- Golany, G., & Ojima, T. (1996). *Geo-Space Urban Design*. USA: John Wiley & Sons. Tsiteeritud 14. 04 2020. a.
- Hermann, E., Tüür, M., & Valner, R. (2019). LIGUNULL. *Eesti Arhitektide Liidu kuraatornäitus*. Eesti Arhitektide Liit, Tallinn. Allikas: LIGINULL: <http://liginull.info/>
- IPCC. (2007). *Climate Change 2007: impacts, adaptation and vulnerability: contribution of Working Group II to the fourth assesment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*. Cambridge, UK: Cambridge University Press. Kasutamise kuupäev: 09. 12 2019. a., allikas <https://www.ipcc.ch/report/ar4/wg2/>

- IPCC. (2014). *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change, Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press. Kasutamise kuupäev: 25. 11 2019. a., allikas https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_full.pdf
- IPCC. (2014). *Climate Change 2014: Synthesis Report*. Kasutamise kuupäev: 12. 03 2020. a., allikas IPCC - Intergovernmental Panel On Climate Change: <https://archive.ipcc.ch/report/ar5/syr/>
- J.N.Hait. (2005). *Passive Annual Heat Storage, Improving the Design of Earth Shelters*. USA: Rocky Mountain Research Center. Tsiteeritud 14. 04 2020. a.
- Jauhiainen, J. S. (2005). *Linnageograafia: linnad ja linnauurimus modernismist postmodernismini*. Tallinn: Eesti kunstiakadeemia. Tsiteeritud 19. 12 2019. a.
- Kapuscinski, R. (2001). *The Shadow of the Sun: My African Life*. London: Penguin Books Ltd. Kasutamise kuupäev: 30. 04 2020. a., allikas https://books.google.ee/books?id=Hs8Kr1A729kC&pg=PT124&lpg=PT124&dq=ouadane+sun&source=bl&ots=VysICNVjia&sig=ACfU3U3w_nRLmtuLHOp2lycuIV4Bdqw_2A&hl=et&sa=X&ved=2ahUKEwje75PfmsToAhUGtYsKHfXVDaoQ6AEwC3oECAoQAQ#v=onepage&q=ouadane%20sun&f=false
- Kenworthy, A. (07. 03 2019. a.). *Five of the World's Most Surprising Underground Developments*. Kasutamise kuupäev: 03. 11 2019. a., allikas Seequent: <https://www.seequent.com/five-of-the-worlds-most-surprising-underground-developments/>
- Koester, M. (15. 12 2009. a.). *Waterscraper*. Kasutamise kuupäev: 03. 12 2019. a., allikas eVolo: <http://www.evolo.us/waterscraper/>
- Lars Müller Publishers. (2018). *The Architecture of Closed Worlds, or, What Is the Power of Shit?* Zürich: Lars Müller Publishers. Tsiteeritud 03. 12 2019. a.

- Larsson, M. (juuli 2009. a.). *Turning Dunes Into Architecture*. Kasutamise kuupäev: 03. 11 2019. a., allikas ted.com: https://www.ted.com/talks/magnus_larsson_turning_dunes_into_architecture
- Lo, C. (11. 09 2013. a.). *Digging into Mexico City's Earthscraper*. Kasutamise kuupäev: 08. 12 2019. a., allikas Design Build Network: <https://www.designbuild-network.com/features/feature-digging-into-mexico-city-earthscraper-pyramid/>
- Lowline. (2020). *How can we build more green space in our cities?* Kasutamise kuupäev: 15. 04 2020. a., allikas Lowline: <http://thelowline.org/about/team/>
- Martin, R. (2017). *L'Extreme Sud-Est*. (Janvier, Toim.) Kasutamise kuupäev: 03. 11 2019. a., allikas Histories de Tunisie: <https://histoiresdetunisiehome.files.wordpress.com/2018/11/1-extreme-sud-est6.pdf>
- Mcsweeney, R. (06. 08 2019. a.). *Explainer: Desertification and the role of climate change*. Kasutamise kuupäev: 09. 12 2019. a., allikas Carbon Brief: <https://www.carbonbrief.org/explainer-desertification-and-the-role-of-climate-change>
- Metarchitects. (2011). *Rhizome tower*. Kasutamise kuupäev: 1103 2019. a., allikas Architizer: <https://architizer.com/idea/284541/>
- Metarchitects. (07. 03 2011. a.). *Rhizome Tower: A Thousand Underground Plateaus*. Kasutamise kuupäev: 08. 12 2019. a., allikas eVolo: <http://www.evolo.us/rhizome-tower-a-thousand-underground-plateaus/>
- Moore, R. (31. 08 2019. a.). Where are the architects who will put the environment first? *The Guardian*. Kasutamise kuupäev: 30. 11 2019. a., allikas <https://www.theguardian.com/artanddesign/2019/aug/31/architecture-to-counteract-climate-change-ilford-market-cork-house-barangaroo-mycelium>
- Mujaj, A. (2018). *The mysterious village of China*. Allikas: Steemit: <https://steemit.com/mysterious/@atdhemujaj/the-mysterious-village-of-china>

- Nalewicki, J. (03. 03 2016. a.). *Half of the Inhabitants of This Australian Opal Capital Live Underground*. Kasutamise kuupäev: 03. 12 2019. a., allikas Smithsonian.com: <https://www.smithsonianmag.com/travel/unearthing-coober-pedy-australias-hidden-city-180958162/>
- NASA. (30. 09 2019. a.). *Evidence | Facts – Climate Change: Vital Signs of the Planet*. Kasutamise kuupäev: 25. 11 2019. a., allikas <https://climate.nasa.gov/evidence/>
- NASA. (18. 10 2019. a.). *Ice Sheets | Vital Signs – Climate Change: Vital Signs of the Planet*. Kasutamise kuupäev: 25. 11 2019. a., allikas <https://climate.nasa.gov/vital-signs/ice-sheets/>
- NASA. (06. 02 2020. a.). *Responding to Climate Change*. Kasutamise kuupäev: 12. 03 2020. a., allikas NASA: Global Climate Change - Vital signs of the Planet: <https://climate.nasa.gov/solutions/adaptation-mitigation/>
- NASA. (10. 02 2020. a.). *Sea level*. Kasutamise kuupäev: 11. 03 2020. a., allikas NASA: Global Climate Change - Vital signs of the planet: <https://climate.nasa.gov/vital-signs/sea-level/>
- NASA. (10. 02 2020. a.). *The Causes of Climate Change*. Kasutamise kuupäev: 11. 03 2020. a., allikas NASA Global Climate Change - Vital signs of the planet: <https://climate.nasa.gov/causes/>
- New World Encyclopedia contributors. (25. 04 2018. a.). *Ksour*. Kasutamise kuupäev: 18. 02 2020. a., allikas New World Encyclopedia: <https://www.newworldencyclopedia.org/entry/Ksour>
- Nunez, C. (03. 07 2019. a.). *Deserts, explained*. Kasutamise kuupäev: 09. 12 2019. a., allikas National Geographic: <https://www.nationalgeographic.com/environment/habitats/deserts/>

- Ouadane department in Mauritania. (25. 03 2013. a.). *Ouadane (Department, Mauritania) with population statistics, charts, map and location*. Kasutamise kuupäev: 09. 12 2019. a., allikas CityPopulation: <https://www.citypopulation.de/php/mauritania-admin.php?adm1id=074>
- Parag Khanna. (01. 02 2016. a.). *The World 4 Degrees Warmer*. Kasutamise kuupäev: 03. 11 2019. a., allikas Parag Khanna: <https://www.paragkhanna.com/home/2016/3/9/the-world-4-degrees-warmer>
- Paul Colliner, G. C. (01. 02 2008. a.). *Climate Change and Africa. Oxford Review of Economic Policy*. Kasutamise kuupäev: 09. 12 2019. a., allikas https://www.researchgate.net/publication/23536061_Climate_Change_and_Africa
- Quinn, J. (06. 07 2012. a.). *Campainging With Common Cause – Eden Project*. Kasutamise kuupäev: 03. 11 2019. a., allikas Casper Ter Kuile - creating a world of joyful belonging: <https://caspertk.wordpress.com/2012/07/06/campainging-with-common-cause-eden-project/>
- Raven. (28. 09 2017. a.). *Project Iceworm - A Top-Secret US Underground City Beneath The Ice Of The Arctic*. Kasutamise kuupäev: 08. 12 2019. a., allikas Disclose.tv: <https://www.disclose.tv/project-iceworm-a-top-secret-us-underground-city-benath-the-ice-of-the-arctic-315466>
- Riigikogu keskkonnakomisjon. (2010). *Kliimamuutused ja meie*. Keskkonnainvesteeringute Keskus. Kasutamise kuupäev: 09. 12 2019. a., allikas https://www.envir.ee/sites/default/files/elfinder/article_files/kliimamuutus.pdf
- Ross, R. (25. 01 2019. a.). *The Sahara: Earth's Largest Hot Desert*. Kasutamise kuupäev: 09. 12 2019. a., allikas Live Science: <https://www.livescience.com/23140-sahara-desert.html>
- Science and Mechanics. (11 1931. a.). *Depthscrapers Defy Earthquakes. Science and Mechanics*, 2. Kasutamise kuupäev: 14. 04 2020. a., allikas <http://blog.modernmechanix.com/depthscrapers-defy-earthquakes/#mmGal>

- Shah, B. (14. 12 2019. a.). *14 Most Incredible Underground Cities Around the World*. Kasutamise kuupäev: 03. 11 2019. a., allikas TripHobo: <https://www.triphobo.com/blog/underground-cities>
- Siew, C. C., Che-Ani, A. I., Tawil, N. M., Abdullah, N. G., & Mohd-Tahir, M. (2011). *Classification of Natural Ventilation Strategies in Optimizing Energy Consumption in Malaysian Office Buildings*. Malaysia: Elsevier Ltd. Kasutamise kuupäev: 22. 04 2020. a., allikas https://www.researchgate.net/publication/230605789_Classification_of_Natural_Ventilation_Strategies_in_Optimizing_Energy_Consumption_in_Malaysian_Office_Buildings
- Smith, T. (2012). *Derinkuyu / secret underground city*. Kasutamise kuupäev: 03. 11 2019. a., allikas Chuckle Reader: <http://www.chucklereader.com/2017/12/derinkuyu-secret-underground-city.html>
- South Australia. (13. 05 2019. a.). *Best places to stay in Coober Pedy*. Kasutamise kuupäev: 03. 11 2019. a., allikas South Australia: <https://southaustralia.com/travel-blog/best-places-to-stay-in-coober-pedy>
- Staedtler, D. (29. 03 2014. a.). *The Wieliczka Salt Mine*. Kasutamise kuupäev: 03. 11 2019. a., allikas flickr: <https://www.flickr.com/photos/voxaeterno/14938650665>
- Sun, C. (24. 01 2020. a.). *Not a "Ouadane" Soul In Sight!* Kasutamise kuupäev: 15. 03 2020. a., allikas The Monsoon Diaries: <https://monsoondiaries.com/2020/01/24/ouadane/>
- SunCalc. (2020). *Computation path of the sun for Ouadane*. Kasutamise kuupäev: 15. 03 2020. a., allikas suncalc.org: <https://www.suncalc.org/#/20.963,-11.6351,13/2019.06.21/12:48/1/0>
- TABOODADA. (01. 04 2011. a.). *Eco-City Siberia*. Kasutamise kuupäev: 08. 12 2019. a., allikas taboodata.com: <https://taboodada.wordpress.com/2011/04/01/eco-city-siberia/>
- Tasiast Mauritanie Limited SA. (2012). *Tasiast Gold Mine Expansion Project*. London: URS Infrastructure & Environment UK Liited. Tsiteeritud 05. 04 2020. a.

- Teygeler, R. (2001). *Preservation of Archives in Tropical Climates. An annotated bibliography*. Pariis: Comma. Kasutamise kuupäev: 14. 04 2020. a., allikas https://www.researchgate.net/publication/270273714_Preservation_of_Archives_in_Tropical_Climates_An_annotated_bibliography
- The Editors of Encyclopaedia Britannica. (07. 12 2000. a.). *Arenosol*. Kasutamise kuupäev: 05. 04 2020. a., allikas Britannica: <https://www.britannica.com/science/Arenosol>
- Waggoner, B. M. (07. 02 1996. a.). *The Carboniferous Period*. Kasutamise kuupäev: 05. 04 2020. a., allikas Berkley.edu: <https://ucmp.berkeley.edu/carboniferous/carboniferous.php>
- West Edmonton Mall. (2018). *West Edmonton Mall Info*. Kasutamise kuupäev: 08. 12 2019. a., allikas West Edmonton Mall: <https://www.wem.ca/>
- World Heritage Encyclopedia. (09. 04 2009. a.). *Project Gutenberg Self-Publishing Press*. Kasutamise kuupäev: 13. 04 2020. a., allikas Main Street: http://www.self.gutenberg.org/articles/eng/Main_Street
- World Wildlife Fund. (kuupäev puudub). *Northern Africa*. Kasutamise kuupäev: 09. 12 2019. a., allikas World Wildlife: <https://www.worldwildlife.org/ecoregions/pa1327>
- Yarmuch, J. L., Brazil, M., Rubinstein, H., & Thomas, D. A. (02 märts 2020. a.). *Optimum ramp design in open pit mines*. Santiago, Chiili: Elsevier. Kasutamise kuupäev: 02. 05 2020. a., allikas <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S030505481930173X>