

A report
for the
CLUB OF ROME'S
project on the
predicament of mankind.

KASVU PIIRID



Donella H. Meadows Dennis L. Meadows
Jorgen Randers William W. Behrens III

KASVU PIIRID

Rooma Klubi projekti
„Inimkonna ohud“ aruanne

Donella H. Meadows
Jorgen Randers

Dennis L. Meadows
William W. Behrens III

Tõlkis Andres Kuusk, illustratsioonid on väljaandest
The Limits to Growth

A report for The Club of Rome's Project on the Predicament
of Mankind.

Donella H. Meadows, Dennis L. Meadows, Jorgen Randers,
William W. Behrens III, A Potomac Associates Book

Pan Books London and Sydney, 1978.

Raamatu esmatrükk 1972 Suurbritannias.

*Pühendatud Dr. Aurelio Pecceile, kelle sügav mure inimsuse
käekäigu pärast on inspireerinud meid ja paljusid teisi mõtlema
maailma tulevikuprobleemide üle.*

MIT projekti meeskond

(MIT – Massachusettsi Tehnoloogiainstituut)

Dr. Dennis L. Meadows, direktor, USA

Dr. Alison A. Anderson, USA (saastumine)

Dr. Jay M. Anderson, USA (saastumine)

Ilyas Bayar, Türgi (põllumajandus)

William W. Behrens III, USA (ressursid)

Farhad Hakimzadeh, Iraan, (rahvastik)

Dr. Steffen Harbordt, Saksamaa (rahvus-poliitilised trendid)

Judith A. Machen, USA (administreerimine)

Dr. Donella H. Meadows, USA (rahvastik)

Peter Milling, Saksamaa (kapital)

Nirmala S. Murthy, India (rahvastik)

Roger F. Naill, USA (ressursid)

Jørgen Randers, Norra (saastumine)

Stephen Shantzis, USA (põllumajandus)

John A. Seeger, USA (administreerimine)

Marilyn Williams, USA (dokumenteerimine)

Dr. Erich K. O. Zahn, Saksamaa (põllumajandus)

EESSÕNA

Aprillis 1968 kogunesid kolmkümmend inimest kümnelt maalt — teadlased, eksperdid hariduse ja majanduse vallas, humanitaarid, tööstuses, riigiameteis ja rahvusvahelisel areenil töötajad — Roomas Accademia dei Linceis. Kokkusaamise eestvedajaks oli tööstus-mänedžer, majandusspetsialist ja visionäär Dr. Aurelio Peccei. Arutelu teemaks olid inimkonna praegused ja tuleviku-ohud.

Rooma Klubi

Sellest arutelukoosolekust kasvas välja Rooma Klubi, mitteformaalne organisatsioon, mida tabavalt kirjeldati kui „nähtamatu kolledž“. Rooma Klubi eesmärk on edendada arusaamist mitmekesiseist vastastikku läbipõimunud globaalsetest süsteemidest, mille keskel me elame — majandus, poliitika, loodus ja ühiskond. Informeerida kõigest sellest avalikkust ja juhte ning sel viisil kaasa aidata uutele algatustele ja tegevustele.

Rooma Klubi on jäänud mitteformaalseks ühenduseks, mille liikmeskond on nüüdseks kasvanud umbes seitsmekümneni kahekümne viiest rahvusest. Keegi neist ei ole kõrge ametiisik, ka ei püüa Rooma Klubi esindada ühtegi ideoloogiat, poliitilist ega rahvuslikku seisukohta. Rooma Klubi liikmeid ühendab veendumus, et inimkonna ees seisvad peamised probleemid on sedavõrd keerulised ja üksteisest läbi põimunud, et traditsioonilised institutsioonid ja elukorraldus ei suuda nendega rinda pista.

Rooma Klubi liikmete tegevusalad on niisama mitmekesised kui nende rahvus. Dr. Peccei, seni endiselt peamine

grupi eestvedaja, töötab Fiatis ja Olivettis ning juhib majanduse ja tehnika konsultatsioonifirmat Italconsult — ühte suurimat omal alal Euroopas. Teised Rooma Klubi juhid on Hugo Thiemann — Genfi Batelle Instituudi juht; Alexander King — Majanduskoostöö ja Arengu Organisatsiooni OECD teadusdirektor; Saburo Okita — Jaapani Majanduse Uurimise Keskuse juht; Eduard Pestel Hannoveri Tehnikaülikoolist ja Carroll Wilson Massachusettsi Tehnoloogiainstituudist. Kuigi Rooma Klubi liikmeskond on väikesearvuline ja ei ületa sadat, kaasab see suurt hulka kultuuride, rahvuste ja väärtussüsteemide esindajaid.

Projekt „Inimkonna ohud“

Varased Rooma Klubi nõupidamised kulmineerusid otsusega alustada ambitsioonikat ettevõtmist — projekti „Inimkonna ohud“ (The Project on the Predicament of Mankind).

Projekti eesmärk oli analüüsida kõigile rahvastele ühiseid probleeme: vaesus jõukuse keskel, keskkonna degradatsioon, institutsioonide usaldatavuse kadu, noorte võõrandumine ja teised raha- ja majandusmaailma lõhenemised. Need esmapilgul väga erinevad maailma probleemid, nagu Rooma Klubi neid nimetas, omavad kolme ühisjoont. Nad ilmnevad kõigis ühiskondades, neil on ühised tehnilised, sotsiaalsed, majanduslikud ja poliitilised jooned, ja mis peamine — need probleemid on üksteisega vastastikmõjus.

See on ohuks inimkonnale, et inimene võib küll märgata probleemistikku, aga hoolimata oma suurest teadmiste-pagasist ja oskustest ei taju ta nende probleemide päritolu, tähtsust ja vastastikusi seoseid ning seetõttu ei suuda adekvaatselt probleemidele vastu seista. Niisugune suutma-

EESSÕNA

tus on paljuski põhjustatud sellest, et probleeme uuritakse ükshaaval, suutmata aru saada, et probleemide sünergia tõttu on kogu probleemistik suurem kui üksikute komponentide summa, et muutused ühes süsteemi elemendis kutsuvad kaasa muutused ka paljudes teistes.

Projekti „Inimkonna ohud“ esimene etapp kujunes välja Rooma Klubi nõupidamistel Bernis Šveitsis ja Cambridge'is Massachusettsis 1970. aastal. Kahenädalasel konverentsil MIT-is tutvustas Prof. Jay Forrester globaalse arengu mudelit, mis võimaldas eristada mitmeid üksikuid arengujooni ja pakkus välja vahendid kõige tähtsamate protsesside ja nende vastasmõjude analüüsiks. See ettekanne juhatas sisse projekti esimese etapi. Prof. Forresteri ja teiste tööd süsteemide dünaamika vallas moodustasid uurimistöökäsitluste vahendite tuumiku.

Projekti esimest etappi juhtis rahvusvaheline meeskond eesotsas Prof. Dennis Meadowsiga Volkswagen Foundation-i rahastusel. Uurimismeeskond uuris viit peamist tegurit, mis määravad ja ühtlasi piiravad kasvu meie planeedil — rahvastik, põllumajandustoodang, loodusressursid, tööstustoodang ja saastumine. See uuringuetapp on nüüdseks lõpetatud. Siinne raamat on esimene uurimistulemuste kokkuvõtte avalikkuse jaoks.

William Watts, *President*
POTOMAC ASSOCIATES

Sisukord

EESSÕNA (<i>Potomac Associate</i>)	4
SISSEJUHATUS	8
I Eksponentsiaalse kasvu olemus	16
II Eksponentsiaalse kasvu piirid	36
III Kasv maailmas	77
IV Tehnoloogia ja kasvu piirid	116
V Tasakaaluline maailm	142
Kommentaar, Rooma Klubi täidesaatev komitee	171
Lisa: Seotud uuringud	183
Märkused	186

SISSEJUHATUS

Ma ei taha näida melodramaatiline, kuid mulle kui ÜRO peasekretärile kättesaadava informatsiooni põhjal on Ühinenud Rahvaste Organisatsiooni liikmetele jäänud võibolla ainult kümme aastat, et alla suruda oma põlised tülid ja alustada globaalset koostööd ning talitseda võidurelvastumist, selleks et parendada keskkonda, peatada rahvastiku plahvatuslik kasv ja anda vajalik hoog arengule. Kardan, et kui niisugust globaalset partnerlust ei suudeta lähema kümne aasta jooksul luua, siis saavutavad nimetatud kogu maailma vapustavad probleemid sellise ulatuse, et me ei suuda neid enam kontrollida.

U Thant, 1969

Probleeme, mida U Thant nimetas — võidurelvastumine, keskkonna halvenemine, rahvastiku plahvatuslik kasv ja majanduslik stagnatsioon — nimetatakse sageli inimkonna keskseiks ja püsivaiks probleemideks. Palju inimesi usub, et inimühiskonna tulevik ja võibolla koguni püsijäämine sõltub sellest, kui kiiresti ja kui tõhusalt suudab inimkond nende probleemidega toime tulla. Aga ometi ainult väike osa inimkonnast suudab aru saada nende probleemide tõsidusest ja püüab leida neile lahendusi.

Inimkonna väljavaated

Igal inimesel on probleeme ja vajadusi, mis nõuavad ta tähelepanu ja tegutsemist. Need probleemid mõjutavad teda erinevatel viisidel. Inimesel võib kuluda palju aega homse söögi hankimiseks endale ja oma perele. Ta võib olla mures oma või oma rahva suutlikkuse pärast saada hakkama. Ta võib olla mures, et tema eluajal puhkeb maailmasõda või et järgmisel nädalal puhkeb sõda naaberhõimuga.

Niisuguseid väga eritasemelisi inimese muresid kujutab graafik joonisel 1. Graafikul on kaks mõõdet — ruum ja aeg. Iga inimese mured saab paigutada sellel graafikul mingisse punkti, sõltuvalt sellest, kui palju geograafilist ruumi need hõivavad ja kui kaugemale need ulatuvad ajas. Enamuse inimeste mured paiknevad graafikul all vasakul nurgas. Nende inimeste elu on raske ja nad kulutavad päevast päeva kogu oma energia enda ja oma pere toimetulemiseks. Teised muretsevad ka probleemide pärast, mis asetsevad graafikul kas aja- või ruumiteljel kaugemal. Nemad märkavad muresid, mis ei puuduta üksnes neid endid vaid ka kogu kogukonda, millesse nad kuuluvad. Nende tegutsemine on suunatud nädalate või ka aastate kaugusele tulevikku.

Joonis 1: Inimeste huviruum

Kuigi maailma inimeste huviruumid varieeruvad ruumis ja ajas, paikneb iga inimene kuskil kindlas kohas sellel ruumi ja aja telgedega graafikul. Enamus inimesi tunneb muret ainult probleemide ja sündmuste pärast, mis on seotud tema enda ja ta perekonnaga või sõpradega üsna lühikesel ajavahemikul. Teised vaatavad ajas kaugemale ette või huvituvad sellest, mis puudutab rohkemaid — kas linna või rahvast. Neid inimesi, kelle huviorbiidil on kogu planeedi käekäik ka kaugel tulevikus, on väga vähe.

Inimese aja ja ruumi perspektiivi ulatus sõltub tema

SISSEJUHATUS

kultuuritasemest, eelnevast kogemusest ja sellest, kui kiiret reageerimist nõuavad tema ees seisvad probleemid igal sündmuste tasemel. Et asuda ulatuslike probleemide kallale, peab inimene suutma lahendada teda otseselt puudutavad probleemid. Mida suuremat ala ja ajaperioodi hõlmav on mingi probleem, seda väiksem on inimeste hulk, kes on valmis selle lahendamise nimel tegutsema.

See võib olla pettumust valmistav või ohtlikki, kui tähelepanu piirdub väga väikese ruumilise alaga. Ohtrasti on näiteid, et kogu energia suunamisel mingi lokaalse hetkeprobleemi lahendamisele võivad suurema konteksti sündmused nullida pingutuste tulemused. Farmeri hoolikalt haritud põllu võib hävitada rahvaste vaheline sõda. Kohaliku omavalitsuse plaanid võib väärata riiklik poliitika. Riigi või rahva majandusliku arengu võib peatada nõudluse puudumine tema toodangule maailmas. See on tänapäeval järjest suurenev mure, et personaalsed ja rahvuslikud huvid võivad põrkuda pika-ajaliste globaalsete suundumustega, mida mainis U Thant.

Kas globaalsed trendid on tõepoolest niivõrd ohustavad, et nendega toimetulemine peaks olema tähtsam kui toime tulemine kohalike praegu ja siin olevate probleemidega?

Kas on tõsi, et aega on vähem kui dekaad, et saavutada kontroll nende trendide üle, nagu ütles U Thant?

Mis juhtub, kui me ei saavuta kontrolli nende trendide üle?

Millised vahendid ja meetodid on inimkonnal kasutada globaalsete trendide üle kontrolli saavutamiseks, millised saavad olema niisuguse tegevuse tagajärjed ja mis on ühegi niisuguse tegevuse maksumus?

Need on esmased küsimused, mida me uurime Rooma Klubi projektis „Inimkonna ohud“. Nii toimides paikneme joonise 1 graafiku parempoolses ülemises nurgas.

Probleemid ja mudelid

Iga inimene asub tema ees olevaid probleeme lahendama sellekohase mudeli abil. Mudeli all on siin mõeldud keeruka süsteemi kohta tehtud korrastatud oletuste komplekti. See on katse leida lõpmata mitmekesise maailma mõne aspekti kirjeldamiseks või sellest arusaamiseks midagi varasemast kogemusest või oletustest, mis oleks rakendatav konkreetse probleemi lahendamiseks. Seda, millist põllukultuuri ühelgi aastal külvata, otsustab farmer oma teadmiste ja kogemuse põhjal — milline on ta maa, ta varalised võimalused, turu perspektiiv ja varasem ilm. Maamõõtja teeb füüsilise mudeli — kaardi, kui hakkab kavandama teed. Majandusteadlane kasutab matemaatilisi mudeleid rahvusvaheliste kaubavoogude analüüsiks ja ennustamiseks.

Iga taseme juhid kasutavad alateadlikult mõttelisi mudeleid, mis aitavad teha otsuseid, mis kujundavad meie tulevikku. Need mõttelised mudelid on vältimatult väga palju lihtsamad kui reaalne maailm. Inimese aju on küll imetlusväärsete võimetega, aga reaalse maailma toimimist kogu selle keerukuses ja protsesside vastastikustes seostes tervikuna ei suuda see haarata.

Selles töös siin kasutame samuti mudelit. Meie mudel on formaliseeritud, ära kirjeldatud maailma mudel.*

*Siinse mudeli prototüübiks oli MIT professori Jay W. Forresteri mudel. Tolle mudeli kirjeldus on avaldatud tema raamatus „World Dynamics“ (Cambridge, Mass.: Wright-Allen Press, 1971).

SISSEJUHATUS

See on esimene katse kirjeldada meie teadvuse mõttelisi mudeleid pikaajaliste globaalsete protsesside toimimisest, kasutades juba olemasolevat tohutut informatsioonikogust ning rakendades uusi infotöötlusmeetodeid ja võimalusi, mida inimkonna teadmistebaas pakub — teaduslikud meetodid, süsteemanalüüs ja kaasaegsed arvutid.

Meie mudel on loodud viie peamise globaalse trendi uurimiseks: kiirenev industrialiseerimine, kiire rahvastiku kasv, laialtlevinud alatoitumine, taastumatute loodusressursside ammendumine, halvenev keskkond. Need trendid on mitmel viisil üksteisega seotud ja need trendid kestavad pigem aastakümneid ja sajandeid kui kuid või aastaid. Mudeli abil katsume leida ja aru saada nende trendide põhjustest, nende vastastikutest suhetest ja nende tähendusest inimkonnale lähema saja aasta jooksul.

Meie mudel on ebatäpne, lihtsustatud ja lõpetamata nagu kõik mudelid. Me teame neid mudeli puudusi, aga me usume, et mudel aitab meil analüüsida aja-ruumi graafikul kujutatud probleeme. Meile teadaolevalt on meie mudel ainuke formaliseeritud mudel, mis on tõepoolest globaalne oma haardelt, ulatub ajas kaugemale kui kolmkümmend aastat ja käsitleb olulisi muutujaid nagu rahvastik, toidu tootmine ja saastamine mitte kui sõltumatud muutujad vaid dünaamilises vastasmõjus olevatena nagu need on reaalses maailmas.

Kuivõrd meie mudel on formaliseeritud matemaatiline mudel, on tal abstraksete mõtteliste mudelite ees kaks olulist eelist. Esiteks, iga tehtud eeldus on täpselt kirjeldatud ja on seetõttu kontrollitav ja avalikult arutatav. Teiseks, eeldusi on üksikasjalikult uuritud, arutatud ja korrigeeritud meie parima praeguse teadmise kohaselt, seetõttu saab nende mõju maa-

ilma süsteemsele käitumisele jälgida nende kogu keerukuses.

Me tunneme, et ülalloetletud mudeli eelised teevad meie mudeli teiste loodud mudelite hulgas eriliseks. Samas ei ole mingitki põhjust leppida mudeliga praegusel kujul. Me kavatsame seda täiendada ja muuta paremaks sedamööda, kuidas meie teadmised ja maailma kirjeldavad andmekogud täienevad.

Kuigi meie töö tulemused on esialgsed, usume, et on oluline avalikustada mudel ja tutvustada sellega saadud tulemusi juba nüüd. Juhtimisotsuseid, mis mõjutavad maa ja ühiskonna füüsilisi, majanduslikke ja sotsiaalseid tingimusi tulevateks aastakümneteks, tehakse iga päev igas maailmanurgas. Niisuguste otsustustega ei saa oodata, millal saavad valmis perfektsed mudelid ja täiuslik arusaamine globaalset protsessidest. Neid otsuseid tehakse, tuginedes mingeile mõttelistele või kirjapandud mudelitele nii ehk nii. Me arvame, et siinkirjeldatav mudel on piisavalt arendatud, et olla kasulik otsuste langetajaile. Enamgi veel, me näeme, et mudeli üldised käitumisjooned on sedavõrd põhjanevad ja üldised, et pole põhjust arvata, et mudeli edasine täiustamine muudaks mudeli prognoosid täiesti teistsuguseks.

Siinse raamatu eesmärk ei ole anda meie loodud maailma mudeli kõigi matemaatiliste võrrandite ja andmete täielikku teaduslikku kirjeldust. Niisuguse kirjelduse võib leida meie projekti tehnilises lõppraportis. Raamatus „Kasvu piirid“ esitame meie mudeli üldise kirjelduse ja võtame kokku mudeliga saadud peamised tulemused. Rõhuasetus ei ole valemitel ja mudeli keerulistel üksikasjadel, vaid sellel, mida ütleb mudel meie maailma kohta. Arvutit kasutasime töövahendina, mis aitaks meil paremini aru saada nüüdisaegse maailma kiirenevate trendide poolt esile kutsutud stressidest ja tagajärgedest.

SISSEJUHATUS

Arvuti ei ole vajalik, et mõista meie saadud tulemusi ja nende üle arutleda. Kiirenevate trendide mõju maailmas tekitab uusi arenguid, mis on sedavõrd olulised, et nende mõju ulatub kaugele väljapoole puhtalt teaduslikku publikatsiooni. Nende protsesside üle peab aru pidama märksa laiem avalikkus kui ainult teadlased. Meie soov on alustada niisugust arutelu.

Samasuguste järeldusteni nagu meie on jõudnud ka teised uurimisrühmad. Inimesed, kes jälgivad Maal toimuvat selle globaalsuses ja pikaajalisuses, on juba mõne aastakümne keskel jõudnud sarnaste tulemusteni. Sellele vaatamata tehakse enamus otsustusi saadud tulemusi arvestamata.

Meie järeldused on:

1. Kui praegused maailma rahvastiku, industrialiseerimise, toiduainete tootmise ja loodusressursside ärakasutamise trendid jätkuvad muutumatult, saavutatakse kasvu piirid meie planeedil lähema saja aasta kestel. Kõige tõenäosemaks tulemuseks on järsk ja kontrollimatu rahvaarvu ja tööstustoodangu taandareng.
2. Neid trende on võimalik muuta nii, et saavutatakse ökoloogiline ja majanduslik kauakestev stabiilsus. Võimalik on kavandada niisugune globaalne tasakaal, et igale inimesele on tagatud tema vajaduste täitmine ja igal inimesel on võimalik realiseerida oma potentsiaali.
3. Kui maailma rahvastik otsustab püüelda teise, mitte esimese arenguvariandi poole, siis võimalused selle realiseerimiseks on seda suuremad, mida varem asutakse otsustavalt selle poole püüdlema.

Need järeldused on nii kaugeleulatuvad ja püstitavad nii palju uusi uurimist vajavaid küsimusi, et võime uppuda ees-
seisvasse töösse. Me loodame, et see raamat innustab inimesi paljudel erialadel ja paljudes maades, et kergitada inimkonna ees seisvaid ruumi ja aja horisonte ning ühineda selle nimel, et mõista ja valmistuda suureks üleminekuks kasvult globaalsele tasakaalule.

I PEATÜKK

EKSPONENTSIAALSE KASVU OLEMUS

Inimesed arvavad, et viis poega ei ole liiga palju ja igal pojalt on samuti viis poega. Vanaisa surma ajal on tal juba 25 järglast. Sellepärast on inimesi rohkem, aga nende heaolu on kahanenud - nad töötavad kõvasti, aga saavutavad vähem.

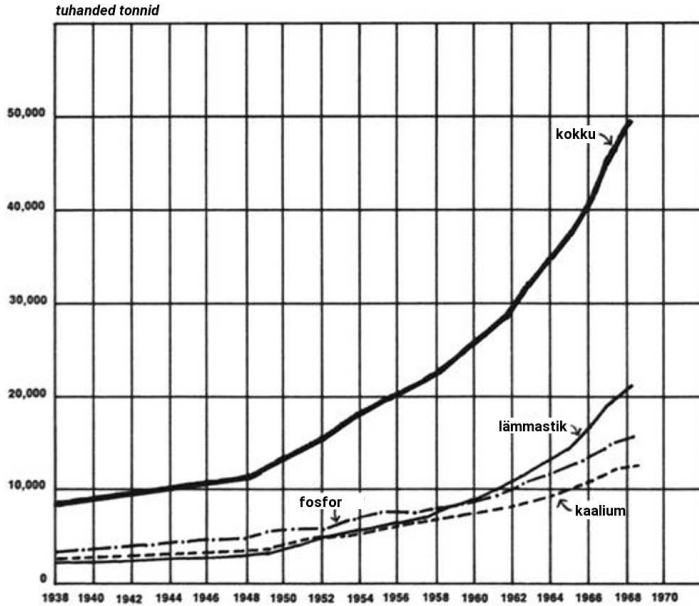
Han Fei-Tzu, ca 500 eKr

Kõik viis siinse uurimuse peamist komponenti — rahvastik, toidu tootmine, industrialiseerimine, saastamine ja taastumata loodusressursside tarbimine kasvavad. Nende kasv järgib igal aastal mustrit, mida matemaatikud nimetavad eksponentsiaalseks kasvuks. Pea kõiki inimkonna tegevusi väetiste kasutamisest kuni linnade kasvuni saab kujutada eksponentsiaalse kasvu graafikuga (vt. joonised 2 ja 3). Kuna suur osa siinsest raamatust käsitleb eksponentsiaalse kasvuga seotud nähtusi, on oluline kõigepealt tutvuda niisuguste protsesside üldiste omadustega.

Ekspponentsiaalse kasvu matemaatika

Enamus inimestest arvab, et kasv on lineaarne protsess. Millegi hulk kasvab lineaarselt, kui see kasvab samasuure ajavahemiku kestel ühepalju. Näiteks laps, kes kasvab iga aastaga pikemaks kolm sentimeetrit, kasvab lineaarselt. Kui kokku-

Joonis 2: Väetiste kasutamine maailmas



Väetiste kasutamine maailmas kasvab eksponentsiaalselt, kahekordistudes umbes 10 aastaga. Väetiste kogukasutus on praegu viis korda suurem kui see oli Teise maailmasõja ajal.

Märkus: Graafikud ei arvesta väetiste kasutamist NSVL-is ja Hiina Rahvavabariigis.

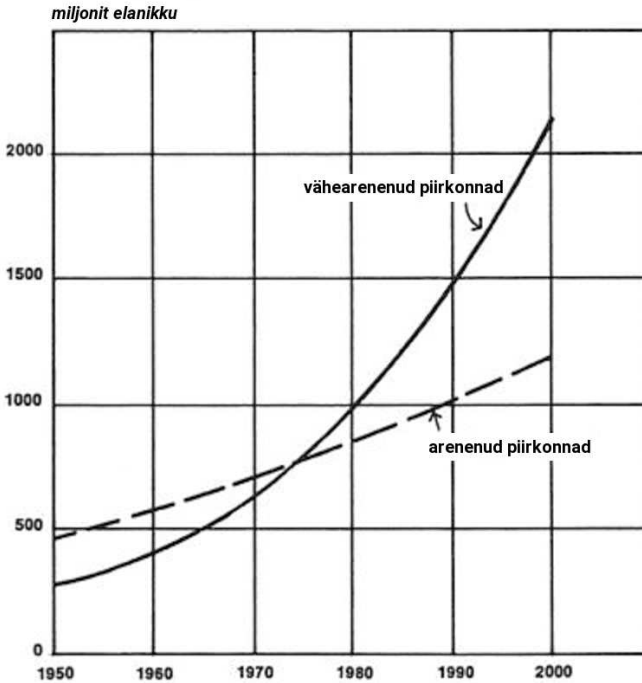
Allikad: UN Department of Economic and Social Affairs, Statistical Yearbook 1955, Statistical Yearbook 1960, Statistical Yearbook 1970 (New York: United Nations, 1956, 1961, 1971).

hoidlik inimene peidab igal aastal 10 dollarit madratsi alla, kasvab ta rahahulk madratsi all samuti lineaarselt. Juurdekasv aastas ei sõltu sellest, kui suur on laps või kui palju on juba raha madratsi all.

Mingi hulk kasvab eksponentsiaalselt, kui see kasvab

EKSPONENTSIAALSE KASVU OLEMUS

Joonis 3: Linnarahvastiku arv maailmas

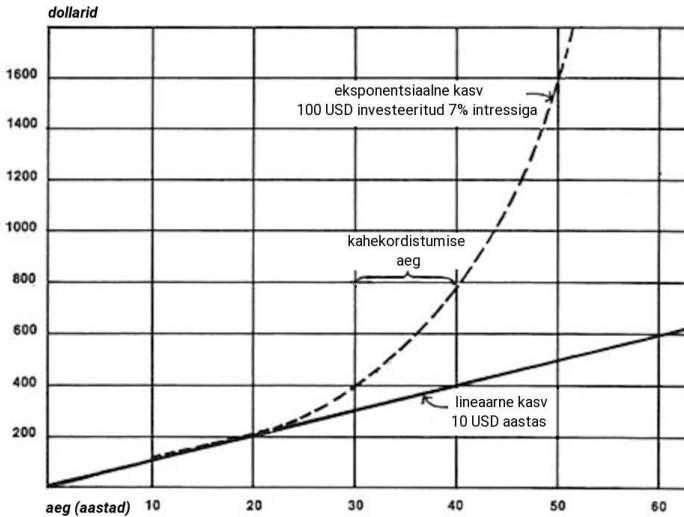


Linnarahvastiku koguhulka prognoositakse kasvavat eksponentsiaalselt vähearenenud piirkondades ning peaaegu lineaarselt arenenud piirkondades. Praegune linnarahvastiku kahekordistumise aeg vähearenenud piirkondades on 15 aastat.

Allikas: UN Department of Economic and Social Affairs, The World Population Situation in 1970 (New York: United Nations, 1971).

ühesuuruse ajavahemiku kestel protsentuaalselt sama palju. Pämirakkude koloonia, milles iga rakk jaguneb kaheks 10 minuti jooksul, kasvab eksponentsiaalselt. Igast rakust saab 10 minuti pärast kaks, kasv on 100 protsenti. Järgmise 10 minuti pärast on neli raku, siis kaheksa, siis kuusteist. Kui raha

Joonis 4: Hoiuste kasv



Kui kokkuhoidlik peidab igal aastal 10 dollarit madratsi alla, siis kasvavad ta säästud lineaarselt nagu on näha graafiku alumisel joonel. Kui ta 10 aasta möödudes investeerib oma 100 dollarit 7-protsendise aastase kasumiga, siis hakkavad ta säästud kasvama eksponentsiaalselt. Säästude kogusumma kahekordistub siis 10 aastaga.

madratsi alla peitnu võtab sealt 100 dollarit ja investeerib selle 7-protsendise tuluga, nii et kogusumma kasvab igal aastal 7 protsenti, siis kasvab kogusumma märksa kiiremini kui lineaarselt kasvades (vt. joonis 4). Pangakontole aastas lisanduv summa või iga 10 minuti kestel lisandunud pärmirakkude hulk ei ole muutumatu. Mõlemad need kasvavad ja nii kasvab ka kogusumma pangas või pärmirakkude koguarv. Nii-sugune eksponentsiaalne kasv on tavaline paljudes maailma süsteemides — bioloogilistes, rahanduslikes ja teistes.

EkspONENTSIAALSEL kasvul on üllatavad tagajärjed, need

on lummanud inimkonda sajandeid. Üks vana pärsia legend räägib kavalast õukondlasest, kes kinkis kuningale ilusa malelaua ja soovis, et kuningas annaks talle esimese ruudu eest ühe riisitera, teise eest 2 tera, kolmanda eest 4 tera ja nii edasi. Kuningas oli meeeldi nõus ja lasi tuua oma ladudest riisi. Neljanda ruudu eest tuli anda 8 tera, kümnenda ruudu eest 512 tera, viieteistkümnenda eest 16 384 tera ja kahekümne esimese ruudu eest sai õukondlane rohkem kui miljon riisitera. Neljakümnenda ruudu eest tuli aidast tuua miljon miljonit riisitera. Kogu kuninga viljaait sai tühjaks ammu enne kui jõuti kuuekümnenda neljanda ruuduni. Eksponentsiaalne kasv on petlik, see jõuab väga suurte numbriteni väga kiiresti.

Üks prantsuse laste mõistatus illustreerib eksponentsiaalse kasvu teist omadust — seda, kui ootamatult kasvab niisugune protsess mingi etteantud piirini. Kujutage ette, et teil on tiik, milles kasvavad vesiroosid. Vesiroosidega kaetud ala kasvab iga päevaga kaks korda suuremaks. Kui vesiroosid saaksid kasvada tõkestamatult, kataksid need kogu tiigi 30 päevaga, tõrjudes välja kõik muu vees elava. Vesiroosidega kaetud ala näib tükk aega olevat väike ning te ei muretse selle kasvu pärast ega lõika vesiroose tagasi, kuni need pole katnud poolt tiiki. Mitmendal päeval see juhtub? Muidugi kahekümne üheksandal päeval. Teil on tiigi päästmiseks aega üks päev.*

Eksponentsiaalset kasvu kirjeldab hästi kahekordistumise aeg. Äsjakirjeldatud vesiroosil on kahekordistumise aeg 1 päev. Pangasolev rahasumma, mis kasvab 7 protsenti aastas, kahekordistub 10 aastaga. Intressimäära ja rahahulga kahekordistumise vahel on lihtne matemaatiline seos. Kahekordistumise aeg on enamvähem võrdne 70 jagatud kasvukiirusega, nagu

*Tänane M. Robert Lattes'd, kes jutustas meile selle loo.

illustreeritud tabelis 1.

Tabel 1 Kahekordistumise aeg

Kasvu kiirus (% aastas)	Kahekordistumise aeg (aastat)
0.1	700
0.5	140
1.0	70
2.0	35
4.0	18
5.0	14
7.0	10
10.0	7

Mudelid ja eksponentsiaalne kasv

Eksponentsiaalne kasv on dünaamiline nähtus, selles on elemente, mis muutuvad ajas. Lihtsates süsteemides nagu panga-hoius või vesirooside tiik on eksponentsiaalne kasv ja protsessi edasine kulgemine kergesti mõistetavad. Kui samaaegselt kasvavad eksponentsiaalselt mitmed keerulises vastatikus seoses olevad protsessid või hulgad, siis on süsteemi tuleviku prognoosimine väga raske. Kas elanikkonna kasv kutsub esile industrialiseerimise või põhjustab industrialiseerimine elanikkonna kasvu? Kas ainult üks neist või need mõlemad põhjustavad saastumise kasvu? Kas suurenev toiduainete tootmine põhjustab elanikkonna kasvu? Mis juhtub ülejäänud protsessidega, kui iga üksik neist muutub kiiremini või aeglasemalt? Niisuguste väga raskete küsimuste üle arutatakse praegu kogu

EKSPONENTSIAALSE KASVU OLEMUS

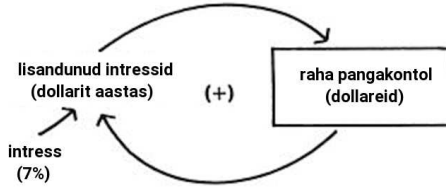
maailmas. Vastuseid võib saada ainult siis, kui me mõistame paremini kõigi nende oluliste osaprotsesside kogu kompleksset süsteemi tervikuna.

Viimase 30 aasta jooksul on MIT-is välja töötatud niisuguste keeruliste dünaamiliste süsteemide analüüsi uus meetod. Seda meetodit nimetatakse süsteemidünaamikaks.*

Meetodi olemuseks on arusaamine, et iga süsteemi struktuur — rohked ringseosed, üksteist välistavad seosed, sageli ka viivitusega seosed süsteemi komponentide vahel on süsteemi käitumise kujundamisel niisama olulised kui iga komponendi käitumine. Siin raamatus kirjeldatav maailma mudel on süsteemidünaamika mudel.

Dünaamilise modelleerimise teooria näitab, et iga eksponentsiaalselt kasvav suurus või nähtus on positiivse tagasisidega. Positiivse tagasisidega protsessi kutsutakse vahel ka „nõiaringiks“. Üheks näiteks on palga-hinna spiraal — palkade tõus toob kaasa hinnatõusu, mis viib suurema palga nõudluseni, ja nii edasi. Positiivse tagasisidega protsessis põhjustab iga muudatus põhjuste ja tagajärgede ahela, mis viib esialgselt muutunud suuruse veel suuremale muutusele. Positiivse tagasisidega tsüklit, mis toob kaasa rahahulga eksponentsiaalse kasvu pangakontol, saab kujutada järgnevalt:

*Süsteemide dünaamika analüüsi on detailselt kirjeldatud raamatuis J.W. Forrester, *Industrial Dynamics* (Cambridge, Mass.: MIT Press, 1961) ja *Principles of Systems* (Cambridge, Mass.: Wright-Allen Press, 1968).



Kui algselt on pangakontol 100 dollarit ja intress 7% aastas, siis esimese aastaga lisandub 7 dollarit, nii et aasta pärast on kontol 107 dollarit. Järgmisel aastal lisandub 7% 107-st dollarist, st. 7.49 dollarit, nii on teise aasta lõpuks kontol 114.49 dollarit. Aasta hiljem lisandub intressina rohkem kui 8.00 dollarit. Mida rohkem on kontol raha, seda rohkem lisandub igal aastal intressina. Mida rohkem lisandub, seda rohkem on raha kontol ja seda suurem on järgmisel aastal lisanduv intressi summa. Ja nii edasi. Kontol olev rahasumma kasvab eksponentsiaalselt. Intressi määr (muutumatu 7 protsenti) määrab ühes tsüklis saadava juurdekasvu ehk kontol oleva rahahulga kasvu kiiruse.

Alustame maailma pikaajalise oleku dünaamika analüüsi, vaadeldes juba nimetatud viie füüsikalise suuruse positiivse tagasiside poolt põhjustatud eksponentsiaalset kasvu. Enne kõike vaatleme neist kahe — rahvastiku ja industrialiseerimise kasvu, sest enamasti on arengu taotlus suurendada tööstustoodangut kiiremini kui kasvab rahvastik. Kaks põhilist positiivse tagasiside protsessi — rahvastiku ja industrialiseerimise eksponentsiaalne kasv on oma loomult lihtsad. Kirjeldame nende struktuuri järgmistel lehekülgedel. Rohked seosed nende kahe protsessi vahel kas võimendavad või summutavad kummagi tsükli kulgemist, sidudes või lahtisidestades rahvastiku ja tööstuse kasvukiirusi. Need vastastikused seosed moo-

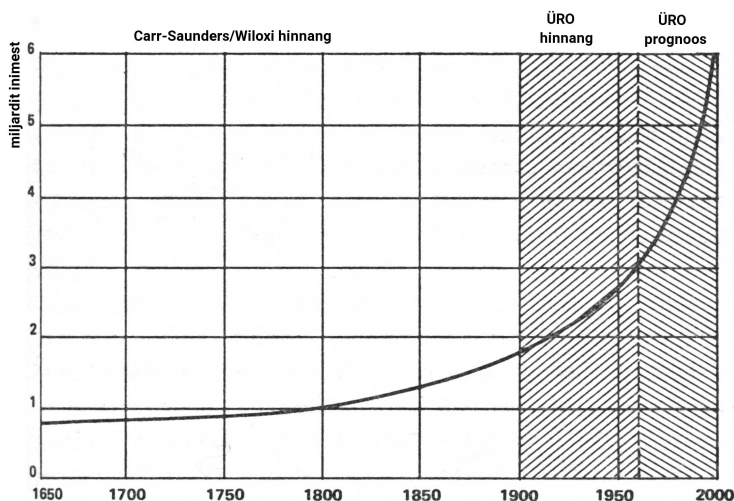
EKSPONENTSIAALSE KASVU OLEMUS

dustavad ülejäänud osa maailma mudelist ja nende kirjeldusele kulub suurem osa siinses raamatust.

Maaailma rahvastiku kasv

Maaailma rahvastiku eksponentsiaalne kasv on kujutatud joonisel 5.

Joonis 5: Maaailma rahvastik



Maaailma rahvastik on alates aastast 1650 kasvanud eksponentsiaalselt kiirenevalt. Hinnanguline rahvaarv 1970. aastal ületab juba graafikul esitatud 1958. aastal tehtud prognoosi. Praegune rahvastiku kasvu kiirus on umbes 2.1 protsenti aastas, millele vastab kahekordseks kasvamise aeg 33 aastat.

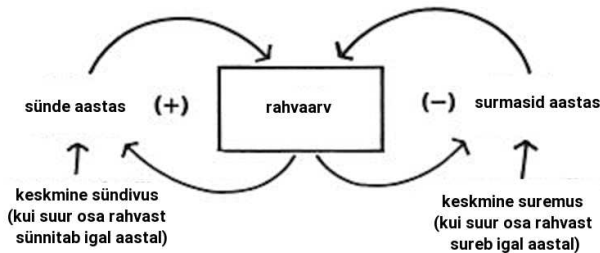
Allikas: Donal J. Bogue, Principles of Demography (New York: John Wiley and Sons, 1969).

1650. aastal elas planeedil umbes 0.5 miljardit inimest ja

rahvastiku kasv oli umbes 0.3 protsenti aastas.¹

See vastab kahekordistumise ajale umbes 250 aastat. 1970. aastal oli rahvastiku koguarv 3.6 miljardit ja kasvu kiirus oli 2.1 protsenti aastas.² Niisuguse kasvukiiruse korral kahekordistub rahvaarv 33 aastaga. Seega, rahvastik ei kasva mitte ainult eksponentsiaalselt, vaid ka rahvastiku kasvu kiirus kasvab. Võime öelda, et rahvastiku kasv on super-eksponentsiaalne. Rahvastiku hulga graafik kasvab veelgi kiiremini kui eksponentsiaalne kasv.

Tagasiside ahelad, mis kujundavad rahvastiku kasvu dünaamikat, on esitatud allpool.



Vasakul on positiivse tagasisidega tsükkel, mis kujutab vaadeldavat eksponentsiaalset kasvu. Püsiva keskmise sündivusega rahvastikus kasvab sündivate laste arv sedamööda, kuidas kasvab rahva hulk. Mida rohkem lapsi, seda suurem on rahva arv järgnevatel aastatel. Selle aja möödudes, kui need lapsed kasvavad suureks ja saavad ise lapsi, sünnib veelgi rohkem lapsi, kasvatades rahvaarvu veelgi. Püsiv kasv kestab, kuni püsib keskmine viljakus. Kui lisaks poegadele on igal naisel keskmiselt kaks tütart ja igatüks neist kasvab suureks ning saab omakorda kaks tütart, siis kahekordistub rahvaarv

¹Viidatud kirjanduse loetelu on lk. 186

iga põlvkonnaga. Kasvu kiirus sõltub nii keskmisest viljakusest kui ajavahemikust põlvkonnast põlvkonnani. Viljakus ei ole tingimata püsiv ja peatükis III arutame põhjusi, mis muudavad sündivust.

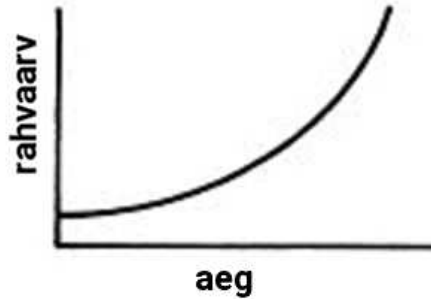
Rahvastiku arvu mõjutab ka teine tagasiside, mida on kujutatud joonise paremal poolel. See on negatiivse tagasiside ahel. Kui positiivne tagasiside kutsus esile kontrollimatu kasvu, siis negatiivne tagasiside reguleerib kasvu ja püüab hoida süsteemi mingis tasakaaluolekus. Niisuguse süsteemi näiteks on toa temperatuuri kontrolliv regulaator. Kui toa temperatuur langeb, lülitab regulaator kütte sisse ja toa temperatuur hakkab kasvama. Kui temperatuur kasvab seatud piirini, lülitab regulaator kütte välja ja temperatuur hakkab uuesti langema. Negatiivse tagasisidega ahelas levib ühe elemendi muutus tsüklis, kuni jõuab esialgsele muutusele vastupidise toimega tagasi sama elemendini.

Rahvastiku arvu negatiivne tagasiside on keskmine suremus, mis kajastab populatsiooni üldist tervislikku seisundit. Keskmine surmade arv aastas on kogu rahvaarvu ja keskmise suremuse korrutis, mida võiksime kujutada kui keskmist surma tõenäosust igas vanuserühmas. Püsiva suremusega rahvastikus kaasneb rahvastiku kasvuga iga-aastane surmade arvu kasv. Suurema surmade arvu tulemusena jääb rahva arv väiksemaks ja nii on järgmisel aastal vähem surijaid. Keskmiselt 5 protsenti rahvast sureb igal aastal, 10 000 inimesega populatsioonis on aastas 500 surma. Kui aasta jooksul ei sünni ühtegi last, on aasta pärast 9 500 inimest. Kui surma tõenäosus on endiselt 5 protsenti, sureb järgmisel aastal 475 inimest ja järele jääb 9 025 inimest. Järgmisel aastal sureb ainult 452 inimest. Jällegi, selles tsüklis on hiline mine, sest

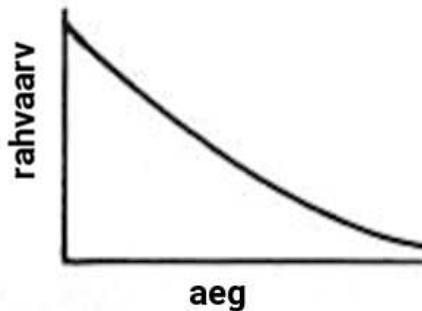
EKSPONENTSIAALSE KASVU OLEMUS

suremus sõltub populatsiooni keskmisest vanusest. Muidugi ei ole suremus ka igas vanusegrupis tingimata muutumatu.

Kui populatsioonis ei oleks suremust, kasvaks populatsioon sündide positiivse tagasiside tõttu eksponentsiaalselt nagu kujutatud joonisel.



Kui ei oleks sünde, kahaneks populatsioon surmade negatiivse tagasiside tõttu nullini nagu näidatud alloleval joonisel.



Igas populatsioonis on nii sünde kui surmasid ja nii sündivus kui suremus muutuvad ajas, sellepärast on populatsiooni nende

kahe tagasiside poolt kontrollitud dünaamika väga komplitseeritud.

Mis on põhjustanud hiljutise maailma rahvastiku supereksponentsiaalse kasvu? Enne tööstusrevolutsiooni olid nii sündivus kui suremus kõrged ja muutusid juhuslikult. Sündide arv ületas kuigivõrd surmade arvu, seetõttu kasvas rahvastiku arv eksponentsiaalselt, aga väga aeglaselt ja muutuva kiirusega. Aastal 1650 oli maailma enamikus inimpopulatsioonides eluiga kõigest 30 aasta ringis. Sellest ajast saadik on inimkond arendanud tegevusi, mis on soodustanud rahvastiku kasvu, eriti tänu surmade vähenemisele. Suremus on kahanenud kogu maailmas tänu meditsiini ja tervishoiu arengule, põllumajanduse ja toidu jaotamise edenemisele. Praegu on maailma keskmine oodatav eluiga umbes 53 aastat ja on pidevalt kasvav.³ Positiivne tagasiside (viljakus) on natuke kahanenud, aga negatiivne tagasiside (suremus) on tublisti nõrgenenud. Tulemusena domineerib positiivne tagasiside ja rahvastik kasvab eksponentsiaalselt nagu kujutatud joonisel 5.

Mis juhtub populatsiooniga tulevikus? Kuidas jätkata populatsiooni graafikut joonisel 5 kahekümne esimesse sajandisse? Räägime sellest põhjalikumalt peatükkides III ja IV. Praegu võime kinnitada, et viivituse tõttu rahvastiku suurus kontrollivates tagasisideahelais, eriti sündide positiivses tagasisides, ei ole rahvastiku kasvu võimalik enne aastat 2000 peatada isegi kõige optimistlikemate sündivuse kahanemise prognooside teoks saamise korral. Enamik aastal 2000 lapsevanemaiks saajaid on juba sündinud. Kui ei ole järsku suremuse kasvu, mida inimkond mõistagi püüab ära hoida, kasvab maailma rahvastik lähema 30 aasta jooksul 7 miljardini. Kui

lisaks suutmatusele vähendada sündimust kahaneb suremus, siis on 60 aasta pärast maailmas inimesi neli korda rohkem kui praegu.

Maailma majanduse kasv

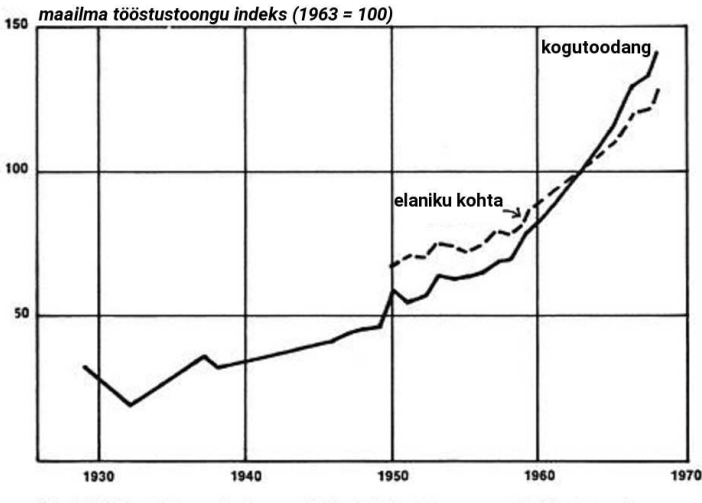
Teine füüsiline suurus, mis on maailmas kasvanud veelgi kiiremini kui rahvastik, on tööstustoodang. Joonis 6 kujutab tööstustoodangu kasvu alates aastast 1930, võttes võrdlustasemeks 1963. aasta toodangu. Keskmise kasvu kiirus vahemikus 1963 kuni 1968 oli 7 protsenti aastas, või 5 protsenti elaniku kohta.

Mis on see positiivne tagasiside, mis kujundab tööstustoodangu eksponentsiaalset kasvu? Dünaamiline struktuur alloleval joonisel on väga sarnane sellele, millega kirjeldasime rahvastikku.

Olemasolev tööstuskapital (tehased, veoautod, tööpingid, masinad jne.) lubab toota mingi hulga tooteid aastas. Tööstustoodangu hulk sõltub ka tööjõust, toorallikaist ja teistest sisendeist. Oletame, et kõik muu vajalik on piisav, nii et toodangut limiteerivad ainult tootmisvahendid. (Maailma mudelis on arvestatud ka teisi sisendeid.) Enamus iga-aastasest tööstustoodangust on tarbekaubad nagu tekstiil, autod, majad, mis lahkuvad tootmissüsteemist. Osa toodangust on aga uus tööstuskapital — kangasteljed, kõrgahjud, tööpingid, mis on tootmisvahendite hulka suurendav investeering. See on positiivne tagasiside. Rohkem tootmisvahendeid võimaldab suuremat toodangut, millest mingi muutuv osa on investeering, ja rohkem investeeringuid tähendab suuremat hulka tootmisvahendeid. Kasvanud tootmisvahendite hulgaga saab rohkem toota — ja nii edasi. Tagasisideahele on ka viivitused, sest

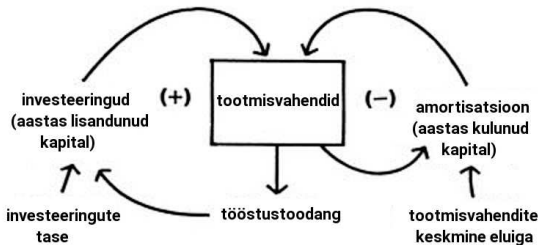
EKSPONENTSIAALSE KASVU OLEMUS

Joonis 6: Maailma tööstustoodang



Maailma tööstustoodang kasvab 1963. aastaga võrreldes väikestest fluktuatsioonidest hoolimata eksponentsiaalselt. Aastatel 1963 kuni 1968 oli keskmine kogutoodangu kasv 7 protsenti aastas. Kasv elaniku kohta on 5 protsenti aastas.

Allikas: UN Department of Economic and Social Affairs, Statistical Yearbook 1956 ja Statistical Yearbook 1969 (New York: United Nations, 1957 and 1970).



suurteks kapitalimahutusteks kulub aega. Elektriijaama või

rafineerimistehase rajamiseks kulub aastaid.

Kapitali kogus ei ole muutumatu. Tootmisvahendid kuluvad ja vananevad ning seetõttu heidetakse kõrvale või jäetakse maha. Et seda modelleerida, peame kapitali ringlusesse tooma negatiivse tagasiside ahela, mis võtab arvesse tootmisvahendite amortisatsiooni. Mida rohkem on kapitali, seda rohkem kapitali läheb igal aastal kasutusest välja, ning mida rohkem kapitali kasutusest väljub, seda vähem jääb kapitali kasutusse. Niisugune negatiivne tagasisides on samasugune nagu suremus rahvaarvu kujunemisel. Nagu maailma rahvastikus nii ka tööstustoodangus domineerib positiivne tagasiside ja kapitali koguhulk maailmas kasvab eksponentsiaalselt.

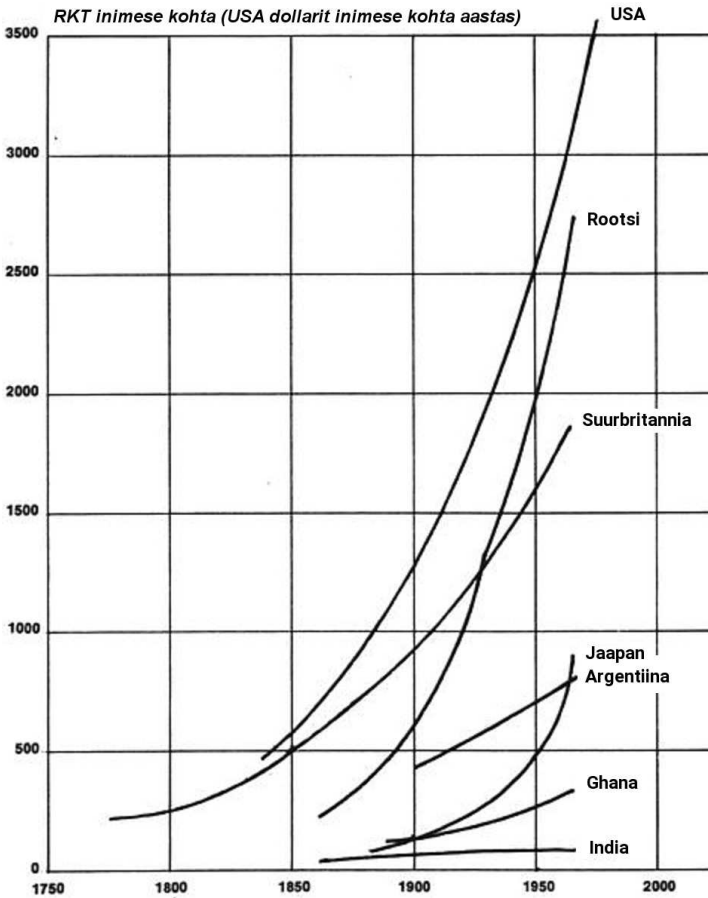
Kuivõrd tööstustoodang kasvab 7 protsenti aastas, aga rahvastik ainult 2 protsenti aastas, annab domineeriv positiivne tagasiside põhjust rõõmustamiseks. Nende kasvude lihtne ekstrapoleerimine näitab, et inimeste materiaalne heaolu kahekordistub 14 aastaga. Niisugune järeldus eeldab vaiki-misi, et kasvav tööstustoodang jaotub maailma elanike vahel ühtviisi. Selle eelduse ekslikkus ilmneb, kui analüüsida üksikute rahvaste majanduse kasvu elaniku kohta (vt. joonis 7).

Joonisel 6 kujutatud maailma tööstustoodangu kasvust on enamus tööstuslikult arenenud maades, kus rahvastiku kasv on suhteliselt aeglane. Kõige paremini iseloomustab seda lihtne tabel, kuhu on koondatud kümne kõige suurema rahvaarvuga riigi majanduse ja rahvastiku kasv. Neis maades elab praegu 64 protsenti maailma rahvastikust. Tabel 2 lubab eksimatult väita, et rikkad saavad rikkamaks, aga vaesed saavad lapsi.

On väheusutav, et tabelis 2 toodud kasvu kiirused püsivad

EKSPONENTSIAALSE KASVU OLEMUS

Joonis 7: Majanduskasvu kiirused



Üksikute rahvaste majanduskasvu võrdlemine näitab, et erinevused eksponentsiaalse kasvu kiiruses kasvavad erinevusi rikaste ja vaeste maade vahel.

Allikas: Simon Kuznets, Economic Growth of Nations (Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1971).

Tabel 2 Majanduse ja rahvastiku kasvu kiirused

Riik	Rahvaarv (1963) (miljonit)	Rahvaarvu keskmise aastane kasv (1961-68) (% aastas)	RKT inimese kohta (1968) (USA dollarit)	RKT keskmine kasv aastas inimese kohta (1961-68) (% aastas)
Hiina Rahvabariik*	730	1.5	90	0.3
India	524	2.5	100	1.0
NSVL*	238	1.3	1 100	5.8
USA	201	1.4	3 980	3.4
Pakistan	123	2.6	100	3.1
Indoneesia	113	2.4	100	0.8
Jaapan	101	1.0	1 190	9.9
Brasiilia	88	3.0	250	1.6
Nigeeria	63	2.4	70	-0.3
Saksa FV	60	1.0	1 970	3.4

* Rahvusvaheline Rekonstrueerimis- ja Arengupank (IBRD) lisas Hiina ja NSVL kohta tehtud hinnangute juurde märkuse: Rahvamajanduse kogutoodang (RKT) inimese kohta ja selle kasvu hinnang võivad olla suure veaga raskuste tõttu ressursikulu hindamisel ja RKT ümberarvutamisel USA dollaritesse. ÜRO hinnangud on üldiselt kooskõlas IBRD hinnangutega.

Allikas: World Bank Atlas (Washington, DC: International Bank for Reconstruction and Development, 1970).

muutumatusena selle sajandi lõpuni. Järgmise 30 aasta kestel muutub palju tegureid. Rahvarahutuste lõpp Nigeerias usutavasti suurendab sealset majanduskasvu. Samal ajal on rahvarahutuste ja sõja puhkemine Pakistanis juba mõjutanud sealset majanduskasvu. Tunnistagem aga, et tabelis loetletud kasvukiirused on keeruliste sotsiaalsete ja majanduslike süsteemide tulem. Need süsteemid on olemuselt stabiilsed ja muutuvad pigem aeglaselt kui äkki, välja arvatud rasked sotsiaalsed vapustused.

Kerge on arvutada rahvamajanduse kogutoodangut (RKT) inimese kohta aastal 2000, kui eeldada, et rahvastiku ja RKT kasvu kiirused jäävad neis kümnes riigis enamvähem muutumatuks. Niisuguse arvutuse tulemused on tabelis 3. Peaaegu

EKSPONENTSIAALSE KASVU OLEMUS

kindlasti ei ole need arvud õiged. See pole ennustus. Need väärtused näitavad ainult, kuhu suundub meie praeguse elukorraldusega maailm. *Need arvud näitavad, et praegusel viisil jätkuv majanduskasv suurendab halastamatult vahet rikaste ja vaeste rahvaste vahel.*

Tabel 3 Aastaks 2000 ekstrapoleeritud RKT

Riik	RKT inimese kohta (USA dollarites*)
Hiina Rahvavabariik	100
India	140
NSVL	6 330
USA	11 000
Pakistan	250
Indoneesia	130
Jaapan	23 200
Brasiilia	440
Nigeeria	60
Saksa FV	5 850

* Arvestades 1968 aasta dollari väärtust ning jättes arvestamata inflatsiooni.

Enamik inimesi ei võta põhjendatult tabelis 3 esitatud ekstrapoleerimist tõsiselt, sest tulemused on väheusutatavad. Peab aga tunnistama, et praakides välja ekstrapoolitud tulemused, loobutakse ka eeldusest, et süsteemis ei toimu muudatusi. Tabeli 3 ekstrapoleeritud tulemused ei saa tõepoolest teoks siis, kui tasakaal positiivse ja negatiivse tagasiside vahel, mis kujundab rahvastiku ja tööstustoodangu kasvu iga rahva hulgas, muutub selle ajavahemiku kestel. Sündivus, suremus, kapitali investeringute kiirus, tootmisvahendite kulu-

mise kiirus — igaüks neist või ka kõik need võivad muutuda. Kui postuleerida tabelis 3 esitatust erinevaid tulemusi, tuleb põhjendada, millised loetletud mõjutegureist peaksid muutuma, kui palju ja millal. Need on peamised küsimused, millele me püüame oma mudeli abil vastuseid saada, ja seda mitte rahvaste tasandil vaid kogu planeedi jaoks.

Selleks, et teha vähegi realistlikke oletusi rahvastiku ja tööstuse kohta, on vaja teada teisi tegureid, mis mõjutavad rahvastiku ja tootmise vastasmõjusid. Alustame kõige peamiste küsimustega.

Kas tabelis 3 esitatud rahvastiku ja toodangu kasvu kiirused saavad olla püsivad? Kui palju inimesi suudab meie planeet kanda ning milline saab olema nende heaolu ja kaua see kestab? Et leida vastuseid neile küsimustele, peame detailselt analüüsima maailma neid süsteeme, mis pakuvad füüsilist tuge rahvastiku ja majanduse kasvule.

II PEATÜKK

EKSPONENTSIAALSE KASVU PIIRID

Sest kes on teie seast, kes torni tahab ehitada, üks ta ei istu enne maha ja ei arva kulu, kas temal kõik on, mis ehitamiseks tarvis läheb?

Luuka 14:28

Mida on vaja, et maailma majanduse ja rahvastiku kasv saaks kesta aastani 2000 või kauemgi? Vajalike tingimuste loetelu on pikk, aga need võib jagada kahte rühma.

Esimese rühma moodustavad *füüsilised* vajadused, mis tagavad kõik füsioloogilised ja tootmistegevused — toit, toorained, fossiilsed ja tuumkütused ning planeedi ökoloogilised süsteemid, mis neelavad reostuse ja toovad olulised keemilised ained uuesti ringlusse. Need komponendid on kvantitatiivselt ja rahas mõõdetavad nagu haritav maa, puhas vesi, metallid, metsad, ookeanid. Selles peatükis hindame niisuguste füüsiliste varude ressursse, sest need on ülimad tegurid, mis limiteerivad kasvu planeedil.

Teise rühma moodustavad *sotsiaalsed* vajadused. Kui ka planeedi füüsilised süsteemid suudaksid tagada palju suurema ja majanduslikult rohkem arenenud rahvastiku olemasolu, siis reaalselt kujunev majanduse ja rahvastiku kasv sõltub rahu ja sotsiaalse stabiilsuse püsimisest, haridusest ja tööhõivest ning tehnoloogilise arengu kestvusest. Neid tegureid on märksa raskem hinnata ja prognoosida kui füüsilisi tegureid. Ei siinne raamat ega meie maailma mudel ei suuda praeguses valmis-

olekus neid sotsiaalseid tegureid ammendavalt arvestada, välja arvates juhud, kus olemasolev informatsioon füüsiliste varude suuruse ja jaotumise kohta võib osutada võimalikele sotsiaalsetele probleemidele.

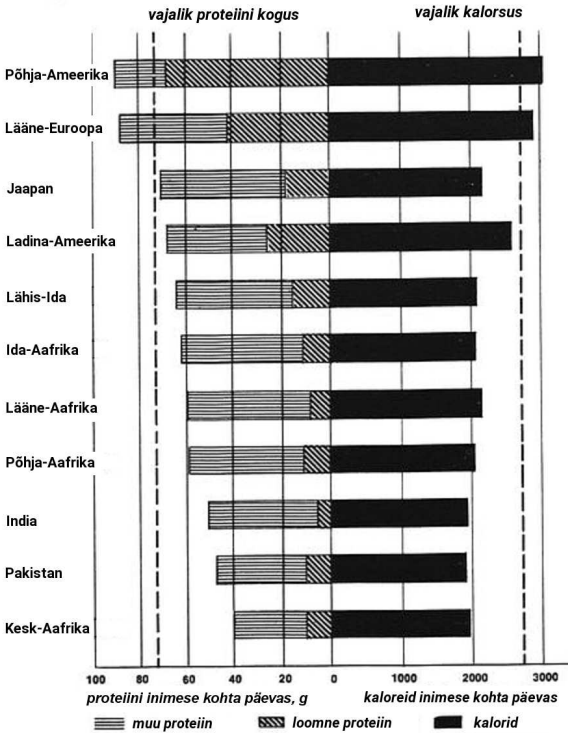
Toiduvarude, loodusressurside ja elamiskõlbuliku keskkonna olemasolu on kasvuks vajalikud, aga mitte piisavad tingimused. Kui ka need loetletud ressursid on kõik olemas, võib kasv ikkagi pidurduda sotsiaalsel põhjustel. Oletame aga, et kõik sotsiaalsed tingimused on kasvuks soodsad. Kui suur kasv on siis võimalik meie olemasolevate füüsiliste ressursside korral? Niisugune stsenaarium annab hinnangu rahvastiku ja majanduse kasvu piiride kohta. See ei tähenda, et niisugune kasv tõepoolest teostuks.

Toit

Aafrikas Sambias sureb 260 last tuhandest enne aastaseks saamist. Indias ja Pakistanis on see suhe 140, Kolumbias 82. Paljud lastest surevad enne kooliikka jõudmist või varastel kooliaastatel. Nende laste surma põhjuseks nimetatakse leetreid, kopsupõletikku, düsenteeriat või mõnda muud nakkushaigust. Peamiseks surma põhjuseks on ikkagi alatoitumus.⁴

Keegi ei tea täpselt alatoitumuse all kannatajate arvu, aga üldine arvamus on, et neid on palju — vähearenenud maa-des võibolla 50 kuni 60 protsenti, mis tähendab umbes kolmandikku kogu maailma rahvastikust. ÜRO Toidu- ja Põllumajandusorganisatsiooni (FAO) hinnangul kannatavad toidu kalorsuse, aga eriti proteiini puuduse all enamus arengumaade rahvaid (vt. joonis 8). Enamgi veel. Kuigi planeedi põllumajanduse kogutoodang kasvab, püsib arengumaade toidutoodang inimese kohta vaevalt muutumatul ebapiisaval tasemel (vt. joonis 9). Kas niisugune masendav statistika tähendab, et planeedi toidu tootmise ülapiir on juba saavutatud?

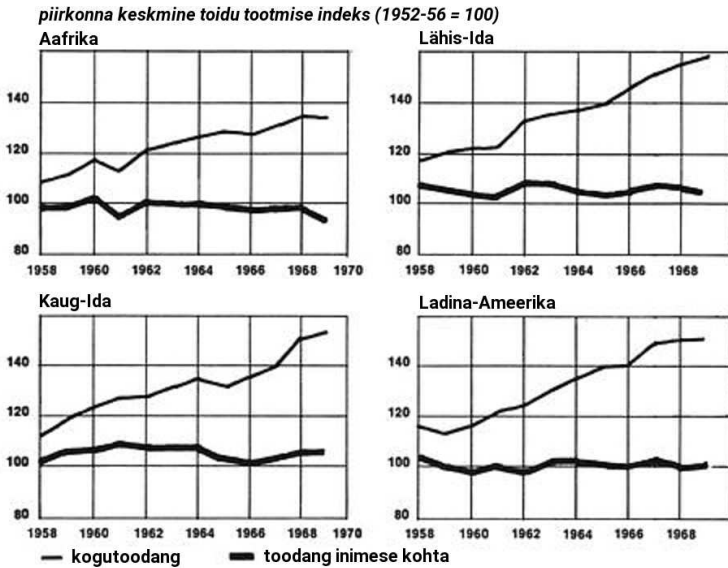
Joonis 8: Proteiini ja kaloreid tarbimine



Inimeste päevane proteiini ja kalorsuse vajadus ei ole tagatud suurel osal planeedist. Need varud jaotuvad ebahühtlaselt nii regioonide vahel kui ka regioonide piires. ÜRO FAO andmetel on suurima toiduvajaka piirkonnad „Andide rahvad, poolkõrbe-alad Aafrikas ja Lähis-Idas ja mõned ülerahvastatud piirkonnad Aasias.“ Kalorsuse ja proteiinide vajadust märkivad jooned on hinnangud Põhja-Ameerika jaoks. Arvatakse, et kui toitu jaguks ka muudes piirkondades piisavalt, et inimeste kehakaal oleks potentsiaalselt võimalik, oleks kalorsuse ja proteiinivajadus igalpool enamvähem samasuur.

Allikas: UN Food and Agriculture Organization, Provisional Indicative World Plan for Agricultural Development (Rome: UN Food and Agriculture Organization, 1970).

Joonis 9: Toiduainete tootmine



Toiduainete tootmine on vähearenenud maades kasvanud sama tempoga kui rahvastik. Seega on toidu tootmine elaniku kohta jäänud muutumatult väga madalale tasemele.

Allikas: UN Food and Agriculture Organization, The State of Food and Agriculture 1970 (Rome: UN Food and Agriculture Organization, 1970).

Esmane toidu tootmiseks vajalik ressurss on maa. Hiljutised uuringud näitavad, et toidu tootmiseks sobivat maad on 3.2 miljardit hektarit (7.86 miljardit aakrit).⁶ Sellest umbes pool, s.t. kõige viljakam ja harimiseks sobivam pool on praegu kasutuses. Teine pool vajab toidu tootma hakkamiseks eelnevalt tohutusuuri investeeringuid — vaja on rajada teid, puhastada metsast, niisutada või väetada. Kulutused ühe hektari põllumajandusmaana kasutusele võtmiseks on kasvanud 215-lt dollarilt 5 275 dollarini. Ühe hektari kasutuselevõtmise keskmine maksumus asustamata piirkonnas on 1 150 dollarit.

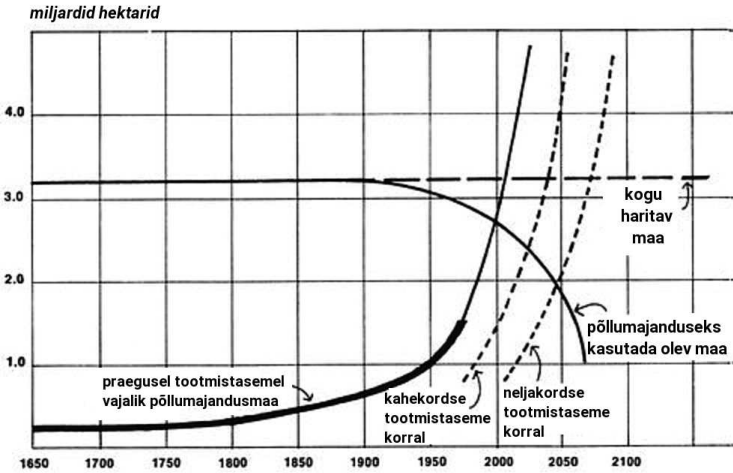
Ühe FAO aruande kohaselt ei ole täiendava maa viljeluseks kasutuselevõtmine majandulikult otstarbekohane:

Lõuna-Aasias, mõnes Ida-Aasia, Lähis-Ida, Aafrika, Ladina-Ameerika piirkonnas ei ole võimalik haritavat maa-ala laiendada. Kuivemates piirkondades on isegi vajalik muuta maaviljeluseks vähesobiv maa tagasi karjamaaks. Enamuses Ladina-Ameerikast ning Aafrikas Sahhaarast lõunapool on veel rohkesti võimalusi laiendada haritavat maad, aga maa põllumajanduseks kasutuselevõtt on kulukas ja sageli on otstarbekohasem intensiivistada olemasoleva põllumajandusmaa kasutamist.

Kui palju inimesi suudaks meie planeet toita, kui maksumusdest hoolimata võetaks kasutusele kogu põllumajanduseks sobiv maa ja toodetaks toiduaineid nii palju kui võimalik? Joonise 10 alumine kõverjoon kujutab, kui palju maad on vaja kasvava rahvahulga toitmiseks, arvestades, et praegune maavajadus 0.4 hektarit inimese kohta on piisav. (Selleks, et toita kogu maailma rahvast praegusele USA tasemele vastavalt, on vaja 0.9 hektarit inimese kohta.) Ülemine kõverjoon joonisel 10 kujutab tegelikult maaviljeluseks kasutatava maa hulga muutusi ajas. See joon suundub alla, sest iga juurdetulev inimene vajab mingi hulga maad elamu, teede, prügilate, elektriliinide jms jaoks (siin on oletatud, et 0.08 hektarit*), milleks osa haritavast maast „sillutatakse“ ning see ei ole enam kasutatav toidu tootmiseks. Siin ei ole arvestatud erosiooni põhjustatud viljeldava maa kadu, mis ei pruugi olla selles arvestuses kaduvväike. Joonis 10 näitab, et isegi optimistliku eelduse korral, et kogu viljelemiseks kõlbulik maa võetakse kasutusse, saabub juba enne aastat 2000 lootusetu haritava maa puudus, kui rahvastiku kasv ja maavajadus inimese kohta püsivad praegusel tasemel.

*Õhuvaatlused USA lääneosa neljakümne neljas maakonnas aastail 1950 kuni 1960 näitasid, et ehitiste all on 0.008 kuni 0.174 hektarit inimese kohta.⁹

Joonis 10: Viljeldav maa



Maaviljeluseks sobivat maad on umbes 3.2 miljardit hektarit. Praeguse tootlikkuse juures on vaja umbes 0.4 hektarit põllumaad inimese kohta. Vajaliku maa kõverjoon vastab seega rahvastiku kasvule. Peenike joon alates aastast 1970 on prognoositav põllumaa vajadus, eeldades, et maailma rahvastik kasvab praeguse tempoga. Viljeldavat maad jääb vähemaks, sest rahvastiku kasvades kasvab vajaliku linna- ja tööstusmaa hulk. Punktiirjooned pidevast joonest paremal on maavaaduse prognoosid, kui maa tootlikkus kasvab praegusega võrreldes kahekordseks või neljakordseks.

Joonis 10 illustreerib eksponentsiaalse kasvu väga tähtsaid üldisi omadusi, kui kasv leiab aset piiratud ruumis. Esiteks näitab joonis, kuidas millegi rohkus võib õige väheste aastatega asendada terava puudusega. Kogu ajaloo kestel on olnud potentsiaalselt kultiveeritavat maad külluses, aga nüüd võib äkitselt 30 aastaga (umbes rahvastiku kahekordistumise ajaga) kätte jõuda väga järsk ja tõsine vajakajäämine. Nagu I peatüki näites vesirooside tiigi omanikul, võib inimkonnal olla väga vähe aega lõpliku suurusega ruumis eksponentsiaalse

kasvu põhjustatud kriisile reageerimiseks.

Joonise 10 teine õppetund on, et täpsed numbrilised oletused ressursside suuruse kohta ei ole olulised, kui on tegemist takistamatu eksponentsiaalse kasvuga. Võime näiteks oletada, et põllumaad ei hõivata linnade, teede ega muu taolisega. Siis on potentsiaalselt kasutatav põllumaa hulk ajas muutumatu nagu kujutatud horisontaalse kriipsjoonega. Kahe joone lõikumine nihkub sel juhul ajas umbes 10 aastat edasi. Või oletame, et maaviljeluse tehnoloogiate arenemine ja investeringud tootmisvahenditesse nagu traktorid, väetised ja irrigatsioonisüsteemid lubavad põllumajandustoodangut kahekordistada või isegi neljakordistada. Neid kahte oletatavat tootlikkuse suurenemist on joonisel 10 kujutatud punktiirjoontega. Iga tootlikkuse kahekordistamine annab 30 aastat lisaaega, ehk siis vähem kui on rahvastiku kahekordistumise aeg.

Loomulikult ei taba „kriisipunkt“ kui vajaliku maa hulk on suurem kui olemasolev maa, ühiskonda üllatusena. Kriisi sümptomid ilmnevad ammu enne kui jõutakse kriisipunktini. Toiduainete hinnad tõusevad nii kõrgele, et osa rahvast hakkab nälga surema, mingi osa on sunnitud piirama maakasutust ja leppima madalama kvaliteediga toiduga. Need sümptomid ilmnevad juba praegu õige mitmes maailma piirkonnas. Kuigi praegu kultiveeritakse umbes kõigest poolt joonisel 10 kujutatud võimalikult haritavast maast, võib otseselt või kaudselt pidada igal aastal 10 kuni 20 miljoni surma põhjuseks alatoitumist.¹⁰

Kahtlemata on suure osa nende surmade põhjuseks sotsiaalsed, mitte füüsilised põhjused. Aga ikkagi on toidutootmisel ilmne seos nende kahe põhjusteliigi vahel. Kuni viljakat

maad oli kergesti saadaval, seni polnud majanduslikke takistusi nälgijate toitmiseks ega vajadust raskete sotsiaalsete valikute järele. Praeguseks on kultiveeritavast maast kergemini hallatav pool juba kasutuses. Uute maade kasutuselevõtt on juba nii kallis, et ühiskond peab seda majanduslikult mitetasuvaks. See on füüsilisest piirangust esilekutsutud sotsiaalne probleem.

Jooniselt 10 näeme, et kui ka ühiskond otsustab teha vajalikud kulutused ja võtta kasutusele täiendavat maad või tõsta kasutatava maa viljakust, siis kasvav rahvastik viib ühiskonna ikkagi väga kiiresti kriisipunktini. Iga järgnev kriisini jõudmine nõuab järjest rohkem kulutusi sellega toimetulemiseks. Iga järgmine maa viljakuse kahekordseks kasvatamine on kallim kui eelmine. Seda protsessi võime nimetada kulutuste kahekordistumise seaduseks. Kõige kainestavam on põllumajandustoodangu hinna näide. Viieteist aasta jooksul 1951-1966 kasvas toidu aastatoodang maailmas 34 protsenti. Selle saavutamiseks kasvasid kulud traktoreile 63 protsenti aastas, investeeringud nitraatväetiste tootmisse 146 protsenti aastas, pestitsiidide kasutamine 300 protsenti aastas. Järgmise 34-protsendise kasvu saavutamiseks kulub veelgi rohkem investeeringuid ja ressursse.

Kui palju inimesi suudab meie planeet toita? Sellele küsimusele ei ole lihtsat ühest vastust. Vastus sõltub sellest, milliseid valikuid teeb ühiskond võimalike alternatiivide hulgas. On otsene seos selle vahel, kui palju toodab inimkond toitu ja kui palju muid inimkonnale vajalikke tooteid ja teenuseid. Rahvahulga kasvades kasvab vajadus muude toodete järele niisamuti ja kompromissi leidmine toidu ja muu tootmise vahel muutub järjest raskemaks. Isegi, kui seada toidu tootmine

prioriteediks, viib rahvastiku kasv ja kulutuste kasvu seadus selleni, et kõik saadaolevad ressursid kulutatakse toidu tootmiseks ja ikkagi ei ole edasine kasv enam võimalik.

Selles peatükis vaatlesime ainult ühte toidu tootmise piirangut — haritava maa hulka. Võimalikud on ka teised piirangud, aga nende üksikasju me siin ei analüüsi. Üks kõige ilmsem niisugune piirang on magevee varu. Igas maismaa piirkonnas on saadaolev magevee kogus piiratud, samas veevajadus kasvab samuti eksponentsiaalselt. Veevajaduse ja veevarude kohta saab joonistada täpselt samasuguse graafiku kui viljeldava maa kohta joonisel 10. Nii mõneski piirkonnas saabub veevarude piir kätte palju varem kui saadaoleva haritava maa piir.

Inimkonnal on tehnoloogiat täiustades võimalik neid piire vältida või nihutada. Põllumaa vajakajäämist saab kompenseerida sünteetilise toiduga, mageda vee puudust merevee magestamisega. Neljandas peatükis vaatleme niisuguseid tehnoloogilisi võimalusi üksikasjalikumalt. Praegu meenutame ainult, et uued tehnoloogiad ei teki iseenesest ja need vajavad kulutusi. Tooraine ja tehased sünteetilise toidu tootmiseks ning energia merevee magestamiseks pärinevad olemasolevast füüsilisest maailmast.

Toidu nõudluse eksponentsiaalne kasv tuleneb otseselt positiivse tagasisidega rahvastikutsüklist, mis kujundab maailma rahvastiku kasvu. Tulevikus vajamineva toidu hulk on limiteeritud saadaoleva haritava maaga, mageveevarudega, aga ka põllumajanduses kasutatavate tootmisvahenditega. Need on omakorda kontrollitud üldise positiivse tagasisidega tootmisvahenditetsükliga. Uue põllumaa kasutuselevõtmine, toidu tootmine merel, väetiste ja pestitsiidide tootmise laien-

damine — kõik need on osa järjest kasvavaist kulutus- test toidu tootmisel. Vajalikud ressursid kõigeiks selleks ei ole üksnes taastuvad nagu maa ja vesi, vaid ka taastumatu- tud ressursid nagu kütused ja metallid. Seega on tuleviku põllumajandustoodangu kasv sõltuv mittetaastuvatest res- surssidest. Kas need ressursid on piiramatud?

Taastumatud ressursid

Kuigi toorainete nappuse korral nende hind kasvab, on juba ilmne, et plaatina, kulla, tsingi ja plii varud ei ole nõudmise rahuldamiseks piisa- vad. Praeguse nõudluse kasvu juures jõuab ka hindade kasvades hõbeda, tina, uraani nappus kätte sajamandivahetusel. Aastaks 2050 on ära kasuta- tud veel mitme mineraali varud, kui tarbimine kasvab praeguses tempos.

Vaatamata hiljutistele maardlate leidudele on meie planeedil jäänud vähe kohti, kus võiks veel uusi maardlaid leida. Ei ole tark tugineda pikas perspektiivis lootusele, et leitakse uued maardlad.¹²

Tabelis 4 on loetletud kõige olulisemad mineraalide ja kütuse varud, praeguse tööstusmaailma kõige elutähtsamad toorained. Tabeli kolmandas veerus on staatiline reservi indeks. See näitab, mitmeks aastaks jätkub teadaolevat varu praeguse kasutustempo korral. Staatilise indeksiga väljendatakse tavaliselt ressursi saadavust tulevikus. Staati- lisel indeksil on mitmeid eeldusi, neist olulisim on eeldus, et ressursi kasutustase püsib.

Tabeli 4 neljas veerg näitab, et iga loodusressursi kasu- tamine maailmas kasvab eksponentsiaalselt. Mitme ressursi kasutustase kasvab kiiremini kui kasvab rahvaarv. Lisaks sellele, et ressursi on kasutamas rohkem inimesi, kasvab ka ressursi kulu inimese kohta. Teiste sõnadega, ressursi kasu- tamise kiirust kontrollivad positiivse tagasisidega protsessid rahvastiku kasv ja tootmisvahendite kasv.

EKSPONENTSIAALSE KASVU PIIRID

Tabel 4 Taastumatud loodusressursid

1	2	3	4			5	6
Ressurss	Teadaolev globaalne varu ^a	Staatiline indeks (aastaid) ^b	Projekteeritud kasv (% aastas) ^c kõrge kesk madal			Eksponent- siaalne indeks (aastaid) ^d	Eksponent- siaalne indeks, kasutades 5-kordset teadaolevat varu (aastaid) ^e
Alumiinium	1.17x10 ⁹ t ^j	100	7.7	6.4	5.1	31	55
Kroom	7.75x10 ⁸ t	420	3.3	2.6	2.0	95	154
Süsi	5x10 ¹² t	2300	5.3	4.1	3.0 ^k	111	150
Koobalt	2.18x10 ⁹ t	110	2.0	1.5	1.0	60	148
Vask	308x10 ⁶ t	36	5.8	4.6	3.4	21	48
Kuld	353x10 ⁶ oz	11	4.7	4.1	3.4 ^l	9	29
Raud	1x10 ¹¹ t	240	2.3	1.8	1.3	93	173
Plii	91x10 ⁶ t	26	2.4	2.0	1.7	21	64
Mangaan	8x10 ⁸ t	97	3.5	2.9	2.4	46	94
Elavhõbe	1.14x10 ⁵ t	13	3.1	2.6	2.2	13	41

EKSPONENTSIAALSE KASVU PIIRID

7	8	9	10
Suurte varudega piirkonnad (% maailmas) ^f	Peamised tootjad (% maailmas) ^g	Peamised tarbijad (% maailmas) ^h	USA tarbimine (% maailmas) ⁱ
Austraalia (33) Guinea (20) Jamaica (10)	Jamaica (19) Suriname (12)	USA (42) NSVL (12)	42
LAV (75)	NSVL (30) Türgi (10)		19
USA (32) NSVL-Hiina (53)	NSVL (20) USA (13)		44
Kongo (31) Zambia (16)	Kongo (51)		32
USA (28) Tšiili (19)	USA (20) NSVL (15) Zambia (13)	USA (33) NSVL (13) Jaapan (11)	33
LAV (40)	LAV (77) Kanada (6)		26
NSVL (33) L-Ameerika (18) Kanada (14)	NSVL (25) USA (14)	USA (28) NSVL (24) Saksa FV (7)	28
USA (39)	NSVL (13) Austraalia (13) Kanada (11)	USA (25) NSVL (13) Saksa FV (11)	25
LAV (38) NSVL (25)	NSVL (34) Brasiilia (13) LAV (13)		14
Hispaania (30) Itaalia (21)	Hispaania (22) Itaalia (21) NSVL (18)		24

EKSPONENTSIAALSE KASVU PIIRID

1	2	3	4			5	6
Ressurss	Teadaolev globaalne varu ^a	Staatiline indeks (aastaid) ^b	Projekteeritud kasv (% aastas) ^c kõrge kesk madal			EkspONENT- siaal- indeks (aastaid) ^d	EkspONENT- siaal- indeks, kasutades 5-kordset teadaolevat varu (aastaid) ^e
Molübdeen	4.9x10 ⁶ t	79	5.0	4.5	4.0	34	65
Looduslik gaas	8.6x10 ⁹ m ³	38	5.5	4.7	3.9	22	49
Nikkel	6.67x10 ⁷ t	150	4.0	3.4	2.8	53	96
Nafta	455x10 ⁹ bbl	31	4.9	3.9	2.9	20	50
Plaatina rühm	13.3x10 ³ t	13	4.5	3.8	3.1	47	85
Hõbe	17.1x10 ³ t	16	4.0	2.7	1.5	13	42
Tina	4.3x10 ⁶ t	17	2.3	1.1	0	15	61
Volfram	1.32x10 ⁶ t	40	2.9	2.5	2.1	28	72
Tsink	123x10 ⁶ t	23	3.3	2.9	2.5	18	50

EKSPONENTSIAALSE KASVU PIIRID

7	8	9	10
Suurte varudega piirkonnad (% maailmas) ^f	Peamised tootjad (% maailmas) ^g	Peamised tarbijad (% maailmas) ^h	USA tarbimine (% maailmas) ⁱ
USA (58) NSVL (20)	USA (64) Kanada (14)		40
USA (25) NSVL (13)	USA (58) NSVL (18)		63
Kuuba (25) Uus-Kaledoonia (22) NSVL (14) Kanada (14)	Kanada (42) Uus-Kaledoonia (28) NSVL (16)		38
Saudi Araabia (17) Kuveit (15)	USA (23) NSVL (16)	USA (33) NSVL (12) Jaapan (6)	33
LAV (47) NSVL (47)	NSVL (59)		31
Sots.-maad (36) USA (24)	Kanada (20) Mehhiko (17) Peruu (16)	USA (26) Saksa FV (11)	26
Tai (33) Malaysia (14)	Malysia (41) Boliivia (16) Tai (13)	USA (24) Jaapan (14)	24
Hiina (73)	Hiina (25) NSVL (19) USA (14)		22
USA (27) Kanada (20)	Kanada (23) NSVL (11) USA (8)	USA (26) Jaapan (13) NSVL (11)	26

EKSPONENTSIAALSE KASVU PIIRID

^a Allikas: US Bureau of Mines, Mineral Facts and Problems, 1970 (Washington, DC: Government Printing Office, 1970).

^b Mitmeks aastaks jätkub teadaolevaid globaalseid reserve praeguse tarbimistaseme juures. See on arvutatud kui teadaolevate varude (veerg 2) suhe praegusesse aastasesse tarbimisse. (US Bureau of Mines, Mineral Facts and Problems, 1970).

^c Allikas: US Bureau of Mines, Mineral Facts and Problems, 1970.

^d Mitmeks aastaks jätkub ressursse, kui tarbimine kasvab eksponentsiaalselt vastavalt keskmisele aastase tarbimise kasvule. See on arvutatud valemiga

$$\text{eksponentsiaalne indeks} = \ln((r*s) + 1) / r ,$$

kus r = keskmine kasvu kiirus veerust 4

s = staatiline indeks veerust 3.

^e Mitmeks aastaks jätkub ressursse, kui kasutada on viis korda rohkem ressursse kui praegu teada. See on arvutatud nii, et valemis ülal on s asemel $5s$.

^f Allikas: US Bureau of Mines, Mineral Facts and Problems, 1970.

^g Allikas: UN Department of Economic and Social Affairs, Statistical Yearbook 1969 (New York: United Nations, 1970).

^h Allikas: Yearbook of the American Bureau of Metal Statistics 1970 (York, Pa.:Maple Press, 1970). World Petroleum Report (New York: Mona Palmer Publishing, 1968). UN Economic Commission for Europe, The World Market for Iron Ore (New York: United Nations, 1968). US Bureau of Mines, Mineral Facts and Problems, 1970.

ⁱ Allikas: US Bureau of Mines, Mineral Facts and Problems, 1970.

^j Boksiit on avaldatud alumiiniumi ekvivalendis.

^k USA Kaevanduste Büroo hinnang, milles eeldatakse, et sütt kasutatakse gaasi ja vedelkütuste tootmiseks.

^l Sisaldab ka riikide kullavarudesse paigutatavat kulda.

^m Plaatina rühma metallid on plaatina, pallaadium, iriidium, osmium, roodium ja ruteenium.

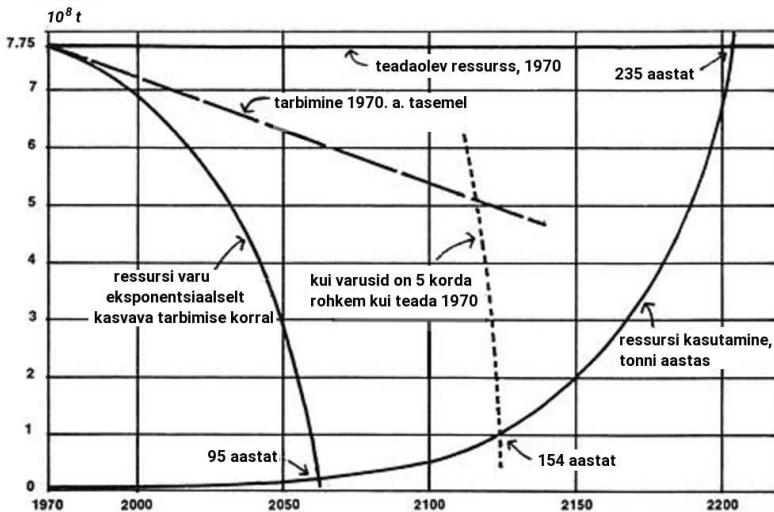
Täiendavad allikad: P. T. Flawn, Mineral Resources (Skokie, Ill.: Rand McNally, 1966). Metal Statistics (Somerset, NJ: American Metal Market Company, 1970). US Bureau of Mines, Commodity Data Summary (Washington, DC: Government Printing Office, January 1971).

Joonisel 10 nägime juba, kuidas maakasutuse eksponentsiaalne kasv viib väga kiiresti kogu olemasoleva maaviljeluseks sobiva maa hõivamiseni. Muude ressursside kasutamise eksponentsiaalne kasv viib samal viisil nende ressursside täieliku ärakasutamiseni. Joonis 11, mis on sarnane joonisele 10, illustreerib taastumatu loodusressursi eksponentsiaalselt kiirenevat ärakasutamist. Selles näites on valitud kroomi varu, millel on tabelis 4 toodust kõige suurem staatiline indeks. Samasuguse graafiku saab joonistada kõigi tabelis 4 toodud ressursside kohta. Ressursside ajaskaala varieerub, aga muutuste tüüp on kõigil samasugune.

Kroomi praegu teadaolevad varud maailmas on 775 miljonit tonni, millest praegu kaevandatakse aastas 1.85 miljonit tonni. Praeguse kasutustaseme korral jätkuks teadaolevaid varusid 420 aastaks. Laskuv sirge kriipsjoon joonisel 11 kujutab kroomivarude lineaarset kahanemist muutumatu kasutuskiiruse korral. Tegelik kroomivajadus on kasvanud 2.6 protsenti aastas.¹³ Pidevad kõverjooned joonisel 11 näitavad, kuidas tarbimise kasv, kui see kestab, ammendab maavara kõigest 95 aastaga, mitte 420 aastaga, nagu lubab lineaarne prognoos. Kui oletame, et seni leidmata kroomivarud suurendavad koguvaru viiekordseks, nagu kujutab punktiir, jätkub varusid 95 aasta asemel 154 aastaks ehk umbes poolteist korda kauemaks. Isegi kui oleks võimalik alates 1970. aastast võtta kogu kasutatav kroom sajabrotsendiliselt uuesti kasutusse, ületaks kroomi nõudlus teadaolevaid varusid 235 aasta pärast.

Joonis 11 näitab, et eksponentsiaalse kasvu korral on loodusvara staatiline indeks (kroomi korral 420 aastat) väga petlik. Defineerime uue indeksi, eksponentsiaalse varu indeksi,

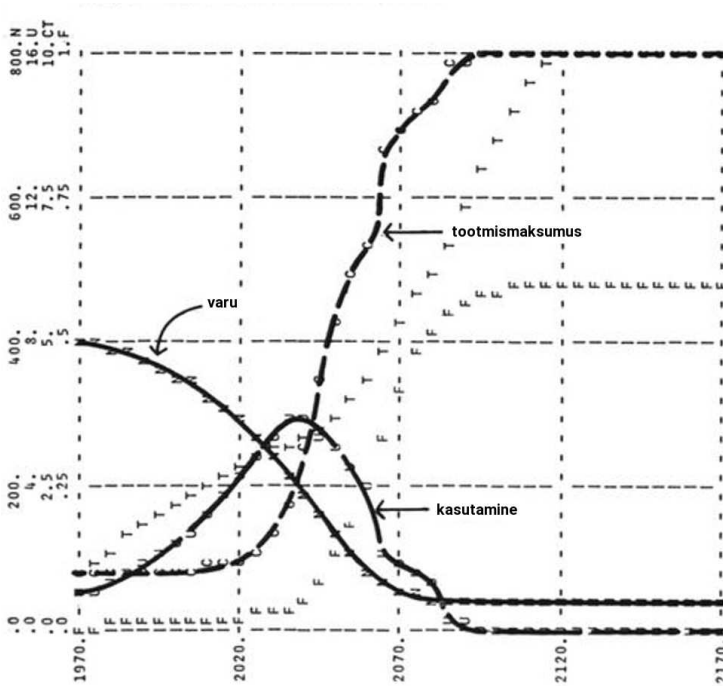
Joonis 11: Kroomi reservid



See, kui kauaks jätkub kroomi reserve, sõltub edasisest kroomi kasutamise tasemest. Kui kroomi kasutus jääb muutumatuks, siis jätkub praegused kroomivarusid 420 aastaks (sirge kriipsjoon). Kui tarbimine kasvab praeguse kasvukiirusega eksponentsiaalselt 2.6 protsenti aastas, kulutatakse varud 95 aastaga. Kui kroomi reservid planeedil on viis korda suuremad kui praegu teada, siis jätkub kroomimaaki 154 aastaks (punktirjoon), kui praegune eksponentsiaalne kasv kestab. Kui ka kogu kroom võetakse taaskasutusse, ületab eksponentsiaalselt kasvav nõudlus 235 aasta pärast praegu teadaolevad varud (hoprisontaalne pidev joon).

mis kirjeldab loodusvara võimalikku jätkumist, kui praegune tarbimise kasvu kiirus püsib. See indeks on tabeli 4 viiendas veerus. Arvutasime eksponentsiaalse indeksi lootuses, et maa- varade uued leiud suurendavad teadaolevaid varusid viiekordseks. See indeksi väärtus on toodud tabeli kuuendas veerus. Tarbimise eksponentsiaalne kasv vähendab alumiiniumi varude jätkumise sajalt aastalt 31 aastani (55 aastani, kui varud

Joonis 12: Kroomi saadavus



Sellel joonisel on kujutatud arvutisimulatsioon, kuidas 400-aastase staatilise indeksiga maavara (kroomi) saadavust kujundavad majanduslikud tegurid. Maavara tarbimise eksponentsiaalse kasvu peatab kulude kasv, kui varud hakkavad lõppema, kuigi kaevandamise ja töötlemise tehnoloogia tase kasvab eksponentsiaalselt. Maavara kasutamine lakkab 125 aasta pärast, kui 60 protsenti algsest kasutusest on asendatud muude ressursidega.

Allikas: William W. Behrens III, The Dynamics of Natural Resource Utilization. Computer Simulation Conference, Boston, Massachusetts, July 1971.

oleksid viis korda suuremad). Vask, mida praeguse kasutus- taseme korral jätkuks 36 aastaks, saaks otsa 21 aasta pärast, ning 48 aasta pärast, kui varud oleksid viis korda suuremad.

Loomulikult ei kirjelda lihtne staatiline indeks ega ka eksponentsiaalne varude indeks taastumatute loodusvarade tegelikku saadavust tulevikus, sest loodusvarade kasutus sõltub paljudest ajas muutuvaist tegureist. Oleme uurinud loodusvarade kasutamist detailse mudeliga, mis võtab arvesse vastastikuseid seoseid niisuguste loodusvara tarbimist kujundavate tegurite vahel nagu maagi rikkus, tootmiskulud, uued kaevandamistehnoloogiad, nõudluse kohanemine ja teiste ressurssidega asendatavus.* Selle mudeli üldiseid järeldusi demonstreerivad järgnevad joonised.

Joonis 12 kujutab 1970. aastal 400-aastase staatilise reservi-indeksiga ressursi nagu kroom saadavuse arvutatud prognoosi. Horisontaalsel teljel on aeg aastates, vertikaalne telg näitab mitut parameetrit – järelejäänud maavara hulka (tähisega VARU), aastas kasutatavat kogust (KASUTAMINE), ühikulise koguse tootmise maksumus (TOOTMISMAKSUMUS), tehnoloogia arenemine (tähistatud T-ga) ja tooraine asendamine mingi teisega (F).

Algselt kasvab kroomi aastane kasutus eksponentsiaalselt ja varu kahaneb kiiresti. Kroomi hind püsib madal, sest kaevandamise uued tehnoloogiad lubavad kasutusse võtta vaesemat maaki. Kui nõudlus kasvab, ei suuda tehnoloogia edenedamine kompenseerida uute leiukohtade otsimise, kaevandamise, töötlemise ja jaotamise kasvavaid kulusid. Hind hakkab kasvama alguses aeglaselt, aga siis järjest kiirenevalt. Kõrge hind sunnib tarbijaid kroomi efektiivsemalt kasutama ning otsima asendajaid. 125 aasta pärast on järele jäänud umbes 5 protsenti algsest varust, hind on kasvanud talumatult kõrgeks ja

*Selle mudeli detailsem kirjeldus on William W. Behrens III artiklis, mis on lisas esitatud kirjanduse loetelus.

kaevandamine kahaneb praktiliselt nullini.

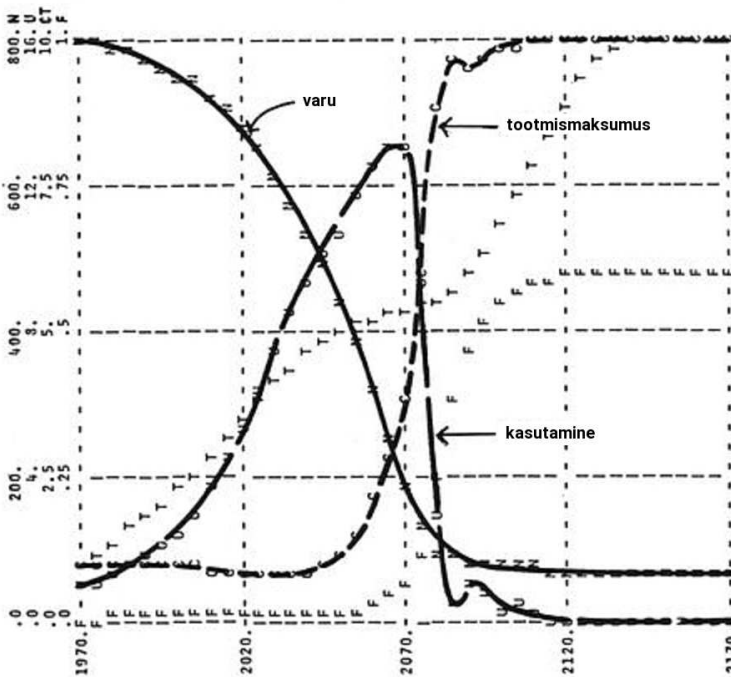
See realistlikum kroomi kasutamise prognoos lubab varude jätkumist 125 aastaks, mis on oluliselt vähem kui staatiline prognoos (400 aastat), aga rohkem kui eksponentsiaalse kasvu prognoos (95 aastat). Kroomi prognoositud kasutamine ei ole dünaamilises prognoosis muutumatu ega piiramatult kasvav, vaid kellukesekujuline. Sellel on kasvu faas ja kahanemise faas.

Arvutisimulatsioon joonisel 13 näitab, kuidas muutub prognoos, kui 1970. aastal leitakse uusi kroomi maardlaid, nii et teadaolev kroomi varu kasvab kahekordseks. Staatilise reservi indeks on siis endise 400 asemel 800. Uute maardlate leidmise tulemusel jääb kroomi maksuvus madalaks mõneti kauemaks, nii et eksponentsiaalne kasv võib kesta kauem kui joonisel 12 kujutatatu. Periood, millal maavara kasutamine on majanduslikult otstarbekohane, kasvab 125-lt aastalt 145-le aastale. Teiste sõnadega, ressursi kahekordistumine andis maavara kasutamise lisaiega ainult 20 aastat.

Maakooses on hulgaliselt tooraineid, mida inimkond on õppinud kaevandama ja muutma endale vajalikeks asjadeks. Ükskõik kui suured on need varud, ei ole need lõputud. Nüüd, kui me oleme näinud, kui kiiresti jõuab eksponentsiaalne kasv mingi etteantud piirini, ei tohiks olla üllatus järgmine järeldus. *Praeguse tarbimise taseme ja tarbimise kasvu juures muutuvad enamuse praegu hädavajalikke taastumatuid ressursse lähema saja aasta jooksul ülikalliks.* See järeldus jääb jõusse, hoolimata uute maardlate avastamise, tehnoloogia arengu, toormete asendamise ja taaskasutamise kõige optimistlikematest lootustest, kuni kestab ressurside kasutamise eksponentsiaalne kasv. Väiksema staatilise reservi indeksiga ressursside hinnad on juba hakanud tõusma.

EKSPONENTSIAALSE KASVU PIIRID

Joonis 13: Kroomi saadavus, kui teadaolevaid ressursse oleks kaks korda rohkem



Kui 1970. aastal leitakse uued kroomi maardlad, nii et teadaolevad varud kasvavad kahekordseks (ressursi staatiline indeks on 800 aastat), siis kestab eksponentsiaalne tarbimise kasv kauem ja tarbimine saavutab kõrgema taseme. Selle tulemusel kahanevad ressursid väga kiiresti ning varu kahekordistamine ei kahekordista ressursi jätkumise aega. Varu jätkub endise 125 aasta asemel 145-ks aastaks.

Allikas: William W. Behrens III, *The Dynamics of Natural Resource Utilization*.

Näiteks elavhõbeda hind on viimase 20 aastaga kasvanud 500 protsenti, plii hind on viimase 30 aastaga kasvanud 300 protsenti.¹⁴

Seni esitatud lihtsaid järeldusi ressursside jätkumise kohta

teeb keerulisemaks asjaolu, et ei varud ega tarbimine ei ole jaotunud planeedil ühtlaselt. Tabeli 4 viimased neli veergu näitavad ilmekalt, kuidas rohkem tootvad ja tarbivad industriaalmaad sõltuvad lepingutest tooraineid tarnivate maadega. Küsimusele, kuidas kujuneb tootmisvaldkondade tulevik, kui vajalik ressurss muutub takistavalt kalliks, lisab keerukust asjaolu, et järelejäänud ressursid võivad olla saadaval ainult mõnes geograafilises piirkonnas. Hiljutine kaevanduste riigistamine Lõuna-Ameerikas ja Kesk-Ida edukas surve nafta hinna tõstmiseks näitavad, et poliitilised argumendid tulevad mängu ammu enne majanduslikke.

Kas planeedil on piisavalt varusid, et tagada aastaks 2000 prognoositavale 7 miljardile inimesele mõistlikult kõrge elustandard? Jällegi on vastus tingimuslik. See sõltub sellest, kuidas peamised ressurssetarbivad ühiskonnad teevad olulisi otsuseid tulevikus. Võimalik on, et ressursside kasutamine kasvab jätkuvalt nagu seni. Võibolla õpivad nad kasutatud materjale taastama ja uuesti kasutusse võtma. Võibolla võetakse kasutusele uued lahendused, mis kasvatavad haruldastest toormetest toodete kestvust. Võibolla juurutatakse sotsiaalseid ja majanduslikke tavaid, nii et inimeste vajadused rahuldatakse väiksema asendamatute ainete ja toodete kuluga.

Kõigis siintoodud stsenaariumeis on kompromissid ja vastastikused seosed. Kompromissid tähendavad raskeid valikuid praeguse ja tulevase kasu vahel. Selleks, et tagada vajaliku ressursi olemasolu tulevikus, tuleb vähendada selle ressursi kasutamist praegu. Enamasti saavutatakse niisugune käitumine hindade seadmisega. Toodete taaskasutamine ja paremate toodete väljatöötamine on kallis, praegu peetakse seda enamikes

EKSPONENTSIAALSE KASVU PIIRID

maades ja piirkondades majanduslikult mittetasuvaks. Isegi kui seda saavutatakse, siis seni kui rahvastiku ja tootmise kasvu tagasisidetsükkel kasvatab jätkuvalt nii rahvaarvu kui suuremat ressursinõudlust inimese kohta, liigub süsteem piiri suunas — planeedi taastumatute ressursside täieliku ärakasutamise suunas.

Mis juhtub metallide ja kütustega, kui need on ära kasutatud? Nende koostiseks olevad aatomid paigutatakse ümber ja hajutatakse mittekasutataval moel õhus, maapinnas ja vees. Looduslikud ökoloogilised süsteemid kasutavad ära suure hulga inimeste toodetud heitmeid ja muundavad need kas uuesti kasutatavaiks või vähemalt ohutuiks. Kui aga heitmete kontsentratsioon ületab ökoloogiliste süsteemide suutlikkuse neid ümber töötada, hakkavad jäätmed kogunema, need muutuvad nähtavaks, segavaks ja ka ohtlikuks. Elavhõbe ookeanikalades, pliiosakesed linnaõhus, prügimäed, õlilaigud suplusrandadel — kõik need on inimese poolt ressursside ärakasutamise tulemused. Saastumine on veel üks planeedil eksponentsiaalselt kasvav suurus.

Saastumine

Palju inimesi on jõudnud üsnagi objektiivsete tunnuste toel järeldusele, et biosfääri kui organismide poolt asustava ala eluiga on pigem kümneid kui sadu miljoneid aastaid. See on täiesti meie oma liigi süü.¹⁵

Inimkonna mure oma elutegevuse mõju pärast looduskeskkonnale on tekkinud väga hiljuti. Veelgi lühiajalisemad ja mittetäielikud on katsed seda mõju teaduslikult uurida. Praegu ei ole me kindlasti suutelised tegema lõplikke hinnanguid planeedi suutlikkuse kohta tulla toime saastamisega. Võime aga

välja tuua neli olulist punkti, mis illustreerivad, kui raske on mõista ja kontrollida dünaamilises globaalses perspektiivis planeedi ökoloogilist olekut. Need punktid on:

1. Need mõned saastumise liigid, mida on tegelikult mõõdetud, kasvavad eksponentsiaalselt.
2. Meil pole aimugi, missugune on saastumise ülemine piir, milleni see saab kasvada.
3. Loomulikud viivitused ökoloogilistes protsessides soodustavad meetete vajalikkuse alahindamist, mille tulemuseks on tahtmatu saaste taluvuse piirile lähenemine.
4. Paljud saasteliigid levivad globaalselt, nende kahjutekitav mõju avaldub tekkekohast kaugel.

Me ei suuda neid nelja aspekti illustreerida igat tüüpi saastumise korral. Seda ei luba ei siinse raamatu maht ega pole ka piisavalt vajalikke andmeid. Sellepärast iseloomustame igaüht neist neljast aspektist, kasutades näideteks ainult neid saasteid, mida on praeguseks kõige üksikasjalikumalt uuritud. Pole sugugi kindel, et siinnimetatud saasted on kõige suurema mure põhjustajad. Need on küll murettekitavad, aga näidetes kasutame sellepärast, et me teame ja tunneme neid.

Eksponentsiaalselt kasvav saaste

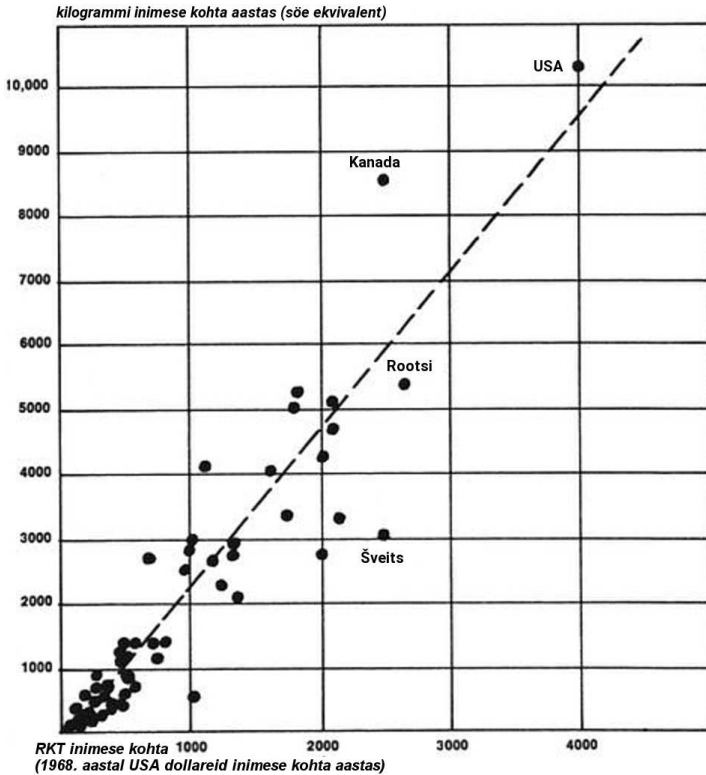
Praktiliselt iga saastekogus, mida on senini mõõdetud, kasvab eksponentsiaalselt. Nende koguste kasvukiirus varieerub suurtes piirides, aga kõik nad kasvavad kiiremini kui rahvaarv. Mõned saasteliigid on otseses seoses rahvaarvu kasvuga (põllumajandustootmine on seotud rahvaarvu kasvuga). Teised on rohkem seotud tööstustootmise kasvuga ja tehnoloogia arenguga. Enamus saasteliike sõltuvad ülikeerulises globaalses süsteemis rohkem või vähem mõlemist, nii rahvaarvu kui tööstustootmise tagasisidetsükleist.

Vaatleme kõigepealt inimkonna kasvava energiakasutusega seotud saastamist. Majanduse kasv tähendab rohkema energia kasutamist, et suurendada tootlikkust ja efektiivsemalt kasutada tööjõudu. Inimese kohta kasutatav energiahulk on üks olulisimaid inimpopulatsiooni heaolu näitajaid (joonis 14). Inimese kohta kasutatav energiahulk kasvab 1.3 protsenti aastas,¹⁶ mis rahvaarvu kasvu arvestades tähendab kasutatava energia koguhulga kasvu 3.4 protsenti aastas.

Praegu saadakse umbes 97 protsenti tööstuses kasutatavast energiast fossiilkütustest (süsi, nafta ja looduslik gaas).¹⁷ Nende kütuste põlemisel eraldub atmosfääri teiste ainete hulgas süsihappegaas (CO_2). Praegu paisatakse fossiilkütuste põletamisel atmosfääri 20 miljardit tonni CO_2 aastas.¹⁸ Jooniselt 15 näeme, et CO_2 kontsentratsioon atmosfääris kasvab eksponentsiaalselt kiirusega umbes 0.2 protsenti aastas. Fossiilkütuste põlemisel vabanenud CO_2 -st jääb atmosfääri umbes pool, ülejäänud neeldub ookeanide vees.¹⁹

Kui inimkonna energiavajadus peaks kunagi rahuldatama

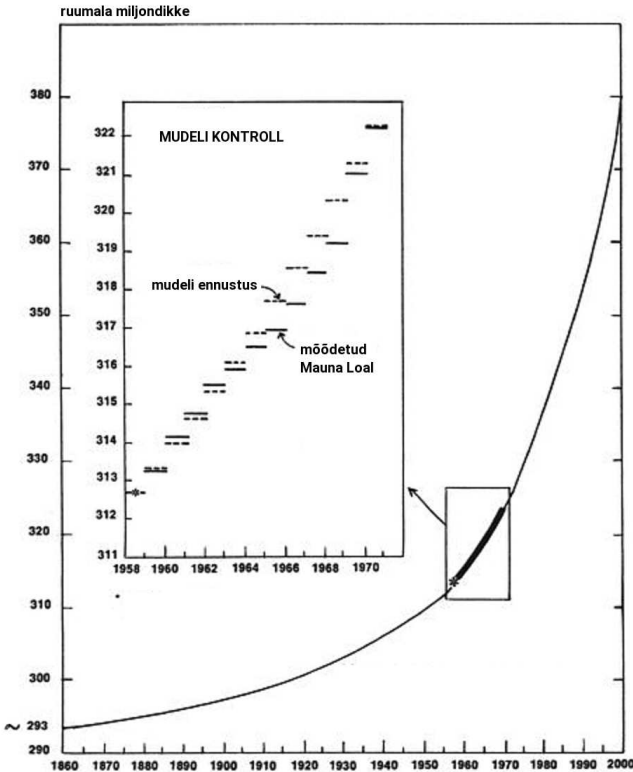
Joonis 14: Energia kasutamine ja RKT inimese kohta



Kuigi maailma rahvaste tarbitava energia kogused varieeruvad suures ulatuses, korreleerub energia tarbimine hästi rahvusliku kogutoodanguga (RKT) inimese kohta. See seos on üldiselt lineaarne, hajuvust tekitavad erinevused kliimas, kohalikes kütuste hindades ja rasketööstuse osakaalus.

Allikad: UN Department of Economic and Social Affairs, Statistical Yearbook 1969 (New York: United Nations, 1970). World Bank Atlas (Washington, DC: International Bank for Reconstruction and Development, 1970)

Joonis 15: Süsihappegaasi kontsentratsioon atmosfääris



Mauna Loa Hawaiil alates aastast 1958 mõõdetud atmosfääri CO₂ kontsentratsioon on pidevalt kasvanud. Praegu kasvab kontsentratsioon umbes 1.5 miljondikku (ppm) aastas. Mudelarvutused, mis arvestavad CO₂ vahetust atmosfääri, biosfääri ja ookeani vahel, ennustavad, et CO₂ kontsentratsioon saavutab taseme 380 ppm aastaks 2000. See oleks umbes 30-protsendiline kasv võrreldes arvatava väärtusega aastal 1860. Atmosfääri CO₂ niisugust kasvu põhjustab fossiilkütuste põletamine.

Allikas: Lester Machta, The Role of the Oceans and Biosphere in the Carbon Dioxide Cycle. Nobel Symposium 20, The Changing Chemistry of the Oceans, Göteborg, Sweden, August 1971.

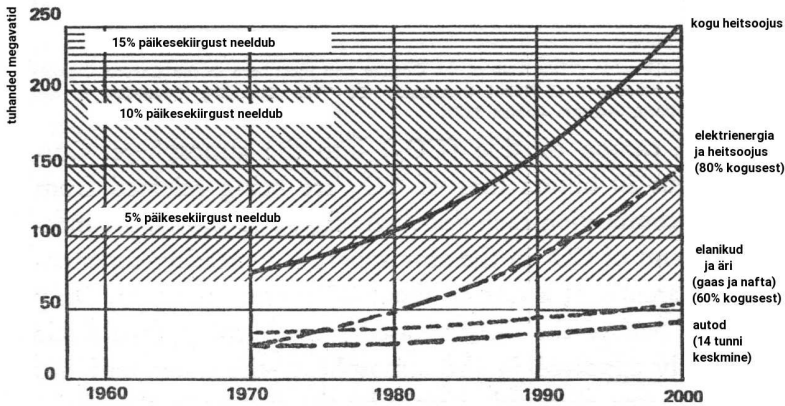
tuumaenergiaga, siis atmosfääri CO₂ sisalduse kasv ilmselt peatub. Tahaks loota, et see juhtub enne, kui on tekkinud mõõdetavaid ökoloogilisi või klimatoloogilisi efekte.

Energiakasutusel on ka kõrvaltoime, mis ei olene kütuste allikast. Termodünaamika seaduste kohaselt hajub kogu inimkonna poolt kasutatud energia soojusena. Kui energiaallikas ei ole saabuv päikesekiirgus (s.t. on fossiilkütused või tuumaenergia), siis põhjustab see kas otseselt või jahutusvee kiirguse kaudu atmosfääri soojenemist. Lokaalselt viib heitsoojus jõgedes vee-elustiku tasakaalust välja.²⁰ Heitsoojus linnade õhus tekitab „soojasaared“, milles täheldatakse mitmeid meteoroloogilisi anomaaliaid.²¹ Soojussaaste võib põhjustada tõsiseid kliimamuutusi planeedil, kui saasteaste muutub võrreldavaks planeedi poolt neelatava Päikese kiirgusenergiaga.²² Joonisel 16 on suurlinna soojussaastet võrreldud saabuva päikesekiirgusega.

Tuumaenergia kasutamisega kaasneb veel üks liik saastet — radioaktiivsed heitmed. Kuivõrd tuumaenergia moodustab praegu inimkonna poolt kasutatavast energiast väikese osa, võib tuumareaktoritega seotud heitmete keskkonnamõjusid ainult oletada. Mõningast aimu selle kohta annavad juba ehitatud ja ehitatavate tuuma-elektrijaamade prognoositud ja tegelikud eralduvate radioaktiivsete isotoopide kogused. Praegu USA-s ehitatava 1.6 miljoni kilovatise võimsusega elektrijaama prognoositav radioaktiivsete heitmete hulk on 42 800 kюриid* radioaktiivset krüptooni (isotoobist sõltuvalt on poollestusaeg mõnest tunnist 9.4 aastani) korstnate suitsus ja 2 910

*Küriid on ühe grammi raadiumi radioaktiivsus. See on väga suur radioaktiivse kiirguse intensiivsus, kiirgustasemed keskkonnas on tavaliselt mõõdetavad mikroküriides.

Joonis 16: Heitsoojus Los Angeleses



Los Angelese piirkonna 4000 ruutmiilil vabanev heitsoojus moodustab praegu 5 protsenti maapinna poolt neelatavast päikesekiirguse energiast. Praeguse kasvutempo juures kasvab aastaks 2000 heitsoojuse tase 18 protsendini päikesekiirgusest. See energia tootmise ja tarbimise heitsoojus muudab juba praegu linna kliimat.

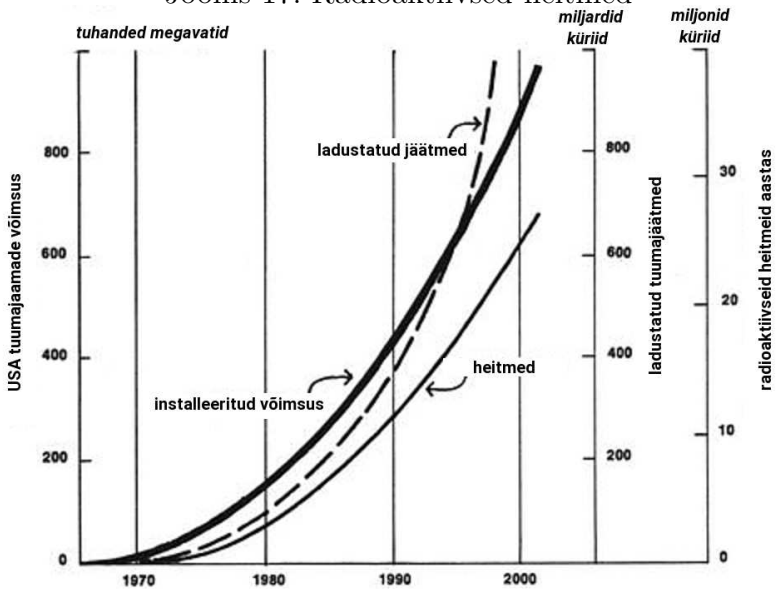
Allikas: L. Lees, Man's Impact on the Global Environment. Report of the Study of Critical Environmental Problems (Cambridge, Mass.: MIT Press, 1970).

küriid triitiumi (poolestusaeg 12.5 aastat) heitvees.²³ See heitmete loetelu ei ole täielik. Joonis 17 näitab, kui suur on aastani 2000 loodetav tuumaelektri tootmine USA-s. Graafikul on ka neis tuumajaamades aastas vabanevate radioaktiivsete heitmete hulk ning kogunevad jäätmed (kasutatud tuumkütlus), mida on vaja ohutult ladustada.

Süsinikdioksiid, soojusenergia ja radioaktiivsed heitmed on kolm olulist inimtegevuse poolt keskkonda viidavat eksponentsiaalselt kasvavat saastet. Teised näited on joonistel 18-21.

Joonis 18 näitab suure Põhja-Ameerika järve vee keemilisi

Joonis 17: Radioaktiivsed heitmed

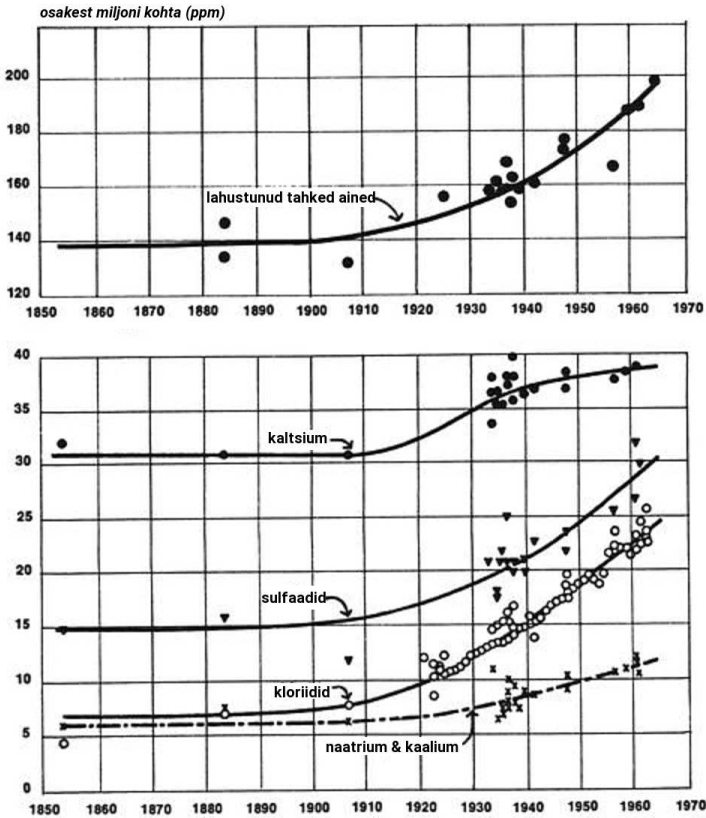


Prognoside kohaselt kasvab USA tuumaelektrijaamade võimsus 11 tuhandelt megavatilt 1970. aastal rohkem kui 900 tuhande megavatini 2000. aastal. Ladustatud radioaktiivsete jäätmete kogus ületab siis tuhat miljardit küriid. Aastas peamiselt gaasilise krüptonina ja triitiumina jahutusvees vabanevate radioaktiivsete heitmete hulk saavutab taseme 25 miljonit küriid, kui praegused heitmekogused energiaühiku kohta jäävad muutumatuks.

Allikad: Installeeritava võimsuse prognoos aastaks 1985 USA Aatomienergiakomisjonilt. Forecast of Growth of Nuclear Power (Washington, DC: Government Printing Office, 1971). Installeeritava võimsuse prognoos aastaks 2000: Chaucey Starr, „Energy and Power.“ Scientific American, September 1971. Ladustatud radioaktiivsete jäätmete kogus: J.A. Snow, „Radioactive Waste from Reactors,“ Scientist and Citizen 9 (1967). Aastane radioaktiivsete heitmete kogus on arvatud Calvert Cliffs'i, Maryland, 1.6 tuhande megavattise elektrijaama spetsifikatsioonist.

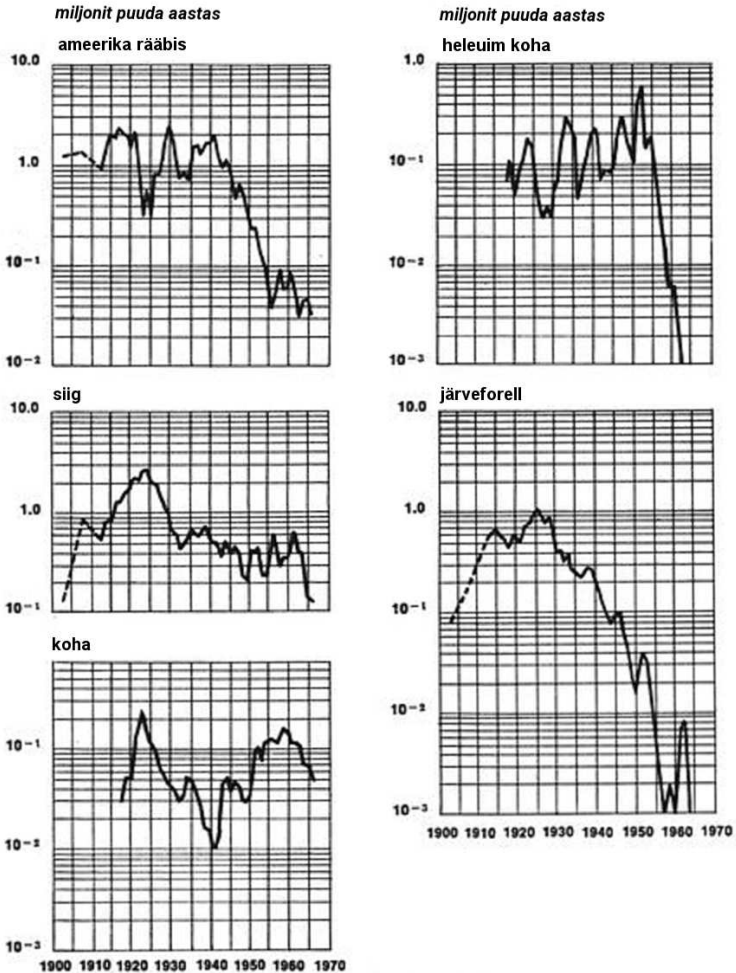
EKSPONENTSIAALSE KASVU PIIRID

Joonis 18: Ontario järve keemiliste omaduste ja tööstusliku kalapüügi muutused



Linna, tööstuse ja põllumajanduse heitmete Ontario järve suunamise tõttu on mitmete soolade kontsentratsioon vees kasvanud eksponentsiaalselt. Järvevee keemiliste muutuste tõttu on hakanud tööstuslikult väärtuslike kalaliikide püük tublisti vähenema. Kalapüügi graafikud on logaritmilises skaalas, enamike liikide püügikogused on vähenenud 100 kuni 1000 korda.

EKSPONENTSIAALSE KASVU PIIRID



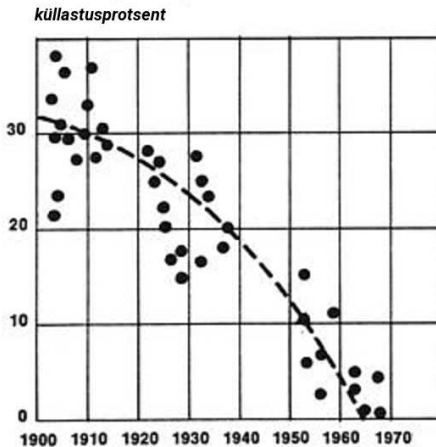
Allikas: A.M. Beeton. Statement on Pollution and Eutrophication of the Great Lakes. The University of Wisconsin Center for Great Lakes Studies Special Report #11 (Milwaukee, Wisc.: University of Wisconsin, 1970).

muutusi, mis on põhjustatud lahustuvate tööstus-, põllumajandus- ja olmejäätmete akumulatsioonist. Näidatud on ka sellega kaasnevat tööstusliku kalapüügi saagikuse vähe-

EKSPONENTSIAALSE KASVU PIIRID

nemist. Joonis 19 illustreerib, kuidas orgaaniliste heitmete kasv mõjub katastroofiliselt kalade elule. Joonis näitab Balti meres kaladele „hingamiseks“ vajaliku vees lahustunud hapniku vähenemist aja jooksul. Sedamööda, kuidas kasvab vette sattuvate heitmete kogus, tarvitatakse vees olev hapnik nende lagundamiseks. Balti mere mõnes piirkonnas on hapnikutase vees juba kahanenud nullini.

Joonis 19: Balti mere vee hapnikusisaldus



Orgaaniliste heitmete kasvav akumulatsioon Balti mere vees, kus vee tsirkulatsioon on minimaalne, on põhjustanud vee hapnikusisalduse pideva vähenemise. Mõnes piirkonnas, eriti sügavamates vetes puudub hapnik täiesti ja vee-elustik on täiesti välja surnud.

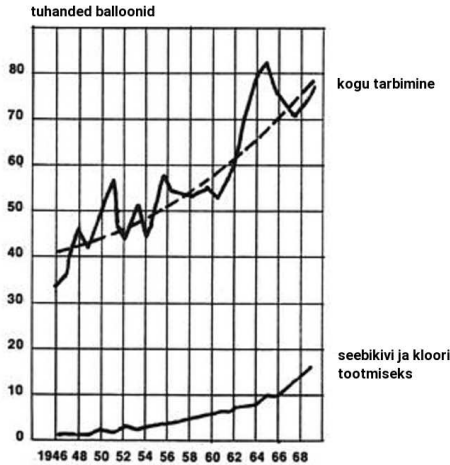
Allikas: Stig H. Fonselius, Stagnant Sea. *Environment*, July/August 1970.

Toksilised metallid plii ja elavhõbe jõuavad vette ja atmosfääri autodest, põletusahjudest, tootmisprotsessidest ja põllumajanduses kasutatavatest pestitsiididest. Joonis 20 näitab elavhõbeda kasutamise eksponentsiaalset kasvu USA-s aja-

EKSPONENTSIAALSE KASVU PIIRID

vahemikus 1946 kuni 1968. Sellest elavhõbedast püütakse kinni ja läheb taaskasutusse ainult 18 protsenti.²⁴ Õhust sadestuva plii eksponentsiaalne kasv on tuvastatud Gröönimaa maismaajää sügavamatest kihtidest võetud proovide analüüsisiga. See on kujutatud joonisel 21.

Joonis 20: Elavhõbeda kasutamine USA-s



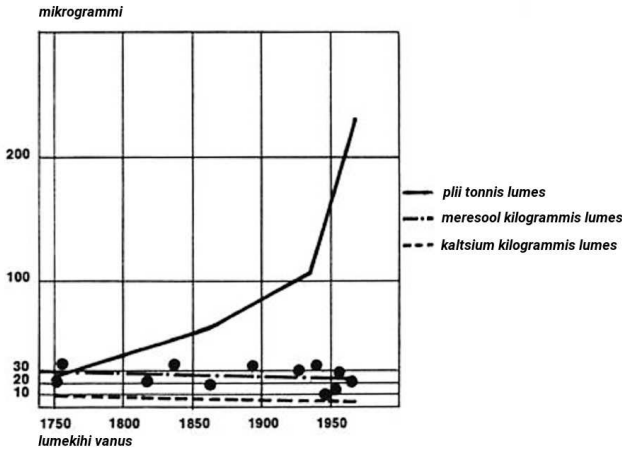
USA-s on elavhõbeda tarbimise trend turufluktuatsioonidega eksponentsiaalselt kasvav. Enamus elavhõbedast kasutatakse seebikivi ja kloori tootmiseks. Graafikul ei ole arvestatud fossiilkütuste põletamisel atmosfääri paiskuvat elavhõbedat.

Allikas: Barry Commoner, Michael Carr, and Paul J. Stamler, The Causes of Pollution. *Environment*, April 1971.

Saastumise ülapiir on teadmata

Kõiki neid saastumisi kujutavaid eksponentsiaalseid graafikuid võib ekstrapoleerida tulevikku nagu ennustasime vajaliku põllumaa kasvu joonisel 10 ja vajadust loodusvarade järele

Joonis 21: Plii Gröönimaa jääs



Gröönimaa maismaajää sügavatest kihtidest võetud proovides kasvab plüüsisaldus ajas. Võrdluseks mõõdeti ka kaltsiumi ja meresoola kontsentratsiooni proovides. Plii kontsentratsiooni kasv peegeldab plii tööstusliku kasutuse kasvu maailmas. Üheks plii allikaks atmosfääris on autode väljalaskegaasid.

Allikas: C.C. Patterson and J.D. Salvia, Lead in the Modern Environment – How Much is Natural? *Scientist and Citizen*, April 1968.

joonisel 11. Neil joonistel saavutas eksponentsiaalselt kasvav graafik ülapiiri — kogu olemasolev potentsiaalselt haritav maa või kogu planeedil olev loodusressursi varu. Saastumise eksponentsiaalset kasvu kujutavil joonistel 15-21 ei ole näidatud ülapiiri, millest suuremaks saastumine ei saa kasvada, sest pole teada, kui palju tohime kõrvale kallutada looduslikku ökoloogilist tasakaalu, enne kui avalduvad tõsised tagajärjed. Pole teada, kui palju võib paisata atmosfääri CO₂ või heitsoojust, et ei leiaks aset pöördumatud muutused planeedi kliimas, või kui palju radioaktiivsust, pliidi, elavhõbedat või pes-

titsiide võivad omistada taimed, kalad või inimesed, ilma et nende eluprotsess ei oleks tugevasti häiritud.

Ökoloogiliste protsesside loomulik viivitus

See, et me ei tea looduskeskkonna suutlikkust ümber töötada heitmeid, peaks olema piisav põhjus, et oleksime ettevaatlikud saasteainete looduskeskkonda laskmisel. Enamasti on mingi saaste loodusesse jõudmisel ja selle ökosüsteemile negatiivse mõju avaldumisel suur ajavahe, mis teeb saastekoguse taluvuse piirile jõudmise eriti ohtlikuks. Niisuguse viivituse ilmekaks näiteks on putukamürgi DDT kulgemine keskkonnas. Allpool esitame süsteemidünaamika uurimuse*, milles kasutati DDT-d iseloomustavaid parameetreid. Üldised järeldused peavad paika (mõningaste muutustega numbrilistes väärtustes) kõigi pikaealiste mürgiste ainete korral nagu elavhõbe, plii, kaadmium, teised pestitsiidid, polükloorbifenüül (PCB) ja radioaktiivsed jäätmel.

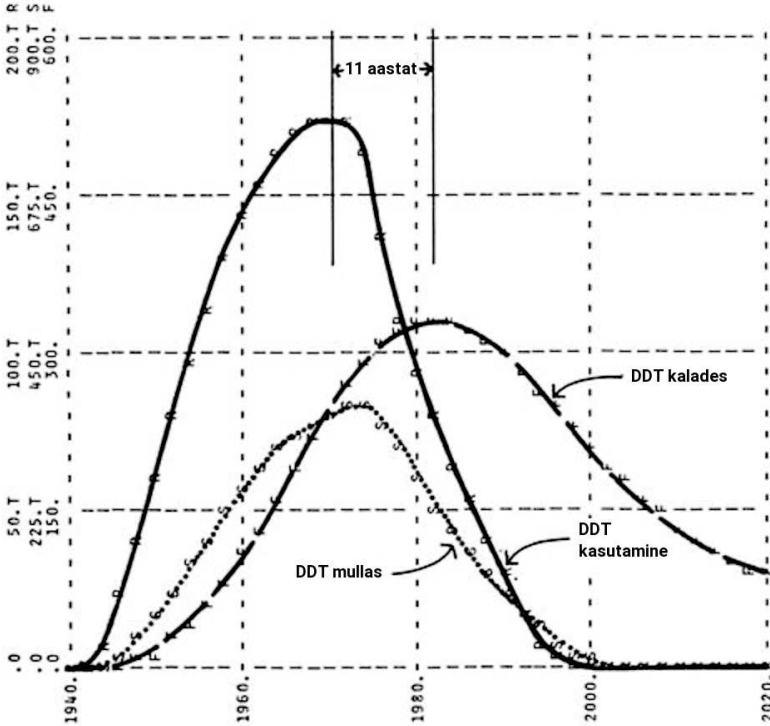
DDT on tehislik orgaaniline aine, mida kasutati pestitsiidina. Keskkonda jõudis umbes 100 000 tonni DDT-d aastas.²⁵ Kui põldu töödelda DDT-ga pihustades, siis osa sellest aurub ja kantakse õhus kaugele, enne kui see sajab vihmaga maapinnale või ookeani. Ookeani vees jõuab mingi osa DDT-st planktonisse, planktonit söövad kalad ja kalu söövad inimesed. Selle ringkäigu igal sammul taandatakse osa DDT-st ohutuiks aineteks, viiakse tagasi ookeani, aga võib ka koguneda elusorganismide kudedes. Selle ringkäigu iga lüli nõuab vähem või rohkem aega. Neid kõikvõimalikke kulgemisteid ja selleks kuluvat aega analüüsi arvutimudeli abil, tulemused on esi-

*Jørgen Randersi ja Dennis L. Meadowsi sellekohase artikli kirje on lisas.

EKSPONENTSIAALSE KASVU PIIRID

tatud joonisel 22.

Joonis 22: DDT kulgemine keskkonnas



Simuleeritud DDT kulgemine keskkonnas, kui DDT kasutamine maailmas hakkab kahanema aastal 1970. DDT kasutamise tase on graafikul kuni aastani 1970 tegelikult olnu. DDT kontsentratsioon mullas hakkab kiiresti kahanema, kui DDT kasutamine väheneb. DDT kontsentratsioon kalalihhas jätkab kasvu veel 11 aastat ning langeb uuesti 1970. aasta tasemele alles 1995. aastal. DDT kontsentratsioon kalu söövate loomade, lindude ja inimeste organismis reageerib DDT kasutamise lõpetamisele suure hilineumisega.

Allikas: Jørgen Randers and Dennis L. Meadows, System Simulation to Test Environmental Policy I: A Sample Study of DDT Movement in the Environment. (Cambridge, Mass.: Massachusetts Institute of Technology, 1971).

Kasutatud DDT kogus joonisel 22 aastatel 1940 kuni 1970 on tegelikult maailmas kasutatud kogus. Graafik näitab, kuidas hakkavad muutuma DDT kontsentratsioonid mullas ja kalade organismis, kui DDT kasutamist hakatakse 1970. aastal järsult piirama ning lõpetatakse DDT kasutamine aastal 2000. DDT ringkäigus aset leidvate viivituste tõttu kasvab DDT kontsentratsioon kalades veel rohkem kui 10 aastat pärast DDT kasutamise piirama hakkamist *ning jõuab tagasi 1970. aasta tasemele alles aastal 1995* — rohkem kui kaks aastakümnet pärast seda, kui otsustati piirata DDT kasutamist.

Saasteaine loodusesse jõudmise ja selle poolt tekitatud kahju ilmumise vahel on suur viivitus. Samal viisil hilineb saaste kahjuliku mõju vähenemahakkamine pärast saasteainete keskkonda sattumise piiramist. Teiste sõnadega, kui meetmeid saastamise ärahoidmiseks hakatakse juurutama alles siis, kui heitmete kahjulik mõju ilmuma hakkab, siis kasvavad saastekahjud veel väga palju suuremaks, enne kui need vähenema hakkavad. Sedalaadi süsteeme on erakordselt raske kontrollida, sest praeguste meetmete toime avaldub kauges tulevikus.

Saasteainete globaalne levi

Praegu muretsevad saastamise pärast tõsiselt ainult maailma arenenud rahvad. Kahjuks on paljudele saasteliikidele omane levida kogu maailmas. Kuigi Gröönimaa on kõigest plii atmosfääri sattumise piirkondadest kaugel, on plii ladestumine Gröönimaal aastast 1940 siiani kasvanud 300 protsenti.²⁶ DDT on akumulunud inimeste kehas kogu maailmas Alaska eskimotest kuni New Delhi linnaasukateni, nagu on näha

EKSPONENTSIAALSE KASVU PIIRID

tabelis 5.

Tabel 5 DDT inimeste keha rasvas

Populatsioon	Aasta	Proovide arv	DDT ja toksiliste laguainete kontsentratsioon (ppm)
Alaska (eskimod)	1960	20	3.0
Kanada	1959–60	62	4.9
Inglismaa	1961–1962	131	2.2
Inglismaa	1964	100	3.9
Prantsusmaa	1961	10	5.2
Saksamaa	1958–1959	60	2.3
Ungari	1960	48	12.4
India (Delhi)	1964	67	26.0
Iisrael	1963–1964	254	19.2
USA (Kentucky)	1942	10	.0
USA (Georgia, Kentucky, Arizona, Washington)	1961–1962	130	12.7
USA (kõik piirkonnad)	1964	64	7.6

Allikas: Wayland J. Hayes, Jr., Monitoring Food and People for Pesticide Content. In: *Scientific Aspects of Pest Control (Washington, DC: National Academy of Sciences — National Research Council, 1966)*.

Saastamise piirid

Heitmete teke sõltub rahvaarvust, tööstuse tasemest, tehnoloogiatasemest, sellepärast on raske täpselt hinnata, kui kiiresti kasvab kogu reostus. Kui eeldame, et aastal 2000 planeedil elava 7 miljardi inimese RKT inimese kohta on sama suur kui praegu Ameerikas, siis keskkonna saastekoormus on vähemalt kümme korda suurem kui praegu. Kas planeedi loodus saab nii suure koormusega hakkama? Meil pole aimugi.

Mõned inimesed usuvad, et juba praegu on inimeste tekitatud saastekoormus looduskeskkonnale sedavõrd suur, et suured loodussüsteemid on pöördumatult kahjustatud. Me ei tea, kui suur on planeedi suutlikkuse ülemine piir neelata ühte saastet, rääkimata sellest, kui kõikvõimalikud saastamised leiavad aset üheaegselt. Küll aga teame päris kindlasti, et mingi niisugune ülemine piir on olemas. Paljudes väiksemates piirkondades on see ülemine piir juba ületatud. Kindlasti jõuame selle piirini globaalselt, kui rahvaarv ja saastekogused inimese kohta kasvavad eksponentsiaalselt.

Looduskeskkonda suhtumisel on raske teha kompromisse. Saasteid tekitavad protsessid on nende protsesside saaduste tarbimiskohtadest kaugel nii ruumis kui ajas. Erapooletute otsuste tegemiseks tuleb arvestada heitmete mõju nii ruumis kui ajas. Kes kannatavad pärioolu piirkondades, kui heitmeid lastakse jõkke jõe ülemjooksul? Millal ja kus jõuab elavhõbe kalade organismi, kui elavhõbedat sisaldavaid fungitsiide kasutatakse siin ja praegu? Kus on saasteained kümne või kahekümne aasta pärast, kui saastavad tehased rajatakse inim-asustusest kaugel?

Võibolla lubab tehnoloogia areng laiendada tootmist, ilma et saastekogused kasvaksid, aga see tõstab kindlasti tootmiskulusid. USA Keskkonna Kvaliteedi nõukogu (The US Council on Environmental Quality) on kutsunud üles kulutama 105 miljardit USA dollarit aastani 1975 (millest 42 protsenti tuleks maksta tööstusel), selleks et osaliseltki puhastada Ameerika õhku, vett ja koristada tahkeid heitmeid.²⁷ Iga maa võib niisuguseid kulutusi edasi lükata, selleks et suurendada tootmise kasvutempot, aga see toimub keskkonna tulevikus halvenemise arvelt. Keskkonna seisundi uuesti taastamine on väga kallis.

Piiratud maailm

Oleme nimetanud mitmeid kompromisse, mida tuleb teha toidu tootmisel, ressursside kasutamisel, saastuse likvideerimisel. Kõik need kompromissid on vajalikud sellel lihtsal põhjusel, et maakera on nii suur kui ta on. Mida lähemale jõuab inimkond oma tegemistes planeedi suutlikkusele pakuda neile tegevustele tuge, seda raskemaks muutub vajalike kompromisside tegemine. Kuni on rohkesti kasutamata viljakandvat maad, seni on võimalik toita rohkem inimesi ja toota rohkem toitu inimese kohta. Kui kogu viljakandev maa on juba kasutuses, muutub vältimatuks valik, kas rohkem inimesi või rohkem toitu inimese kohta.

Meie ühiskond ei ole veel õppinud tunnistama ega tegema niisuguseid valikuid. Praegu on maailmas ilmne püüe, et inimeste arv kasvaks ja et igal inimesel oleks rohkem toitu, kaupu, puhast õhku ja vett. Oleme juba juhtinud tähelepanu sellele, et kui inimkond jätkab niisuguse püüdlusega, siis ilmselt jõutakse mõne planeedi suutlikkuse poolt seatud piirini. Järgmises peatükis näeme, et ei ole võimalik täpselt ennustada, missuguse piirini jõutakse kõigepealt ning millised on selle tagajärjed. Võimalikud on mitmed erinevad käitumistsenaariumid, mille realiseerumist me ei oska ennustada. Nende stsenaariumite realiseerumine sõltub sellest, milliseid otsuseid teevad inimesed, kui valikute tegemist ei saa enam edasi lükata. Küll aga on võimalik analüüsida, missugused on tingimused ja kuidas muutused lõpliku suurusega maailmas viivad ühiskonna kasvu piiridega põrkumiseni või nendega kohanemiseni.

III PEATÜKK

KASV MAAILMAS

Ringjoone algus ja lõpp on ühised.

HERACLEITOS, 500 eKr

Me arutlesime juba, kuidas on rahvastiku ja tootmise kasvu tagamiseks vaja toitu, taastumatuid loodusressursse ja saastega toimetulemist. Vaatlesime eraldi nõudluse kasvu nende vajaduste järele ja võimalikke varude piire. Vajaduste kasvu graafikuid ekstrapoleerides katsusime hinnata, kui kaua saab veel ükski neist tegureist praeguse kiirusega kasvada. Niisuguse lihtsa ekstrapoleerimise järeldus on, nagu nii mõnedki ettenägelikud inimesed on juba taibanud, et mitmed lühikese kahekordistumisajaga inimtegevused, mis samas vajavad ülisuuri ressursse, jõuavad kasvu piirideni üllatavalt ruttu.

Praeguse trendi ekstrapoolimine on järeleproovitud moodus ennustada lähitulevikku, kui prognoositav suurus ei olene süsteemis olevatest teistest muutuvatest protsessidest. Ükski seni vaadeldud viiest muutujast ei ole teistest sõltumatu. Igaüks neist on kogu aeg vastastikusel seoses kõigi ülejäänutega. Oleme mõnda neist vastastikustest sõltuvustest juba maininud. Rahvaarv ei saa kasvada ilma toiduta, toidu tootmise kasvuks on vaja täiendavaid tootmisvahendeid, rohkem tootmisvahendeid tähendab rohkem ressursse, ära kasutatud ressursid muutuvad heitmeteks, kasvav saastumine takistab nii rahvastiku kui toidu tootmise kasvu.

Enamgi veel, pikema ajavahemiku kestel hakkab igaüks neist tegureist mõjutama iseennast. Näiteks toiduainete tootmise kasv 1970-tes omab mingit mõju sellele, kui suur on

rahvaarv 1980-dais, mis omakorda mõjutab seda, kuidas peab kasvama toiduainete tootmine järgnevatel aastail pärast seda. Samal viisil onoleb järgnevate aastate loodusvarade vajadusest nende hankimiseks vajalike tootmisvahendite hulk, aga ka planeedil veel olemasolev loodusvarade kogus. Olemasolevad tootmisvahendid ja olemasolevad ressursid koos määravad tulevase ressursidega varustatuse ja nõudmise nende järele.

Viis peamist muutujat või taset — rahvaarv, tootmisvahendid, toit, taastumatud loodusvarad ja saastamine on vastastikustes seostes ja tagasisidetsükleis, mida me seni pole vaadelnud. On ilmne, et ei saa hinnata ühegi neist muutujaist käitumist kaugemas tulevikus, võtmata arvesse kõiki ülejäänuid. Isegi sellel üsna lihtsal viie muutujaga süsteemil on nii keeruline struktuur, et intuiivselt ei ole võimalik arvata, kuidas see võiks käituda tulevikus või kuidas ühe muutuja muutumine võiks mõjutada igäüht ülejäänutest. Selleks, et jõuda niisuguse arusaamiseni, peame laiendama oma intuiitivset suutlikkust nii, et suudaksime hõlmata mitme vastastikusel seoses oleva muutuja käitumist üheaegselt.

Selles peatükis kirjeldame formaliseeritud maailma mudelit, mida kasutasime, et suuta hoomata keerulist maailmasüsteemi. Mudel on katse viia kokku suur hulk olemasolevaid teadmisi põhjuse-tagajärje seostest nende viie loetletud taseme vahel ja kirjeldada neid teadmisi vastastikku põimunud tagasisidetsüklikena. Kuivõrd mudel on ülioluline maailmas toimuva kasvu põhjuste ja piiride mõistmisel, selgitame mudeli koostamist üksikasjalikumalt.

Mudeli loomisel järgisime nelja peamist printsiipi:

1. Lugesime kokku viie taseme vahel olevad põhjuslikud seo-

sed ja jälgisime tagasisidetsükli struktuuri. Selleks uurisime kirjandust ja konsulteerisime spetsialistidega õige mitmelt erialalt. Tähtsamad neist on demograafia, majandus, agronoomia, toitumine, geoloogia, ökoloogia. Meie eesmärk on leida esimesel sammul viie muutja seoste peamine struktuur. Saime aru, et selle baas-struktuuri täpsustavate detailidega täiendamine uute teadmiste põhjal võib jääda pärastiseks, kui oleme aru saanud lihtsa süsteemi käitumisest.

2. Siis hindasime iga seost kvantitatiivselt, kasutades võimaluse korral globaalseid andmeid, ning lokaalseid juhul, kui globaalsed mõõtmisandmed puuduvad.

3. Arvutite abil simuleerisime kõigi nende vastasmõjude käitumist pikema aja kestel. Siis analüüsisime peamiste eelduste numbriliste väärtuste muutuse mõju süsteemi käitumisele, et leida peamised süsteemi käitumist mõjutavad tegurid.

4. Lõpuks analüüsisime globaalse süsteemi käitumist olenevalt ühiskonna poolt tehtavate võimalike tegutsemisviiside valikust.

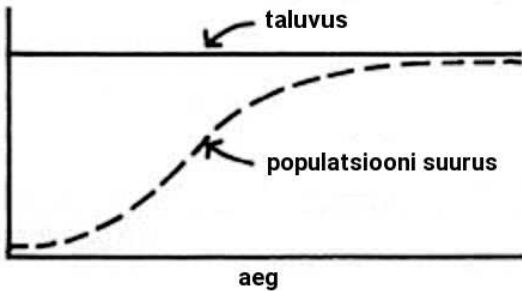
Need neli sammu ei olnud alati tingimata järjestikused. Hilisema sammu käigus ilmnenuid uus informatsioon viis meid sageli tagasi eelmisele sammule, ning tuli muuta peamise tagasisidetsükli struktuuri. Me ei teinud ühte muutumatut maailma mudelit. Meie mudel muutub ja täieneb pidevalt, sedamööda, kuidas seda kritiseeritakse ja kasvab meie arusaamine maailmas toimuvast.

Kokkuvõtte praegusest mudelist, selle otstarbest ja suutlikkusest, temas kirjeldatud peamistest tagasisidetsüklist ja

põhjuslike seoste kvantitatiivsest kirjeldamisest on allpool.

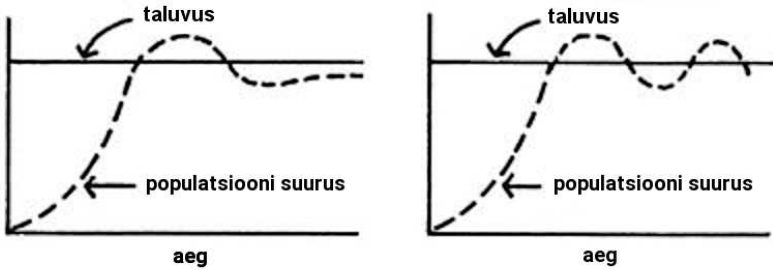
Maailma mudeli eesmärk

Selles esimeses lihtsas mudelis huvitume ennekõike rahvastiku ja tootmisvahendite peamistest käitumismoodidest. Käitumismoodide all mõtleme süsteemi muutujate (näiteks rahvaarvu või saastamise) muutumissuundi aja kulgedes. Muutuv suurus võib kasvada, kahaneda, jääda muutumatuks, hakata võnkuma. Aja kestes võivad need käitumismoodid kombineeruda. Näiteks piiratud maa-alal kasvav populatsioon võib jõuda selle maa-ala poolt võimaliku toetatava suuruseni mitmel erineval viisil. Ta võib sammhaaval kasvukiirust vähendades sujuvalt kohanduda tasakaaluolekusse enne keskkonna poolt seatud piirini jõudmist, nagu näidatud alloleval joonisel.

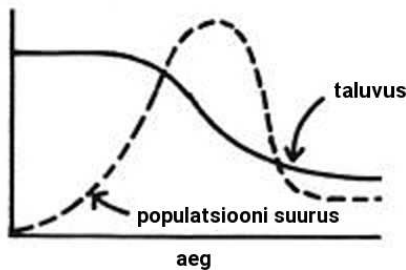


Populatsiooni suurus võib mõneks ajaks ületada keskkonna taluvuspiiri, et siis läheneda piirile sujuvalt või võnkudes nagu näidatud järgneval joonisel.

Võimalik on ka, et populatsioon tarbib taluvuse piiri ületades taastumatuid ressursse, mis viib keskkonna kandevõime uuele madalamale tasemele nagu on näidatud alloleval jooni-



sel. Niisugust käitumist on juba täheldatud mitmes looduslikus süsteemis. Näiteks vaenlaste puudumisel sööb kasvav hirvede või kitsede populatsioon oma levikuala rohumaad paljaks, millega kaasneb erosioon ja taimestiku hävimine.²⁸



Maaailma mudeli loomisel oli peamine eesmärk leida, misugune mudeli käitumisjoon on kõige ilmekam, kui süsteem saavutab kasvu piiri. Seda käitumismoodi määravad protsessi saame ennustuseks nimetada ainult tinglikult. Allpool esitatakse graafikud, mis kujutavad maailma rahvastikku, tootmisvahendeid ja teisi muutujaid ajavahemikus 1900 kuni 2100, ei ole täpsed ennustused. Need graafikud kujutavad ainult süsteemi käitumise tendentse.

Niisuguste „ennustusvariantide“ erinevusi illustreerib lihtne näide. Kui viskate palli otse üles, võite kahtlemata ennustada, milline on selle edasine käitumine. Palli kõrgus kasvab kahaneva kiirusega, kuni kõrguse kasv peatub ja pall hakkab kiirenevalt kaotama kõrgust, kuni põrkub maapinnaga. Me teame, et pall ei jätka igavesti kõrgemale lendamist, ei jää orbiidil tiirlema ega tee näiteks kolme tiiru enne maha kukkumist. Oma praeguse maailma-mudeliga otsime sellelaadseid süsteemi käitumise põhilisi tunnusjooni. Kui tahta täpselt ennustada, kui kõrgele lendab ülesvisatud pall või kuhu täpselt ja kui pika aja pärast pall maha kukub, peab tegema täpseid arvutusi, mis võtavad arvesse andmed palli, tuule ja algse viskejõu kohta. Kui tahame mõneprotsendise täpsusega ennustada, kui suur on rahvaarv aastal 1993, peame looma väga palju komplitseerituma mudeli, mis vajab täpseks ennustuseks meil praegu olemasolevatest palju täpsemaid ja kõikehaaravaid andmeid maailma kohta.

Kuivõrd meid huvitab ainult üldine protsesside kulgemislaad, ei pea meie esialgne mudel olema liiga detailiderohke. Vaatleme ainult üldist populatsiooni suurust, mis iseloomustab statistiliselt maailma keskmist rahvaarvu. Võtame arvesse ainult ühte tüüpi saasteaineid — pikaealisi globaalselt jaotunud saasteainete liike nagu plii, elavhõbe, asbest, stabiilsed pestitsiidid ja radioaktiivsed isotoobid, mille ökosüsteemis käitumise dünaamika kohta on esmane teadmine juba olemas. Vaatleme ühte üldistatud ressursi, mis kujutab kombineeritult kõiki taastumatuid loodusvarasid, kuigi teame, et igal ressursil on oma taseme ja kahanemiskiiruse dünaamiline muster.

Niisugune üldistamise kõrge tase on vajalik selleks, et suudaksime mudelit hõlmata. Niisugune üldistamine seab piirid

informatsioonile, mida võib mudeli abil saada. Niisugune mudel ei anna vastuseid üksikasjade kohta, sest mudel ei ole selleks piisavalt kõikehõlmav. Mudel ei arvesta rahvaste ega riikide piire. Andmeid toiduainete, ressursside ja tootmisvahendite ebaühtlase jaotumise kohta on olemas ja ka mudelis arvestatud, aga esitatud tulemustes ei ole need andmed välja toodud. Üksikasjalikult ei ole käsitletud kaubavahetust maailmas, migratsioonimustreid, kliimaatilisi tingimusi piirkonniti ega poliitilisi protsesse. Loodetavasti luuakse niisugused mudelid, mis suudavad kirjeldada neid olulisi alamsüsteeme maailmas.*

Kas niisugusest väga üldistatud mudelist on kasu? Kas niisuguse mudeli tulemusi võib pidada mõttekaiks? Selle mudeliga arvutatud stsenaariumid ei ole kindlasti täpsed ennustused. Me ei suuda täpselt ennustada Ameerika Ühendriikide rahvaarvu või Brasiilia RKT-d või ka toiduainete kogutoodangut maailmas aastal 2015. Praegu olemasolevad andmed ei ole niisugusteks ennustusteks piisavad. Samal ajal on eluliselt tähtis aru saada inimühiskonna kasvu põhjustest, tunda kasvu piire ja meie sotsiaal-majandusliku süsteemi käitumist, kui kasv on jõudnud võimaliku piirini. Inimkonna teadmised nende süsteemide käitumisest on väga puudulikud. Me ei tea, kas inimpopulatsioon jätkab kasvu või stabiliseerub vähehaaval või hakkab rahvaarv mingi ülapiiri ümber võnkuma või variseb kokku. Me usume, et ülevaatlik maailma mudel on vahend niisugustele küsimustele vastuste otsimiseks. Mudel võtab arvesse kõige üldisemaid seoseid ini-

*Selle uuringu kestel oleme ise loonud mitmeid alammudeleid, et uurida maailma mudeli olulisi sektoreid kujundavate protsesside dünaamikat. Need uurimused on loetletud lisas.

meste, toidu, investeringute, amortisatsiooni, ressursside ja toodangu vahel — suhteid, mis on samalaadsed kogu maailmas, igas inimühiskonna osas ja kogu ühiskonnas tervikuna. Juba raamatu alguses viitasime, millised eelised annab, kui vaatleme niisuguseid küsimusi nii laias ruumi ja aja horisondis kui võimalik. Üksikasju, üksikuid rahvaid ja lühiajalisi pingeid ühiskonnas on kergem uurida ja mõista, kui tunneme üldiseid kasvu piire ja käitumisviise.

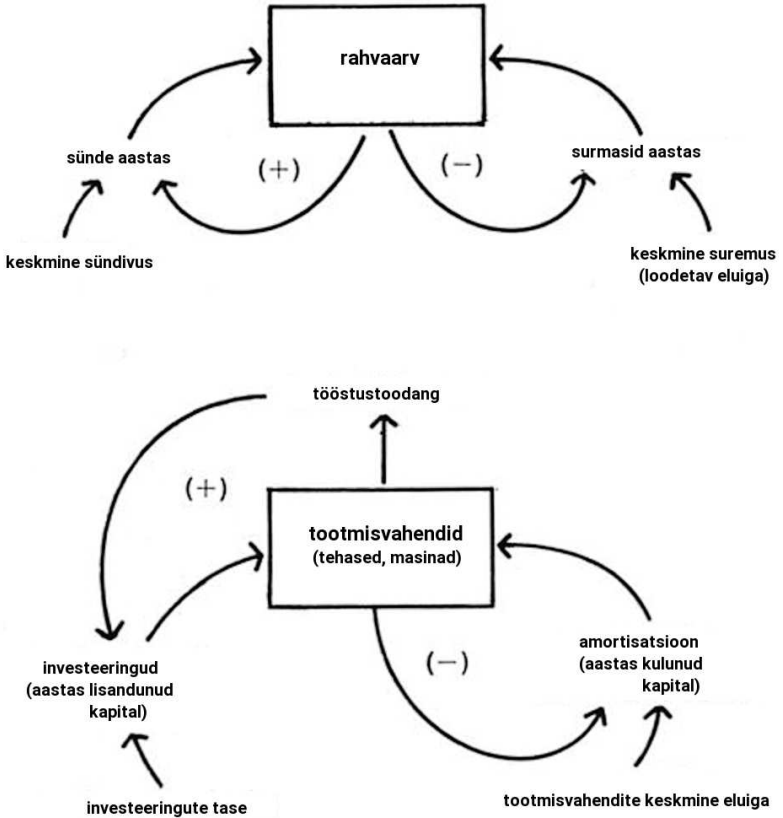
Tagasisidetsükli struktuur

Esimeses peatükis esitasime rahvaarvu kasvu ja tootmisvahendite kasvu tagasisidetsüklike skeemid. Need tsüklid on koos kujutatud joonisel 23.

Vaatame lähemalt joonisel 23 kujutatud suhteid. Rahvaarv kasvab igal aastal aasta jooksul sündinud laste võrra ja kahaneb aasta jooksul surnute võrra. Sündide arv aastas sõltub rahvaarvust ja keskmisest laste arvust elaniku kohta. Kogu surmade arv sõltub rahvaarvust ja keskmisest suremusest. Populatsioon kasvab, kui sündide arv ületab surmade arvu. Niisamuti annavad olemasolevad tootmisvahendid muutumatu efektiivsusega tootes kindla koguse tooteid aastas. Osa sellest toodangust on uued tehased ja masinad, s.t. investeringud, mis kasvatavad tootmisvahendite hulka. Samal ajal mingi hulk tootmisvahendeid kulub või läheb muidu kasutusest välja. Et tootmisvahendite hulk kasvaks, peab investeringute hulk olema suurem kui amortisatsioon.

Kõigil meie diagrammidel näitavad nooled, et üks muutuja mõjutab teist muutujat. Diagrammidel ei ole näidatud selle mõju loomust ega tugevust, aga loomulikult on need mõjud kirjeldatud mudeli võrrandites kvantitatiivselt. Et skeemid

Joonis 23: Rahvastiku kasvu ja tootmisvahendite kasvu tagasisidetsüklid

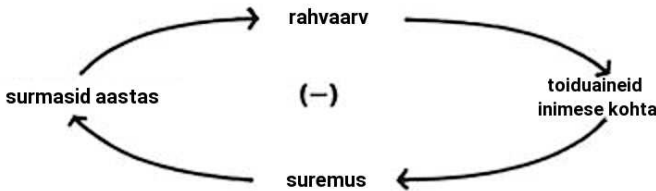


Maailma mudeli kesksed tagasisidetsüklid on rahvaarvu ja tootmisvahendite hulga kasvu tsüklid. Positiivse tagasiside tsüklid sündimus ja investeeringud tekitavad rahvaarvu ja kapitali eksponentsiaalse kasvu. Negatiivse tagasiside tsüklid suremus ja tootmisvahendite kulumine suruvad kasvu alla. Positiivse ja negatiivse tagasiside tasakaal sõltub paljudest teistest süsteemis toimivatest teguritest.

ei läheks liiga keeruliseks, jätame sageli märkimata, et mitmed põhjuslikud seosed avaldavad mõju viivitusega. Mudelarvutustes on neid viivitusi arvestatud.

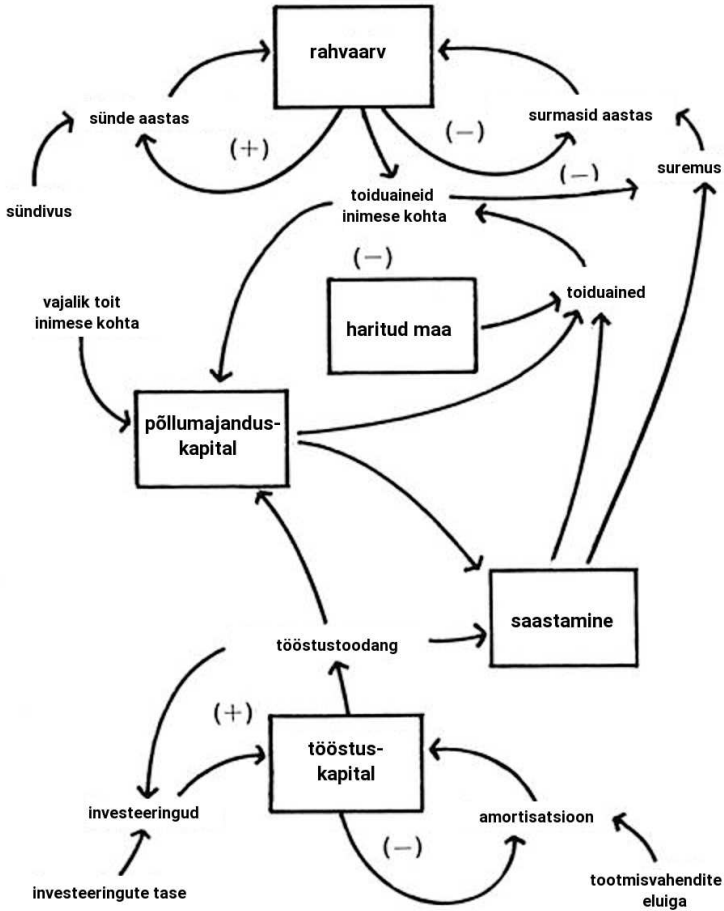
Rahvaarv ja tootmisvahendid on vastastikusel sõltuvuses mitmel viisil. Osa neist seostest on kujutatud joonisel 24. Muist tööstustoodangust on tootmisvahendid põllumajanduse jaoks — näiteks traktorid, niisutuskanalid, väetised. Põllumajanduse tootmisvahendite ja haritava maa hulk mõjutavad otseselt toiduainete tootmist. Toiduainete hulk elaniku kohta (kogu toidutoodang jagatud rahvaarvuga) mõjutab suurem populatsioonis. Nii tööstuslik kui põllumajandus-tootmine põhjustavad saastumist. (Põllumajanduses tekib saastumine pestitsiidide kasutamisest, väetised kutsuvad esile veekogude eutrofeerumist, ebaõige niisutamine võib viia maa sooldumiseni.) Saastumine võib mõjutada suurem otseselt või seeläbi, et vähendab saagikust põllumajanduses.²⁹

Joonisel 24 näeme mitut olulist tagasisidetsüklit. Kui kõik muu jääb muutumatuks, kaasneb rahvaarvu kasvuga inimese kohta toidu hulga kahanemine, mis põhjustab suuremuse kasvu ja seeläbi rahvaarvu vähenemist. Seda negatiivse tagasiside tsüklit on kujutatud alloleval joonisel.



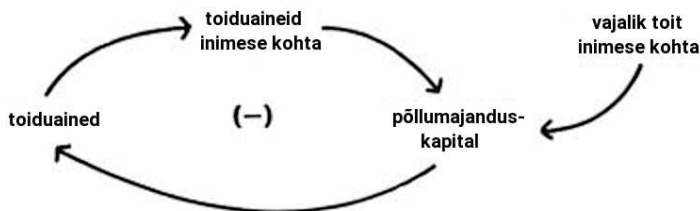
Veel üks negatiivse tagasiside tsüklit (näidatud allpool) tasakaalustab ülal esitatud tsüklit. Kui toidu hulk inimese

Joonis 24: Rahvastiku, tootmisvahendite, põllumajanduse ja saastamise kasvu tagasisidetsüklid



Osa seostest rahvaarvu ja tööstustootmise vahel toimib põllumajanduse ja saastamise vahendusel. Iga nool skeemil näitab põhjuslikke suhteid, mille toime võib olla kohene või viivitusega, väike või suur, positiivne või negatiivne, ja sõltub igal mudeli simulatsioonil tehtud eeldustest.

kohta kahaneb allapoole eluspüsümiseks vajalikku taset, siis püütakse suurendada tootmisvahendite hulka põllumajanduses, et kasvatada toiduainete tootmist inimese kohta.



Veel mõned olulised suhted maailma mudelis on esitatud joonisel 25. Need on suhted rahvaarvu, tööstuskapitali, teeninduse ja ressursside vahel.

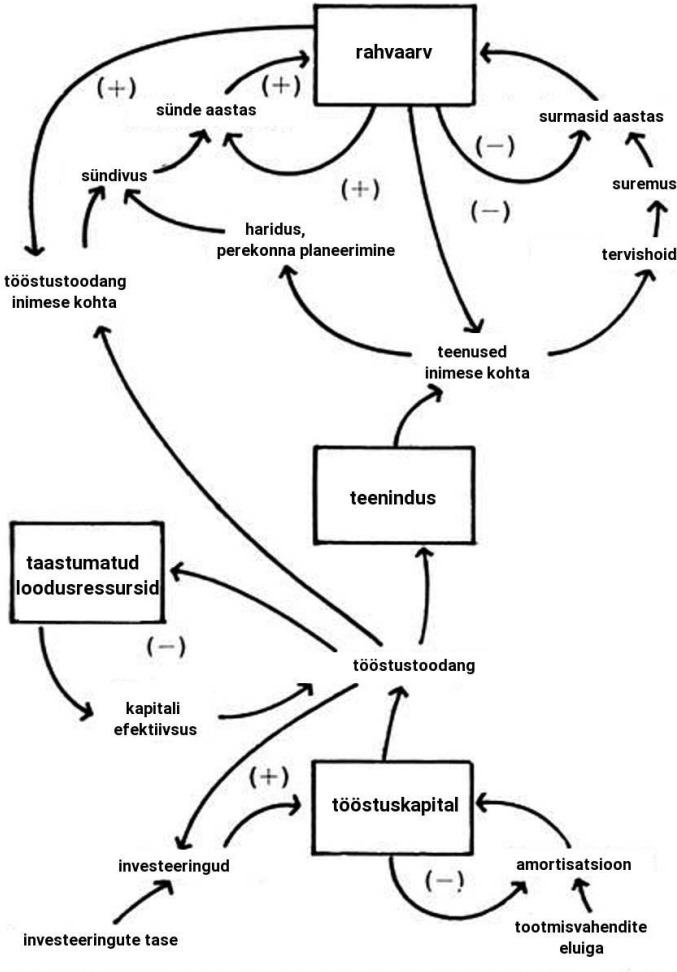
Osa tööstustoodangust on vahendid teeninduse jaoks nagu elumajad, koolid, haiglad, pangad ja neis olevad seadmed. Nii-suguste vahendite koguhulga suhe rahvaarvu on teenuste hulk inimese kohta. Teenuste hulk inimese kohta mõjutab tervishoiu taset ning selle kaudu suuremust populatsioonis. Teenuste hulka kuulub ka haridus ja teadusuuringud, muu hulgas ka sündivuse kontrolli alased uuringud, ning sellekohase informatsiooni ja vajalike vahendite jaotamine. Nii on sündivus sõltuvuses teenuste hulgast inimese kohta.

Muutuv tööstustoodangu hulk inimese kohta mõjutab silmnähtavalt (kuigi enamasti suure viivitusega) paljusid sotsiaalseid faktoreid, mis mõjutavad sündivust.

Iga tööstustoode tarbib mingi koguse taastumatuid ressursse. Sedamööda, kuidas taastumatute ressursside varud kahanevad, on vaja rohkem vahendeid, et hankida sama kogus loodusvarasid ja seega tootmise efektiivsus kahaneb (sama

koguse lõpptoodangu saamiseks on vaja rohkem vahendeid).

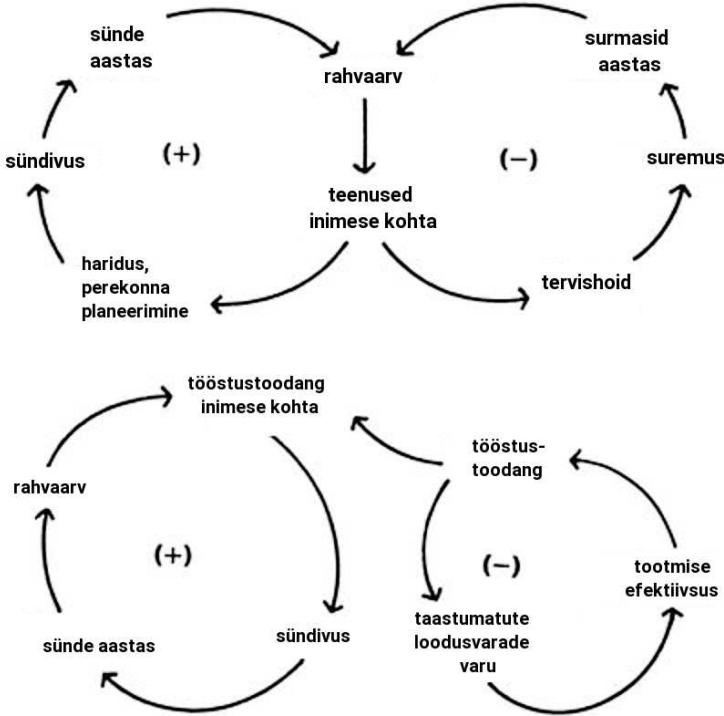
Joonis 25: Rahvaarvu, tootmisvahendite, teenuste ja ressursside tagasisidetsüklid



Rahvaarv ja tootmisvahendite hulk tööstuses sõltub teeninduse tasemest (nagu tervishoid ja haridus) ning taastumatute loodusvarade varust.

KASV MAAILMAS

Joonise 25 olulised tagasisidetsüklid on kujutatud alloleval joonistel.



Joonistel 24 ja 25 kujutatud suhted on maailma mudelis tüüpilised vastastikku põimuvate tagasisidetsüklite korral. Teised ringahelad kaasavad tegureid nagu haritud maa pindala ja kui kiiresti seda laiendatakse või kui kiiresti see hävib erosiooni tõttu, millise kiirusega tekivad heitmed ja kui kiiresti keskkond suudab need kahjutuks muuta, ja taskaal tööjõu hulga ja vabade töökohtade vahel. Täielik voodiagramm joonisel 26 kujutab kõiki maailma mudelis arvestatud tegureid.

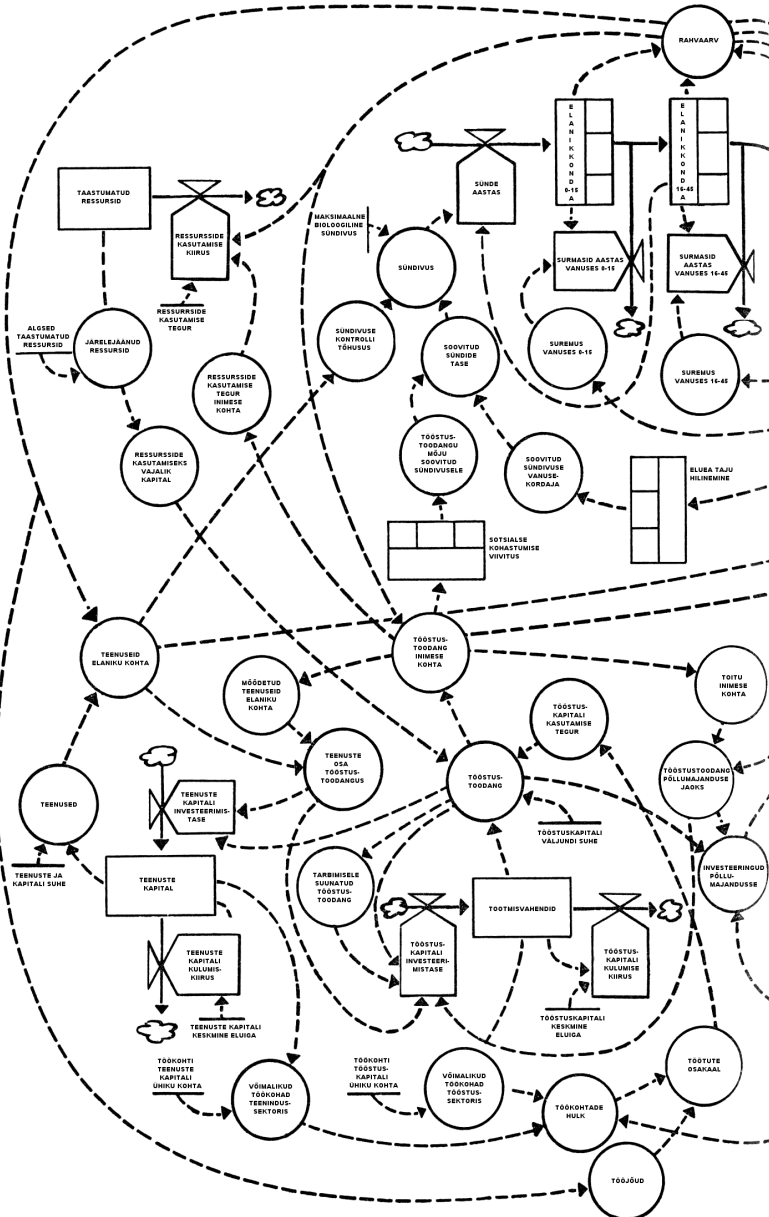
Kvantitatiivsed eeldused

Iga nool joonisel 26 kujutab üldist seost, mida me peame rahvastiku-kapitali süsteemis oluliseks. Skeemi struktuur on piisavalt üldine, et selle abil kujutada ka ühte rahvast või ka ainult ühte linna (kaasates migratsiooni ja kaupade voo üle piiride). Et rakendada joonisel 26 kujutatud mudelit ühe rahva toimimise analüüsiks, peame kõiki kvantitatiivseid suhteid süsteemis kirjeldama seda rahvast või riiki iseloomustavate arvandmetega. Kogu maailma kujutamiseks peavad mudeli sisendandmed olema kogu maailma keskmised.

Enamus maailmas toimivaid põhjuslikke seoseid on mittelineaarsed. See tähendab, et põhjustava muutuja muutus (nagu 10-protsendine toiduga varustatuse kasv) põhjustab teise muutuja (näiteks oodatav eluiga) muutust erinevalt, olenevalt teise muutuja hetketasemest võimalike muutuste vahemikus. Kui näiteks toiduvarude kasv 10 protsenti on kasvatanud loodetavat eluiga 10 aastat, siis sellest ei pruugi järgneda, et toiduainete kasv 20 protsenti suurendab loodetavat eluiga 20 aastat. Joonis 27 kujutab toiduga kindlustatuse ja loodetava eluea vahelise seose mittelineaarsust. Kui toitu ei ole piisavalt, toob väike toiduga varustatuse tõus kaasa suure kasvu populatsiooni oodatavas elueas. Kui toitu on juba piisavalt, siis edasine toiduga varustatuse kasvu mõju on väike või puudub üldse. Niisugused mittelineaarsused on maailma mudelis võetud arvesse.*

*Andmeid joonisel 27 ei ole korrigeeritud arvestamiseks muutusi teistes valdkondades, nagu tervishoid. Täiendav informatsioon selle kohta, kuidas niisuguseid suhteid on statistiliselt käsitletud ja arvestatud mudeli võrrandis, on esitatud tehnilises raportis.

Joonis 26:



Joonis 26: Maailma mudel

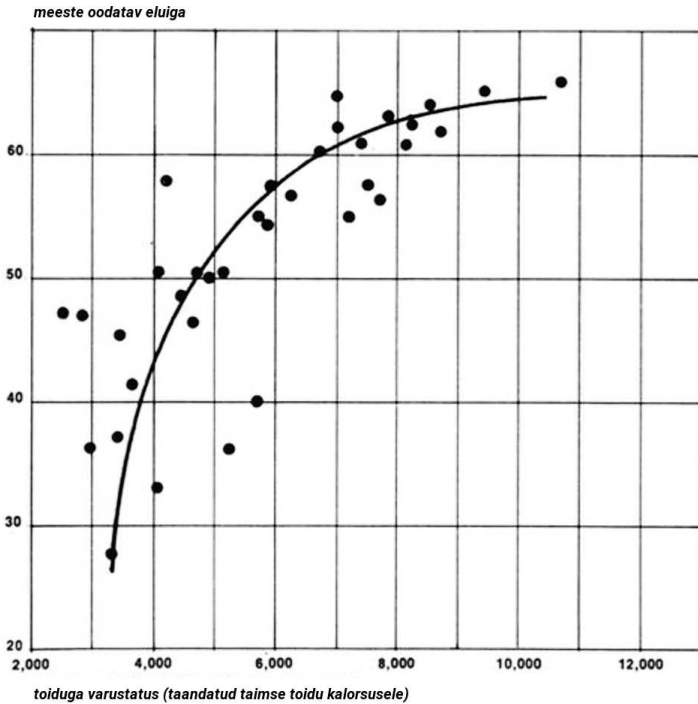
Kogu maailma mudel on siin kujutatud voodiagrammina, kasutades formaalse süsteemidünaamika tähistusi. Otseselt mõõdetavaid füüsilisi suurusi tähistavad ristkülikud. Muutuste kiirused, mis mõjutavad nende suuruste taset, on tähistatud ventiili sümboliga. Abimuutujad, mis mõjutavad dünaamika võrrandeid, on tähistatud ringidega. Viivitused on tähistatud sektsioonidega ristkülikutes. Inimeste, kaupade, raha jne. reaalsed vood on tähistatud pidevate nooltega, põhjuslikke seoseid tähistavad kriipsjoontega nooled. Pilve kujutised tähistavad allikaid või neelusid, mis ei mõjuta oluliselt mudeli käitumist.

Teadmised põhjuslikest seostest maailmas varieeruvad täielikust ignorantsist äärmise korrektsuseni. Maailma mudelis on need seosed arvesse võetud vastavalt võimalustele. Me teame üht-teist põhjuslikkuse suuna ja tugevuse kohta, aga väga harva oskame neid seoseid kirjeldada kvantitatiivselt täpselt. Illustreerime seda ebamäärasust kolme näitega. Üks näide on suhted majandusmuutujate vahel, mis on suhteliselt hästi teada. Teine näide kaasab sotsiaal-psühholoogilisi muutujaid, mida on küll palju uuritud, aga raske kvantitatiivselt kirjeldada. Kolmas näide on bioloogilistest muutujatest, mis on senini üsna tundmatud. Kuigi need kolm näidet ei moodusta sugugi maailma mudeli täielikku kirjeldust, annavad need aimu kaalutlustest protsesside kirjeldamisel.

Ressurside kasutamine inimese kohta

Mis juhtub taastumatute loodusvaradega, kui maailma rahvaarv ja tootmine kasvavad? Aasta jooksul kasutatud loodusvarade hulga saame korrutada rahvaarvu ressurside inimese kohta kasutamise hulgaga. Ressursi kasutus inimese kohta ei ole muidugi muutumatu. Kui populatsiooni heaolu kasvab, hakkab see tarbima rohkem ressursse inimese kohta aastas. Allolev voodiagramm kujutab seoseid rahvaarvu, ressurside

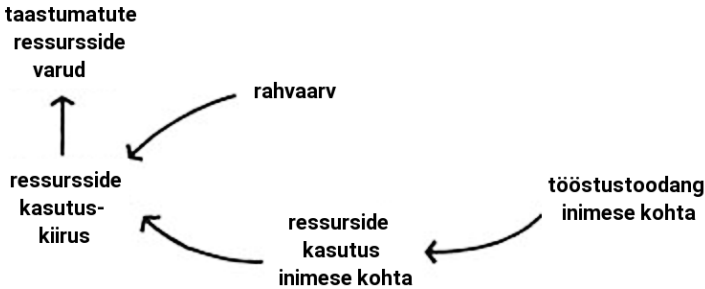
Joonis 27: Toitumine ja loodetav eluiga



Loodetav eluiga on populatsiooni toiduga varustatuse mittelineaarne funktsioon. Sellel graafikul on toiduga varustus esitatud taimse toidu kalorsuse ekvivalendis. Loomsest toidust (liha, piim) saadud kalorite hulk on korrutatud vastava teisendusteguriga (umbes seitsmega, sest ühe loomse toidu kalori saamiseks kulub umbes 7 kalorit taimset toitu). Kuna loomne toit on inimese elu tagamiseks suurema väärtusega kui taimne toit, siis mudel võtab arvesse nii toidu hulka kui kvaliteeti. Iga punkt graafikul kujutab ühe rahva keskmist loodetavat eluiga aastal 1953.

Allikas: M. Cépède, F. Houtart, and L. Grond. *Population and Food* (New York: Sheed and Ward, 1964).

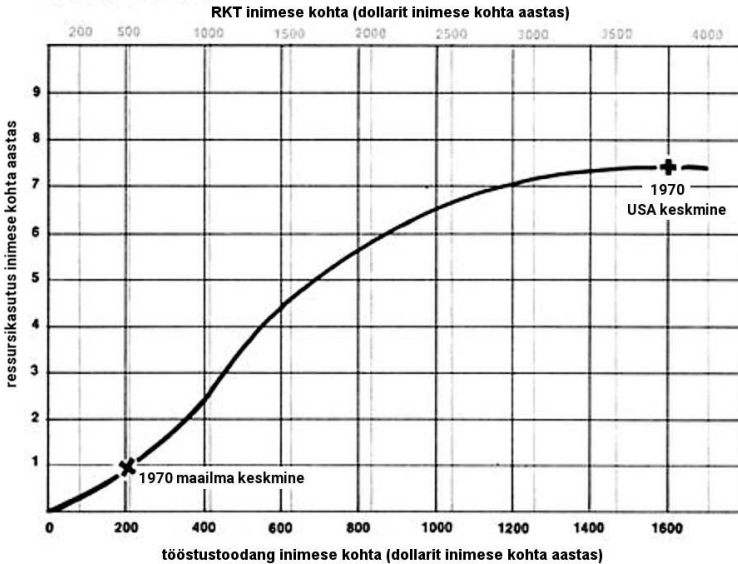
kasutamise kiiruse ja heaolu (kui tööstustoodangu hulk inimese kohta) vahel.



Seos heaolu (tööstustoodangu hulk inimese kohta) ja ressursinõudluse vahel väljendub mittelineaarse graafikuga joonisel 28. Ressursikasutus on sellel joonisel kirjeldatud maailma keskmise ressursikasutusena inimese kohta aastal 1970, mis on võetud võrdseks ühega. Aastal 1970 oli tööstustoodangu hulk inimese kohta maailmas umbes 230 dollarit³⁰, nii läbib graafik joonisel X-ga märgitud punkti. Ameerika Ühendriikides oli 1970. aastal tööstustoodang inimese kohta umbes 1600 dollarit ja keskmine ressursikasutus inimese kohta oli umbes seitse korda suurem kui maailma keskmine.³¹ USA tasemele vastav punkt graafikul on tähistatud sümboliga +. Eeldame, et kui ülejäänud maailm areneb majanduslikult, järgib see üldjoontes USA tarbimismudelit — graafiku kiire tõus, kui toodangu hulk inimese kohta kasvab, millele järgneb stabiliseerumine kõrgemal tasemel. Õigustus niisugusele eeldusele on praegune terase kasutamise suundumus maailmas (vt. joonis 29). Kuigi terase kasutamise muustris on kõrvalekaldeid üldisest graafikust joonisel 28, on üldised tendentsid sarnased, hoolimata erinevustest rahvaste majandus- ja poliitilistes struktuurides.

Täiendav tunnistus ressursikasutuse mustri üldise kuju kohta on joonisel 30 kujutatud terase ja vase kasutuse ajalugu USA-s. Kui individuaalne sissetulek kasvab, kasvab ka

Joonis 28: Tööstustoodang inimese kohta ja ressursikasutus

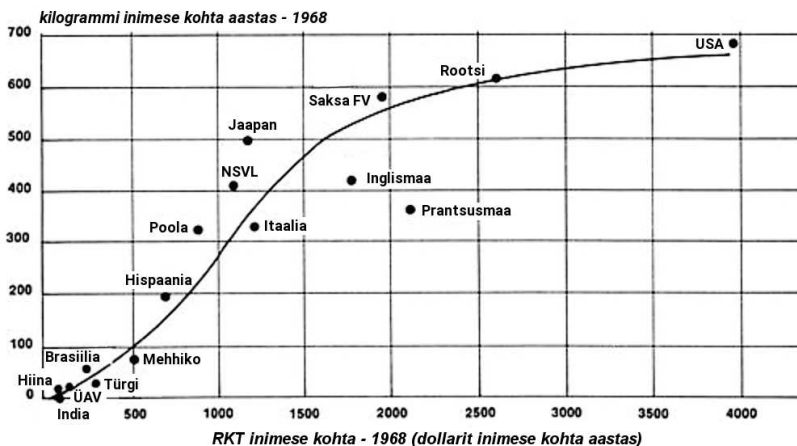


Eeldatud seos ressursikasutuse ja tööstustoodangu vahel on S-kujuline. Arengumaades on ressursikasutus väga madal, sest enamus toodangust on põllumajandussaadused. Industrialiseerimisega kaasneb kiire ressurside kasutuse kasv, mis stabiliseerub kõrge taseme saavutamisel. Punkt X tähistab maailma keskmist ressursikasutust 1970. aastal, punkt + USA keskmist ressursikasutust aastal 1970. Kaks horisontaalset skaalat on tööstustoodang ja RKT inimese kohta aastas.

ressursikasutus alguses järsult, aga hiljem mitte nii kiiresti. Lõpuks saavutatav platoo kujutab keskmist tarbimise küllastuse taset. Edasine sissetulekute kasv kulub peamiselt teenindusele, mis ei ole nii ressurtsinõudlik.

Joonisel 28 näidatud ressursikasutuse S-kujuline sõltuvus on maailma mudelis kajastamas praegust praktikat. Seda sõltuvust saab mudelarvutustes muuta, et simuleerida muutusi süsteemi käitumises nagu näiteks ressurtside

Joonis 29: Terasetoodang ja RKT inimese kohta maailmas

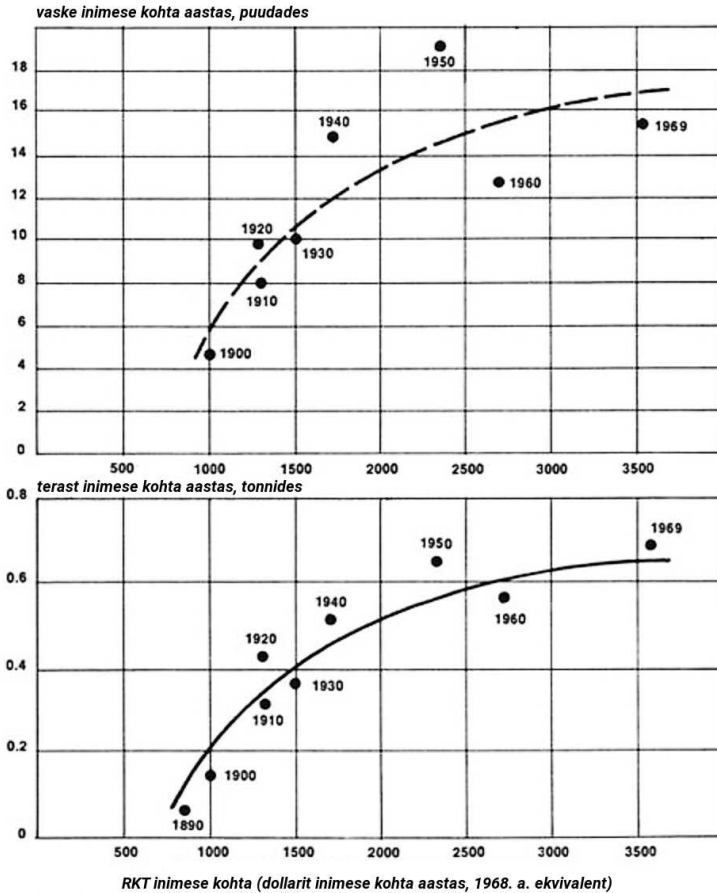


Terase kasutus maailmas (1968) järgib joonisel 28 kujutatud üldist S-kujulist mustrit.

Allikad: Terasest kasutamine: UN Department of Economic and Social Affairs, Statistical Yearbook 1969 (New York: United Nations, 1970). RKT inimese kohta: World Bank Atlas (Washington, DC: International Bank for Reconstruction and Development, 1970).

taaskasutus, mis võivad iga inimese poolt kasutatavate taastumatute loodusvarade hulka kas suurendada või vähendada. Siin raamatus näidatud mudelsimulatsioonid illustreerivad niisuguste tegutsemisviiside mõju.

Joonis 30: Vase ja terase kasutus inimese kohta USA-s

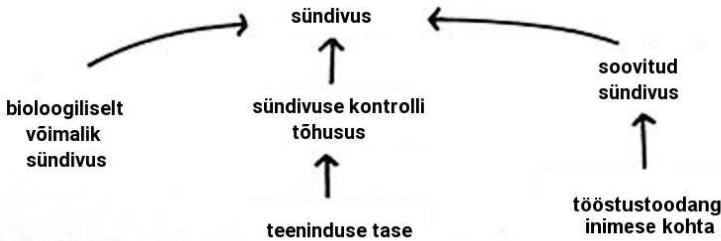


Vase ja terase tarvitamine inimese kohta kasvas USA-s kiiresti, kui tootlikkus kasvas. Kui tarbimine saavutas suhteliselt kõrge taseme, saabus tarbimise märksa väiksema kasvu periood.

Allikad: Vase ja terase kasutamine: *Metal Statistics* (Somerset, NJ: American Metal Market Company, 1970). Ajalooline rahvaarv ja RKT: US Department of Commerce, *US Economic Growth* (Washington, DC: Government Printing Office, 1969).

Soovitud sündivuse tase

Sündide arv aastas on igas populatsioonis võrdne viljakas eas naiste arvu ja keskmise sündivuse (keskmine sünnituste arv naise kohta aastas) korrutisega. Väga mitmed tegurid mõjutavad sündivust populatsioonis. See on väga paljude maailma demograafide uurimisvaldkond. Maailma mudelis arvestame kolme peamist sündivust mõjutavat tegurit. Need on maksimaalne bioloogiliselt võimalik sündivuse tase, sündivuse kontrolli efektiivsus ja soovitud sündivuse tase. Nende mõjutegurite suhted sündivusega on kujutatud alloleval skeemil.



Bioloogiliselt võimalik sündivus on sündide arv, kui ei kasutata ühtegi sündivuse kontrolli vahendit kogu viljakusperioodi vältel. See sündide tase on määratud bioloogiliselt ja sõltub peamiselt populatsiooni üldisest tervislikust seisukorrast. Soovitud sündivuse tase on sündide arv, kui populatsioon kasutab laitmatult toimivat sündivuse kontrolli, nii et sünnivad ainult planeeritud ja soovitud lapsed. Sündivuse kontrolli efektiivsus iseloomustab, kus paikneb populatsiooni sündivuse tase soovitud ja bioloogiliselt võimaliku vahel. Sündivuse kontroll on mõiste, mis hõlmab kõiki populatsioonis praktiseeritavaid sündivuse kontrolli mooduseid nagu rasestumisvastased vahendid, abort ja suguline karskus. Tuleb märkida, et täiuslik sündivuse kontroll ei tähenda tingimata

madalat sündivust. Kui soovitud sündide arv on suur, siis on ka sündivus populatsioonis kõrge.

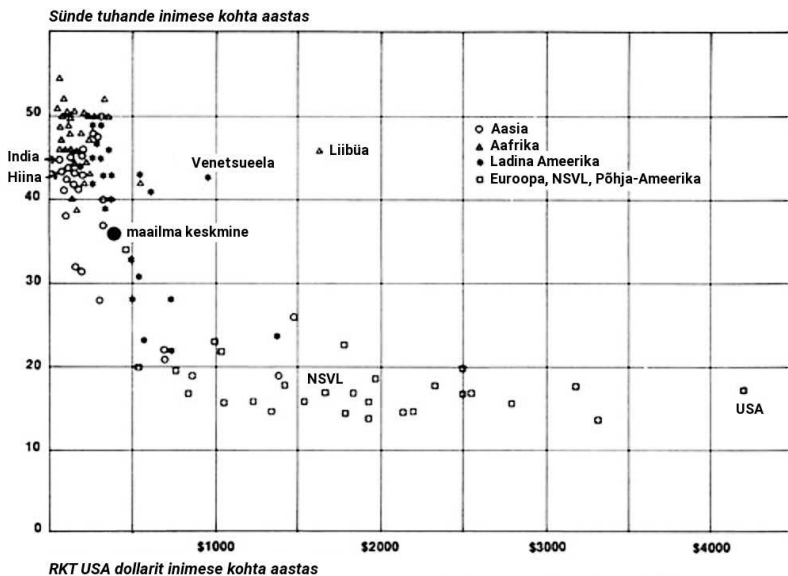
Sündivuse taset mõjutavad kolm tegurit on omakorda mõjutatud mitme maailmas toimiva protsessi poolt. Joonis 31 vihjab, et industrialiseerimine on niisugustest tegureist üks olulisemaid.

Seos sündivuse taseme ja inimese kohta RKT vahel on kogu maailmas üllatavalt regulaarne. Kui RKT kasvab, siis sündivus kahaneb. See on nii, hoolimata erinevustest religioonis, kultuurilistes ja poliitilistes tegurites. Me ei saa selle graafiku põhjal muidugi väita, et RKT tõus inimese kohta põhjustab otseselt sündivuse taseme languse. Ilmselt vähendavad sündivuse taset industrialiseerituse kasvuga kaasnevad sotsiaalsed muutused ja haridustaseme tõus. Sotsiaalsed muutused ilmnevad enamasti suure viivitusega.

Missuguses tagasisidetsüklis avaldub see pöördvõrdeline seos RKT ja sündivuse vahel? Ilmselt mitte bioloogiliselt võimaliku sündivuse kaudu, sest industrialiseerimisega kaasneb parem heaolu, nii et RKT kasvuga bioloogiliselt võimalik sündivuse tase pigem kasvab. Samas kasvab ka sündivuse kontrolli tõhusus ja ilmselt see soodustab joonisel 31 näha olevat sündivuse taseme langust. Arvame, et peamine sündivuse taset mõjutav tegur on soovitud sündivuse taseme muutus RKT kasvades. Seda tunnistab graafik joonisel 32. See graafik kujutab pereplaneerimisuuringutes ilmnenuid seost rohkem kui nelja last soovinute ja RKT vahel. Selle graafiku üldine kuju on sarnane joonisel 31 kujutatuga. Ainuke erinevus on väike soovitud perekonna suuruse kasv kõrge sissetuleku korral.

Majandusteadlane J.J. Spengler on seletanud üldist seost soovitud sündivuse ja sissetulekute taseme vahel industrialiseerimisega kaasnevate majanduslike ja sotsiaalsete muutustega.³² Ta usub, et iga pere kas teadlikult või alateadli-

Joonis 31: Sündivus ja RKT inimese kohta



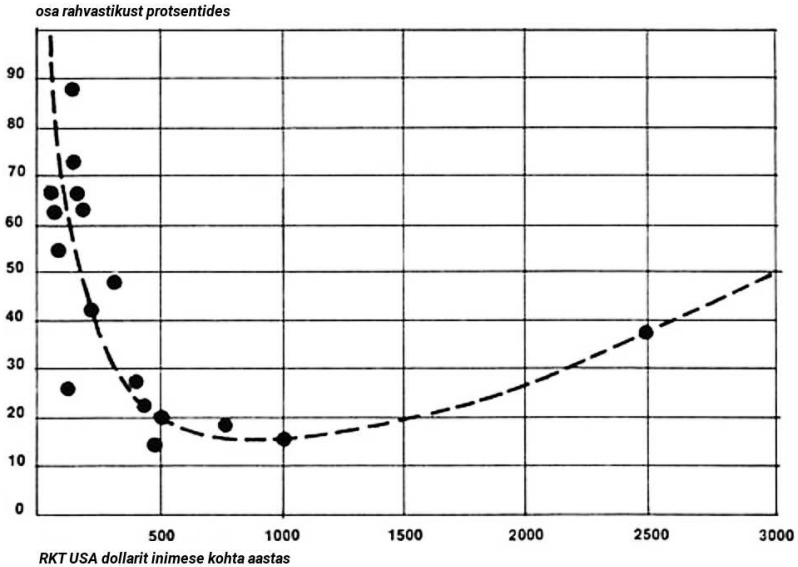
Üldine trend maailmas on, et inimese kohta RKT kasvades sündivus kahaneb. Rohkem kui pool maailma rahvastikust paikneb graafikul vasakul üleval, kus RKT inimese kohta on vähem kui 500 dollarit aastas ja sündide arv tuhande elaniku kohta aastas on 40 kuni 50. Kaks üldisest tendentsist hälbijat Venetsueela ja Liibüa on naftat eksportivad maad, kus sissetulekud on hakanud kasvama hiljuti ning sissetulekute jaotus on väga ebahühtlane.

Allikas: US Agency for International Development, *Population Program Assistance* (Washington, DC: Government Printing Office, 1970).

kult kaaalub pere majanduslikke võimalusi ja lisanduva lapse jaoks vajalikke kulutusi. Selle tulemusel muutub üldine suhtumine perekonna suurusesse sissetulekute kasvades nagu kujutatud joonisel 33.

Lapse „väärtus“ on rahalised kaalutlused, nagu lapse tööpanus perefarmi või ärisse ning sõltuvus lapse toetusest, kui vanemad jäävad vanaks. Industrialiseerituse kasvades vähen-

Joonis 32: Rohkem kui nelja last soovivad pered ja RKT inimese kohta

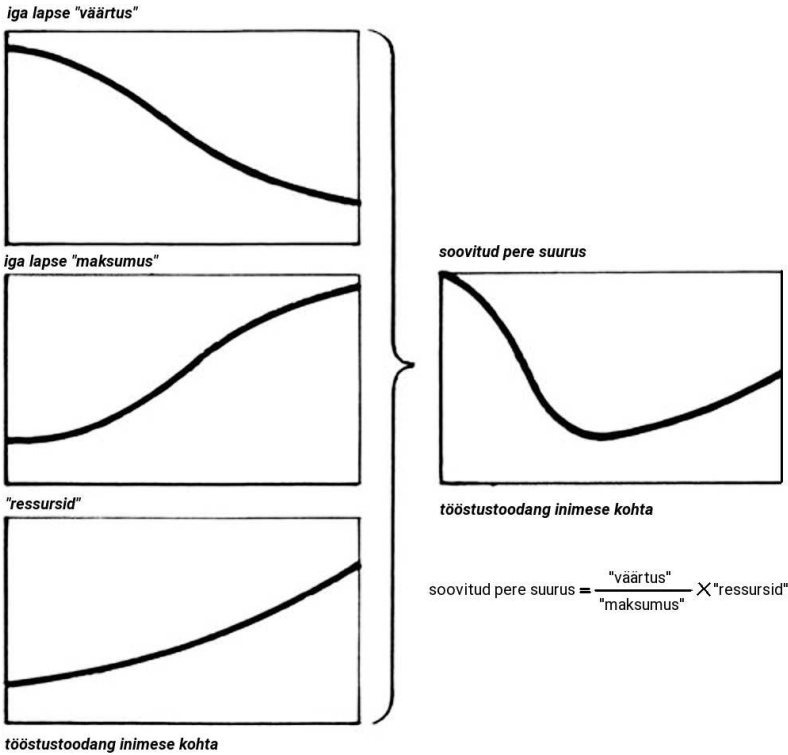


Pereplaneerimise uuringute küsitlusele seitsmeteistkümnes riigis vastasid inimesed, mitut last nad sooviksid. Suurt peret (neli või rohkem last) soovijate osakaal rahvastikus olenevalt keskmisest RKT-st inimese kohta omab samasugust trendi nagu graafik joonisel 31.

Allikas: Bernard Berelson et al., *Family Planning and Population Programs* (Chicago: University of Chicago Press, 1965).

davad lapse potentsiaalset rahalist väärtust laste tööjõu kasutamise kohta käivad seadused, kohustuslik haridus ja sotsiaalkindlustuse edenemine. Lapse „väärtus“ seisneb ka niisugustes hõlmamatutes väärtustes nagu armastuse objekt, perekonna nime edasikandja, perekonna varanduse pärija ja kui mehelikkuse tõendus. Niisugused väärtused on tähtsad igas ühiskonnas ja nii on laste hüvitav olemus alati hinnatud. Eriti

Joonis 33: Soovitud perekonna suurus



Pere suurust kujundavate majanduslike mõjutegurite skeem järgib robust-set kulu-tulu analüüsi. Summaarne graafik võtab kokku tasakaalu laste väärtuse ja kaasnevate kulude vahel ning laste kasvatamiseks vajalike vahendite olemasolu funktsioonina kasvavast industrialiseerimisest. Ühendatud graafik on sarnane graafikutele joonistel 31 ja 32.

tähtis on see vaestes ühiskondades, kus mingid personaalse vaevatasu võimalused peaaegu puuduvad.

Lapse „hind“ kaasab pere tegelikke väljaminekuid, mis kuluvad lapse vajadusteks, lapse hooldamisele kulunud lapse

ema aega ja pere kasvanud vastutust ning kahanenud vabadust. Traditsioonilistes ühiskondades on lapse hind väga väike. Lapse majutamiseks ei vajata täiendavat ruumi, vähe on võimalusi hariduseks ja arstiabi, riiete ja toidu vajadused ei ole suured. Ema on enamasti väheharitud ning tema aeg ei ole väärtustatud. Perekonnal on vähe võimalusi teha midagi niisugust, mida laste olemasolu võiks takistada, ja suures peres on võimalusi hoolitseda laste eest, kui üks vanem peaks kodust lahkuma näiteks töö otsimiseks.

Kui pere sissetulekud kasvavad, kasvavad ka kulutused lastele. Lastele vajatakse paremat toitu ja riideid, nad saavad kodus rohkem ruumi ja paremat meditsiinilist teenindust, haridus muutub vajalikuks ja ka kalliks. Reisimine, meelelahutus ja ema võimalus minna tööle ei realiseeru suures perekonnas. Industrialiseerimise edenedes kaovad suured ja mitut põlvkonda ühendavad pered, tekib vajadus kalli lapsehoidja järele.

„Ressursid“ mida kulutada lastele, tavaliselt kasvavad pere sissetuleku kasvades. Väga suurte sissetulekute korral muutuvad väärtuse ja hinna graafikud sissetuleku edasisest kasvust sõltumatuks ja ressursid muutuvad soovitud sündivuse koondtasemes domineerivaks. Nii on rikastes riikides nagu Ameerika Ühendriigid soovitud perekonna suurus otseses seoses sissetulekuga. Peab meeles pidama, et „ressursid“ on osaliselt psühholoogiline mõiste ning pere planeerimisel tuleb tegelikult rahalist sissetulekut korrigeerida loodetava sissetuleku suurusga.

Kõik need sotsiaalsed tegurid oleme kokku võtnud tööstustoodangu ja soovitud sündivuse taseme tagasisidetsükliks. Selle seose üldine kuju on esitatud joonisel 33 paremal. Selle seosega me ei pea silmas, et soovitud perekonna suurus on määratud ainult kasvavate sissetulekuga. Tegelikult võtame arvesse ka viivitust sissetulekute kasvu ja soovitud pere suuruse seoses,

KASV MAAILMAS

sest sotsiaalsed muutused vajavad kohanemisaega. Niisuguseid seoseid võivad tulevikus muuta poliitilised ja sotsiaalsed muutused ühiskonnas. Mudel kajastab ainult praegu olemasolevat inimühiskonna käitumist. Igalpool, kus majandus on kasvanud, on sündivus kahanenud. Industrialiseerimisest puutumata jäänud rahvaste sündivuse tase on jäänud kõrgeks.

Saastamise mõju elueale

Maailema mudelis oleme arvestanud võimalust, et saastamine mõjutab maailma populatsiooni loodetavat eluiga. Seda seost arvestame „eluea saasteteguriga“. See on funktsioon, mis korrigeerib muude teguritega nagu toit ja arstiabi määratud loodetavat eluiga. Kui saastamine on nii tugev, et vähendab loodetavat eluiga 90 protsendile sellest, mis see oleks saastumise puudumisel, on eluea saastetegur 0.9. Saastumise mõju loodetud elueale kujutab allolev skeem.



Saastumise loodetavale elueale mõju kohta maailmas on teadmisi napilt. Tasapisi koguneb teadmisi üksikute saasteainete toksilisusest inimesele nagu elavhõbe ja plii. Statistilisi seoseid saasteainete hulga ja populatsiooni surmade taseme vahel on seni otsitud ainult õhu saastamise kohta.³³

Kuigi kvantitatiivseid andmeid on vähe, ei ole kahtlust, et seos saastumise ja inimeste tervisliku seisundi vahel on olemas. Hiljutine Keskkonna Kvaliteedi Nõukogu raport teatab:

Tõsised õhusaaste episoodid on näidanud, kuidas õhu saastatus kahjus-

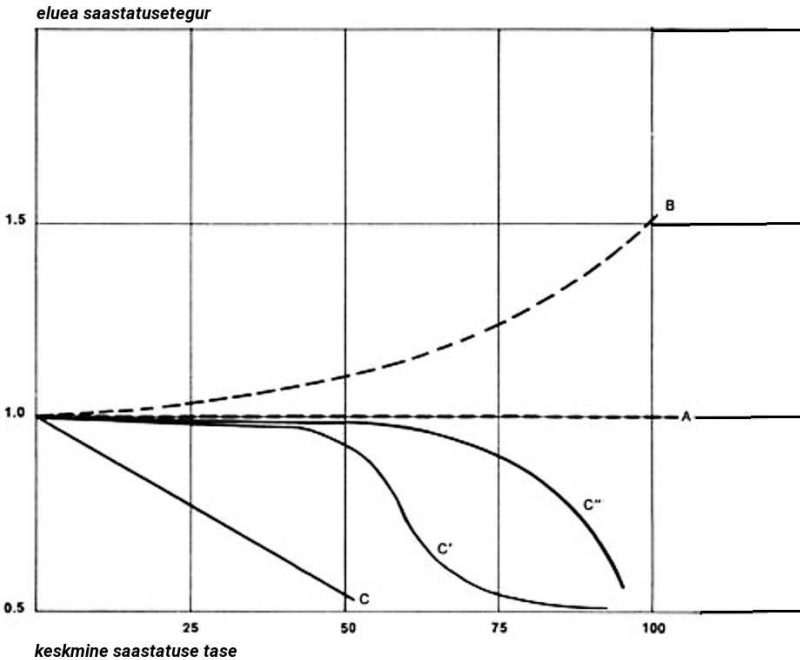
tab rängalt tervist. Uurimused lisavad tõendeid, kuidas isegi madala tasemega õhusaaste kestev toime kahjustab tervist ja põhjustab kroonilisi haigusi ning enneaegset surma, eriti kõige haavatavamale kontingendile — eakatele ja juba hingamisteede haigusi põdejatele. Peamised õhu saastatusega seostatavad haigused on kopsupuhitus, bronhiit, astma ja kopsuvähk.³⁴

Kuidas mõjub inimeste elueale, kui praegune globaalne saastatus kasvab? Me ei oska seda küsimust vastata täpselt, aga me teame, et saastatus mõjub elueale. Kui jätame selle mõju arvestamata, siis me eksiksime rohkem kui siis, kui arvestame saastatuse mõju oodatavale elueale meie praeguste teadmiste põhjal. Meie „parima hinnangu“ tuletamine on seletatud allpool ning illustreeritud joonisel 34.

Kui praegusega võrreldes sajakordne saastatuse kasv ei avalda mõju elueale, tuleb kasutada joonise 34 seost A. Loomulikult on see väga väheusutav, sest me teame, et mitmed saasteained kahjustavad inimest. Joon B või mõni teine joonest A kõrgemal kulgev joon, mis väidab, et saastatuse kasv kasvatab oodatavat eluiga, on veelgi vähem tõenäoline kui joonega A kujutatud saastatuse ja oodatava eluea vaheline seos. Me usume, et seos saastatuse ja eluea vahel on negatiivne, kuigi me ei tea, missugune see seos täpselt on. Igaüks tähega C kujutatutist või mõni muu joonest A allpool kulgev joon võib olla selle seose õige kujutis.

Sellelaolistel juhtudel teeme ühe muutuja teisele mõju kohta mitmeid hinnanguid ja proovime iga hinnanguga, kuidas mudel käitub. Kui mudel on väga tundlik mõne muutuja väikeste muutuste suhtes, siis on selge, et peame otsima täiendavat informatsiooni, et paremini kirjeldada selle muutuja seoseid teistega. Kui mudeli käitumine ei ole väga tundlik oletusega valitud seose tüübi suhtes (nagu siinsel juhul), siis teeme seose tüübi kohta konservatiivse oletuse. Me

Joonis 34: Saastatuse mõju elueale



Saastatuse taseme ja inimeste keskmise eluea seost kujutaval graafikul võib olla mitu erinevat kuju. Joon A näitab, et saastatus ei mõjuta eluiga (loomulik eluiga on korrutatud teguriga 1.0). Joon B kujutab juhust, kui eluiga kasvab saastatuse kasvades (normaalne oodatav eluiga on korrutatud 1.0-st suurema teguriga). Jooned C, C' ja C'' kujutavad erinevaid oletusi selle kohta, kuid saastatus lühendab eluiga. Maailma mudelis on kasutatud joonega C'' kujutatud seose tüüpi.

usume, et graafik C'' joonisel 34 kirjeldab kõige paremini seost oodatava eluea ja saastatuse vahel. See graafik eeldab, et kui saastatuse tase kasvab praegusega võrreldes kümnekordseks, ei mõju see veel oluliselt elueale, aga sajakordne saastatuse kasv omaks suurt mõju.

Maailma mudeli kasulikkus

Ülal kirjeldatud suhted on kolm umbes sajast põhjuslikust seosest, mis üheskoos moodustavad maailma mudeli. Need valitud näited annavad aimu, missugust informatsiooni ja mil viisil me kasutame oma mudelis. Paljudel juhtudel ei ole olemasolev informatsioon täielik. Sellegipärast usume, et niisugusele informatsioonile tuginev mudel oma esialgsel tasemel on kasulik mitmel põhjusel.

Esiteks, me loodame, et kui esitame iga suhte kui hüpoteesi ja rõhutame selle tähtsust maailma süsteemis, kutsume esile arutelu ja alustatakse uusi uuringuid, mis annavad lõpptulemusena meile paremad algandmed, mille abil analüüsida maailma toimimist. Niisugune rõhuasetus on eriti oluline valdkondades, kus mudeli erinevad sektorid kokku puutuvad (nagu saastumine ja inimeste eluiga), kus on vajalik valdkondadevaheline uurimistö.

Teiseks, isegi kui paremaid andmeid ei õnnestu saada, on juba olemasolev teadmine piisav, et luua maailma süsteemi mudel, mille üldine käitumine on õige. See on nii, sest mudeli tagasisidetsüklite struktuur kujundab süsteemi käitumist palju olulisemal määral kui täpsed arvulised tagasisidetsüklite parameetrid. Isegi üpris suured muudatused algandmetes ei muuda mudeli käitumise üldist laadi, nagu näeme järgnevatel lehekülgedel. Muutused numbrilistes väärtustes muudavad võnkumiste perioode või kasvu kiirust või kokkukukkumise aega, aga nad ei muuda seda asjaolu, et peamine käitumislaad on võnkumine või kasv või kokkukukkumine.* Kuna me soovi-

*See, et struktuur on olulisem kui arvvärtused, on kontseptsioon, mida on raske selgitada ilma näideteta süsteemide vaatlemisest ja modelleerimisest. Selle asjaolu edasiseks käsitlemiseks vt. ptk. 6 raamatus J.W. Forrester *Urban Dynamics* (Cambridge, Mass.: MIT Press, 1969).

me maailma mudeliga uurida süsteemi käitumisviisi ja mitte teha täpseid ennustusi, oleme ennekõike mures tagasisidetsüklite struktuuri pärast, mitte niivõrd täpsete arvvaartuste pärast. Kui soovime mudeli abil saada täpsemat ettekujutust süsteemi käitumisest lähitulevikus, muutuvad täpsed andmed rohkem oluliseks.

Kolmandaks, kui iga tasandi otsuste vastuvõtjail oleks saadaval täpsed ennustused ja teaduslikult korrektsed alternatiivsete võimaluste analüüsid, siis me ei vaevuks looma ja avaldama mittetäielikul teadmisel põhinevat mudelit ja simulatioone. Kahjuks pole olemas perfektset mudelit, mida kasutada tänapäeva tähtsate tegevuspõhimõtete valikul. Praegu on meie ebatäielikul teadmisel põhinevale mudelile ainukeks alternatiiviks mittetäieliku teadmise ja intuitsiooni segule tuginevad mõttelised mudelid, mille abil tehakse enamus poliitilisi otsuseid. Samasugust mittetäielikku informatsiooni käsitlev dünaamiline mudel lubab mitmest erinevast allikast pärit informatsiooni siduda tagasisidetsüklite struktuuri, mida saab siis täpselt analüüsida. Kui kõik tehtud eeldused on kokku kogutud ja kirja pandud, saab neid analüüsida ja saab proovida süsteemi käitumist erinevate valikute korral.

Maailma mudeli käitumine

Nüüd saame lõpuks tõsiselt käsitleda küsimusi, mis tõstataksime peatüki alguses. Missugune on maailma süsteemi kõige tõenäosem käitumisviis, kui see läheneb kasvades oma lõplikele piiridele? Missugused praegustest suhetest muutuvad, kui eksponentsiaalne kasv on sunnitud peatuma? Missuguseks muutub maailm, kui kasv jõuab lõpule?

Neile küsimustele on loomulikult mitu võimalikku vastust. Me analüüsime mitmeid alternatiive, millest igaüks sõltub erinevast komplektist eeldustest selle kohta, kuidas inimühiskond

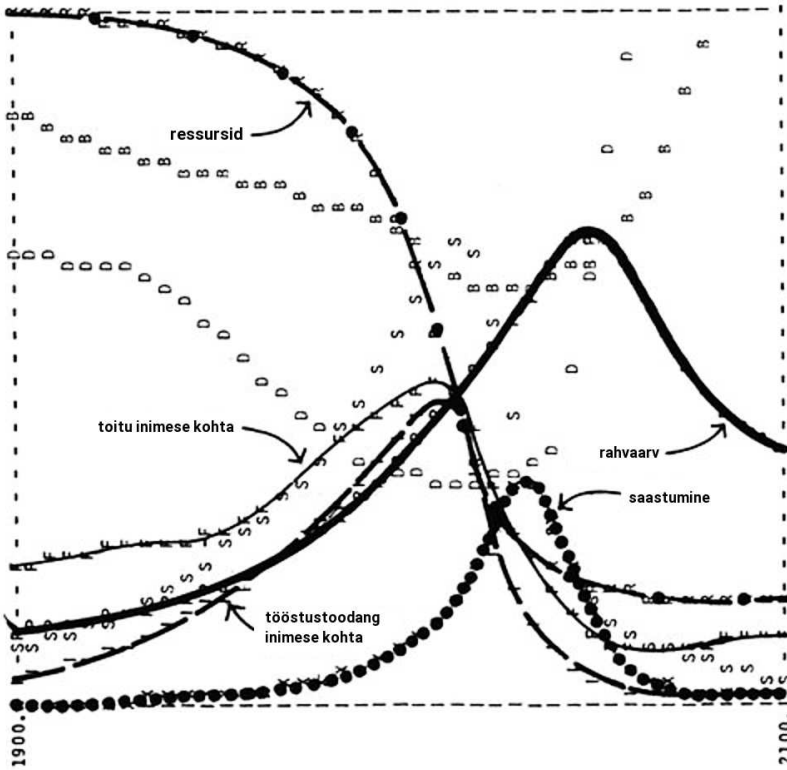
reageerib kasvu piiride poolt esile kutsutud probleemidele.

Alustuseks eeldame, et inimlikud väärtused ja globaalne rahvastiku-tootmisvahendite süsteem on tulevikus enamvähem samasugune kui viimase saja aasta kestel. Niisugune tulemus on kujutatud joonisel 35. Edaspidi viitame sellele stsenaariumile kui „standardmudel“ ja kasutame seda stsenaariumi, et võrrelda teistel eeldustel aset leidvaid stsenaariume. Horisontaalne skaala joonisel 35 on ajavahemik aastast 1900 kuni aastani 2100. Arvutustulemustena on esitatud kaheksa suuruse ajas muutumise graafikud:

- rahvaarv
- tööstustoodang inimese kohta
- toitu inimese kohta
- saastumine (võrreldes 1970. a. tasemega)
- taastumatud ressursid (1900. a. varust järelejäänud osa)
- B** sündivus (sünte 100 inimese kohta aastas)
- D** suremus (surmasid 100 inimese kohta aastas)
- S** teenuseid inimese kohta (dollariekvivalent) inimese kohta aastas

Iga muutuja on graafikul oma vertikaalse skaalaga. Me jätsime vertikaalse skaala teadlikult märkimata ning horisontaalne skaala on üsna ebamäärane, sest me tahame rõhutada mudeli üldist käitumist, mitte muutujate ja ajahetkede arv-väärtusi, mis on teada väga ligikaudu. Aga graafikute skaalad on täpselt samasuured ka teiste stsenaariumite arvutamisel. Nii saab erinevaid stsenaariume kergesti võrrelda. Kõigi muutujate tasemed (rahvaarv, tootmisvahendid, saastumine jne.) algavad mudelis 1900. aasta väärtustega. Ajavahemikus 1900 kuni 1970 vastavad kõik graafikud joonisel 35 (ja rohked teised muutujad mudelis, mis ei ole joonisel kujutatud) nende ajaloolistele väärtustele sedavõrd, kuidas me teame. Rahvaarv tõusis 1900. aasta 1.6-lt miljardilt kuni 3.5 miljardini aastal 1970. Kuigi sündivuse tase langeb vähehaaval, kahaneb sure-

Joonis 35: Maailmamudeli standardstsenaarium



Maailmamudeli standardstsenaarium eeldab, et füüsilised, majanduslikud ja sotsiaalsed suhted, mis on ajalooliselt kujundanud meie maailma, ei muutu tulevikus oluliselt. Kõik graafikule kantud muutujad järgivad ajaloolisi väärtusi vahemikus 1900 kuni 1970. Toidu tootmine, tööstustoodang ja rahvaarv kasvavad eksponentsiaalselt, kuni kiiresti kahanevad ressursid põhjustavad tööstustoodangu kasvu aeglustumise. Viivituste tõttu tagasisidetsükleis jätkavad nii rahvaarv kui saastumine kasvu mingi aja pärast seda, kui tööstustoodang inimese kohta on saavutanud oma suurima väärtuse. Rahvaarvu kasv peatub lõpuks, kui vähenenud toiduvarude ja meditsiinilise teeninduse tõttu hakkab suremus kasvama.

mus veelgi kiiremini, eriti pärast 1940. aastat, ja rahvastiku kasvu kiirus kasvab. Tööstustoodang ning toidu ja teenuste hulk inimese kohta kasvavad eksponentsiaalselt. Ressursside varu on 1970. aastal ikka veel umbes 95 protsenti 1900. aasta varudest, kuid hakkab kiiresti kahanema, sest nii rahvaarv kui tööstustoodang inimese kohta kasvavad.

Joonisel 35 kujutatud süsteemi käitumine on silmnähtavalt ülemäärase kasvuga, mis viib kokkuvarisemisele. Selles stsenaariumis saabub kokkuvarisemine taastumatu- te ressursside ammendumise tõttu. Tööstus kasvab tase- meni, mis nõuab tohutul hulgal loodusressursse. Niiviisi kasvades kulutatakse suur osa saadaolevaist ressurssidest. Kui maardlad ammenduvad ja ressursside hinnad kasvavad, kulub järjest rohkem vahendeid vajalike loodusvarade hanki- miseks. Nii jääb vähem tuleviku kasvu tagavateks investee- ringuteks. Lõpuks ei suuda investeeringud enam toime tulla tootmisvahendite kulumisega ja tootmisbaas variseb kokku, võttes kaasa teeninduse ja põllumajandustootmise, sest need sõltuvad tööstustoodangust (nagu väetised, pestitsiidid, haig- late laboratooriumid, arvutid ja kõige rohkem energia). Mõne aja kestel on olukord eriti komplitseeritud, sest rahvaarv jätkab kasvu tingituna vanuselisest koosseisust ja sotsiaalse- test seadumustest. Lõpuks hakkab rahvaarv kahanema sure- muse kasvu tõttu, kuna ei jätku toitu ega tervishoiuteenuseid.

Nende sündmuste täpne ajastus graafikul ei ole oluline, sest mudelis on suured üldistused ning palju määramatust. Oluline on aga, et kasv peatub ammu enne aastat 2100. Me proovisime iga kahtlustäratava tulemuse korral teha muutu- jate teadmata väärtuste korral võimalikult optimistlikke hin- nanguid ning vältisime kataklüsmi nagu sõjad või epidee- miad, mis võivad kasvu lõpetada varemgi veel kui meie mu- del prognoosib. Teiste sõnadega, mudel on kallutatult opti- mistlik ja lubab kasvul kesta kauem kui see on reaalses maa-

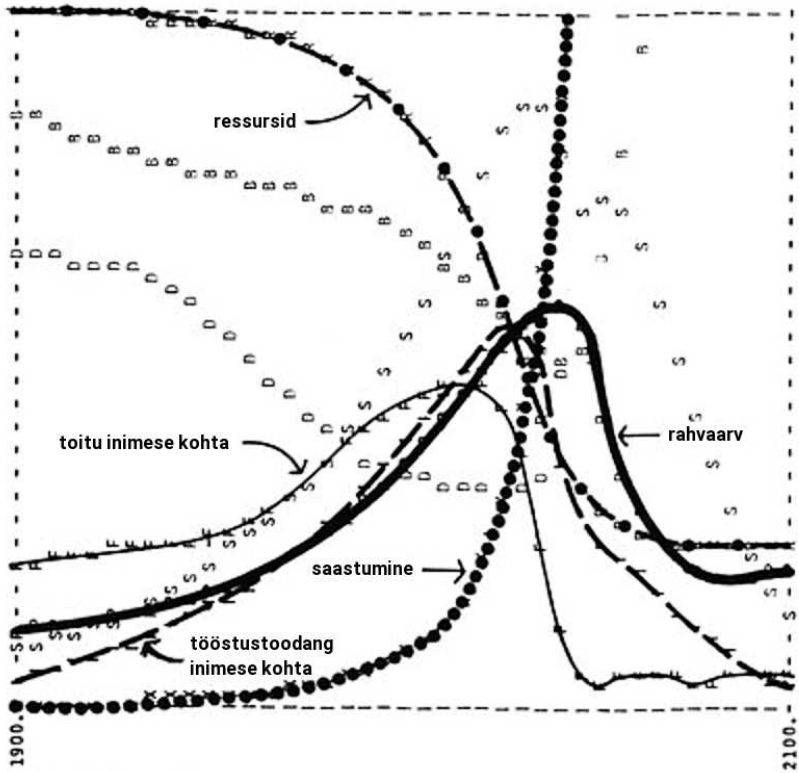
ilmas võimalik. *Seega võime mõningase kindlusega väita, et kui praeguses maailmasüsteemis ei leia aset olulised muutused, siis peatuvad rahvaarvu ja tööstustoodangu kasv hiljemalt järgmisel sajandil (s.o. 21. sajandil — tõlkija märkus).*

Joonisel 35 kujutatud süsteem variseb kokku ressursside kriisi tõttu. Mis siis, kui meie globaalsete ressursside hinnang on vale? Joonisel 35 me eeldasime, et aastal 1970 jätkuks kõiki ressursse 250 aastaks, kui ressursikasutus jääks 1970. aasta tasemele. Staatilise reservi indeksi veerg II peatüki ressursside tabelis näitab, et niisugune eeldus on väga optimistlik. Aga olgem veelgi optimistlikumad ja oletame, et uute maardlate leiud ja tehnoloogia areng lubavad majanduslikult kasutatavate ressursside mahtu kahekordistada. Niisuguse eeldusega arengustsenaarium on kujutatud joonisel 36.

Joonisel 36 on mudeli käitumisviis üldjoontes samasugune kui standardstsenaariumis — kasv ja kollaps. Selles stsenaariumis on peamine kasvu pidurdav protsess järsk saastumise kasv, sest ületatakse keskkonna suutlikkus neutraliseerida heitmeid. Suremus kasvab järsult saastumise ja toidupuuduse tõttu. Hoolimata esialgsete varude kahekordistamisest ammenduvad majanduslikult kasutatavad ressursid, sest tööstustootmise eksponentsiaalne kasv kasutab selle täiendava koguse ressursse.

Kas maailma süsteemi tulevik ongi kasv ja sellele järgnev nukker ammendunud eksistents? Ainult siis, kui meie praegune elukorraldus kestab muutumatult. Meil on rohkesti näiteid inimkonna leidlikkusest ja sotsiaalsest kohanemisvõimest. Maailma süsteemis on võimalikud muutused, millest mõned on juba aset leidmas. Roheline revolutsioon suurendab saagikust arengumaades. Teadmised uutest sündivuse kontrolli meetodeist levivad kiiresti. Proovigem maailma mudelit kui vahendit, millega kontrollida uute tehnoloogiate mõju, mis lubavad tõsta kasvu piire.

Joonis 36: Maailmamudel kahekordistatud loodusvarade eeldusel



Ressurside saadavuse eelduse kontrolliks kahekordistasime ressurside varu aastal 1900, jättes kõik teised eeldused samasuguseks kui standardstenaariumis. Nii võib industrialiseerimine saavutada kõrgema taseme, sest ressurside varusid ei ammendata nii ruttu. Suurema tööstustoodanguga kaasneb ka rohkem heitmeid, nii et looduse suutlikkus neutraliseerida saastumine ammendub. Saastumine kasvab kiiresti, põhjustades suurema suremuse ja põllumajandustoodangu taandarengu. Hoolimata ressurside varu kahekordistamisest kahaneb ressursidega varustatus vaatlusperioodi lõpuks ikka samale tasemele kui standardstenaariumis.

IV PEATÜKK

TEHNOLOOGIA JA KASVU PIIRID

Missugune on äärmine piir, mille suunas liigub tööstuslik progress? Kui progress peatub, missugusena jääb inimkond kestma?

JOHN STUART MILL, 1857

Kuigi inimkonna ajaloos on mitmeid juhuseid, kuidas füüsilistes piirides püsimine pole õnnestunud, kujundab tänases maailmas tooni andvate inimeste kultuurilise traditsiooni piiridega toimetulemise edukus. Viimase kolme sajandi kestel on inimkonnal muljetavaldavaid saavutusi tehnoloogia edendamise ja rahvaarvu ja majanduskasvu silmnähtavate piiridega toimetulemisel. Kuna inimühiskonna suure osa lähiminevik on olnud edukas, siis on üsna loomulik, et suur hulk inimesi loodab tehnoloogiliste läbimurretega kergitada füüsilist arengulage lõputult. Need inimesed räägivad tulevikust kaikuva tehnoloogilise optimismiga.

Vaateväljas ei ole ei toorainete ega energiavarustuse olulisi piire, millega hindade struktuuri muutused, toodete asendamine, ettenähtav tehnoloogia ja saastumise kontrolli areng ei suudaks hakkama saada.³⁵

Planeedi olemasolev toidu tootmise võime ja uute tehnoloogiate täieliku kasutuselevõtuga saavutatav täiendava toidu tootmine on toonud inimkonna käeulatuse suutlikkuse pühkida planeedilt nälg aastakümne või kahe jooksul.³⁶

Rohkete ammendamatu energiaallikate valdamine ja oskus teha kiirenevalt rohkem vähema mere-, õhu- ning kosmosetehnoloogiaga on tõestanud, et Malthus eksis. Inimkonna täielik füüsiline ja majanduslik edulugu

on nüüd saavutatav veerandsajandiga.³⁷

Kas niisuguseid väiteid saab lepitada kasvu piiridega, mida oleme siin vaadelnud? Kas uued tehnoloogiad suudavad ära hoida ülemaailmse tendentsi kasvada ja kokku variseda? Enne kui omaks võtta või tagasi lükata neid tehnoloogiliste lahenduste abil inimkonna probleemide lahendamise optimistlike vaateid, peaksime lähemalt vaatlema uute tehnoloogiate globaalset mõju, nii lühiajalist kui pikaajalist ja kõigis viies läbipõimunud rahvaarvu-tootmisvahendite sektoris.

Tehnoloogia maailma mudelis

Maailma mudelis ei ole ühte muutujat „tehnoloogia“ Me ei pidanud võimalikuks tehnoloogilise arengu dünaamilist mõju kokku võtta üheks muutujaks, sest erinevad tehnoloogiad mõjutavad mudeli erinevaid sektoreid. Beebipillid, suure saagikusega teraviljad, televisioon ja avamere puurtornid on kõik tehnoloogilised saavutused, aga igaüks neist mõjutab maailma süsteemis ühte kindlat komponenti. Sellepärast peame vaatlema igat tehnoloogilist uuendust mudelis eraldi, jälgides hoolikalt, kuidas see võib mõjutada mudeli elementide kohta tehtud eeldusi. Selles peatükis esitame mõned näited niisuguse lähenemise pikaajalise globaalse mõju kohta.

Energia ja ressursid

Kontrollitav aatomituumade lõhustamise tehnoloogia on juba kergitanud ähvardavat fossiilkütuste ressurside piiri. Samuti on võimalik, et kiired briiderreaktorid või koguni tuumade sünteesi reaktorid pikendavad oluliselt lõhestuvate tuum-

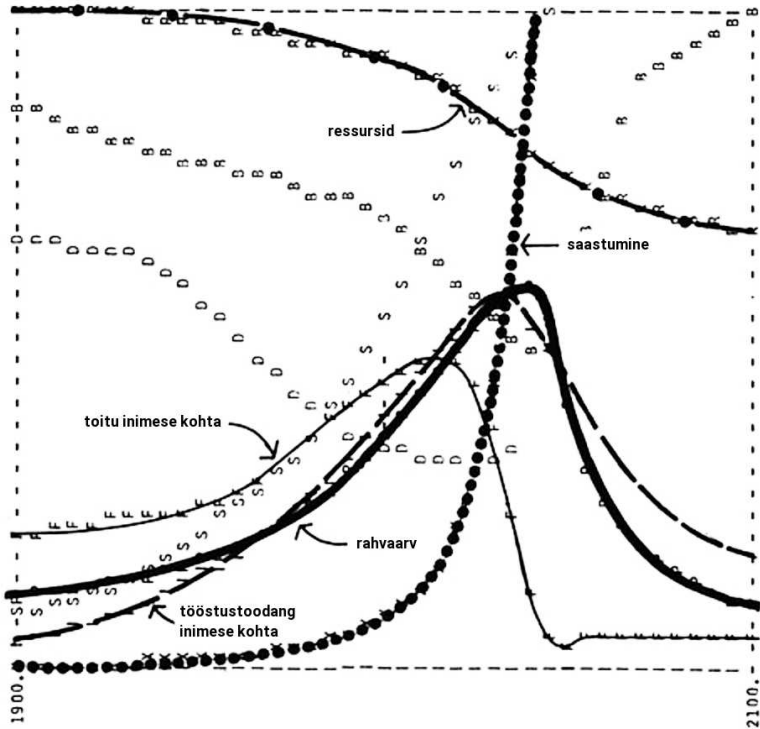
kütuste nagu uraan varude kestvust. Kas see tähendab, et inimkond on saavutanud „rohkeste ammendamatu energiaallikate valdamise“ mis tagab piiramatud toorainevarud tehastele? Missugune on tuumaenergia kasvava kasutamise mõju ressursside kättesaadavusele?

Mõned eksperdid usuvad, et külluslikud energiaressursid lubavad inimkonnal avastada ja võtta kasutusele muidu kättesaamatud materjalid (näiteks mere põhjas), töödelda vaesemaid maake — kuni tavaliste kaljudeni, ning võtta taaskasutusse tahked heitmed ja eraldada neist metallid. Kuigi see on üsna tavaline uskumus, pole see kõiki hõlmav, nagu kinnitab järgmine geoloog Thomas Loveringi tsitaat.

Tegelikult vähendab odav energia ainult natuke kivimite kaevandamise ja töötlemise maksumust. Tohutud kogused kasutuid heitmeid, mis tekivad iga ühiku metalli tavalisest graniidist tootmisel (suhtes vähemalt 2000:1) äramahutamise on plaanidel kergem kui tootmises. ... Selleks, et kätte saada vajalikke mineraale, tuleb kivimid purustada lõhkeainetega, valmistada ette reservuaari viimiseks ja ujutada üle spetsiaalseid ekstraheerivaid kemikaale sisaldava lahusega. Tuleb rakendada ettevaatusabinõud, et lahustid ei lekiks loodusesse ega saastaks põhjavett ega jõgesid. Neid tegevusi ei muuda tuumaenergia tarbetuteks.³⁸

Oletame siiski, et tehnoloogia-optimistidel on õigus ja tuumaenergia lahendab maailma ressursivajaduse. See eeldus on joonisel 37 kujutatud stsenaariumil. Vähemrikaste maade ning mere põhjas kaevandamise väljendamiseks kahekordistame maailma mudelis olemasolevate ressursside hulka nagu joonisel 36. Samuti oletame, et alates aastast 1975 vähendavad taaskasutus ja rekultiveerimine seni puutumatute loodusvarade vajadust tootmisühiku kohta veerandile praegusest. Mõlemad need eeldused on pigem liiga optimistlikud kui reaalsed.

Joonis 37: Piiramatu ressurssidega stsenaarium



Ressursside ammendumise probleem on ära hoiatud kahe eeldusega: esiteks, et kasutada on piiramatul koguses tuumaenergiat, mis lubab kahekordistada kasutuselevõetavate ressurside hulka, ja teiseks, et tuumaenergia teeb võimalikuks ulatusliku taaskasutuse. Kui need on ainukesed muudatused maailma mudeli eeldustes, peatub kasv kasvava säästmise tõttu nagu stsenaariumis joonisel 36.

Joonisel 37 ei teki ressurside puudust. Kasvu peatab kasvav säästmine nagu joonisel 36. Kui ressursse on piisavalt, kasvavad tööstustoodang, toidu tootmine ja teenindus veidi kõrgemale tasemele kui joonisel 36, enne kui hakkavad kaha-

nema. Rahvaarv saavutab enamvähem sama taseme nagu joonise 36 stsenaariumis, aga kahanemine on järsem ja saavutab madalama taseme.

„Piiramatud“ ressursid ei ole seega võti maailmas kasvu alalhoidmiseks. Ilmselt peab ressursside saadavuse edasiviiv jõud majanduses olema täiendatud saastumise ohjeldamisega, et vältida maailma süsteemi kokkuvarisemist.

Saastumise kontroll

Joonisel 37 eeldasime, et tuumaenergia kasutuselevõtt ei suurenda ega vähenda tööstustoodangu ühikuga kaasnevat saastumist. Tuumaenergia ökoloogiline mõju ei ole veel selge. Samal ajal, kui fossiilkütuste kasutamise kõrvalsaaduste nagu CO₂ ja vääveldioksiid hulk väheneb, kasvab radioaktiivsete jäätmete kogus. Ressursside taaskasutus vähendab kindlasti tahkete heitmetega ja mõnede toksiliste metallidega saastamist. Samal ajal mõjutab tuumaenergia kasutamine vähe enamikku teisi saasteliike nagu töötleva tööstuse heitmed, soojusaaste, maaharimisega kaasnev saastumine.

Üsna usutav on, et rohke tuumaenergiaga varustatult suudab ühiskond tehnoloogiliste meetmetega saavutada kontrolli tööstusliku saastamise üle. Tööstuspiirkondades luuakse ja installeeritakse puhastusseadmeid juba praegu ulatuslikult. Kuidas muutub mudeli käitumine, kui range saastamise kontroll juurutatakse aastal 1975?

Range saastamise kontroll ei tähenda tingimata saastamise täielikku ärahoidmist. Kõiki heitmeid ära hoida on võimatu nii tehnoloogiliste kui majanduslike piirangute tõttu. Saastamise kontrolli hind kasvab järsult, kui keskkonnanõuded muu-

tuvad karmimaks. Joonis 38 näitab, kuidas kasvab suhkruvabriku heitvee orgaanilistest saasteainetest puhastamise maksumus. Kui tehasest ei tohi väljuda orgaanilisi heitmeid, on heitvete puhastamise maksumus 100 korda suurem kui siis, kui ainult 30 protsenti orgaanilisi aineid eemaldatakse heitveest. Tabel 6 näitab samasugust trendi USA suurlinna õhusaaste ärahoidmise ennustatava maksumuse kohta.³⁹

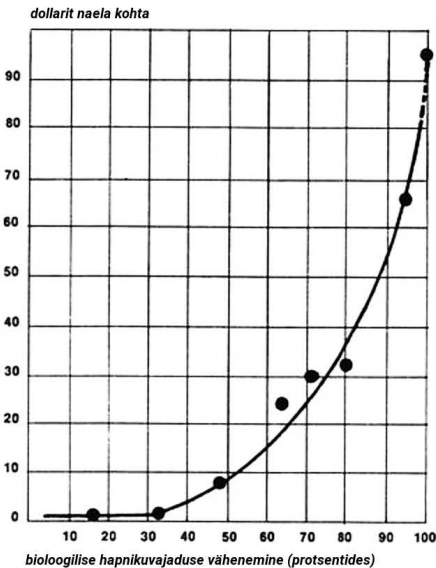
Tabel 6 USA linnaõhu saaste vähendamise maksumus

<i>SO₂</i> <i>vähendamise protsent</i>	<i>Osakeste arvu</i> <i>vähendamise protsent</i>	<i>Proгноositud</i> <i>maksumus (USD)</i>
5	22	50 000
42	66	7 500 000
48	69	26 000 000

Joonisel 39 on eeldatud, et alates aastast 1975 on nii ressursikasutus kui saastumine neli korda väiksemad kui standardtsenaariumis. Heitmete tekkimise vähenemine praeguselt tasemelt neljandikule on väheusutatav hinna tõttu ja raskuste tõttu mitme saasteliigi ärahoidmisel nagu soojussaaste ja radioaktiivsed heitmed tuumajaamades, väetiste põldudel ärakanne, pidurikatete asbestiosakeste õhku paiskumine. Me oletame nii järsku saastumise globaalset kahanemist mudeliga eksperimenteerimiseks, mitte et me usuks, et see on meie praeguses ühiskonnas poliitiliselt saavutatav.

Nagu jooniselt 39 näeme, on saastumise kontroll tõepoolest tõhus ja hoiab ära eelmise stsenaariumi saastekriisi. Nii rahvaarv kui tööstustoodang inimese kohta kasvavad tublisti kõrgemale kui maksimumväärtused jooniselt 37, ning ressursikasutus ega saastumine ei ole limiteerivaiks probleemideks. Ülemäärane kasv leiab ikkagi aset ning kokkuvarisemist

Joonis 38: Heitmete puhastamise maksumus



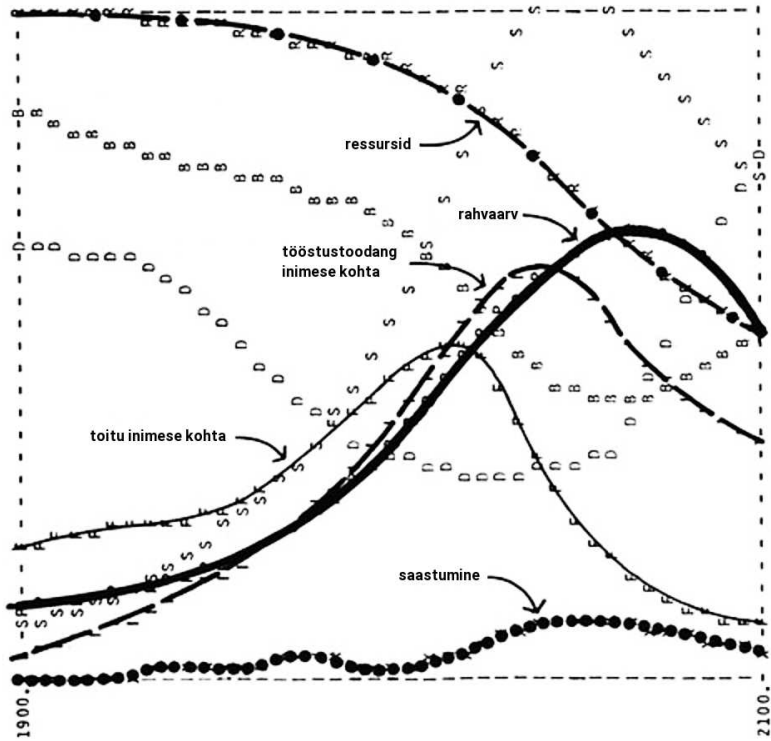
Suhkrutehase orgaaniliste heitmete (2700 tonni päevas) puhastamise maksumus kasvab järsult, kui keskkonnanõuded lähenevad täielikule puhastamisele. Kuni 30 protsendi saasteainete neutraliseerimiseks vajalik hapnikukogus maksab vähem kui ühe dollari naela heitmete kohta. Rohkem kui 65 protsendise puhtuse saavutamise lisab rohkem kui 20 dollarit iga täiendavalt eemaldatud saasteainete naela kohta ning 95-protsendise puhtuse saavutamise maksab 60 dollarit naela kohta.

Allikas: *Second Annual Report of the Council on Environmental Quality* (Washington, DC: Government Printice Office, 1971).

põhjustab toidupuudus.

Tööstustoodangu kasv joonisel 39 võimaldab hektari põllumaa toodangu kasvu (kuni seitsmekordseks võrreldes 1900. aasta tasemega) ja rohkem maad võetakse põllumajanduses kasutusele. Samal ajal kulub osa haritavast

Joonis 39: Piiramatu ressursside ja saastekontrolliga maailma mudel



Maailma mudelisse on lisatud tehnoloogia täiustumine, mis lubab alates aastast 1975 vähendada eelmiste stsenaariumitega võrreldes ressursikasutust ja saasteprobleeme. Siin oletame, et heitmete teke ühiku tööstus- ja põllumajandustoodangu kohta väheneb neljandikule selle 1970. aasta tasemest. Ressursikasutus on samasugune kui joonisel 37. Need muutused lubavad rahvaarvul ja tööstustoodangul kasvada, kuni kogu haritav maa on võetud kasutusse. Toidu hulk inimese kohta kahaneb ning tööstustoodangu tase inimese kohta langeb, sest rohkem vahendeid kulub toidu tootmiseks.

TEHNOLOOGIA JA KASVU PIIRID

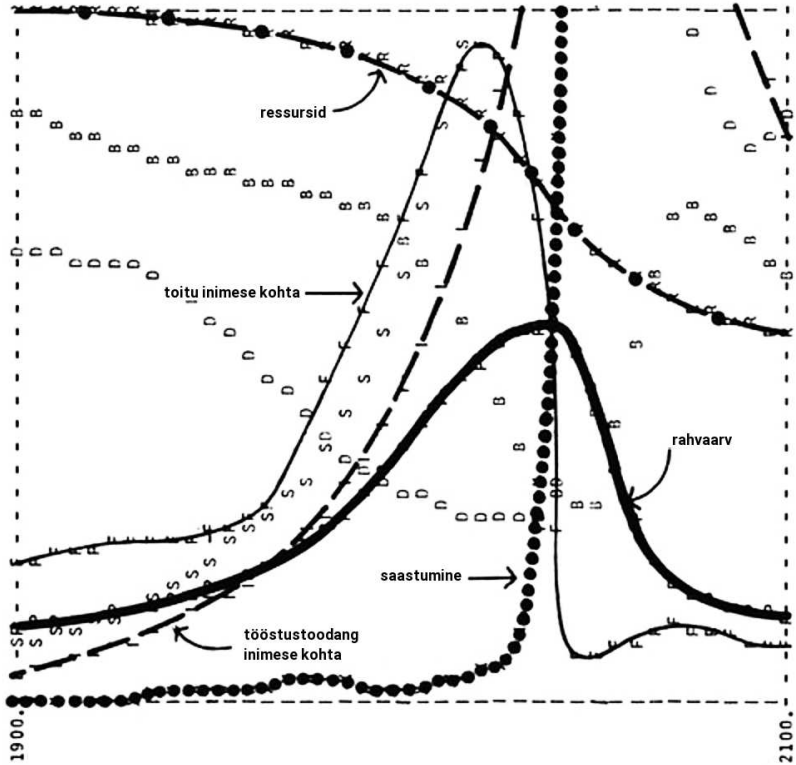
maast linnastumise ja tööstuse vajadusteks, osa maast erodeerub intensiivse kasutuse tõttu. Nii saavutatakse maa-kasutuse piir. Kui rahvaarv jätkab kasvu, ei jätku enam kõigile toitu. Kui toidunappus muutub ilmseks, suunatakse rohkem vahendeid põllumajandustoodangu tõstmiseks, mille tulemusel vähenevad investeringuvõimalused ning tööstustoodangu hulk inimese kohta hakkab kahanema. Kui toiduga varustatus langeb allapoole elatusmiinimumi, hakkab suremus kasvama ning rahvaarvu kasv lõpeb.

Paranenud saagikus ja sündivuse kontroll

Stsenaariumis joonisel 39 on probleemide tekkepõhjuseks kas liiga vähe toitu või liiga palju inimesi. Esimesele variandile reageerib tehnoloogia püüdega toota rohkem toitu näiteks püüdes laiendada rohelise revolutsiooni printsiipe. (Uute suuresaagiliste sortide aretamine, mis oli rohelise revolutsiooni olemuseks, on juba standardstsenaariumis kaasatud.) Tehnoloogiline lahendus teisele põhjusele on parem sündivuse kontroll. Nende kahe muutuse mõju koos eespool rakendatud ressursikasutuse ja saastumise kontrolli muudatustega on näidatud kumbki eraldi ning üheskoos joonistel 40, 41 ja 42.

Stsenaariumis joonisel 40 oletame, et saagikus kasvab kogu maailmas veel kaks korda. See võimaldab tohutu toidutootmise, tööstustoodangu ning teeninduse kasvu inimese kohta. Maailma keskmine tööstustoodang inimese kohta kasvab USA 1970. aasta tasemele, aga ainult lühiajaliselt. Kuigi ranged keskkonnanõuded on jõus, nii et heitmete kogus tooteühiku kohta on neli korda väiksem kui praegu, kasvab tööstustoodang

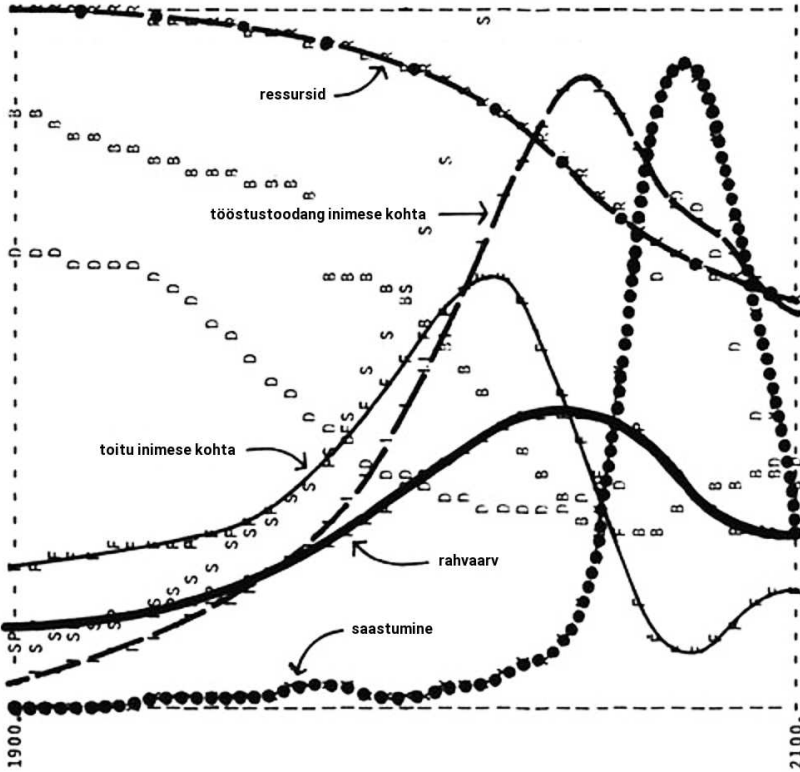
Joonis 40: Piiramatud ressursside ja saastekontrolliga ning suurenenud põllumajandustoodanguga maailma mudel



Et ära hoida eelmise stsenaariumi toidukriisi, on siin lisaks eelmiste stsenaariumite saastumise kontrollile ja ressursipoliitikale kasvutatud saagikus kahekordseks alates aastast 1975. Need kolm meetet hoiavad ära nii palju kasvu piiranguid, et rahvaarv ja tööstustoodang saavutavad väga kõrge taseme. Kuigi iga tooteühiku kohta tekitatakse vähem heitmeid, kaasneb tööstustoodangu tohutu kasvuga ikkagi saastumise kasv, mis toob kaasa kasvu lõppemise.

TEHNOOLOOGIA JA KASVU PIIRID

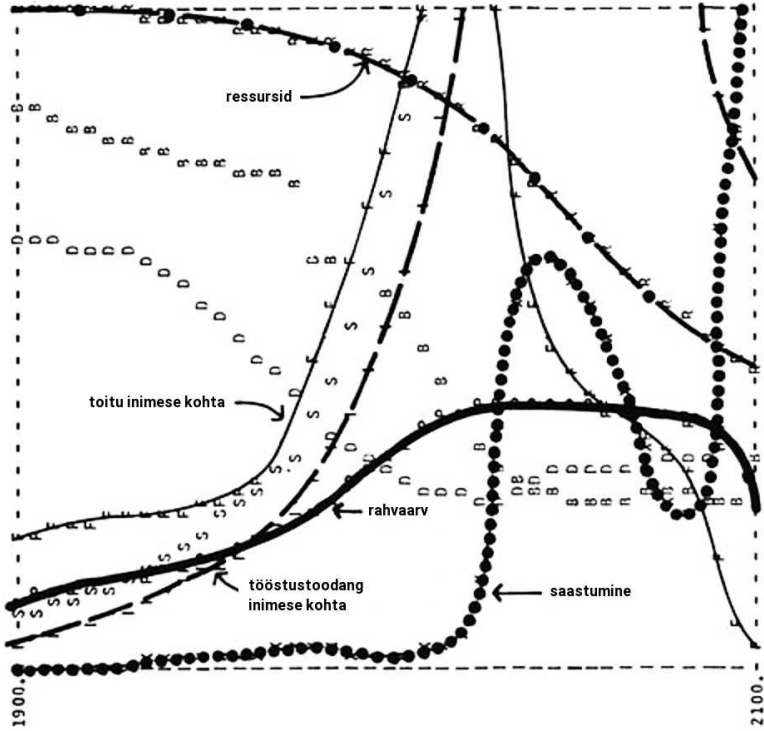
Joonis 41: Piiramatute ressursside ja saastekontrolliga ning täiusliku sündivuse kontrolliga maailma mudel



Toidu tootmise kasvu asemel on siin stsenaariumis muudetud sündivuse kontrolli tõhusamaks, et vältida toidukriisi. Kuivõrd sündivuse kontroll on vabatahtlik ega too kaasa vahetuid väärtusmuudatusi, jätkub rahvaarvu kasv, aga aeglasemalt kui stsenaariumis joonisel 39. See lükkab toidukriisi edasi kõigest üheks või kaheks aastakümneks.

nii kiiresti, et rangetest keskkonnanõuetest hoolimata kasvab heitmete koguhulk ja saastumine peatab edasise kasvu nagu

Joonis 42: Maailma mudel, kus kõik eelmiste stsenaariumite saavutused ja kontrollid on kaasatud



Süünes stsenaariumis on kaasatud kõik eelvaadeldud meetmed, et ära hoida eelmiste stsenaariumite kasvu-kokkuvarisemise kulgu. Ressursse kasutatakse täielikult ning 75 protsenti on taaskasutuses. Heitmete teke toodangu ühiku kohta on vähenenud neljandikule 1970. aasta tasemest. Põllumajandusmaa saagikus on kahekordistunud, tõhusad sündivuse kontrolli meetodid on kättesaadavad kogu maailmas. Tulemuseks on mõne aja püsiv rahvaarv ning tööstustoodangu tase inimese kohta saavutab praeguse USA taseme. Lõpuks hakkab tööstustoodang ikkagi kahanema ja suremus kasvama, sest loodusvarad ammenduvad, saasteained akumuleeruvad ning toidu toodang kahaneb.

stsenaariumis joonisel 37.

Joonis 41 kujutab alternatiivset tehnoloogilist käitumist — aastal 1975 algavat vabatahtlikku tõhusat sündivuse kontrolli. Nii ei peatata rahvaarvu kasvu täielikult, sest ära hoitakse ainult soovimatu pere kasv. Sündivus kahaneb ikkagi märkimisväärselt ja rahvaarv kasvab aeglasemalt kui stsenaariumeis joonistel 39 ja 40. Selles stsenaariumis peatab kasvu toidukriis, mis saabub umbes 20 aastat hiljem kui joonisel 39.

Joonisel 42 on stsenaarium, kus on korruga suurem põllumaa saagikus ja tõhus sündivuse kontroll. Siin on kaasatud kõik vaadeldud tehnoloogilised meetmed, et ära hoida ühe või teise parameetri limiteeriva piirini jõudmine. Mudelmaailm kasutab tuumaenergiat, taaskasutab loodusvarasid, võtab kasutusele raskesti ligipääsetavad maavarad, rakendab ranget saastekontrolli, tõstab põllumaa saagikuse unistuste kõrgusele ning sünnivad ainult soovitud lapsed. Tulemuseks on ikkagi kasvu lõpp enne aastat 2100. Niisuguses maailmas peatavad kasvu kolm üheaegset kriisi. Põllumaa üleekspluateerimine põhjustab erosiooni ning toidu tootmine hakkab vähenema. Jõukas maailma rahvastik (aga mitte nii jõukas kui praegu USA-s) kasutab ära taastumatud loodusvarad. Saastumine kasvab, kahaneb ja siis kasvab uuesti järsult, põhjustades toidu tootmise täiendava languse ja järsu suremuse tõusu. Tehnoloogiliste meetmete rakendamine võimaldas rahvaarvu ja tööstustoodangu kasvu kestmist pikemal ajavahemikul, aga ei kõrvalda kasvu piire.

Võimalusi ületav kasv

Maailma mudelis on rohkesti lähendusi ja piiranguid, selle-

pärast pole vaja sattuda masendusse mudeliga saadud tulemuste pärast. Meenutame veelkord, et need arvutisimulatsioonid ei ole prognoos. Me ei arva, et elu maailmas kulgeb ühegi seniesitatud graafiku kohaselt. Mudelis on ainult dünaamilised väited inimkonna tegutsemise füüsiliste aspektide kohta. Mudel eeldab, et sotsiaalsed muutujad — sissetulekute jaotumine, perehoiakud, kaupade valik, teenused ja toit — järgivad samu mustreid nagu lähiminevikus. Need sättumused on kõik kujunenud meie tsivilisatsiooni kasvuperioodi kestel. Suhted ja hoiakud muutuvad, kui rahvaarv ja sissetulekud hakkavad vähenema. Raske on ette kujutada, missugused inimkonna käitumise muutused võivad aset leida ja kui kiiresti see juhtub languse faasis, sellepärast ei ole me püüdnud niisuguseid võimalikke muutusi mudelis arvesse võtta. Mudeliga simulatsioonid on informatiivsed selle ajahetkeni, kui arvutustulemuste graafikuil jõuab kasv lõpule ja algab langus.

Kuigi me oleme praeguses maailma mudelis seadnud rohkeid piiranguid lähendustele ja lihtsustustele, on mudel viinud kõigil juhtudel olulisele järeldusele, mis peab paika kõigi senianalüüsitud eelduste korral. *Maaailmasüsteemi olemuslik käitumislaad on rahvaarvu ja tootmise eksponentsiaalne kasv, millele järgneb langus.* Nagu oleme näinud siinesitatud stsenaariumeis, kulgeb süsteemi käitumine sel viisil, kui me eeldame, et süsteemi käitumine ja seosed süsteemis ei muutu, aga ka siis, kui eeldame olulisi tehnoloogilisi muudatusi.

Kõigis siinesitatud stsenaariumeis on vaikimisi eeldus, et rahvaarvu ja tootmise kasv kestab, kuni need jõuavad mingi maailmas reaalselt olemasoleva piirini. Niisugune eeldus on inimkonna väärtuste süsteemi peamine osa. Alati, kui me lubame mudelil nii käituda, kasvab süsteem üle võimaluste

piiri, millele järgneb kokkuvarisemine. Kui arvestame mudelis võimalikke tehnoloogilisi arenguid, mis nihutavad mõne kasvu piiri ajas edasi ja aitavad languse ära hoida, siis süsteem kasvab ikkagi selle uue nihutatud piirini, ületab selle lühiajaliselt, millele järgneb kokkuvarisemine. Eeldusel, et rahvaarvu ega tootmist ei piirata tahtlikult, et neil on lubatud otsida nende oma taset, ei suuda me leida käitumisviisi, mis hoiaks ära kokkuvarisemise.

Seda pole raske mõista, miks saabub kokkuvarisemine. Läbipõimunud tagasisidetsükleis, mis moodustavad maailma süsteemi, on vaja maailma reaalse toimimise kujutamiseks sisse viia viivitused põhjuste ja põhjuste poolt esile kutsutud muutuste vahel. Need on loomulikud viivitused, mida ei saa tehnoloogiliste vahenditega kõrvaldada. Nii näiteks kulub umbes viisteist aastat lapse sünnist kuni ta võib omakorda lapse saada. Olemuslik viivitus populatsiooni vananemises põhjustab vältimatu ajalise nihke, millal sündivus populatsioonis saab reageerida muutuvatele tingimustele. Teine niisugune viivitus on selle vahel, millal saasteained satuvad keskkonda ning millal nad mõjutavad mõõdetavalt inimeste tervist. See viivitus koosneb ajast, mis kulub saasteainel läbi õhu, jõgede või mulla toidu sisse jõudmiseks, ning toidu või õhuga organismi jõudmisest kuni kliiniliste sümptomite ilmnemiseni. See hiline mine võib mõne kantserogeeni korral olla kuni 20 aastat. Veel on viivitusi kapitali liikumisel ühest tootmissektorist teise ning vastavalt vajadustele muutumisel, sest tootmisvahendeid saab välja vahetada järkjärgult ning heitmete taandamine ohutuks nõuab aega.

Dünaamilises süsteemis on viivitustel oluline mõju ainult siis, kui süsteem ise muutub kiiresti. Selgitame seda ühe lihtsa

näitega. Kui juhite autot, on väga lühike vältimatu viivitus selle vahel, kui te näete teed auto ees ning kasutate vajalikke juhtimisvõtteid. Märksa pikem on viivitus, kuidas auto reageerib teie juhtimisvõtetele — gaasi lisamisele või pidurite vajutamisele. Te olete õppinud sellega arvestama. Te teate, et niisuguste viivituste tõttu ei ole ohutu sõita liiga kiiresti. Kui ikkagi teete nii, siis jõuate te kindlasti varem või hiljem võimalusi ületava ja varisemise stsenaariumisse. Kui juhite autot seotud silmadega vastavalt esiistmel kaassõitja juhiste, on viivitus teel nähtava märkamisest kuni vajaliku toiminguni oluliselt pikem. Ainuke võimalus sõita ohutult niisuguse kasvunud viivituse korral on sõita väiksema kiirusega. Kui püüate sõita tavalise kiirusega või katsute sõita pidevalt kiirenevalt (nagu eksponentsiaalne kasv), on tulemuseks õnnetus.

Niisamuti ei oleks maailma süsteemis viivitused probleemiks, kui süsteem kasvaks väga aeglaselt või üldsegi mitte. Niisugusel juhul saab igasugused muudatused teha teoks järkjärgult ning muudatuste mõju jõuab süsteemis kõigi mõjutatud lülideni, enne kui on vaja sisse viia uusi muudatusi. Süsteemi kiirete muutuste korral sunnitakse süsteem muutustesse enne kui see on suutnud eelmiste muudatustega kohastuda. Situatsioon on eriti keeruline, kui kasv on eksponentsiaalne ja süsteem muutub kiirenevalt.

Nii juhtub, et rahvaarv ja tootmine mitte ainult ei saavuta eksponentsiaalse kasvu käigus võimaluste piire vaid ületavad need piirid, enne kui süsteemi kasv süsteemis toimivate viivituste tõttu peatub. Eksponentsiaalselt kasvav keskkonda paisatav saasteainete hulk ületab ohtliku taseme, sest ohtu märgatakse aastaid hiljem kui saasteained keskkonda jõudsid. Kiiresti kasvav tööstus loob olemasolevale ressurside hulga-

le vastavad tootmisvahendid, aga siis selgub, et eksponentsiaalselt kahanev ressursside varu ei suuda tagada nende tootmisvahendite toimimist. Hilinemise tõttu populatsiooni ealises koosseisus kasvab rahvaarv veel tervelt 70 aastat, kui ka keskmine sündivus on langenud taastootmise tasemele (keskmiselt kaks last abielupaari kohta).

Tehnoloogia reaalses maailmas

Tehnoloogiaoptimistid keskenduvad tehnoloogia suutlikkusel kõrvaldada või nihutada rahvaarvu ja tootmise kasvu piire. Näitasime, et ilmnunud probleemide nagu ressursside ammendumine või saastumine või toidupuudus tehnoloogia abil lahendamine ei hoiä ära olulist probleemi, mis on tingitud eksponentsiaalsest kasvust lõplikus ja keerulises süsteemis. Meie katsed viia mudelisse kõige optimistlikumad tehnoloogia panused ei suuda ära hoida vältimatut rahvaarvu ja tootmise allakäiku ning ei suuda mingil juhul lükata kokkuvarisemist 22. sajandisse. Enne kui järgmises peatükis käsitleme teisi tegutsemisviise, vaatleme veel mõnda tehnoloogiaga seotud asjaolu, mida me ei ole suutnud mudelis arvestada.

Tehnoloogia kõrvalnähud

Dr. Garrett Hardin defineerib kõrvalnähtu kui „tulemus, mida ma ei suutnud ette näha või mida ei soovinud“⁴⁰ Ta on soovitanud, et kuna neid efekte ei saa soovituist lahutada, ei tohiks neid nimetada kõrvalnähtudeks. Igal uuel tehnoloogial on kõrvalnähud ning modelleerimise peamine eesmärk on niisuguseid kõrvalnähtusid ette näha. Siin peatükis vaadeldud stsenaariumid on osutanud mõnede tehnoloogiate maailma füüsi-

lises ja majandus-süsteemis kasutamise kõrvalnähtudele. Kahjuks ei arvesta mudel uute tehnoloogiate võimalikke sotsiaalseid kõrvalmõjusid. Need mõjud on inimeste elukorraldusele sageli kõige olulisemad.

Uue tehnoloogia eduka rakendamise sotsiaalse kõrvalmõju hiljutine näide on maailma agraarühiskondades juurutatud roheline revolutsioon. Roheline revolutsioon — uute viljakamate sortide kasutamine koos väetiste ja pestitsiididega — oli mõeldud kui tehnoloogiline lahendus maailma toidu-probleemile. Selle uue põllumajandustehnoloogia kavandajad nägid ette mõnda sotsiaalset probleemi, mis võib kaasneda traditsioonilistes ühiskondades. Roheline revolutsioon pidi lisaks rohkema toidu tagamisele olema ka töömahukas ning pakkuma uusi töökohti, vajamata seejuures suuri kapitalimahutusi. Mõnes maailma piirkonnas nagu India Punjab suurendas roheline revolutsioon tõepoolest töökohtade arvu kiiremini kui kasvas rahvaarv. Ida-Punjabis kasvas aastail 1963 kuni 1968 töötasu 16 protsenti.⁴¹

Rohelise revolutsiooni peamine soovitud mõju näib olevat saavutatud, toidu tootmine kasvas. Kahjuks ei olnud enamikus piirkondades, kus juurutati uued viljasordid, sotsiaalsed kõrvalnähud soodsad. Enne rohelist revolutsiooni oli India Punjabis märkimisväärselt õiglane maaomandi süsteem. Arengumaades on tavalisem suur maaomandi varieeruvus. Enamus rahvast harib väikesi maalappe ning väikese hulga inimeste valduses on enamus haritavat maad.

Kus niisugune majanduslik ebavõrdsus oli juurdunud, seal suurendas roheline revolutsioon ebavõrdsust veelgi. Suurtes farmides võeti uued meetodid kasutusele esimestena. Neil oli selleks kapital ja nad võisid võtta riski. Kuigi uued viljasordid

ei vaja tingimata masinatega maaharimist, on see ajend mehhaniseerimiseks, sest mitme saagi kasvatamiseks on vaja kiiresti külvata ja koristada. Suurtes farmides viivad majanduslikud kaalutlused tingimata inimtööjõu masinatega asendamisele ja täiendava maa ostmisele.⁴² Niisuguse sotsiaalmajandusliku positiivse tagasisidetsükli tulemuseks on töötus põllumajanduspiirkondades, kasvav migratsioon linnadesse ja ka kasvav alatoitumine, sest vaestel ja töötuil pole vahendeid täiendavalt toodetud toidu hankimiseks.

Ühte roheline revolutsiooni sotsiaalsed kõrvalnähtu ebaõrdselt jaotunud maaomandi piirkonnas on kirjeldatud allpool.

Maata töötaja sissetulek Lääne- Pakistanis on praegu samasuur kui viis aastat tagasi, vähem kui 100 dollarit aastas. Võrdluseks maaomanik, kellel on 1500-aakrine nisufarm, ütles mulle, kui olin tänavu talvel Pakistanis, et ta sai oma viimaselt saagilt puhaskasumit rohkem kui 100 000 dollarit.⁴³

Statistika Mehhikost, kus roheline revolutsioon algas 1940-dail, pakub veel ühe näite. Aastail 1940 kuni 1960 oli keskmine põllumajandustoodangu kasv Mehhikos 5 protsenti aastas. Vahemikus 1950 kuni 1960 aga kahanes maata töötajate tööpäevade arv 194-lt 100-le aastas ning reaalne sissetulek kahanes 68-lt dollarilt 56-le. Kaheksakümmend protsenti lisanud põllumajandustoodangust pärines kolmest protsendist farmidest.⁴⁴

Neist soovimatutest sotsiaalsetest kõrvalnähtudest ei järeldu, et roheline revolutsiooni tehnoloogia oli läbi kukkunud. Neist järeldub, et sotsiaalseid kõrvalmõjusid tuleb ette näha ja ennetada, enne kui uusi tehnoloogiaid juurutatakse ulatuslikult.

Kui põllumajandus kerkib oma traditsioonilisest olekust kaasaegseks kaubanduslikuks põlluharimiseks ... on üha rohkem vaja kindlustada, et adekvaatne tasu lisandub otseselt inimestele, kes harivad maad. Raske on ette kujutada, kuidas võiks toidu tootmine uueneda Ladina-Ameerikas või Aafrikas Sahhaarast lõunapool, ilma et maad võetakse arvele, kindlustatakse lepingutega ning jaotatakse õiglasemalt.⁴⁵

Niisugused ettevalmistused tehnoloogilisteks muutusteks vajavad rohkesti aega. Asju tavapäraselt korraldades vajab iga muudatus kohanemisaega, et rahvastik teadvalt või ka alateadlikult korraldaks sotsiaalse süsteemi ümber, et kohaneda muutustega. Kui tehnoloogia võib muutuda kiiresti, siis poliitilised ja sotsiaalsed seaded muutuvad tavaliselt väga aeglaselt. Mis peamine, need ei muutu kunagi uusi sotsiaalseid vajadusi ennetavalt vaid ikka ja alati vastuseks tekkinud vajadustele.

Oleme juba maininud füüsiliste viivituste dünaamilist mõju maailma mudelis. Me peame arvesse võtma ka sotsiaalseid viivitusi — viivitusi, mida ühiskond vajab muutustega kohanemiseks. Enamus viivitusi, nii füüsilisi kui sotsiaalseid, vähendab maailma süsteemi stabiilsust ja suurendab võimalusi ületava kasvu tõenäosust. Sotsiaalsed viivitused muutuvad nagu füüsilisedki üha kriitilisemaks, sest eksponentsiaalne kasv loob täiendavat survet järjest kiiremini ja kiiremini. Rahvaarv maailmas kasvas ühelt miljardilt kahele rohkem kui saja aastaga. Kolmas miljard lisandus 30 aastaga ning vähem kui 20 aastaga on rahvaarv jõudmas nelja miljardini. Viie, kuue ja küllap ka seitsme miljardini jõutakse enne aastat 2000, vähem kui 30 aastaga praegusest. Kuigi tehnoloogilised muutused on seni suutnud järjest kiirenevate muutustega sammu pida-

da, ei ole inimkonnal ette näidata uusi avastusi sotsiaalsete muutuste (poliitilised, eetilised, kultuurilised) kiirendamiseks.

Probleemid, millele pole tehnilisi lahendusi

Kui Ameerika linnad olid uued, siis need kasvasid kiiresti. Maad oli külluses ja see oli odav, uued hooned kerkisid pidevalt, linnade rahvaarv ja majanduslik tulem kasvasid. Lõpuks hõivati kogu maa linnade keskustes. Saabunud oli füüsiline piir rahvaarvu ja majanduse kasvuks linnade keskustes. Tehnoloogiline vastus sellele oli, et ehitati kõrghooned ja liftid, mis aitasid mööda saada maapuudusest kui kasvu limiteerivast tegurist. Linnade keskustesse koondus rohkem rahvast ja rohkem äri. Nii tekkis uus takistus. Kaubad ja töölised ei suutnud piisavalt kiiresti siseneda kesklinna ja sealt väljuda. Jällegi oli lahendus tehnoloogiline. Rajati kiirteed, kaubaveosüsteemid ning helikopterite maandumisplatsid kõrghoonete katustel. Nii saadi hakkama transpordiprobleemidega, hooned kasvasid kõrgemaks, rahvaarv kasvas.

Nüüd on enamuse USA suurlinnade kasv peatunud. (Kümnest suurimast viies — New Yorkis, Chicagos, Philadelphias, Detroidis ja Baltimore'is — kahanes rahvaarv vahemikus 1960 kuni 1970. Washingtoni (DC) rahvaarv ei muutunud. Los Angeles, Houston, Dallas ja Indianapolis kasvasid jätkuvalt, osaliselt uusi maa-alasid enesega liites.)⁴⁶ Jõukamad inimesed, kellel on valikuvõimalus, paiknevad ümber suurlinnade järjest kasvavasse äärelinnadesse. Kesklinna iseloomustavad müra, saastunud õhk, kuritegevus, narkootikumid, vaesus, streigid ja katkestused teeninduses. Elu kvaliteet linnakeskustes on langenud. Kasv on peatunud osa-

liselt niisuguste probleemide tõttu, millele ei ole tehnilisi lahendusi.

Tehnilise lahenduse võib defineerida kui „niisuguse, mis vajab muutusi ainult loodusteaduste töötamisviisis, aga peaaegu või üldsegi mitte inimlikes väärtustes, ja moraalis.“⁴⁷ Paljudel tänapäevastel probleemidel ei ole tehnilisi lahendusi. Näideteks on tuumarelvastuse võidujooks, rassilised pinged, tööpuudus. Isegi kui ühiskonna tehnoloogiline progress täidab kõiki lootusi, võivad probleemid, millele ei ole tehnilisi lahendusi, või mitmete niisuguste probleemide koostoime lõpuks peatada rahvaarvu ja tootmise kasvu.

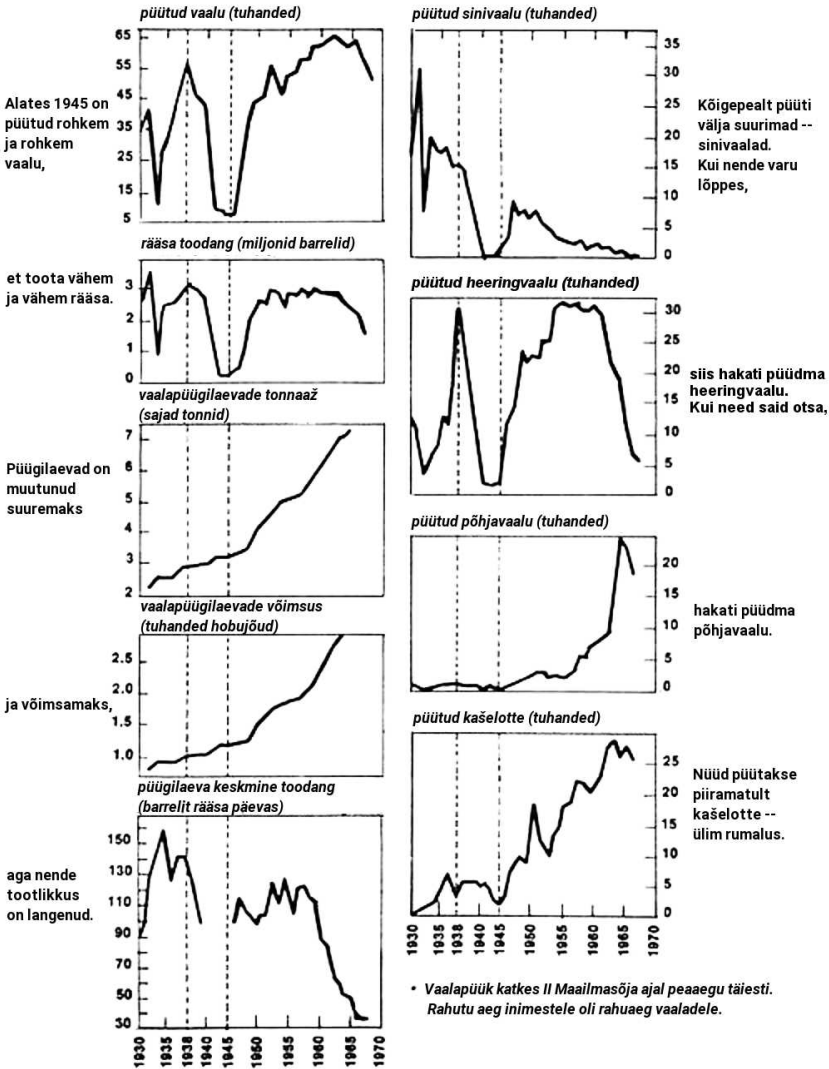
Piiride valik

Kasvu käigus tekkinud loomulike pingetega tehnoloogiate abil hakkamasaamine on olnud minevikus nii edukas, et inimkond on arenenud printsipiil, et piiridest tuleb jagu saada, selle asemel et elada koos nendega.

Niisugust arusaama on võimendanud planeedi ja selle ressursside näiv hiiglaslikkus ning inimese ja tema tegevuste suhteline väiksus.

Planeedi võimaluste ja inimtegevuse ulatuse suhe on muutumas. Ekspponentsiaalne kasv lisab ökosüsteemi igal aastal miljoneid inimesi ning miljardeid tonne heitmeid. Isegi näiliselt ammendamatu ookean kaotab tööstuslikult kasulikke liike üksteise järel. Hiljutine ÜRO Toidu- ja Põllumajandusorganisatsiooni statistika näitab, et maailmas vähenes kalapüük 1969. aastal esimest korda pärast 1950. aastat, hoolimata täienenud mehaniseerimisest ja intensiivistunud kalapüügist. (Tööstuslikest liikidest on muutunud haruldaseks skandinaavia heerin-

Joonis 43: Nüüdisaegne vaalapüük



gas, menheden ja tursk.)⁴⁸

Kui tohutud vaalakarjad hävitati, muutus ellujäänute leidmine raskemaks ja nõudis rohkem pingutusi. Kui suuremad vaalad püüti välja, hakati püüdma väiksemaid, et vaalapüük tööstusharuna püsiks. Kuna ei ole liigilisi piiranguid, püütakse igal võimalikul juhul suuri vaalu. Väiksemaid vaalu püütakse, kui suured on hävitatud.

Allikas: Roger Payne, Among Wild Whales, in *The New York Zoological Society Newsletter*, November 1968.

Näib, et inimkond ei ole õppinud planeedi vaieldamatute piiridega põrkumisest. Lugu tööstuslikust vaalapüügist joonisel 43 näitab, missugune on tulemus, kui püüda lõplikus keskkonnas lõputult kasvada. Vaalapüüdjad on järjest jõudnud uute piirideni ning püüdnud neid ületada, suurendades püügi jõudu ja võttes kasutusele uued tehnoloogiad. Selle tulemusel on hävitatud üks liik teise järel. Selle alatise kasvu poliitika ainuvõimalik tulemus on, et kaovad nii vaalad kui vaalapüüdjad. Alternatiivne käitumisviis on, et inimesed seavad piirid vaalade arvule, keda võib püüda igal aastal, nii et vaalade populatsioon püsiks muutumatu suurusega. Niisugune ühiskonna poolt seatud piir on ebameeldiv surve vaalapüügitööstusele, sest ei lase sellel tööstusel kasvada. Aga see on parem valik kui nii vaalade kui kogu vaalapüügi kadumine.

Vaalapüügitööstuse ees olev põhiline valik on sama, mis igal ühiskonnal, mis püüab ületada loomulikke piire uue tehnoloogia abil. *Kas on parem elada niisugust piiri arvestades ja leppides eneseseatud piirangutega kasvule? Või jätkata kasvu, kuni esile kerkib mingi järgmine piir, lootes et siis aitab mingi uus tehnoloogiline hüpe jätkata kasvu?* Mitme viimase sajandi kestel on inimkond järginud viimast kurssi nii järjekindlalt ja nii edukalt, et esimene võimalus on peaaegu unustatud.

Väide, et rahvaarvu ja tootmise kasv peab varsti peatuma, leiab rohkeid vastuväiteid. Samal ajal ei väida keegi, et kasv saab kesta lõputult. Inimkonna ajaloo praeguses seisus on ülaltõstatatud valik veel võimalik pea kõigis inimtegevuse valdkondades. Inimkonnal on veel võimalusi seada sisse vastu-meetmeid, et vähendada rahvaarvu ja tootmise kasvu poolt põhjustatud survet. Niisugused meetmed ei pruugi olla meeldivad. Need tähendavad kindlasti sajandeid kestnud kasvu ajal ühiskonnas juurdunud sotsiaalsete ja majanduslike struktuuride sügavaid muutusi. Alternatiiv on jätkata vanaviisi, kuni tehnoloogia muutub ülejõukäivalt kalliks või peatavad kasvu uute tehnoloogiate kõrvalnähud või kerkivad esile probleemid, millele ei ole tehnilisi lahendusi. Niisugustel juhtudel ei ole enam valikuvõimalusi. Kasvu peatavad pinged, mis ei ole inimeste valitud, ning nagu näeme mudelsimulatsioonidest, võivad olla palju raskemad kui oleks olnud ühiskonna poolt valitud meetmed.

Pidasime vajalikuks peatuda nii kaua tehnoloogia analüüsil, sest leiame, et tehnoloogiline optimism on kõige tavalisem ning kõige ohtlikum reaktsioon meie maailmamudeli simulatsioonide tulemustele. Tehnoloogia võib leevendada probleemide sümptomeid, aga ei suuda muuta algseid põhjusi. Selle asemel, et astuda samme tekkivate probleemide ennetamiseks ja lahendamiseks, juhib usk tehnoloogia suutlikkusse hakkama saada kõigi probleemidega meie tähelepanu kõrvale peamisest probleemist — kasv leiab aset lõplikus süsteemis.

Samas me ei arva, et tehnoloogia on saatanast või ilmaaegne ja kasutu. Me oleme ise tehnoloogid ja töötame tehnoloogiainstituudis. Me usume täiesti kindlasti, nagu näitame ka järgmises peatükis, et mitmed juba jutuks olnud tehnolo-

loogilised arengud nagu materjalide taaskasutus, saaste-kontrolliseadmed, kontratseptiivid on tulevikuühiskonnas absoluutselt vajalikud, kui need on kombineeritud vabatahtliku kasvukontrolliga. Me taunime põhjendamatu tehnoloogia kasulikkuse eitamist niisamuti kui argumenteerime põhjendamatu tehnoloogia kasutamise vastu. Kõige paremini võtab meie seisukohti kokku Sierra Club-i moto: „Mitte pime vastuseis progressile, vaid vastuseis pimedale progressile.“

Me loodame, et ühiskond võtab uued tehnoloogiad omaks alles siis, kui on vastatud järgmised kolm küsimust:

1. Missugused on füüsilised ja sotsiaalsed kõrvalnähud, kui seda tehnoloogiat juurutada ulatuslikult?
2. Missugused sotsiaalsed muudatused on vajalikud, selleks et tehnoloogilist saavutust saaks õigesti rakendada, ning kui palju kulub selleks aega?
3. Kui tehnoloogiline uuendus on täiesti edukas ja nihutab mingi kasvu loomuliku piiri edasi, missugune on järgmine vastutulev piir? Kas ühiskond eelistab järgmise piiri poolt tekitatavaid probleeme neile, mis rakendatav tehnoloogia suudab ära hoida?

Jätkame nüüd lõpliku maailma kasvuprobleemide mittehinniliste lahenduste uurimisega.

V PEATÜKK

TASAKAALULINE MAAILM

Enamus inimesi arvab, et õnnelik saab olla suur riik. Kui neil on ka õigus, pole neil aimugi, missugune on suur ja missugune väike riik. ... Riikide suurusel on piirid nii nagu on piirid kõigil asjadel, taimedel, loomadel, ettevõtmistel. Ükski loetletuist ei säilita oma loomulikkust ehjõudu, kui nad on liiga suured või liiga väikesed — siis nad kas kaotavad oma loomuse või lähevad hukka.

ARISTOTELES, 322 eKr

Nägime, et ilma piiranguteta positiivne tagasiside põhjustab eksponentsiaalse kasvu. Praegu domineerivad maailma süsteemis kaks positiivse tagasiside tsüklit, mis kutsuvad esile rahvastiku ja tootmisvahendite eksponentsiaalse kasvu.

Igas lõpliku suurusega süsteemis peavad olema piirangud, mis saavad peatada eksponentsiaalse kasvu. Piiranguteks on negatiivse tagasiside tsüklid. Kui kasv läheneb ülimale võimalikule piirile — süsteemi taluvusvõimele, muutub negatiivne tagasiside järjest tugevamaks. Lõpuks saabub tasakaal või jääb negatiivne tagasiside domineerima ning kasv lõpeb. Maailmas on negatiivseks tagasisideks keskkonna saastumine, taastumatute loodusvarade ammendumine ja nälg.

Nendes tagasisideahelates on viivitused, mistõttu rahvaarvu ja tootmise kasv saavad mingi aja ületada jätkusuutlikku taset. Niisugune periood mõjub hävitavalt loodusvaradele. Sel-

lega kaasneb keskkonna taluvusvõime kahanemine, mis omakorda kiirendab rahvaarvu ja tootmise langust.

Inimühiskond tunnetab juba negatiivse tagasiside kasvu peatavat survet mitmel elualal. Ühiskonna reaktsioon niisugusele survele on olnud suunatud neile negatiivsele tagasisideahelaile. Peatükis IV vaadeldud tehnoloogilised meetmed on suunatud negatiivse tagasiside nõrgendamisele või negatiivse tagasiside surve varjamisele, et kasv võiks jätkuda. Niisugustel meetmetel on lühiajaline mõju, need peidavad mõneks ajaks kasvu põhjustatud surve, aga pikemas perspektiivis ei suuda niisugused meetmed ära hoida jätkusuutlikkust ületavat kasvu ning sellele järgnevat tagasikäiku.

Teine võimalik käitumisskeem kasvu tekitatud probleemidega toimetulemiseks on kasvuni viiva positiivse tagasiside nõrgendamine. Niisugust käitumismudelit ei ole seni aktsepteerinud peaaegu ükski kaasaegne ühiskond ning seda pole kunagi tõhusalt teostatud. Missugused oleks niisugust tulemust andvad tegevuspõhimõtted? Kuidas muutuks nii toimides maailm? Kuna nii toimise pretsedendid ajaloos praktiliselt puuduvad, saame võimalike arengute üle arutleda ainult mudelite abil, olgu need siis formaliseeritud kirjapandud või mõttelised mudelid. Kuidas käitub maailma mudel, kui viime vabatahtlikult sisse mõne kasvu reguleeriva eeskirja? Kas niisugune tegevuspõhimõtte muudatus viib mudeli „parema“ käitumiseni?

Alati, kui kasutame sõnu nagu „parem“ ja teeme valikuid mudeli kulgemisviiside vahel, oleme meie, eksperimentaatorid, kaasanud modelleerimisse meie oma hinnangud ja eelistused. Mudel kirjeldab reaalseid põhjuslikke seoseid sedavõrd, kuivõrd me teame ja tunneme neid seoseid. Headeks ja

TASAKAALULINE MAAILM

halbadeks lahterdame simulatsioonitulemusi isiklike väärtushinnangute põhjal. Me oleme oma väärtussüsteemi juba tutvustanud, tunnistades üle võimaluste kasvu ja kokkuvarisemise soovimatuteks. Nüüd, kui otsime „paremat“ stsenaariumi, peame defineerima oma nägemuse niisugusest süsteemist nii hästi kui võimalik. Me otsime maailma mudeli simulatsioonitulemust, mis on:

1. jätkusuutlik, ilma äkilise ja kontrollimatu kokkuvarisemiseta; ning
2. suudab rahuldada kõigi inimeste materiaalsed vajadused.

Vaatame nüüd, missugused toimimispõhimõtted on vajalikud, et meie maailma mudel niiviisi käituks.

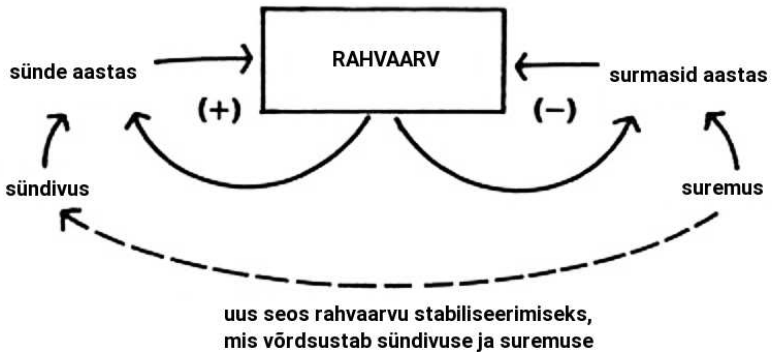
Tahtlikud kasvu piirangud

Meenutame, et rahvaarvu kasvuni viiva positiivse tagasiside tsükli moodustavad sündivus ja sotsiaalmajanduslikud tegurid, mis mõjutavad sündivust. Sellele töötab vastu suremuse negatiivse tagasiside tsükkel.

Kõikehõlmav positiivse tagasiside poolt põhjustatud maailma rahvaarvu kasv on hiljaaegu tekkinud nähtus. See on inimkonna eduka suremuse vähendamise tulemus. Rahvaarvu kasvu kontrolliv suremuse negatiivne tagasiside on nõrgendatud, lubades positiivsel tagasisidesüklil toimida kontrollimatult. Tasakaalu taastamiseks on ainult kaks võimalust. Kas sündivus peab vähenema, et olla võrdne uue vähenenud suremusega, või suremus peab uuesti kasvama. Kõik sündivuse kasvu „loomulikud“ piirangud toimivad neist

kahest viimasel viisil — need kasvatavad suremust. Iga ühiskond, kes soovib vältida niisugust tulemust, peab tahtlikult kontrollima positiivse tagasiside tsüklit — peab vähendama sündivust.

Dünaamilises mudelis on lihtne ära hoida positiivse tagasiside tsükli perutamist. Jätame hetkeks kõrvale poliitilise teostatavuse ja kontrollime mudeli abil füüsilisi ja võibolla sotsiaalseid võimalusi peatada rahvaarvu kasv. Meil on ainult vaja lisada mudelisse täiendav põhjuslik tsüklitel, mis seob sündivust ja suremust. Teiste sõnadega, nõuame, et igal aastal sünnib populatsioonis lapsi samapalju kui sureb sel aastal inimesi. Siis on rahvaarvu positiivne ja negatiivne tagasiside täpselt tasakaalus. Kuna piisava toidu ja arstiabi tõttu suremus kaaneb, siis kaaneb niisuguses süsteemis samaaegselt sündivus. Niisugune nõue, mis on matemaatiliselt lihtne, aga sotsiaal-



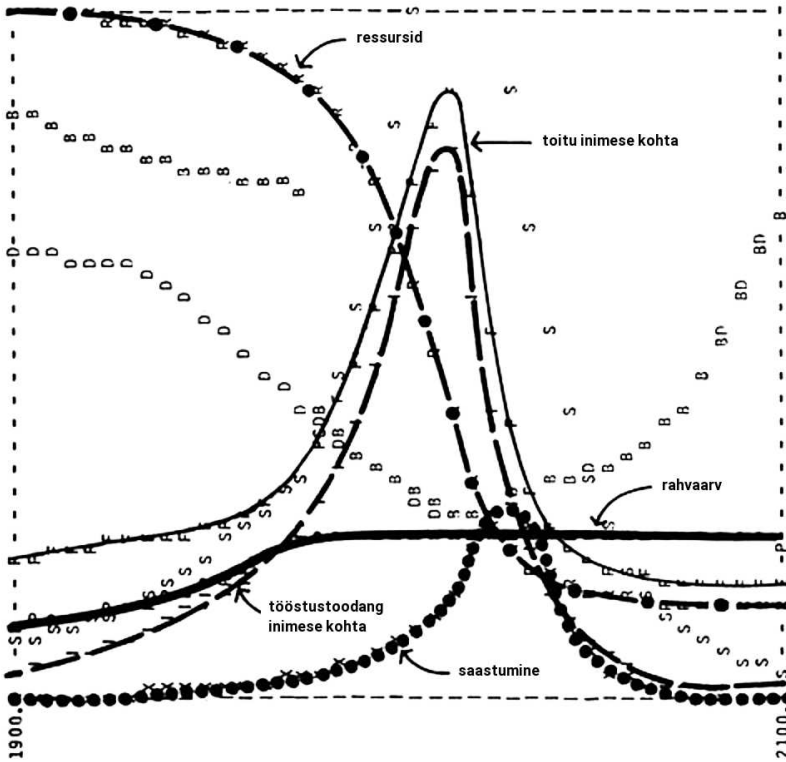
selt komplitseeritud, on meie mudelis katse, mitte poliitiline soovitus.* Niisuguse tegutsemisviisi lisamine mudelisse 1975.

*Niisugune soovitus rahvaarvu stabiliseerimiseks on Kenneth E. Bouldingu raamatus *The Meaning of the 20th Century* (New York: Harper and Row, 1964).

TASAKAALULINE MAAILM

aastal on kujutatud joonisel 44.

Joonis 44: Stabiliseeritud rahvaarvuga maailma mudel

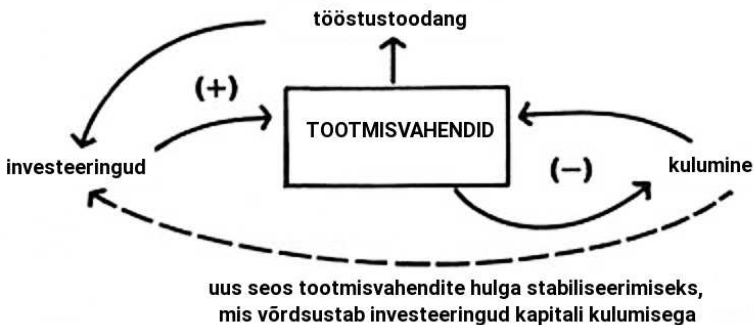


Selles stsenaariumis on tingimused samasugused nagu standardstsenaariumis (joonis 35), ainukese erandiga, et alates aastast 1975 on sündivus ja suremus võrdsed. Teised kontrollimata positiivse tagasiside tsüklid, kaasa arvatud tootmisvahendid, tagavad inimese kohta tööstustoodangu, toidu ja teenuste eksponentsiaalse kasvu. Taastumatute loodusvarade ammendumine viib tööstussüsteemi äkilise kokkuvarisemiseni.

Stsenaariumis joonisel 44 on rahvaarvu kasvu positiivse tagasiside tsüklil tasakaalustatud ning rahvaarv püsib muu-

tumatuna. Alguses on sündivuse ja suremuse tase madalad. Alles on kontrollimatu positiivse tagasiside tsükel, mis teeb võimalikuks tööstustoodangu kasvu. Kui rahvaarv on stabiliseerunud, kasvab selle tagasisidetsükli süsteemi kujundav mõju. Kiiresti kasvavad inimeste sissetulekud, toiduga varustatus ja teenindus. Selle kasvu peatab aga varsti taastumata loodusvarade ammendumine. Sellega kaasneb suremuse kasv, aga rahvaarv ei kahane mudelile seatud tingimuse tõttu, et sündivus ja suremus on tasakaalus. See tingimus on nüüd juba täiesti ebarealistlik.

On ilmne, et kui soovime, et süsteem oleks stabiilne, ei tohi kumbki kahest olulisest positiivse tagasiside tsüklis põhjustada kontrollimatut kasvu. Ainult sündivuse kontroll ei ole piisav selleks, et ära hoida võimalusi ületav kasv ja sellele järgnev langus. Samalaadne simulatsioon, kus on piiratud tootmise kasv, aga lubatud on piiramatut rahvaarvu kasvu, ei taga samuti süsteemi stabiilsust. Mis juhtub, kui kontrollime samaaegselt mõlemat positiivse tagasiside tsüklit? Me saame stabiliseerida tootmisvahendite hulga mudelis, kui lisame nõude, et investeringute maht on võrdne tootmisvahendite kulumisega.



Joonisel 45 on kujutatud stsenaarium, kus rahvaarvu kasv on peatatud aastal 1975 ning tootmise kasv 1985, tegemata süsteemis muid muudatusi. (Tootmisel lubasime kasvada aastani 1985, et tagada praegusega võrreldes veidi parem elustandard.) Joonisel 44 kujutatud stsenaariumiga võrreldes on tugevalt üle võimaluste läinud kasv ja sellele järgnevat järsk langus ära hoitud. Rahvaarv ja tootmise tase saavutavad püsiva nivoo suhteliselt kõrge toiduainete, tööstustoodangu ja teeninduse tasemega. Mõnda aega kestva stabiilse oleku lõpetab ressursside otsalõppemisest tingitud tootmise langus.

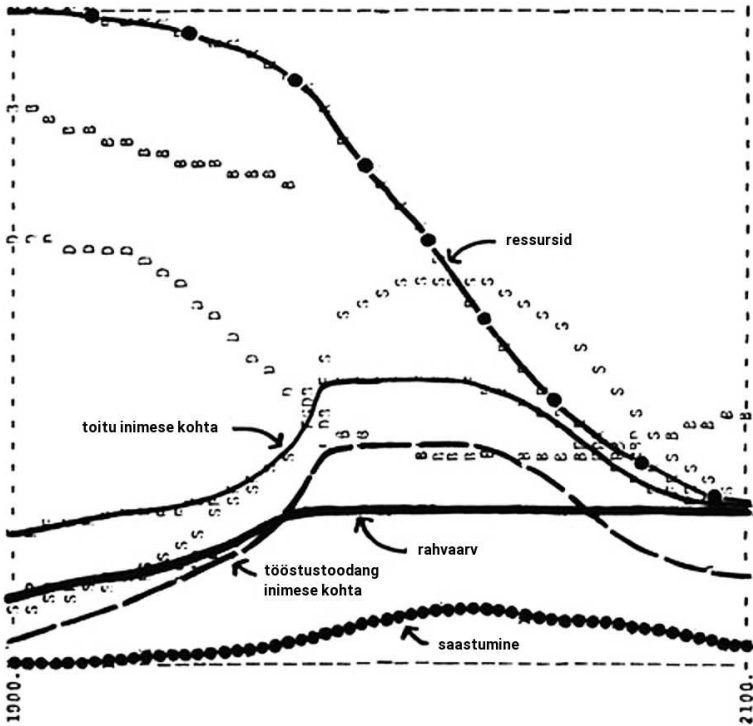
Missugused eeldused tagaksid mudelis korraliku elustandardi ja samal ajal suurendaksid joonise 45 stsenaariumiga võrreldes stabiilsust? Me saame mudeli käitumist tublisti muuta, kui kombineerime tehnoloogilisi muudatusi väärtushinnangute muutustega, et tagada kontroll süsteemi kasvutendentside üle. Niisuguste käitumispõhimõtete mitmesugused kombinatsioonid võimaldavad suhteliselt kõrge elustandardiga pikaajaliselt stabiilseid stsenaariume. Üks niisugune näide on joonisel 46.

Niisuguse arengu tingimused on järgmised.

1. Rahvaarvu stabiliseerimiseks on alates aastast 1975 sündivus ja suremus võrdsed. Tööstustoodangul on lubatud kasvada aastani 1990, siis on seatud investeringud võrdseks kapitali kulumisega.

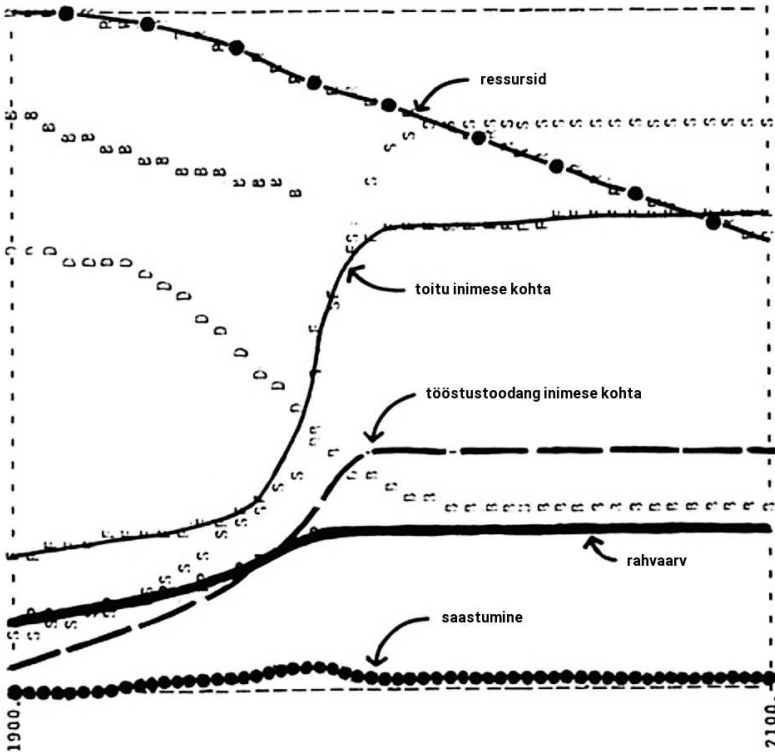
2. Joonise 45 stsenaariumi taastumatute loodusvarade ammendumise vältimiseks on ressursikasutus tööstustoodangu ühiku kohta veerand selle 1970. aasta tasemest. (See saavutatakse aastaks 1975.)

Joonis 45: Stabiliseeritud rahvaarvu ja tootmisega maailma mudel



Joonise 44 rahvaarvu stabiliseerimise nõudega stsenaariumile on lisatud nõue, et investeeringud on võrdsed tootmisvahendite kulumisega. Nii on eksponentsiaalne kasv peatatud ning saavutatakse mõningaks ajaks stabiilne olek. Samas on rahvaarv ja tootmise maht piisavalt kõrged selleks, et kiiresti ära kulutada taastumatud loodusvarad, sest ressursse säästvaid muutusi tehnoloogias pole eeldatud. Kui loodusvarad hakkavad ammendumama, kahaneb ka tööstustoodang, sest kapitali efektiivsus kahaneb. Rohkem vahendeid kulub kahanevate loodusvarade hankimiseks, mistõttu kasulik toodang väheneb.

Joonis 46: Stabiilne maailma mudel I



Eelmise stsenaariumi kasvu reguleerivatele piirangutele on lisatud muudatused tehnoloogias, et tagada jätkusuutlik tasakaaluline olek pikaks ajaks tulevikus. Tehnoloogilised meetmed on ressursside taaskasutus, puhastusseadmed, tootmisvahendite eluea pikendamine ja meetodid mulla viljakuse säilitamiseks ning erosiooni ärahoidmiseks. Väärtushinnangute muutuseks on toiduga varustatuse ja teeninduse seadmine tähtsamaks kui tööstustooted. Nagu stsenaariumis joonisel 45 on sündivus ja suremus võrdsed ning investeringud on võrdsed tootmisvahendite kulumisega. Tasakaaluline tööstustoodang inimese kohta on kolm korda suurem kui maailma keskmine 1970. aastal.

3. Et veelgi vähendada ressursikasutust ja saastamist, on ühiskonna majanduslikud eelistused nihutatud tehaseis toodetud kaupadelt teenindusele nagu haridus ja tervishoid. (See muudatus saavutatakse mudelis seades „nõutud“ või „soovitud“ teenused inimese kohta funktsiooniks sissetulekust.)

4. Saastumine ühiku tööstustoodangu ja põllumajandus-
saaduse kohta on vähenenud veerandile 1970. aasta tasemest.

5. Juba loetletud piirangute tulemuseks on üsna madal toiduga varustatuse tase ja osa inimestest jääb traditsiooniliste jaotusprintsipiide korral alatoidetuks. Selle vältimiseks on seatud eesmärgiks toota toiduaineid nii palju, et jätkuks kõigile. Selle saavutamiseks suunatakse tootmisvahendeid toidu tootmisele isegi siis, kui see on „ebamajanduslik“. (Mudelis saavutatakse see inimese kohta „nõutud“ toidu hulga sisseviimisega.)

6. See tähtsustab kõrge tootlikkusega põllumajandust. Vajadus toota piisavalt toitu viib mulla kiire erosioonini ja mullaviljakuse kahanemisele, mis destabiliseerib põllumajandussektorit. Sellepärast muutuvad vajalikuks suuremad kulutused põllumajandusele, seades mullakaitse ja mulla rikastamise prioriteetseiks. See tähendab näiteks linnade orgaaniliste heitmete komposteerimist ja maale tagasi viimist (niisugune praktika vähendab ühtlasi saastumist).

7. Tööstuskapitali suundumine parema teeninduse ja suurema põllumajandustoodangu ning loodusvarade taaskasutuse tagamiseks ning saastumise kontrolliks toob kaasa tarbekau-

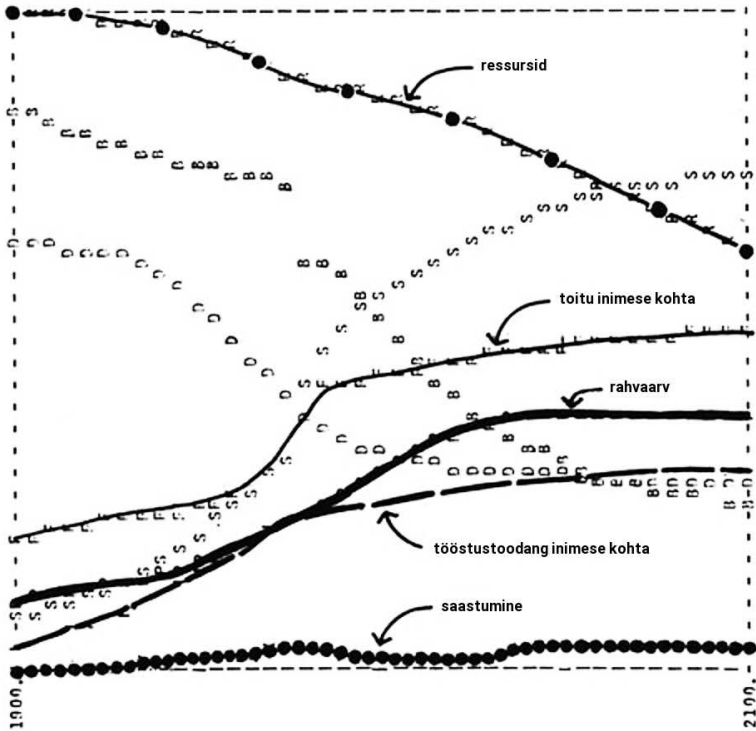
pade hulga languse. Selle protsessi leevendamiseks tuleb suurendada toomisvahendite eluiga ning toodete eluiga. Tulemuseks on ka väiksem ressursikasutus ning vähenev saastumine.

Stsenaariumis joonisel 46 on stabiilne rahvaarv ainult natuke suurem praegusest. Toiduaineid on rohkem kui kaks korda nii palju kui aastal 1970 ning keskmine eluiga on ligi 70 aastat. Keskmine tööstustoodangu hulk inimese kohta on tublisti suurem kui praegu ning teenindus on kasvanud kolmekordseks. Keskmine aastane sissetulek inimese kohta (tööstustooted, toit ja teenused kokku) on umbes 1800 dollarit. See tase on umbes pool praegusest USA sissetulekust, võrdne praeguse keskmise sissetulekuga Euroopas ja kolm korda kõrgem kui praegune maailma keskmine. Loodusvarad kahanevad ikkagi aja jooksul, aga loodusvarade ärakasutamise kiirus on nii väike, et tehnoloogial ja tööstusel jääb aega ressurside saadavusega kohanemiseks.

Selles stsenaariumis kasutatud parameetrite väärtused ei ole stabiilse süsteemi saamiseks ainuvõimalikud. Erinevad rahvad või ühiskonnad võivad teha kompromisse erinevalt, seades eelistused kas teenindusele või toiduga varustatusele või saastamise ärahoidmisele või materiaalsele heaolule. Siinne näide on ainult illustratsioon selle kohta, missugused rahvaarvu ja tootmise tasemed on planeedil füüsiliselt võimalikud kõige optimistlikemate eelduste korral. Mudel ei räägi midagi sellest, kuidas on võimalik niisuguseid kompromisse saavutada. Mudel näitab ainult, missugune on põhimõtteliselt saavutatav füüsiliselt kooskõlaline eesmärk.

Muudame mudelit realistlikumaks ja laseme lõdvemaks kõige ebareaalsemad eeldused — et suudame äkki täielikult

Joonis 47: Stabiilne maailma mudel II



Kui eelmise stsenaariumi rangeid kasvu piiranguid on leevendatud ja rahvaarvu ning tööstustoodangu piirangud toimivad loomuliku hiline misega, on rahvaarvu tasakaaluline tase kõrgem ja tööstustoodangu hulk inimese kohta väiksem kui joonise 46 stsenaariumis. Siin on eeldatud, et täielik sündivuse kontroll ning soovitud perekonna suurus kaks last saavutatakse aastaks 1975. Sündivuse tase kahaneb suremuse tasemeni pikkamööda rahvastiku vanuselisest koosseisust tingitud viivituse tõttu.

peatada rahvaarvu ja tootmise kasvu. Jätame alles eelmise loetelu viimased kuus eeldust, mis olid joonise 46 stsenaariumis, aga asendame esimese 1975. aastal algava käitumismudeli

TASAKAALULINE MAAILM

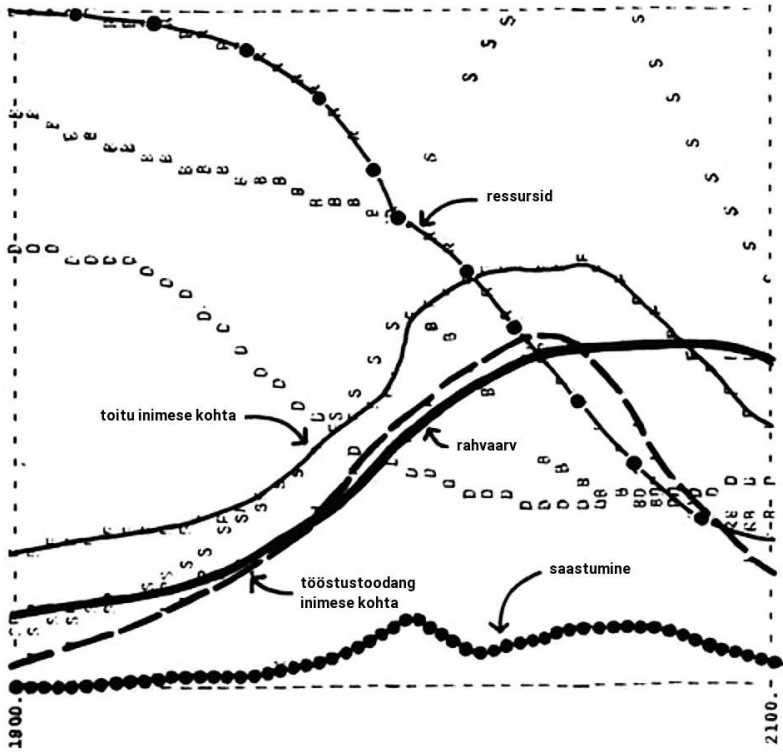
järgnevaga.

1. Rahvale on kättesaadav 100-protsendiliselt tõhus sündivuse kontroll.
2. Soovitud perekonna suurus on kaks last.
3. Majandussüsteem püüab säilitada keskmise tööstustoodangu inimese kohta 1975. aasta tasemel. Tööstuse kasvav suutlikkus on amortisatsiooni ületava investeringu asemel suunatud täiendavate tarbekaupade tootmisele. Niisuguse mudeli käitumine on kujutatud joonisel 47. Nüüd lubab hiline mine tagasisidetsüklis rahvaarvul kasvada tublisti suuremaks kui stsenaariumis joonisel 46. Selle tulemusel jääb tööstustoodangu, toidu ja teenuste hulk inimese kohta väiksemaks kui eelmises stsenaariumis (aga ikkagi kõrgemaks kui praegune maailma keskmine).

Me ei usu, et ükski süsteemi stabiilsuseks vajalik meede juurutatakse kogu maailmas äkki aastal 1975. Kui ühiskond seab eesmärgiks stabiilsuse, peab ta selle poole püüdlema järkjärgult. Oluline on aru saada, et mida kauem on lastud edasi kesta eksponentsiaalsel kasvul, seda vähemaks jääb võimalusi lõplikuks stabiilseks olekuks. Joonis 48 kujutab stsenaariumi, kus joonise 45 stsenaariumi 1975. aastal kehtestatud piirangud rakendatakse alles aastal 2000.

Stsenaariumis joonisel 48 saavutavad rahvaarv ja tööstustoodang inimese kohta palju kõrgema taseme kui eelmises stsenaariumis. Selle tulemusel kasvab saastumine ning loodusvarasid kulutatakse ka rakendatud uutest tehnoloogiatest hoo-

Joonis 48: Maaailma mudel, kui stabiliseerivad meetmed rakendatakse aastal 2000



Kui eelmise stsenaariumi 1975. aastal rakendatud piirangutega viivitatekse aastani 2000, ei ole tasakaaluline olek enam jätkusuutlik. Rahvaarv ja tootmisvahendite hulk saavutavad taseme, mis põhjustavad toidu ja ressursside puuduse enne aastat 2100.

limata palju ulatuslikumalt. 25-aastane hiline mine stabiliseerivate meetmete rakendamisel lubab loodusvarade ärakasutamise kasvada aastaks 2000 tasemeni, kuhu see oleks 1975. aastal meetmeid rakendades jõudnud aastaks 2100.

TASAKAALULINE MAAILM

Enamus inimesi arvab, et muudatused, mida me viisime mudelis sisse kasvu ja kokkukukkumise stsenaariumi ärahoidmiseks, pole mitte ainult võimatud, vaid on eba-meeldivad, ohtlikud ja hukatuslikud. Niisugused tegutsemisviisid nagu sündivuse vähendamine ja vahendite kõrvale suunamine kaupade tootmiselt, ükskõik mil viisil need saavutatakse, on ebaloomulikud ja kujuteldamatud, sest kõigi inimeste kogemus on, et seda pole järele proovitud ega pole niisugust käitumist keegi ka tõsimeeli soovitanud. Praegu toimivas ühiskonnas poleks mõtet niisuguste muudatuste üle arutleda, kui me teaksime, et praegune piiramatu kasv oleks jätkusuutlik ka tulevikus. Kõik meile teadaolevad tõendid viitavad sellele, et kolmest alternatiivist — piiramatu kasv, tahtlikud piirangud kasvule või looduse poolt seatud piirid kasvule — on võimalikud ainult kaks viimast.

Leppides looduse poolt seatud kasvu piiridega pole vaja midagi ette võtta. Laseme asjadel kulgeda omasoodu ja vaatame, mis juhtub. Kõige usutavam nii toimimise tulemus on, nagu me püüdsime siin näidata, kontrollimatu rahvaarvu ja tootmise langus. Niisuguse kokkuvarisemise tegeliku tähendust on raske ette kujutada, sest see võib kulgeda mitmel erineval viisil. See võib juhtuda maa erinevates piirkondades erineval ajal, aga võib olla ka kogu planeeti hõlmav. Kokkuvarisemine võib olla järkjärguline või väga äkiline. Kui esimesena saavutatav piir on toidupuudus, kannatavad kõige enam tööstuslikult vähearenenud piirkonnad. Kui esimene saavutatav piir on taastumatute loodusvarade ammendumine, kannatavad rohkem tööstuslikult arenenud rahvad. Võimalik on, et inimühiskonna taandareng jätab alles planeedi taimkatte ja loomariigi, aga võimalik on ka, et need hävinevad

saastumise ja looduse üleekspluateerimise tõttu. Ükskõik, milline osa inimkonnast peaks peale niisugust taandarengut alles jääma, jääb neile vähe vahendeid inimühiskonna uuesti ülesehitamiseks ühelgi viisil, mida suudaksime praegu ette kujutada.

Kasvu tahtlik piiramine nõuab suuri pingutusi. See nõuab, et õpiksime paljusid asju tegema teisiti kui seni. See seab koormuse inimkonna leidlikkusele, kohanemisvõimele ja enesedistsipliinile. Vabatahtlik kasvu piiramine on tohutu proovilepanek, mida inimesed ei taha aktsepteerida. Kas lõpptulemus on väärt vajalikke pingutusi? Mida inimkond niisuguste muudatustega saavutab ja mida kaotab? Vaatleme lähemalt, mida kujutab endast ilma kasvuta maailm.

Tasakaal

Me ei ole inimkonna kirjapandud ajaloo kestel esimesed, kes soovivad püsiva suurusega inimühiskonda. Mitmed filosoofid, majandusala inimesed ja bioloogid on arutlenud niisuguste võimaluste üle, kasutades niisuguse ühiskonna kohta mitmeid erinevaid nimetusi ja pidades silmas ka erinevat sisu.*

*Vaata näiteks:

Plato, *Laws*, 350 B.C.

Aristotel, *Politics*, 322 B.C.

Thomas Robert Malthus, *An Essay on the Principle of Population*, 1798.

John Stuart Mill, *Principles of Political Economy*, 1857.

Harrison Brown, *The Challenge of Man's Future* (New York: Viking Press, 1954).

Kenneth E. Boulding, "The Economics of the Coming Spaceship Earth," in *Environmental Quality in a Growing Economy*, ed. H. Jarrett (Baltimore, Md.: Johns Hopkins Press, 1966).

E.J. Mishan, *The Costs of Economic Growth* (New York: Frederick A. Praeger, 1967).

Pikkade arutelude tulemusena otsustasime joonistel 46 ja 47 kujutatud muutumatu rahvaarvu ja tootmisvahendite hulgaga olekut märkida terminiga „tasakaal“ Tasakaal tähendab olekut, kui vastandjõud on võrdsed. Maailma mudeli dünaamikas on vastandjõududeks rahvaarvu ja tootmist kasvatavad jõud (suur soovitud perekond, vähene sündivuse kontroll, suured investeeringud) ning rahvaarvu ja tootmist pärssivad jõud (toidupuudus, saastumine, kapitali kulumine või vananemine). Kapital tähendab siin tööstuse ja põllumajanduse tootmisvahendeid ning teenindust. *Globaalne tasakaal tähendab, et rahvaarv ja tootmisvahendite hulk ei muutu ajas ning nende muutusi tingivad jõud on kontrollitud tasakaalus.*

Selles tasakaalu definitsioonis on palju võimalikke variante. Me nõudsime ainult, et kapital ja rahvaarv ei muutu, aga need võivad olla muutumatud kas madalal või kõrgel tasemel või ka, et üks kahest on madal ja teine kõrge. Veepaagis võib olla veetase püsiv nii kiire sisse- ja äravoolu kui väikeste nirede korral. Kui vool on kiire, viibib veetilk paagis lühemat aega kui siis, kui vool on aeglane. Niisamuti võib olla rahvaarv püsiv kõrge sündivuse ja suremuse (lühike eluiga) või madala sündivuse ja suremuse (pikk eluiga) korral. Kapitali kogus võib olla püsiv suurte investeeringute ja suure kuluvuse või väheste investeeringute ja kapitali pikaealisuse korral. Nende variantide kõik kombinatsioonid sobivad meie globaalse tasakaalu definitsiooniga.

Missuguste kriteeriumite alusel peaks valima tasakaalu-

Herman E. Daly, "Toward a Stationary-State Economy," in *The Patient Earth*, ed. J. Harte and Robert Socolov (New York: Holt, Rinehart, and Winston, 1971).

oleku võimaluste vahel? Maailma süsteemi dünaamilised vastasmõjud osutavad, et esikohale tuleb seada aeg. *Kui kaua peaks tasakaaluolek kestma?* Kui ühiskonda huvitavad ainult lähemad 6 kuud või aasta, näitab maailma mudel, et iga-sugune rahvaarv ja tootmisvahendite hulk on võimalik ära majandada. Kui ajahorisont ulatub 20 või 50 aastani, jääb valikuvõimalusi oluliselt vähemaks. Tasemed ja kiirused peavad sobituma nii, et investeringute taset ei piiraks ressursside nappus või et saastamine ja toidu nappus ei mõjutaks kontrollimatult suremust. Mida kauem soovib ühiskond säilitada tasakaalu, seda väiksemad peavad olema protsesside tasemed ja kiirused.

Loomulikult ei saa ükski rahvastiku ja tootmise tase püsida igavesti, aga ressursse arukalt kasutades ja planeerides kaua aja peale ette on võimalik vastutulevaid piire lükata väga kaugemale tulevikku. Vaatleme ajahorisonti, mis on homme maailma sündiva lapse oodatav eluiga — 70 aastat, kui on piisavalt toitu ja meditsiinilist tuge. Kuna enamuses inimesi kulutab suure osa oma ajast ja energiast laste kasvatamisele, on nende soov, et nende lastele jääv ühiskond püsiks kogu laste eluea.

Kui ühiskonna ajahorisondiks on 70 aastat, ei tohi rahvaarv ja tootmise tase olla praegustest väga erinevad, nagu näitab tasakaaluline stsenaarium joonisel 47 (mis on mõistagi ainult üks paljudest võimalikest). Rahvaarvu ja tootmise tase võivad aga olla praegustest vägagi erinevad. Iga ühiskond eeldab kahtlemata, et suremuse tase oleks pigem madal kui kõrge, sest kauakestev täie tervise juures elu on universaalne inimkonna soov. Et saavutada tasakaalu pika eluea korral, peab sündivuse tase olema madal. Hea oleks, kui madalad oleks ka kapitali investeringute ja kulumise tasemed, sest

TASAKAALULINE MAAILM

siis on väiksem ressurside kulumine ja saastumine. Ressursside kulumise ja saastumise taseme madalatena hoidmine võib kas lubada kõrgemat rahvaarvu ja tootmise taset või pikemaajalist tasakaaluolekut, sõltuvalt sellest, missugused on ühiskonna valikud.

Valides tasakaalu püsimiseks küllalt pika ajahorisoni ning pidades soovitud eesmärgiks pikka keskmist eluiga, saame järgmised globaalse tasakaalu jaoks tingimata vajalikud tingimused.

1. *Tootmisvahendite hulk ja rahvaarv on muutumatud.* Sündivus on tasakaalus suremusega ja investeeringud on tasakaalus tootmisvahendite kulumisega.

2. *Kõik sisend- ja väljundkiirused — sünnid, surmad, investeeringud ja kulumine (kasutusest lahkumine) — hoitakse võimalikult madalal tasemel.*

3. *Tootmisvahendite ja rahvaarvu tasemed ja nende omavaheline suhe on vastavuses ühiskonna väärtushinnangutega.* Neid tasemeid võidakse tahtlikult üle vaadata ja pikkamisi kohandada vastavalt tehnoloogiate poolt pakutavatele uutele võimalustele.

Nii defineeritud tasakaal ei tähenda stagnatsiooni. Kahe ülaltoodud tingimuse korral võivad üksikud korporatsioonid laieneda või läbi kukkuda, lokaalselt võib rahvaarv kasvasa või kahaneda, sissetulekud võivad ühtlustuda või erinevused kasvada. Tehnoloogia areng lubab püsiva tootmisvahendite hulgaga pakkuda rohkem teenuseid. Kolmas tingi-

mus lubab igal maal muuta rahva elustandardit, muutes tootmise ja rahvaarvu suhet. Enamgi veel, ühiskond võib vastavalt muutuvatele välistingimustele kohandada tootmise või rahvaarvu või mõlema taset pikkamööda ja kontrollitult, et saavutada seatud sihte. Ülalesitatud kolm tingimust defineerivad *dünaamilise* tasakaalu, mis ei tähenda maailma „külmutamist“ selle praegusesse olekusse. Nende kolme tingimusega arvestamine pakub ühiskonnale valikuvabaduse, mitte ei sea kitsendusi.

Missugune on elu niisuguses tasakaaluolekus? Kas innovatsioon on lämmatatud? Kas ühiskond jääb kinni praegusesse ebavõrdsuse ja ebaõigluse maailma? Nende küsimuste arutelu peab jätkuma mõtteliste mudelite abil, sest pole olemas tasakaalulise ühiskonna sotsiaalsete tingimuste formaliseeritud mudelit. Keegi ei suuda ennustada, missuguseid valikuid teeb inimkond muutunud tingimustes. Mõistagi pole mingit garantiid, et uus ühiskond oleks palju parem või ka lihtsalt teistsugune kui praegune. Näib aga olevat võimalik, et kui ühiskond hoidub kasvu poolt põhjustatud probleemidega maadlemisest, jääb rohkem energiat ja algatusvõimet üle muude probleemide lahendamiseks. Me usume, nagu näitame ka allpool, et ühiskond, mis on uuenduslik ja areneva tehnoloogiaga, tugineb võrdsusele ja õiglusele, saab kujuneda pigem globaalse tasakaalu tingimustes, mitte praegu kogetava kasvu korral.

Kasv tasakaaluolekus

1857. aastal kirjutas Stuart Mill:

Vaevalt on vaja seletada, et tootmisvahendite ja rahvaarvu statsionaarne

TASAKAALULINE MAAILM

olek ei tähenda inimlike väärtuste statsionaarset olekut. Vaimse kultuuri, moraali ja sotsiaalse progressi jaoks on võimalusi samapalju kui nüüd, on ruumi Elamise Kunstiks ja palju rohkem võimalusi selle arendamiseks.⁴⁹

Rahvaarv ja tootmisvahendite hulk on ainukesed suurused, mis peavad tasakaaluolekus olema muutumatud. Iga inimkonna tegevus, mis ei nõua taastumatute loodusvarade suurt voogu ega millega ei kaasne rasked keskkonnakahjud, võib kasvada piiramatult. Need harrastused, mida paljud inimesed peavad kõige vajalikemaks nagu haridus, kunst, muusika, religioon, teadusuuringud, kehakultuur, sotsiaalne suhtlemine, võivad õitseda.

Kõik ülalloeletud tegevused sõltuvad tugevasti kahest tegurist. Esiteks, lisaks esmaste inimvajaduste, toidu ja peavarju tagamise on tootmises mõningane ülejääk, mida saab kasutada nende tegevuste jaoks. Teiseks, inimestel on vaba aega. Igas tasakaaluolekus peavad tootmisvahendid ja rahvaarv olema tasakaalus niiviisi, et inimeste materiaalsed vajadused oleksid rahuldatud. Kuna materiaalne toodang püsib oluliselt muutumatu, tekitab iga tootmise arendamine inimestele täiendavat vaba aega, mida saab kasutada ülalloeletud suhteliselt vähe ressursse kulutavate ja vähe saastavate tegevuste jaoks. Nii saab ära hoida Bertrand Russelli kirjeldatud kurba tulevikku.

Kujutame ette, et mingil ajahetkel valmistab mingi kindel arv inimesi nõelu. Nad teevad nõelu nii palju kui maailm vajab, töötades kaheksa tundi päevas. Siis teeb keegi leiutise, nii et sama hulk inimesi suudab toota nõelu kaks korda rohkem. Aga maailm ei vaja nõelu kaks korda rohkem. Nõelad on juba nii odavad, et keegi ei osta neid odavama hinnaga eest rohkem. Arukas maailmas hakkaks iga nõelte valmistaja töötama kaheksa tunni asemel neli tundi ja kõik võiks kesta edasi vanaviisi. Reaalses maailmas peetakse seda demoraliseerivaks. Inimesed töötavad endi-

selt kaheksa tundi, nõelu toodetakse liiga palju, mõned tootjad lähevad pankrotti ja pooled seni nõelu valmistanuist jäävad töötuks. Tulemuseks on sama palju vaba aega kui teise kava korral, ainult et pooled inimesed on vabad kogu aeg, aga pooled töötavad endise pingega. Niisugune soovimatu vaba aeg põhjustab üldise õnne asemel üldist viletsust. Kas võib ette kujutada midagi arutumat?⁵⁰

Kas tehnoloogilised uuendused, mis lubavad toota nõelu või ükskõik mida muud efektiivsemalt, on kättesaadavad maailmas, kus põhilised materiaalsed vajadused on rahuldatud ja täiendav tootmine pole lubatud? Kas inimest sunnib asju paremini tegema viletsus ja materiaalse heaolu kasv?

Ajalooline kogemus on, et väga vähe olulisi leiutisi on teinud inimesed, kelle kogu energia kulub ellujäämise tagamiseks. Tuumaenergia avastasid teadlased alusuuringute laboratooriumis, kes polnud teadlikud fossiilkütuste otsalõppemise ohust. Esimesed geneetilised katsed, mis võimaldasid sada aastat hiljem aretada kõrge saagikusega teravilju, tehti Euroopa kloostri rahus ja vaikus. Survestav inimlik vajadus on ehk aidanud kaasa niisuguste avastuste kasutuselevõtmist praktiliste probleemide lahendamiseks, aga ainult otsese vajaduse puudumine tegi võimalikuks niisugused praktilistes rakendustes kasutatavad avastused ja leiutised.

Tasakaaluolekus on tehnoloogiline progress nii vajalik kui ka soovitud. Mõned ilmekad näited praktilistest avastustest, mis soodustavad tööprotsessi tasakaalulises ühiskonnas, on:

- uued jäätmekogumismeetodid, et vähendada saastamist ning koguda kasutatud materjale taaskasutuseks;
- tõhusamad taaskasutusmeetodid, et vähendada taastumatute loodusvarade ärakasutamist;

TASAKAALULINE MAAILM

- toodete paremad tehnilised lahendused, et suurendada toodete kasutusiga ning teha kergemaks nende paran-damine, et minimiseerida kapitali kulumiskiirust;
- päikeseenergia kui kõige vähem saastava energialiigi kasutuselevõtt;
- looduslikud kahjuritõrjemeetodid, mis tuginevad öko-loogiliste suhete paremal tundmisel;
- meditsiini areng, mis viib suremuse taseme madalamaks;
- tõhusam sündivuse kontroll, mis aitab kaasa, et sündivus oleks tasakaalus väheneva suremusega.

Mis võiks olla parem stiimul tehnoloogia edendamiseks kui teadmine, et uued ideed aitavad kaasa elukvaliteedi silm-nähtavale paranemisele? Inimkonna pika ajaloo kestel on uued leiutised toonud kaasa tõmblemist, keskkonna halvemaks muu-tumise ja suurema ebavõrdsuse, sest suurema tootlikkuse tule-mused on neelanud rahvaarvu ja tootmisvahendite hulga kasv. Ei ole põhjust, miks parem tootlikkus ei võiks kaasa tuua kõrgemat elustandardit või rohkem vaba aega või paremat keskkonda kõigile, kui kasv ei ole ühiskonna esmane püüdlus.

Võrdsus tasakaaluolekus

Üks tavalisemaid müüte meie praeguses ühiskonnas on, et praeguse kasvumustri säilitamine viib inimeste võrdsuseni. Oleme näidanud mitmes kohas siinses raamatus, et prae-gu ühiskonnas toimuvad rahvaarvu ja tootmise kasv hoopis-ki suurendavad vahet rikaste ja vaeste vahel ning et püüe säilitada kasvamist viib lõpptulemusena kokkuvarisemiseni.

Suurim takistus maailma ressursside ühtlasemaks jaotamiseks on rahvastiku kasv. See on üldine tähelepanek, küll kahetsusväärne, aga mõistetav, et kui kasvab rahva arv, kelle vahel mingit piiratud ressursi jaotatakse, siis muutub jaotus ebavõrdsemaks. Võrdne jaotamine oleks enesetapp, kui keskmine kogus inimese kohta ei ole ellujäämiseks piisav. ÜRO Toidu- ja Põllumajandusorganisatsiooni toiduga varustatuse uuringud kinnitavad seda üldist tähelepanekut.

Jaotuste analüüs näitab, et kui mingi rühma toiduga varustatus kaheks, muutuvad olulisemaks erinevused sissetulekutes. Alatoidetud perekondade hulk kasvab kiiremini keskmisest vaesemate hulgas. Enamgi veel, toidunappus kasvab kiiremini suuremates peredes ning niisugustes peredes on lapsed kõige sagedamini alatoidetud.⁵¹

Pikaajalise tasakaalu olekus peavad rahvaarvu ja tootmise tasemed olema piirangute nagu haritav maa, puhas vesi ja maavarad suhtes niisugused, et oleks piisavalt toitu ning tarbeesemeid, et igaüks oleks varustatud vähemalt toimetuleku tasemel. Siis on üks tõke võrdse jaotamise eest ära hoitud. Enamgi veel, nii hoitakse ära ka teine tõke võrdse jaotamise ees — kasvu tootamine, nagu kirjeldab Dr. Herman E. Daly:

Mitmel põhjusel on stacionaarse oleku oluline probleem jaotamine, mitte tootmine. See argument, et igaüks on õnnelik, kui tema absoluutsed osakud kasvavad, sõltumata suhtest teistega, ei pea enam paika. ... Statsionaarne olek vähendab koormust keskkonnale, aga esitab palju suuremaid moraalseid nõudmisi.⁵²

Isegi tasakaaluolekus ei ole mingit tagatist, et inimkonna moraalsed ressursid on piisavad lahendamaks sissetulekute jaotamise probleemi. Samas on veelgi vähem lootust, et niisugused sotsiaalsed probleemid leiavad lahenduse praeguse kasvu tin-

TASAKAALULINE MAAILM

gimustes, mis panevad proovile nii maailma inimeste moraalset kui füüsilised ressursid.

Kindlasti on meie poolt pakutud tasakaaluolek idealiseeritud. See ei pruugi olla saavutatav niisugusel kujul nagu me siin kirjeldasime ning niisugust tasakaaluolekut ei pruugi enamuse inimestest soovida. Ainuke mõte selle siin esitamisel on soov näidata, et globaalne tasakaal ei pruugi tähendada progressi või inimkonna arengu lõppu. Tasakaaluolekus on võimalusi väga palju.

Tasakaaluolek ei ole vaba pingetest, sest ükski ühiskond ei ole vaba pingetest. Tasakaal nõuab mõne inimkonna vabaduse nagu piiramatu laste arv või piiramatu ressursikasutus vahetamist teiste vabaduste vastu nagu vabanemine saastumisest ja majanduslikust või sotsiaalsest tõblemisest ning globaalse kokkuvarisemise ohust. On võimalik, et tekivad uued vabadused nagu universaalne ja piiramatu haridus, vaba aeg loominguks ja leiutamiseks ning mis kõige tähtsam — näljast ja vaesusest vabanemine, mida praegu naudib väike osa maailma inimestest.

Siirdumine kasvult globaalsesse tasakaalu

Me ei saa rääkida praktilistest igapäevastest sammudest, mis viiksid soovitud jätkusuutlikku globaalsesse tasakaalu. Ei meie maailma mudel ega meie mõtlemine ei ole kasvult tasakaaluolekusse siirdumise kõikkõimalike nüansside mõistmiseks piisavalt detailsed. Enne kui ükski maailma ühiskonna osa võtab vabatahtlikult ette niisuguse siirdumise, on vajalikud ulatuslikud arutelud ja analüüs ning uued ideed suure hulga inimeste osavõtul. Kui me oleme innustanud siinse raamatu lugejaid juurdlema, kuidas niisugune siirdumine võiks teoks saa-

da, oleme oma esmase eesmärgi saavutanud.

Kindlasti on vaja rohkem informatsiooni, et saada hakka- ma globaalsesse tasakaalu üleminekuga. Olemasolevaid and- meid sõeludes ning neid organiseeritud mudelisse kaasa- tes saime aru, et vaja on rohkesti täiendavaid fakte ning mõõdetud andmeid. Praegu on kõige silmatorkavam tead- miste nappus mudeli saastamist kirjeldavas osas. Kui kaua aega kulub saaste keskkonda jõudmisest inimese organismi jõudmiseni? Kas saasteaine ohutuks muutmiseks kuluv aeg oleneb saastatuse tasemest? Kas mitu koostoimivat saaste- ainet omavad sünergilist mõju inimese organismis? Missugune on saasteaine väikese kontsentratsiooni pikaajaline mõju ini- mestele ja teistele organismidele? Vaja on ka täiendavaid and- meid, kui suur on tänapäevases intensiivses põllumajanduses mulla erosiooni ja põllumajandusmaa kahjustumise kiirus.

Meie kui süsteemianalüütikute vaatepunktist on oluline, et faktide kogumine ei oleks juhuslik vaid oleks suunatud süsteemi struktuuri mõistmisele. Kõigi komplitseeritud sot- siaalsete süsteemide käitumine on määratud ennekõike füüsilis- te, bioloogiliste, psühholoogiliste ja majanduslike suhetega, mis on olemas igas inimpopulatsioonis, selle looduskeskkonnas ning majandustegevuses. Kuni ei ole põhjalikult analüüsitud sotsiaal-majandusliku süsteemi põhistruktuure, ei saa süsteemi toimimist tõhusalt kontrollida nii nagu ei saa hoida autot heas sõidukorras, kui ei tea, kuidas selle rohked koostisosad üksteist mõjutavad. Süsteemi struktuuri uurimisel võib selguda, et mõne lihtsa stabiliseeriva tagasisidetsükli lisamine süsteemi võib ära hoida mitmeid probleeme. Sellelaadseid huvitavaid soovitusi on juba tehtud — näiteks tuleks saastamise ja res- sursikasutuse kogumaksumus lisada toodete hinda või iga jõest

vee kasutaja veevõtutoru peaks olema jões tema heitveetorst allavoolu.

Kõige tabamatum ja kõige tähtsam informatsioon, mida vajame, käsitleb inimlikke väärtusi. Kui ühiskond tunnistab, et ei suuda maksimeerida kõike kõigi jaoks, siis tuleb teha valikuid. Kas peaks olema rohkem inimesi või rohkem heaolu, kas rohkem metsikut loodust või rohkem autosid, kas rohkem toitu vaestele või rohkem teenuseid rikastele? Niisuguste valikute tegemine on poliitiline protsess. Vähesed inimesed annavad endale aru, et niisuguseid valikuid tehakse iga päev. Veelgi vähem on neid, kes küsivad endilt, missugune peaks olema nende valik. Tasakaaluline ühiskond peab hindama, missugused on valikute kaasnähud lõpliku suurusega maakeral mitte ainult praegu vaid ka tulevaste põlvete ajal. Selleks on vaja, et ühiskonnal oleks praegu olemasolevaist paremad teadmised, millised on võimalikud alternatiivid soovitud eesmärkide saavutamiseks. Kõige tähtsam on, et määratakse kindlaks pikaajalised eesmärgid ning et lühiajalised sihid seatakse pikaajalistele vastavaiks.

Kuigi me rõhutame nende raskete probleemide täiendava uurimise ja arutelude vajadust, tuletame meelde, et aeg kiirustab tagant. Me loodame, et intensiivsed uuringud ja arutelud leiavad aset samaaegselt sihipärase tegutsemisega. Täpsed tegutsemissuunad pole veel selged, aga üldine vajalik tegutsemissuund on ilmne. Teadmisi on juba piisavalt, et analüüsida tehtavate ettepanekute suutlikkust kasvu soodustada või reguleerida. Mitmed rahvad on juba võtnud tarvitusele meetmed või kavandavad rahvaarvu stabiliseerimise programme. Mõnes piirkonnas tehakse katseid piirata majanduskasvu tempot.⁵³ Niisugused pürgimused on praegu veel

nõrgad, aga need saavad kiiresti tugevnedada, kui oluline osa inimkonnast on aru saanud, et tasakaaluolek on tähtis ja vajalik.

Oleme korduvalt rõhutanud loomulike viivituste tähtsust maailma rahvastiku ja tootmise süsteemis. Kui näiteks Mehiko sündivuse tase kahaneb järk-järgult praeguselt tasemelt aastaks 2000 täpse taastootmise tasemele, kasvab loomuliku hilinemise tõttu selle maa rahvaarv kuni aastani 2060. Selle ajaga kasvab rahvaarv seal 50 miljonilt 130 miljonini.⁵⁴ Kui Ameerika Ühendriikide rahval oleks alates praegusest kaks last perekonnas ning poleks immigratsiooni, kasvaks rahvaarv ikkagi aastani 2037 ning kasvaks praeguselt 200 miljonilt 266 miljonini.⁵⁵ Kui kogu maailma rahvastik saavutaks aastaks 2000 täpselt taastootmist tagava pere suuruse (sel ajal oleks rahvaarv 5.8 miljardit), kasvaks rahvastiku vanuselisest struktuurist tingitud hilinemise tõttu planeedi rahvaarv 8.2 miljardini⁵⁶ (eeldades, et suremus ei hakka enne tasakaalu saavutamist kasvama — meie simulatsioonide tulemuste põhjal on see eeldus väheusutav).

See, kui nende probleemide lahendamiseks ei võeta midagi ette, on sisuliselt karm valik. Jätkuva eksponentsiaalse kasvu iga päev viib maailma lähemale ülimalle piirile, millest suuremaks kasvada pole võimalik. Otsus mittemidagi ette võtta on otsus suurendada kokkuvarisemise riski. Me ei saa kindlalt väita, kui kaua võib inimkond edasi lükata tahtlikku kasvu piiramist, ilma et kaotaks kontrolli võimalust. Oma praeguste teadmiste põhjal, millised on planeedi füüsilised piirangud, arvame, et kasv ei saa kesta veel sada aastat. Jällegi, süsteemis olemasolevate viivituste tõttu on selge, et kui globaalne ühiskond ootab, kuni planeedi füüsilised piirid muutu-

TASAKAALULINE MAAILM

vad ilmseks, on kasvu piiramisega viivitatud liiga kaua.

Kuigi on põhjust tõsiseks muretsemiseks, on ka põhjust lootuseks. Kasvu tahtlik piiramine on raske, aga mitte võimatu. Üldine tegutsemissuund on selge ja vajalikud sammud, kuigi inimühiskonna jaoks seni olematud, on inimvõimete piires. Inimkonnal on oma ajalooga võrreldes väga lühikest aega olemas väga suutlik kombinatsioon teadmisi, vahendeid ja ressursse, mida pole varem olnud. Olemas on kõik vajalik, et luua täiesti uus inimühiskond — niisugune, mis püsiks inimpõlvi. Kaks puuduvat komponenti on realistlik ja pikaajaline siht, mis juhiks inimkonda tasakaalulise ühiskonna poole, ning inimkonna soov saavutada niisugune siht. Ilma niisuguse sihita ja pühendumuseta saavutada niisugune siht põhjustavad lähituleviku eesmärgid eksponentsiaalset kasvu, mis viib maailma planeedi ülima füüsilise piiri poole ja sellest tingitud kokkuvarisemiseni. Kui ülalesitatud sihid ja tahtmine on olemas, on maailm juba praegu valmis liikuma järkjärgult ja kontrollitult globaalse tasakaalu suunas.

KOMMENTAAR

Meil oli kaks eesmärki, kui kutsusime Massachusettsi Tehnikaülikooli (MIT) meeskonda üles võtma seda uurimust käsile. Üks oli saada ettekujutus maailmasüsteemi piiridest ja piiranguist, mis need piirid seavad inimeste arvule ja tegutsemisele. Tänapäeval püüab inimkond rohkem kui kunagi varem saavutada kõige pidevat ja sageli ka kiirenevat kasvu — rahvaarvu, maa hõivamise, toodangu, tarbimise, saastamise jne., pimesi uskudes, et keskkond võimaldab niisugust kasvu, mille on saavutanud teised inimrühmad, või et teadus ja tehnoloogia võimaldab ületada takistused. Me tahtsime uurida, kuivõrd on niisugune hoiak kooskõlas meie planeedi lõpliku suurusega ja kasvava ühiskonna põhiliste vajadustega — vähendada sotsiaalseid ja poliitilisi pingeid ning tõsta kõigi elukvaliteeti.

Teine eesmärk oli teha kindlaks ja uurida maailma süsteemi käitumist pikaajaliselt mõjutavaid elemente ja nende vastasmõjusid. Me usume, et niisugune teadmine ei teki lühiajaliste analüüsidega, mis on suunatud lokaalsetele süsteemidele nagu on praegune praktika. Projekt ei olnud mõeldud kui futuroloogiline harjutus. See oli mõeldud ja on praeguste trendide, nende vastasmõju ja trendide võimalike lõpptulemuste analüüs. Meie eesmärk oli hoiatada võimaliku ülemaailmse kriisi eest, kui neil trendidel lubada jätkuda, ja nii pakkuda võimalus muuta meie poliitilisi, majanduslikke ja sotsiaalseid süsteeme, et kriisid ära hoida.

Siinne aruanne on teeninud neid eesmarke hästi. See on oluline samm edasi praeguse maailma olukorra täielikul ja süsteemsel analüüsil, käsitus, mis vajab nüüd veel aastaid

täpsustamist, süvenemist, laiendamist. Sellele vaatamata on see aruanne kõigest esimene samm. Kasvu piirid, mida see aruanne analüüsib, on ülimad füüsilised planeedi lõplikkusest tingitud piirid. Tegelikkuses on need piirid veelgi karmimad tingituna poliitilistest, sotsiaalsetest ja korralduslikest piiranguist, rahvastiku ja ressursside ebaühtlasest jaotumisest ning meie suutmatusest hallata väga suuri keerulisi süsteeme.

Sellel aruandel on veelgi eesmärke. See arendab edasi esialgseid maailma tulevase oleku soovitusi ning avab uued perspektiivid tuleviku kujundamise intellektuaalsetele ja praktilistele püüdlustele.

Kandsime selle aruande tulemused ette kahel rahvusvahelisel konverentsil. Mõlemad leidsid aset 1971. aasta suvel, üks Moskvast, teine Rio de Janeiros. Kuigi kerkis palju küsimusi ja kriitikat, ei olnud selles aruandes esitatud perspektiividele olulisi vastuväiteid. Aruande esmase kavandi said kommenteerimiseks umbes nelikümmend eksperti, enamasti Rooma Klubi liikmed. Vast on huvitav välja tuua nende kommentaaride mõned olulisemad kriitilised punktid:

1. Mudelid suudavad arvesse võtta ainult piiratud arvu mõjutegureid, sellepärast ei ole vastasmõjude analüüs täielik. Rõhutati, et kasutatavas globaalses mudelis on üldistamine vältimatult väga suur. Sellegipärast tunnistati, et isegi niisuguse lihtsa mudeliga on võimalik kontrollida peamiste eelduste mõju ja simuleerida muutusi süsteemi käitumises, kui muuta tegevuspõhimõtteid. Reaalses maailmas on niisugused katsed kauakestvad, kallid ning sageli üldse võimatud.

2. Arvati, et aruandes ei ole antud piisavat kaalu teaduse ja tehnoloogia võimalustele lahendada probleeme nagu lihtsalt käsitletavate sündivuse kontrolli vahendid, proteiini toot-

mine fossiilkütustest, praktiliselt piiramatus ulatuses energia tootmine (kaasa arvatud saastevaba päikeseenergia) ning selle kasutamine õhust ja veest toidu sünteesil ning kivimeist mineraalide eraldamisel. Samas nõustuti, et niisugused arengud jäävad usutavasti liiga hiljaks, et ära hoida demograafilist ja keskkonna hädaolukorda. Igal juhul suudavad niisugused meetmed ainult edasi nihutada kriise, mis ei ole tehniliste lahendustega ära hoitavad.

3. Mõned eksperdid arvasid, et toorainete varud seni veel vähe uuritud aladel on oluliselt suuremad kui mudelis eeldatud. Aga jällegi, niisugused avastused nihutavad toorainenappuse ajas edasi, aga ei suuda seda ära hoida. Peab muidugi tunnistama, et ressursidega varustatuse pikenemine mõne aastakümne võrra annab lisa-aega uute lahenduste leidmiseks.

4. Mõned eksperdid leidsid, et mudel on liiga „tehnokraatne“ et see ei arvesta olulisi sotsiaalseid tegureid nagu näiteks teistsuguste väärtussüsteemide omaksvõtt. Moskva konverentsi eesistuja võttis selle aspekti kokku, öeldes, et inimene ei ole lihtsalt küberneetiline seade. Seda kriitikat tuleb möönda. Praegune mudel käsitleb inimest tema materiaalses keskkonnas, sest vajalikke sotsiaalseid komponente polnud võimalik selles esmases ürituses vajalikul määral välja töötada ja kaasaata. Ja ikkagi, hoolimata mudeli materiaalsest orienteeritusest osutavad uuringu tulemused, et vajalikud on ühiskonna väärtushinnangute põhjalikud muutused.

Enamus aruandega tutvunuid on nõus selle tulemustega. Enamgi veel, on selge, et kui aruandes esitatud argumentid on põhimõtteliselt õiged (isegi õigustatud kriitikat mööndes), ei saa nende tähtsust üle hinnata.

Mitmed retsensendid jagasid meie veendumust, et projekti

KOMMENTAAR

oluline tähtsus seisneb selle globaalses käsitluses, et saame teadmise tervikust, tundes koostisosi, mitte vastupidi. Aruanne esitab otsekohevalt valikuvõimalusi, mis seisavad mitte üksikute rahvaste või üksikisikute ees, vaid puudutavad kõiki rahvaid ja kõiki inimesi ning sunnivad lugejat globaalsete probleemide üle kaasa mõtlema. Niisuguse lähenemise puuduseks on, arvestades maade ja rahvaste ning poliitiliste struktuuride mitmekesisust ja arengutasemetete erinevusi, et kogu planeedi kui terviku kohta käivad järeldused ei ole detailides rakendatavad ühegi konkreetse maa ega piirkonna kohta.

On õige, et sündmused leiavad maailmas aset paiguti mingites stressipiirkondades, mitte üldiselt või kogu planeedil samaaegselt. Seega inimliku inertsiga ja poliitiliste raskuste tõttu võimalikuks saavad mudeli poolt ennustatud probleemid ilmnevad kõigepealt lokaalsete kriiside ja katastroofide seeriana.

Usutavasti põhjustavad niisugused lokaalsed kriisid tagasilööke kogu maailmas ning rahvad ja inimesed, kes astuvad rutakaid parandavaid samme või püüavad eralduda ning üritavad jääda sõltumatuks, raskendavad kogu süsteemi toimimist. Maailma süsteemi üksikosade vastastikuste seoste tõttu muutuvad niisugused abinõud kokkuvõttes nurjumisele määratuiks. Sõjad, epideemiad, toorainete ammendumine ja üldine majanduse allakäik põhjustavad nakkusliku sotsiaalse allakäigu.

Kokku võttes, aruannet hinnati kõrgelt, sest see osutas inimühiskonna kasvu eksponentsiaalsele loomusele kinnises süsteemis — see on asjaolu, mida praktilistes tegevuskavades väga harva tunnistatakse või arvestatakse, kuigi see on meie lõpliku suurusega planeedi tingimustes ülioluline. MIT projekt

annab põhjendatud ja süstemaatilise seletuse trendidele, millest inimesed on õige ähmaselt teadlikud.

Aruande pessimistlikud järeldused on põhjustanud ja põhjustavad jätkuvalt poleemikat. Paljud usuvad, et näiteks rahvaarvu kasvu vastu leiab loodus vastumeetmeid ning sündimus kahaneb enne kui hakkab ähvardama katastroof. Teised tunnevad, et uurimuses leitud trendid ei ole inimese poolt kontrollitavad. Need inimesed on valmis ootama, kuni midagi juhtub. Veel mõned loodavad, et väikesed praeguse tegutsemisviisi muudatused viivad järkjärgulise ja rahuldava kohastumiseni ning loodetavasti tasakaaluolekuni. Väga suur enamus ülejäänuid usuvad tehnoloogia suutlikkust pakkuda kõikeravivaid lahendusi.

Me tervitame ja innustame niisuguseid arutelusid. Leiame, et on oluline teha kindlaks inimkonda ohustava kriisi ulatus ja tagajärgede võimalik raskus, mis võivad inimkonna ees seista järgmistel aastakümnetel.

Kuidas meie, selle projekti tellijad, hindame aruannet? Me ei saa rääkida kõigi meie Rooma Klubi kolleegide nimel huvide, rõhuasetuste ja hinnangute erinevuste tõttu. Hoolimata uurimuse esialgsusest, mõnede andmete nappusest ja maailmasüsteemi olemuslikust mitmekesisusest, mida see maailma mudel püüab kirjeldada, oleme veendunud selle uurimuse peamiste järelduste tähtsuses. Me usume, et selle uurimuse sõnum on palju sügavama tähendusega kui lihtsalt mõõtmete võrdlemine, et see on inimkonda ähvardava kitsikuse kõiki aspekte puudutav sõnum.

Kuigi me saame väljendada ainult oma esialgseid vaateid, tunnistades, et need vajavad veel põhjalikku süüvimist ning korrastamist, oleme järgmistes punktides ühisarusaamal.

1. Oleme veendunud, et planeedi keskkonna piirangutest ja planeedi võimaluste ületamisest arusaamine on vajalik, et jõuda uute mõtteviisideni, mis viiksid inimkonna käitumise alusprintsipiide ülevaatamiseni ja uute alusprintsipiide elluviimisega kogu praeguse ühiskonna struktuuri muutuseni.

Alles nüüd, kui oleme hakanud aru saama demograafilise kasvu ja majanduskasvu vastastikest seostest ning saavutanud nende mõlema enneolematu taseme, on inimkond sunnitud arvesse võtma meie planeedi lõplikku suurust ja sellest tingitud piire inimeste olemasolule ning tegutsemisele. Esimest korda on saanud eluliselt oluliseks hinnata piiramatu materiaalse kasvu hinda ning vaagida selle edasikestmise alternatiive.

2. Oleme ka veendunud, et demograafiline surve on maailmas juba saavutanud väga kõrge taseme ning on niivõrd ebaühtlaselt jaotunud, et ainuüksi see sunnib inimkonda otsima meie planeedil tasakaalu.

Veel on olemas väheasustatud piirkondi, kuid pidades silmas kogu maailma, on rahvaarvu kasv jõudmas kriitilise tasemeni või on selle juba saavutanud. Pole olemas ühtainsat optimaalset pikaajalist rahvaarvu taset. Võimalikud on erinevad tasakaalud rahvaarvu taseme, sotsiaalse ja materiaalse kindlustatuse, inimeste vabaduste ja teiste elutaset kujundavate tegurite vahel. Arvestades lõplikke ja kahanevaid taastumatu te loodusvarade varusid ning planeedi lõplikku suurust, tuleb leppida sellega, et kasvava inimeste arvuga kaasneb madalam elukvaliteet ja keerulisem probleemistik. Teiselt poolt, demograafilise kasvu piiramine ei ohusta ühtegi põhilist inimlikku väärtust.

3. Me tunnistame, et maailma tasakaal on võimalik ainult siis, kui niinimetatud arengumaade seisukord on oluliselt paranenud nii absoluutarvudes kui ka majanduslikult arenenud rahvastega võrreldes. Kinnitame, et see on saavutatav ainult sellekohase globaalse strateegia toel.

Juba praegu plahvatusohtlikud lõhed ja ebavõrdsus ühiskonnas jätkavad kasvu, kui ei tehta ülemaailmseid pingutusi. Tulemuseks saab olla ainult katastroof kas sellepärast, et mõned maad toimivad isekalt ainult oma huvides või siis arenenud ja arengumaade vahelise võimuvõitluse tõttu. Maailm ei ole lihtsalt nii hästi varustatud ega suuremeelne, et suudaks veel kaua kohaneda oma asukate egotsentrilise ja konfliktse käitumisega. Mida lähemale jõuame planeedi materiaalsele piiridele, seda raskem on niisuguseid probleeme hallata.

4. Kinnitame, et globaalne areng on sedavõrd tihedasti seotud teiste globaalprobleemidega, et tuleb välja töötada üldine strateegia, mis käsitleks kõiki olulisi probleeme, eriti inimese ja keskkonna suhteid.

Maailma rahvaarvu kahekordistumise 30 aastaga, kusjuures kahekordistumise aeg on kahanev, on ühiskonnal raske rahuldada nii paljude täiendavate inimeste vajadusi ja lootusi nii lühikese ajaga. Me püüame lisanduvat nõudlust rahuldada oma looduskeskkonna üleekspluateerimisega ja seega kahjustame veelgi planeedi suutlikkust tagada elulisi vajadusi. Seega halveneb olukord inimese-keskkonna võrrandi mõlemal poolel ohtlikult. Me ei saa loota, et ainuüksi tehnoloogilised lahendused toovad meid sellest probleemide ringist välja. Arengu ja keskkonna probleeme peab käsitlema ühine strateegia.

5. Tunnistame, et maailma kompleksse probleemistiku moodustavad suures ulatuses komponendid, mida me ei suuda mõõta. Sellegipärast usume, et siinse aruande peamiselt kvantitatiivne lähenemine on nende probleemide mõistmisel asendamatu. Loodame, et niisugune teadmine aitab meil neid komponente vallata.

Kuigi kõik maailmas toimivad komponendid on omavahel seotud, ei ole veel leitud moodust, kuidas neid kõiki tervikuna käsile võtta. Siin kasutusele võetud lähenemine on inimkonna ohtliku olukorra mõistmise jaoks erakordselt kasulik. See lubab defineerida tasakaaluolekud, mis peavad paika pidama inimühiskonnas ning ühiskonna ja keskkonna vahel, ja lubab tajuda, missugused võivad olla tagajärjed, kui neid tasakaale rikutakse.

6. Oleme üksmeelselt veendunud, et praeguse tasakaalu rikkuva ja ohtlikult halveneva maailma kiire ja radikaalne ümberkorraldamine on esmane inimkonna ees seisev ülesanne.

Praegune olukord on sedavõrd mitmekülgne ning peegeldab inimese rohket tegutsemist, et mingi ainult tehniliste, majanduslike või õiguslike meetmete ja vahendite kombinatsioon ei suuda seda märkimisväärselt paremaks muuta. Selleks, et suunata ühiskonda kasvu asemel püüdlema tasakaalu poole, on vajalik täiesti uus lähenemine. Niisugused ümberkorraldused nõuavad arusaamise, kujutlusvõime ja poliitiliste ning moraalsete valikute ülimalt kindlameelsust. Me usume, et niisugune pingutus on teostatav ning loodame, et sinne raamat aitab mobiliseerida jõudusid, mis teeksid selle võimalikuks.

7. Niisugune ülim pingutus on meie põlvkonna proovilepanek. Seda ei saa lükata edasi tulevastele põlvedele. Tegutsema tuleb hakata viivitamatult ning juba sel aastakümnel on vaja saavutada olulisi suunamuutusi.

Kuigi esmased pingutused tuleb suunata kasvu, eriti rahvastiku kasvu järelmitele, tuleb peagi asuda lahendama maailma probleemistikku tervikuna. Me usume, et kiiresti saab ilmseks, et sotsiaalsed uuendused peavad sobituma tehniliste muutustega, et on vajalikud institutsioonide ja poliitiliste protsesside kõigi tasemete radikaalsed reformid, kaasa arvatud kogu maailma hõlmav ühiskonnakorralduse muutus. Oleme veendunud, et praegune põlvkond on valmis niisuguseks proovilepanekuks, kui me mõistame, missugused traagilised tagajärjed võivad olla tegevusetusel.

8. Me ei kahtle, et kui inimkond asub uuele kursile, on vajalikud enneolematu ulatusega kooskõlastatud rahvusvahelised meetmed ja pikaajaline planeerimine.

Niisugune pingutus vajab kõigi inimeste ühist püüdlust, sõltumata nende kultuurist, majandussüsteemist ja arengutasemest. Peamine vastutus lasub aga rohkem arenenud rahvastel, mitte sellepärast, et neil on suurem ettenägemisvõime või rohkem inimlikkust, vaid et nemad on propageerinud kasvu sündroomi, nad on endiselt kasvu alal hoidva progressi lätetel. Kui areneb arusaamine maailmasüsteemi toimimise tingimustest, siis saavad need rahvad aru, et maailmas, mis põhimõtteliselt vajab stabiilsust, on nende kõrge arengutase õigustatud ainult siis, kui nad ei ole hüppelaud saavutamaks veelgi enam, vaid areeniks, millelt organiseerida heaolu ja sissetulekute võrdsemat jaotamist kogu maailmas.

9. Me toetame ühemõtteliselt seisukohta, et demograafilise ja majandusliku kasvuspiraali pidurdamine ei tähenda maailma rahvaste majanduse külmutamist ega *status quo*-d.

Kui rikkad rahvad propageeriksid niisugust seisukohta, oleks see kui neokolonialism. Harmoonilise maailma majanduse, sotsiaalse ja ökoloogilise tasakaalu saavutamine peab olema ühine ettevõtmine, mis tugineb ühistele tõekspidamistele, mis on kasulikud kõigile. Majanduslikult arenenud maadelt oodatakse suurimat eestvedamist, et need esimese sammuna aitaksid kaasa nende oma materiaalse väljundi kasvu aeglustumisele ning samal ajal aitaksid nad kaasa arengumaade pingutustele arendada nende majandust veelgi kiiremini.

10. Lõpuks kinnitame, et iga katse saavutada kestav tasakaaluolek kavandatud meetmetega, mitte juhuse või katastroofi tulemusel, peab olema rajatud põhjendatult isikute, rahvaste ja kogu maailma tasemel väärtushinnangute ja eesmärkide olulistele muutustele.

Niisugune muutus on juba õhus, aga seni veel vaevumärgatav. Meie traditsioonid, haridus, praegune tegutsemine ja huvid teevad niisuguse muutuse piiratuks ja aeglaseks. Ainult täielik arusaamine inimkonna seisundist praeguses ajaloo pöördepunktis annab inimestele piisavalt motivatsiooni olla nõus isiklike ohvritega ning leppida muutustega poliitilistes ja majandusstruktuurides, mis on vajalikud tasakaaluoleku saavutamiseks.

Jääb muidugi küsimus, kas maailma olukord on tõepoolest

nii tõsine nagu osutab sinne raamat ja meie kommentaarid. Me usume kaljukindlalt, et siinse raamatu hoiatused on küllaldaselt põhjendatud ning meie praeguse tsivilisatsiooni eesmärgid ja tegutsemisviis ainult raskendavad tuleviku probleeme. Me oleksime õnnelikud, kui meie esialgne hinnang osutuks olevat liiga sünge.

Igal juhul on meie hoiak väga tõsiselt murelik, aga mitte meeleheide. Aruanne kirjeldab kontrollimatu ja hukatusliku kasvu alternatiive ning pakub välja võimalikke tegutsemisviisi muutusi, mis annaksid tulemuseks inimkonna stabiilse tasakaaluoleku. Aruanne näitab, et võimalik on mõistlikkuse piires suur hea materiaalse kindlustatusega populatsioon, milles on piiramatud võimalused üksikisikute ja ühiskonna arenguks. Me oleme põhimõtteliselt nõus niisuguste seisukohtadega, aga oleme piisavalt realistlikud ning ei lähe kaasa puht-teaduslike või eetiliste spekulatsioonidega.

Püsivas majandusliku ja ökoloogilise tasakaalu olekus ühiskonna kontseptsioon on kergesti omaks võetav, kuigi tegelikkus on sellest sedavõrd kaugel, et meie arvates on vajalik Koperniku revolutsioon mõtlemises. Idee teokstegemine on üliraske ja keerukusi täis ülesanne. Me saame tõsiselt rääkida sellest, millega alustada, alles siis, kui „Kasvu piiride“ sõnum muudatuste äärmisest vajalikkusest on omaks võetud suure hulga teadlaste, poliitikute ja üldrahvaliku arvamuse poolt paljudes maades. Üleminek saab igaljuhul olema vaevanõudev ning seab äärmuslikke nõudeid inimkonna leidlikkusele ja otsustavusele. Nagu oleme juba maininud, ainult veendumus, et pole teist väljavaadet toimetulemiseks, vallandab moraalsed, intellektuaalsed ja loovad jõud, mis on vajalikud selleks inimkonna pretsedendituks ettevõtmiseks.

KOMMENTAAR

Me soovime alla kriipsutada stabiilses olekus ühiskonnani viiva tee kaardistamise väljakutset, mitte selle raskust. Me usume, et enneolematult suur hulk igas vanuses ja seisundis mehi ja naisi reageerib sellele algatusele ning on valmis arutama, mitte kas, vaid kuidas me saame luua niisuguse tuleviku.

Rooma Klubi kavatseb toetada niisugust tegutsemist mitmel viisil. Olulised maailma dünaamika uuringud, mis algasid MIT-is, jätkuvad MIT-is, Euroopas, Kanadas, Ladina-Ameerikas, Nõukogude Liidus ja Jaapanis. Kuivõrd intellektuaalne valgustustegevus on tagajärjetu, kui see pole ka poliitiline, innustab Rooma Klubi looma ülemaailmset riigimeeste, poliitikute ja teadlaste foorumit, kus saab tuleviku globaalse süsteemi ohtusid ja lootusi arutada ilma valitsustevaheliste lepingute formaalsete piiranguteta.

Meie viimane soovitus on, et igäiks peab uurima iseennast — oma sihte ja väärtusi samapalju kui maailma, mida ta soovib muuta. Neile mõlemale ülesandele pühendumine peab olema lõppematu. Kõige olulisem küsimus ei ole, kas inimlik jääb püsima, vaid see, kas ta jääb püsima ilma lootusetusse eksistentsi langemata.

Rooma Klubi Täidesaatev Komitee

ALEXANDER KING

SABURO OKITA

AURELIO PECCEI

EDUARD PESTEL

HUGO THIEMANN

CARROLL WILSON

LISA

MIT Süsteemidünaamika rühma Rooma Klubi projektiga
“Inimkonna ohud” seotud publikatsioonid.

ANDERSON, ALISON AND ANDERSON, JAY M. “System Simulation to Test Environmental Policy III: The Flow of Mercury through the Environment.” Mimeographed. Cambridge, Mass.: Massachusetts Institute of Technology, 1971.

ANDERSON, JAY M. “System Simulation to Test Environmental Policy II: The Eutrophication of Lakes.” Mimeographed. Cambridge, Mass.: Massachusetts Institute of Technology, 1971.

BEHRENS, WILLIAM W. III. “The Dynamics of Natural Resource Utilization.” Paper presented at the 1971 Summer Computer Simulation Conference, July 1971, Boston, Massachusetts, sponsored by the Board of Simulation Conferences, Denver, Colorado.

BEHRENS, WILLIAM W. III AND MEADOWS, DENNIS L. “The Determinants of Long-Term Resource Availability.” Paper presented at the annual meeting of the American Association for the Advancement of Science, January 1971, Philadelphia, Pennsylvania.

CHOUCRI, NAZLI; LAIRD, MICHAEL; AND MEADOWS, DENNIS L. “Resource Scarcity and Foreign Policy: A Simulation Model of International Conflict.” Paper presented at the annual meeting of the American Association for the Advancement of Science, January 1971, Philadelphia, Pennsylvania.

LISA

FORRESTER, JAY W. "Counterintuitive Nature of Social Systems." *Technology Review* vol. 73 (1971): pp. 53.

FORRESTER, JAY W. *World Dynamics*. Cambridge, Mass.: Wright-Allen Press, 1971.

HARBORDT, STEFFEN C. "Linking Socio-Political Factors to the World Model." Mimeographed. Cambridge, Mass.: Massachusetts Institute of Technology, 1971.

MEADOWS, DONELLA H. "The Dynamics of Population Growth in the Traditional Agricultural Village." Mimeographed. Cambridge, Mass.: Massachusetts Institute of Technology, 1971.

MEADOWS, DONELLA H. "Testimony Before the Education Committee of the Massachusetts Great and General Court on Behalf of the House Bill 3787." Republished as "Reckoning with Recklessness," *Ecology Today*, January 1972, pp. p. 11.

MEADOWS, DENNIS L. *The Dynamics of Commodity Production Cycles*. Cambridge, Mass.: Wright-Allen Press, 1970.

MEADOWS, DENNIS L. "MIT-Club of Rome Project on the Predicament of Mankind." Mimeographed. Cambridge, Mass.: Massachusetts Institute of Technology, 1971.

MEADOWS, DENNIS L. "Some Requirements of a Successful Environmental Program." Hearings of the Subcommittee on Air and Water Pollution of the Senate Committee on Public Works, Part I, May 3, 1971. Washington, DC: Government Printing Office, 1971.

MILLING, PETER. "A Simple Analysis of Labor Displacement and Absorption in a Two Sector Economy." Mimeographed. Cambridge, Mass.: Massachusetts Institute of Technology, 1971.

NAILL, ROGER F. "The Discovery Life Cycle of a Finite Resource: A Case Study of US Natural Gas." Mimeographed. Cambridge, Mass.: Massachusetts Institute of Technology, 1971.

RANDERS, JØRGEN. "The Dynamics of Solid Waste Generation." Mimeographed. Cambridge, Mass.: Massachusetts Institute of Technology, 1971.

RANDERS, JØRGEN AND MEADOWS, DONELLA H. "The Carrying Capacity of our Global Environment: A Look at the Ethical Alternatives." In *Western Man and Environmental Ethics*, ed. Ian Barbour. Reading, Mass.: Addison-Wesley, 1972.

RANDERS, JØRGEN AND MEADOWS, DENNIS L. "System Simulation to Test Environmental Policy I: A Sample Study of DDT Movement in the Environment." Mimeographed. Cambridge, Mass.: Massachusetts Institute of Technology, 1971.

SHANTZIS, STEPHEN B. AND BEHRENS, WILLIAM W. III. "Population Control Mechanisms in a Primitive Agricultural Society." Mimeographed. Cambridge, Mass.: Massachusetts Institute of Technology, 1971.

MÄRKUSED

1. A. M. Carr–Saunders, *World Population: Past Growth and Present Trends* (Oxford: Clarendon Press, 1936), p. 42.
2. US Agency for International Development, *Population Program Assistance* (Washington, DC: Government Printing Office, 1970), p. 172.
3. *World Population Data Sheet 1968* (Washington, DC: Population Reference Bureau, 1968).
4. Lester R. Brown, *Seeds of Change* (New York: Praeger Publishers, 1970), p. 135.
5. President's Science Advisory Panel on the World Food Supply, *The World Food Problem* (Washington, DC: Government Printing Office, 1967, 2:5).
6. President's Science Advisory Panel on the World Food Supply, *The World Food Problem*, 2:423.
7. President's Science Advisory Panel on the World Food Supply, *The World Food Problem*, 2:460–69.
8. UN Food and Agriculture Organization, *Provisional Indicative World Plan for Agricultural Development* (Rome: UN Food and Agriculture Organization, 1970, 1:41).
9. Data from an Economic Research Service survey, reported by Rodney J. Arkley in "Urbanization of Agricultural Land in California," mimeographed (Berkeley, Calif.: University of California, 1970).
10. Paul R. Ehrlich and Anne H. Ehrlich, *Population, Resources, Environment* (San Francisco, Calif.: W. H. Freeman and Company, 1970), p. 72.

11. Mans Impact on the Global Environment, Report of the Study of Critical Environmental Problems (Cambridge, Mass.: MIT Press, 1970), p. 118.
12. First Annual Report of the Council on Environmental Quality (Washington, DC: Government Printing Office, 1970), p. 158.
13. US Bureau of Mines, Mineral Facts and Problems, 1970 (Washington, DC: Government Printing Office, 1970), p. 247.
14. Mercury data from US Bureau of Mines, Minerals Yearbook (Washington, DC: Government Printing Office, 1967) 1(2):724 and US Bureau of Mines, Commodity Data Summary (Washington, DC: Government Printing Office, January 1971), p. 90. Lead data from Metal Statistics (Somerset, NJ: American Metal Market Company, 1970), p. 215.
15. G. Evelyn Hutchinson, "The Biosphere," *Scientific American*, September 1970, p. 53.
16. Chauncey Starr, "Energy and Power," *Scientific American*, September 1971, p. 42.
17. UN Department of Economic and Social Affairs, *Statistical Year-book 1969* (New York: United Nations, 1970), p. 40.
18. Bert Bolin, "The Carbon Cycle," *Scientific American*, September 1970, p. 131.
19. *Inadvertent Climate Modification*, Report of the Study of Man's Impact on Climate (Cambridge, Mass.: MIT Press, 1971), p. 234.
20. John R. Clark, "Thermal Pollution and Aquatic Life," *Scientific American*, March 1969, p. 18.
21. *Inadvertent Climate Modification*, pp. 151–54.

MÄRKUSED

22. John P. Holdren, "Global Thermal Pollution," in *Global Ecology*, ed. John P. Holdren and Paul R. Ehrlich (New York: Harcourt Brace Jovanovich, 1971), p. 85.
23. Baltimore Gas and Electric Company, "Preliminary Safety Analysis Report," quoted in E. P. Ranford et al., "Statement of Concern," *Environment*, September 1969, p. 22.
24. R. A. Wallace, W. Fulkerson, W. D. Shults, and W. S. Lyons, *Mercury in the Environment* (Oak Ridge, Tenn.: Oak Ridge Laboratory, 1971).
25. *Man's Impact on the Global Environment*, p. 131.
26. C. C. Patterson and J. D. Salvia, "Lead in the Modern Environment," *Scientist and Citizen*, April 1968, p. 66.
27. *Second Annual Report of the Council on Environmental Quality* (Washington, DC: Government Printing Office, 1971), pp. 110–11.
28. Edward J. Kormandy, *Concepts of Ecology* (Englewood Cliffs, NJ: Prentice–Hall, 1969), pp. 95–97.
29. *Second Annual Report of the Council on Environmental Quality*, p. 105.
30. Calculated from average GNP per capita by means of relationships shown in H. B. Chenery and L. Taylor, "Development Patterns: Among Countries and Over Time," *Review of Economics and Statistics* 50 (1969): 391.
31. Calculated from data on metal and energy consumption in UN Department of Economic and Social Affairs, *Statistical Yearbook* 1969.
32. J. J. Spengler, "Values and Fertility Analysis," *Demography* vol. 3 (1966): 109.

33. Lester B. Lave and Eugene P. Seskin, "Air Pollution and Human Health," *Science* vol. 169 (1970): 723.
34. Second Annual Report of the Council on Environmental Quality, pp. 105–6.
35. Frank W. Notestein, "Zero Population Growth: What Is It?" *Family Planning Perspectives* vol. 2 (June 1970): 20.
36. Donald J. Bogue, *Principles of Demography* (New York: John Wiley and Sons, 1969), p. 828.
37. R. Buckminster Fuller, *Comprehensive Design Strategy, World Resources Inventory, Phase II* (Carbondale, Ill.: University of Illinois, 1967), p. 48.
38. Thomas S. Lovering, "Mineral Resources from the Land," in *Committee on Resources and Man, Resources and Man* (San Francisco, Calif.: W. H. Freeman and Company, 1969), p. 122–23.
39. Second Annual Report of the Council on Environmental Quality, p. 118.
40. Garrett Hardin, "The Cybernetics of Competition: A Biologist's View of Society," *Perspectives in Biology and Medicine* vol. 7 (Autumn 1963): 58, reprinted in Paul Shepard and Daniel McKinley, eds., *The Subversive Science* (Boston: Houghton Mifflin, 1969), p. 275.
41. S. R. Sen, *Modernizing Indian Agriculture* vol. vol. 1, *Expert Committee on Assessment and Evaluation* (New Delhi: Ministry of Food, Agriculture, Community Development, and Cooperatives, 1969).
42. For an excellent summary of this problem see Robert d'A. Shaw, *Jobs and Agricultural Development*, (Washington, DC: Overseas Development Council, 1970).

MÄRKUSED

43. Richard Critchfield, "It's a Revolution All Right," Alicia Patterson Fund paper (New York: Alicia Patterson Fund, 1971).
44. Robert d'A. Shaw, *Jobs and Agricultural Development*, p. 44.
45. Lester R. Brown, *Seeds of Change*, p. 112.
46. US Bureau of the Census, *1970 Census of Population and Housing, General Demographic Trends of Metropolitan Areas, 1960–70* (Washington, DC: Government Printing Office, 1971).
47. Garrett Hardin, "The Tragedy of the Commons," *Science* vol. 162 (1968): 1243.
48. UN Food and Agriculture Organization, *The State of Food and Agriculture* (Rome: UN Food and Agriculture Organization, 1970), p. 6.
49. John Stuart Mill, *Principles of Political Economy*, in *The Collected Works of John Stuart Mill*, ed. V. W. Bladen and J. M. Robson (Toronto: University of Toronto Press, 1965), p. 754.
50. Bertrand Russell, *In Praise of Idleness and Other Essays* (London: Allen and Unwin, 1935), pp. 16–17.
51. UN Food and Agriculture Organization, *Provisional Indicative World Plan for Agricultural Development 2*: 490.
52. Herman E. Daly, "Toward a Stationary–State Economy," in *The Patient Earth*, ed. John Harte and Robert Socolow (New York: Holt, Rinehart, and Winston, 1971), pp. 236–37.
53. See, for example, "Fellow Americans Keep Out!" *Forbes*, 1971-06-15 June 15, 1971, p. 22, and *The Ecologist*, January 1972.

54. J. Bourgeois-Pichat and Si-Ahmed Taleb, "Un taux d'accroissement nul pour les pays en voie de développement en l'an 2000: Reve ou realite?" *Population* vol. 25 (September/October 1970): 957.
55. Commission on Population Growth and the American Future, *An Interim Report to the President and the Congress* (Washington, DC: Government Printing Office, 1971).
56. Bernard Berelson, *The Population Council Annual Report, 1970* (New York: The Population Council, 1970), p. 19.