

GreenICTComp



**Kestävän kehityksen perusteet -
Systemiajattelu**

Antti Sipilä, TIEKE ry

Jari Porras ja Laura Partanen, LUT yliopisto



CC-4-BY



Luennon sisältö

1. Systemi

2. Systemiajattelu

3. Kestävyys ja systemiajattelu



1. Systemi

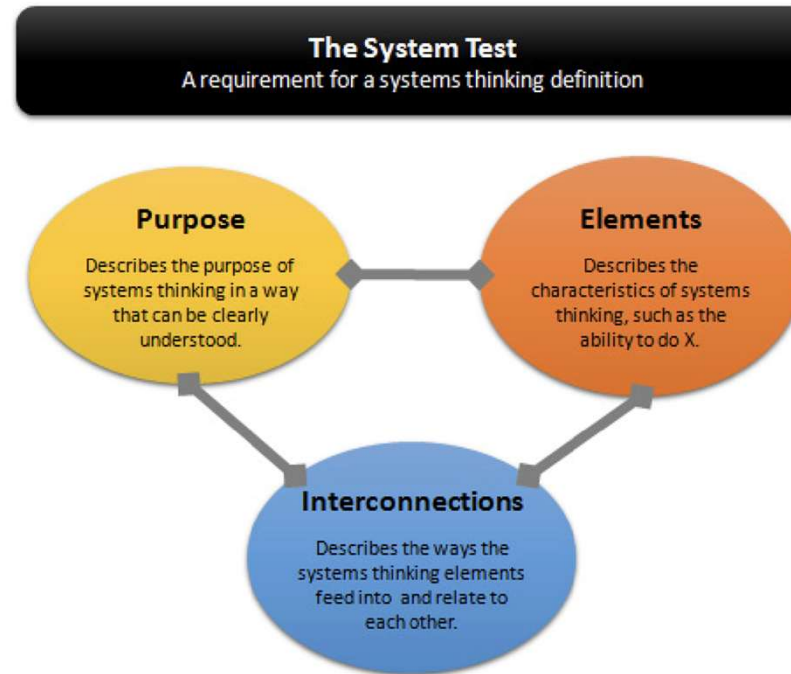
- Mikä on systeemi?
- Systeemi vai kokoelma
- Systeemin osat
- Systeemiajattelun systeemi



Systemeemi

- Systemeemi on mikä tahansa ryhmä toisistaan riippuvaisia, toisiinsa kytkeytyneitä tai toisiinsa vuorovaikutuksessa olevia osia, jotka muodostavat kompleksisen ja yhtenäisen kokonaisuuden, jolla on tietty tarkoitus.

Kim, D. H.: Introduction to Systems Thinking (1999)



Arnold, R. D. & Wade, J. P.: A Definition of Systems Thinking: A Systems Approach (2015)



Ajatustehtävä (1-2 min)

Mitkä seuraavista ovat systeemejä?

- Tietokanta opiskelijoiden nimistä
- Luokkahuone
- Kulhollinen hedelmiä
- Jääkiekkjoukkue
- Leivänpaahdin

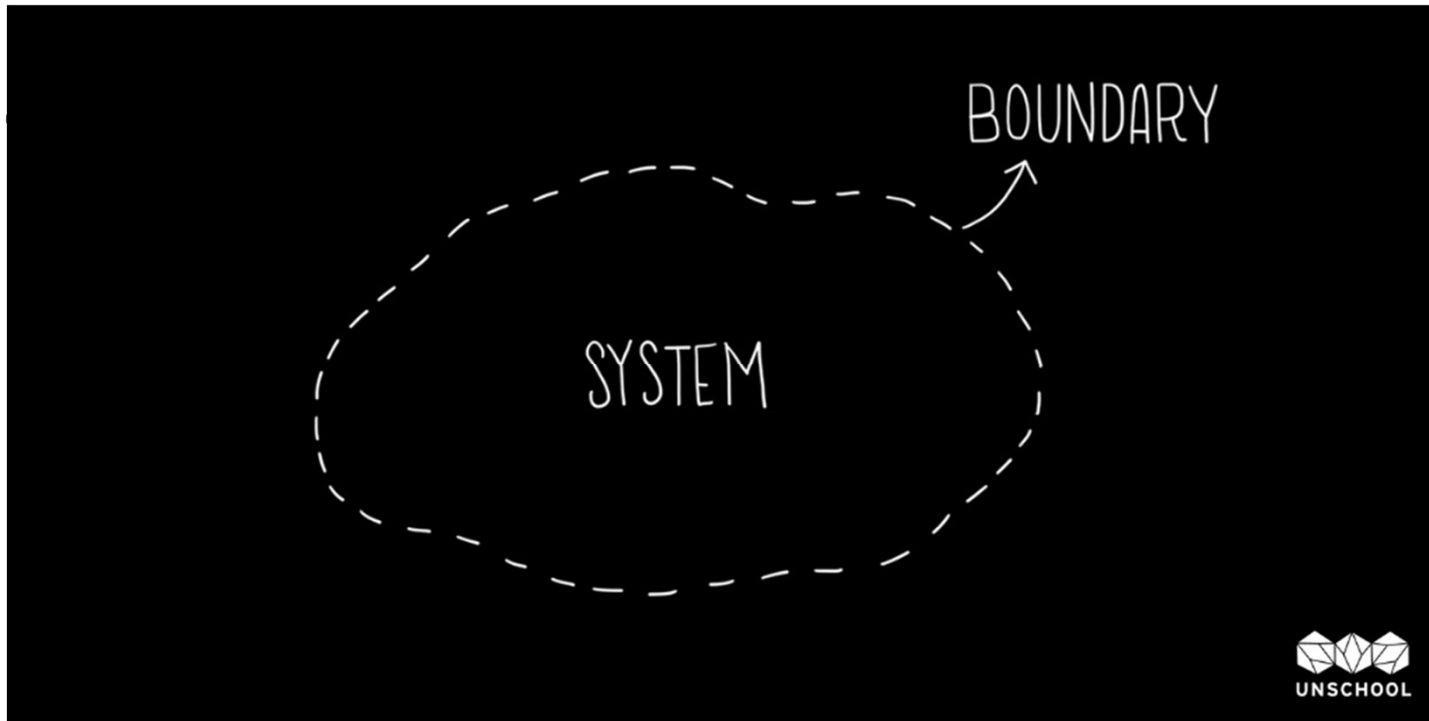


Systemi vai kokoelma

- Tietokanta, joka sisältää opiskelijoiden nimiä ei ole systeemi, vaan kokoelma
- Luokkahuone itsessään ei ole systeemi (lähes aina jos kokoelmassa on mukana ihmisiä, se muuttuu systeemiksi)
- Kulhollinen hedelmiä on systeemi mikrobitasolla
- Jääkiekkjoukkue on systeemi
- Leivänpaahdin on systeemi



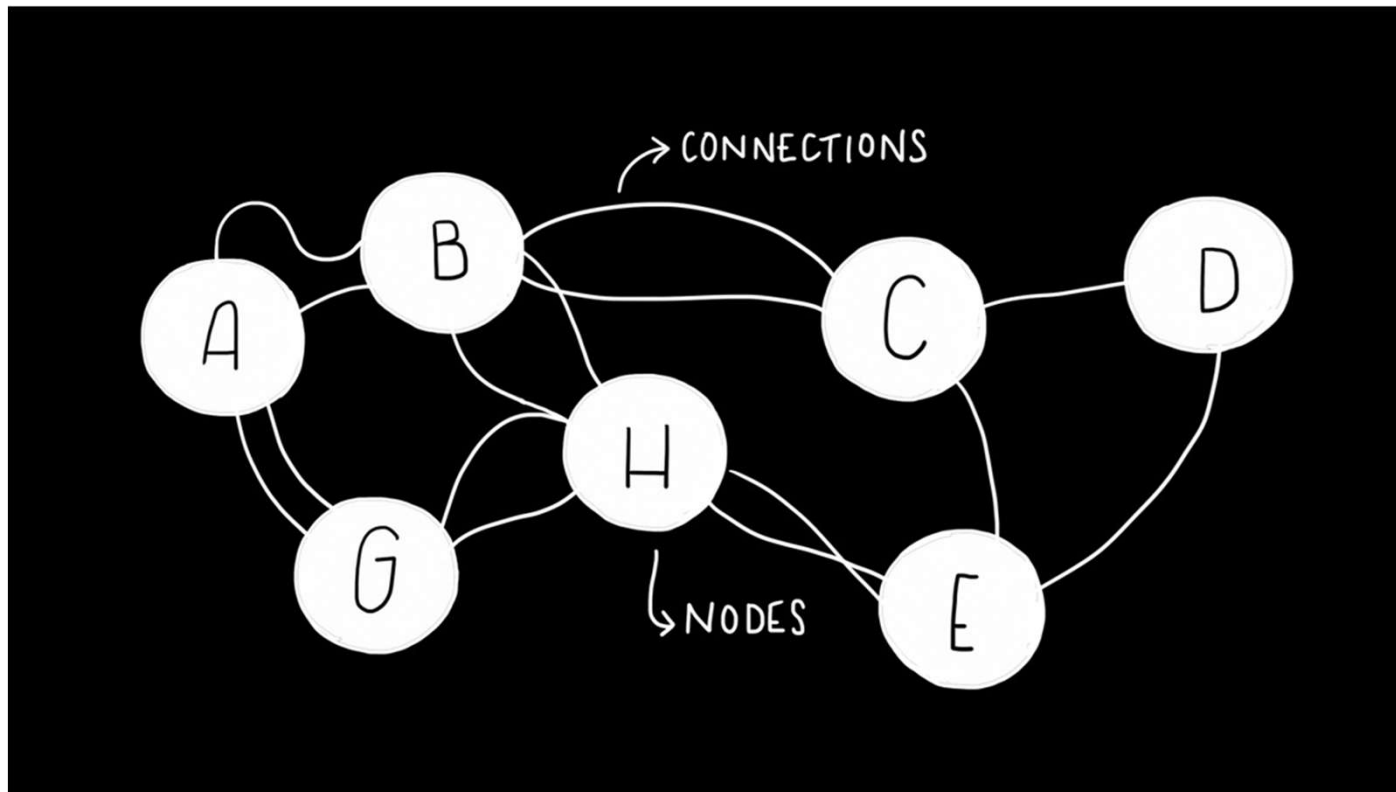
Systemeemi



<https://www.unschools.co>



Systemin osat



Ihmiskeho systeeminä

- Yksi esimerkki systeemistä on ihmiskeho
- Iho luo kehon eli systeemin rajat
- Keho toimii kokonaisuutena, mutta sisältää pienempiä systeemejä (esim. verenkierto- tai hermojärjestelmä)
- Muutos pienemmissä järjestelmissä vaikuttaa kokonaisuuteen



Systemein toiminta

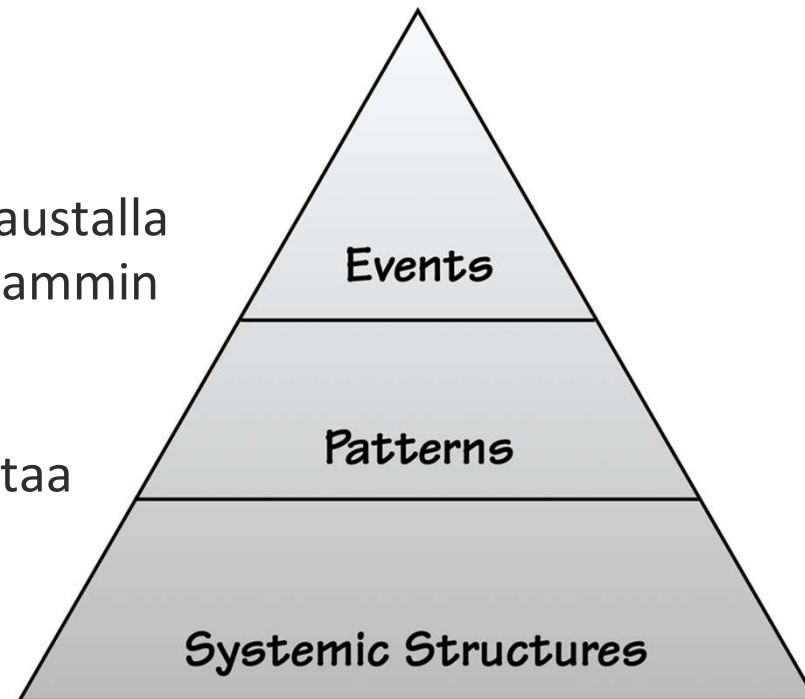
“A system is a set of things interacting in a way that produces something greater than the sum of its parts.”



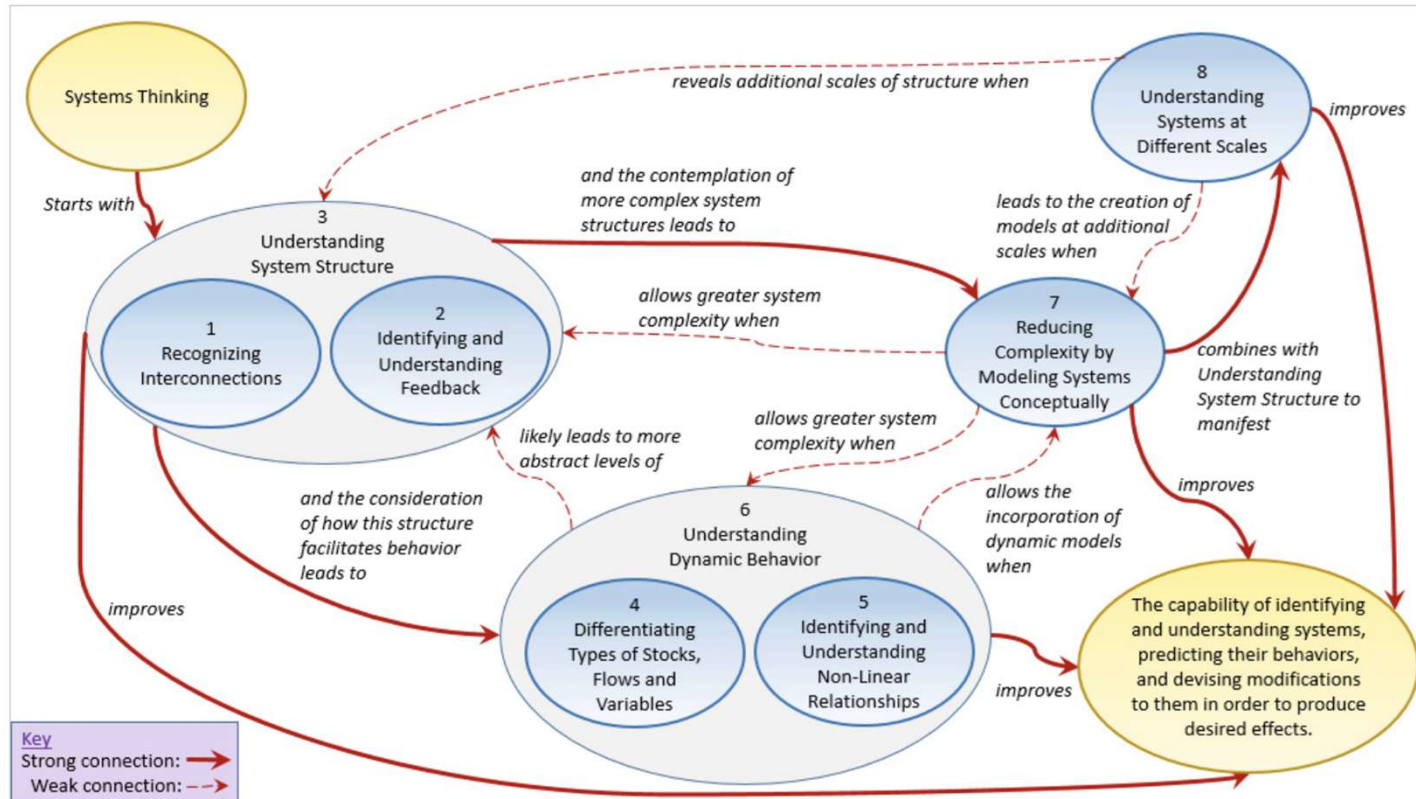
<https://mahb.stanford.edu/blog/systems-thinking-can-help-build-sustainable-world-beginning-conversation/>

Systemein toiminta

- **Tapahtumat** esiintyvät jokapäiväisessä toiminnassa – esimerkiksi flunssa
- **Malli tai kaava** tapahtumien taustalla – esimerkiksi flunssa tulee useammin väsyneenä
- **Systeminen rakenne** – flunssan puhkeamiseen vaikuttaa koko kehon tila (lepo, ravinto, kokonaiskuormitus)



Systemiajattelun systeemi



Arnold, R. D. & Wade, J. P.: A Definition of Systems Thinking: A Systems Approach (2015)



Systemiajattelun systeemi

1. Yhteenliittymien tunnistaminen

- Systeemiajattelun perustaso.
- Sisältää kyvyn tunnistaa osien väliset keskeiset yhteydet järjestelmästä.
- Jopa korkeasti koulutetuilta aikuisilta, joilla ei ole systeemiajattelun koulutusta, tämä kyky puuttuu (Plate & Monroe, 2014).

2. Palautteen tunnistaminen ja ymmärtäminen

- Jotkut liitännät yhdistyvät muodostaen syy-seuraus-palautesilmukoita (Hopper & Stave, 2008).
- Systeemiajattelu edellyttää näiden takaisinkytkentäsilmukoiden tunnistamista ja sen ymmärtämistä, kuinka ne vaikuttavat systeemin toimintaan (Plate & Monroe, 2014).

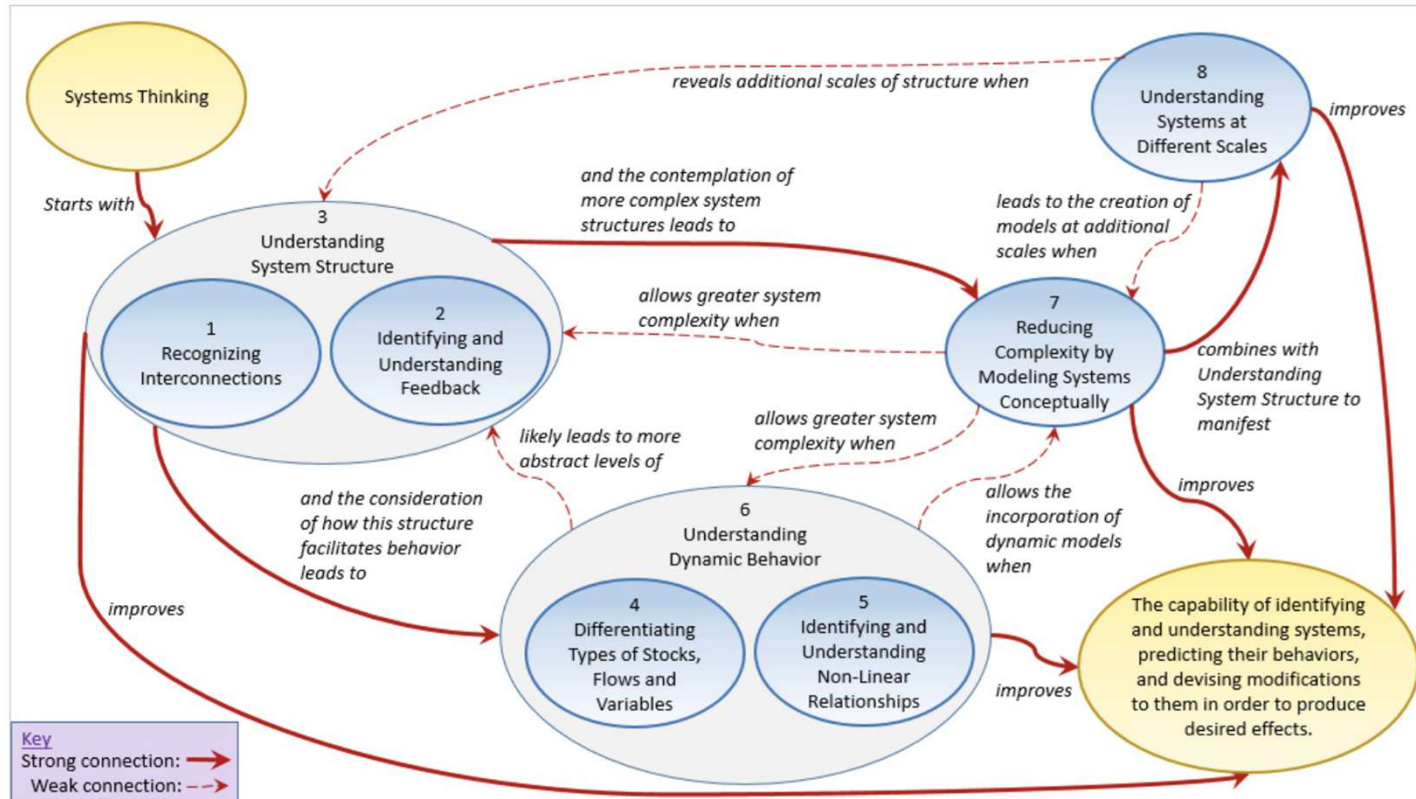
3. Systemirakenteen ymmärtäminen

- Systeemin rakenne koostuu elementeistä ja niiden välisistä yhteyksistä.
- Systeemiajattelu vaatii tämän rakenteen ymmärtämistä ja kuinka se helpottaa järjestelmän käyttäytymistä (Ossimitz, 2000; Richmond, 1994).
- Yhteisliittymien tunnistaminen ja palautteen ymmärtäminen ovat avaimia systeemin rakenteen ymmärtämisessä.

Arnold, R. D. & Wade, J. P.: A Definition of Systems Thinking: A Systems Approach (2015)



Systemiajattelun systeemi



Arnold, R. D. & Wade, J. P.: A Definition of Systems Thinking: A Systems Approach (2015)



Systemiajattelun systeemi

1
4.

Varastojen, virtojen ja muuttujien erottaminen

- Varastot viittaavat mihin tahansa järjestelmän resurssipooliin. (Voi olla fyysistä, kuten maalimäärä ämpärissä tai emotionaalinen, kuten ystävän luottamuksen taso)
- Virrat ovat näiden tasojen muutoksia.
- Muuttujat ovat systeemin muuttuvia osia, jotka vaikuttavat varastoihin ja virtoihin, kuten virtausnopeus tai varaston enimmäismäärä.
- Kyky erottaa nämä varastot, virrat ja muut muuttujat ja tunnistaa niiden toiminta on kriittinen systeemiajattelun taito.

5. Epälineaaristen suhteiden tunnistaminen ja ymmärtäminen

6. Systeemin dynamiikan ymmärtäminen

- Yhteenliittymät, tapa, jolla ne yhdistyvät takaisinkytkentäsilmuksi ja miten nämä takaisinkytkentäsilmut vaikuttavat ja koostuvat eri osista.
- *Emergent behaviour*, kuvaa odottamatonta käyttäytymistä systeemissä.
- Toisistaan eroavien virtojen ja muuttujien sekä epälineaaristen suhteiden tunnistaminen ja ymmärtäminen ovat molemmat avaimia systeemin dynamiikan ymmärtämiseen.

Arnold, R. D. & Wade, J. P.: A Definition of Systems Thinking: A Systems Approach (2015)

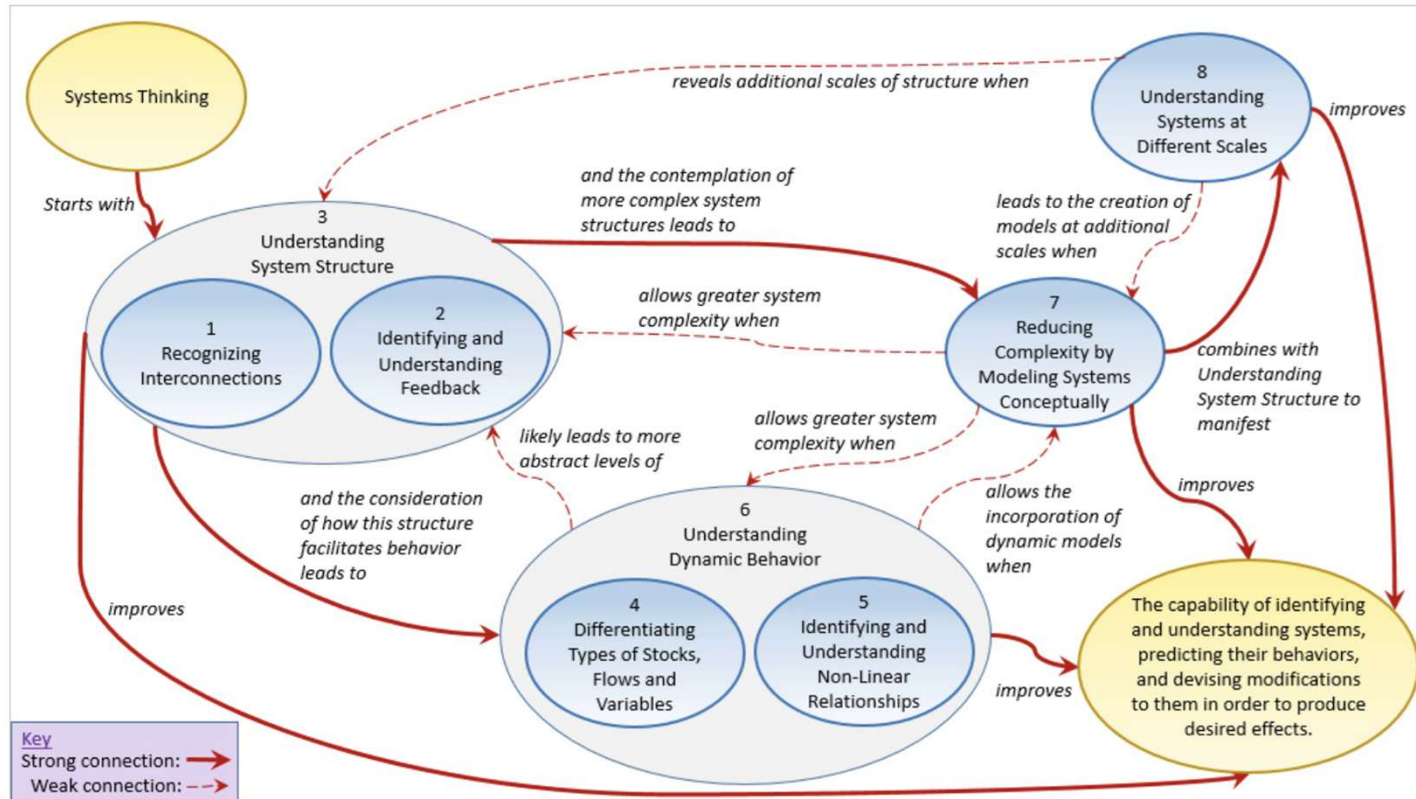


1

Mikähän olisi oikea termi?

Laura Partanen; 8.1.2024

Systemiajattelun systeemi



Arnold, R. D. & Wade, J. P.: A Definition of Systems Thinking: A Systems Approach (2015)



Systemiajattelun systeemi

7. Monimutkaisuuden vähentäminen mallintamalla järjestelmiä käsitteellisesti

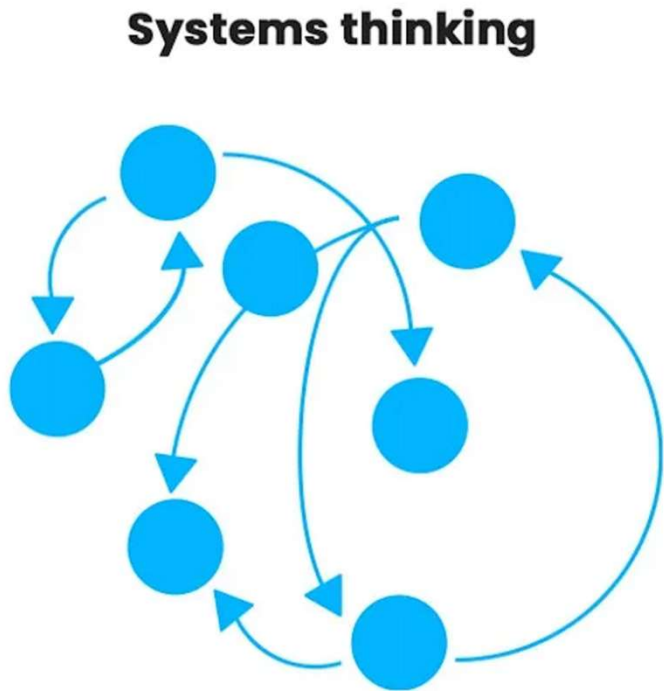
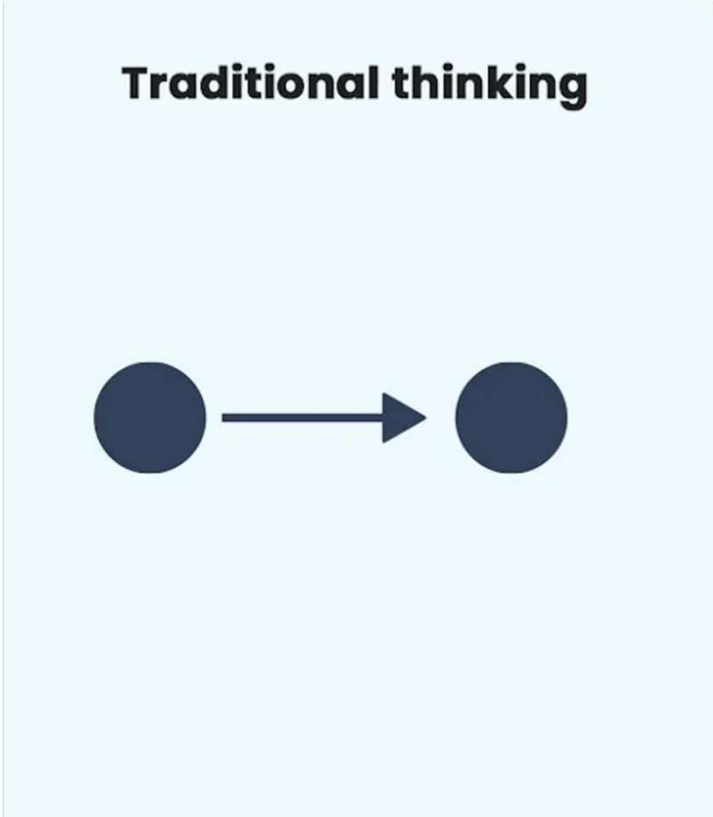
- Systeemin yksinkertaistaminen intuitiivisesti esimerkiksi pelkistämällä tai abstraktiolla
- Mielen on helpompi käsitellä suuria kokonaisuuksia, kun osat ovat yksinkertaisempia ja selkeämpiä

8. Systeemin ymmärtäminen eri mittasuhteissa

- Kyky tunnistaa systeemi eri mittasuhteissa, sekä systeemit systeemissä
- Kyky nähdä sekä puut, että metsä

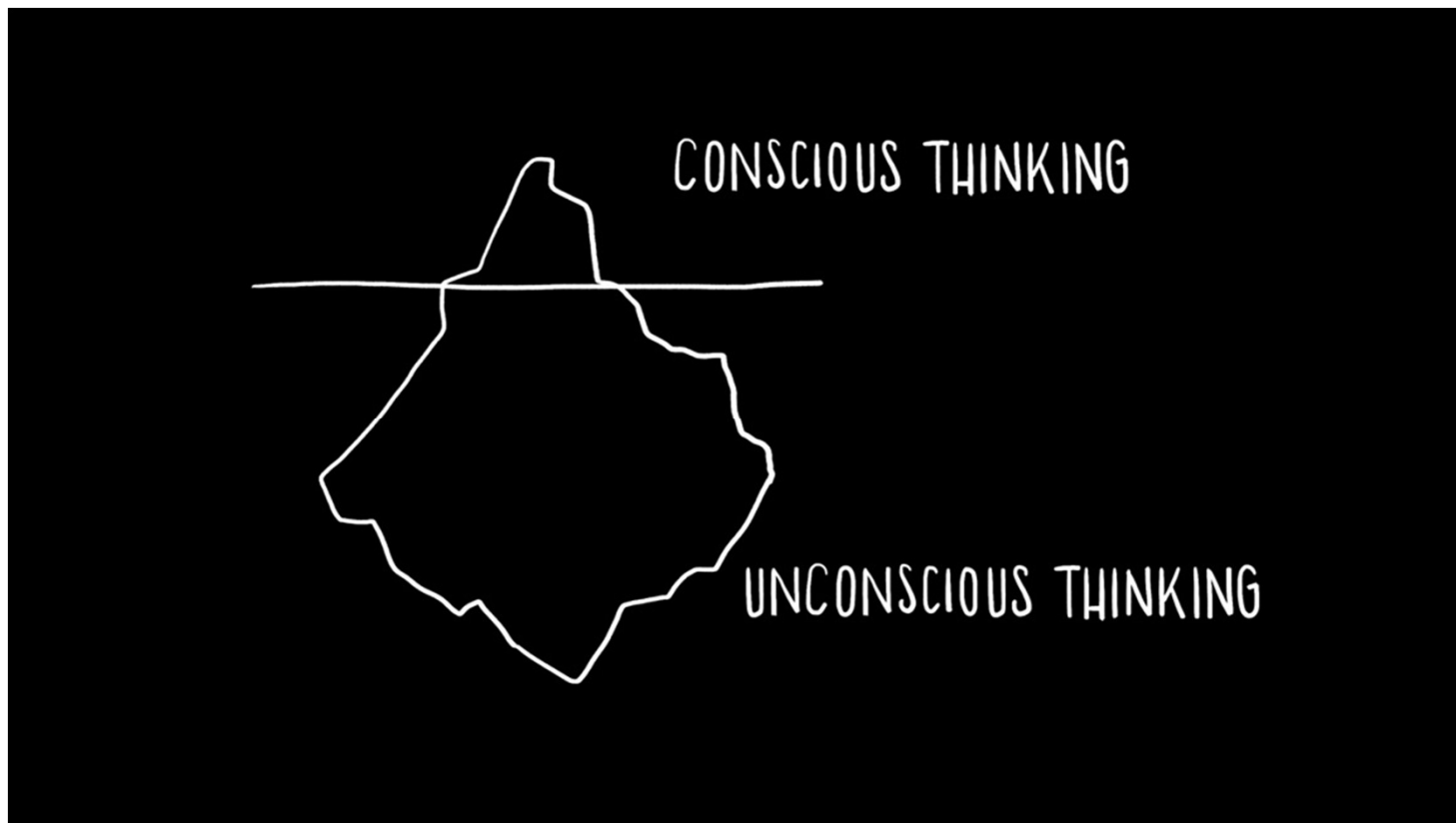


3. Systemiajattelu



<https://bootcamp.uxdesign.cc>





Systemiajattelun piirteet

TOOLS OF A SYSTEM THINKER



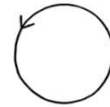
DISCONNECTION



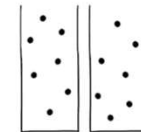
INTERCONNECTEDNESS



LINEAR



CIRCULAR



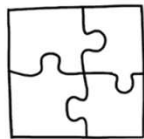
SILOS



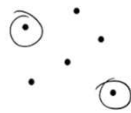
EMERGENCE



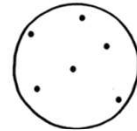
PARTS



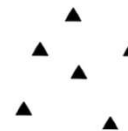
WHOLES



ANALYSIS



SYNTHESIS



ISOLATION



RELATIONSHIPS



Yhteenliittymät

- Tavoitteena nähdä kuinka ja mitkä osat liittyvät toisiinsa
- Systemiä katsottava kauempaa

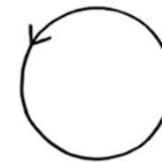


Jatkuva malli

- Lineaarisen ajattelun, jossa tarkastellaan pisteen A ja B välistä suhdetta suoraviivaisesti, sijasta tarkastellaan myös miten B vaikuttaa takaisin A:han



LINEAR

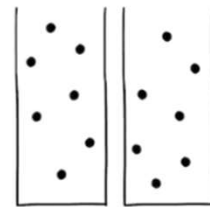


CIRCULAR



Emergenssi

- Sen sijaan, että asioita tarkastellaan siloissa erillään toisistaan, niitä tarkastellaan omana kokonaisuutena
- Kokonaisvaikutus on enemmän kuin yksittäisten osien summa



SILOS

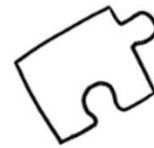


EMERGENCE

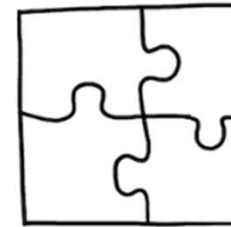


Osat

- Systeemi eli kokonaisuus muodostuu osista, jotka voivat toimia myös omina pienempinä systeemeinä



PARTS

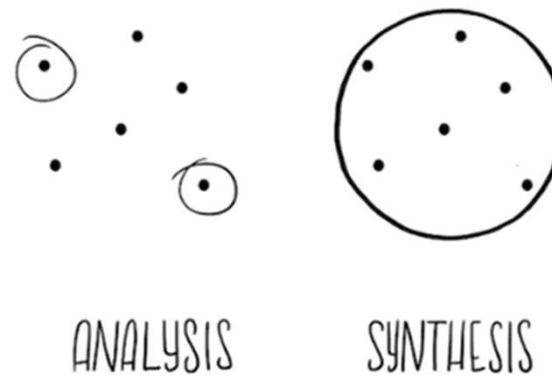


WHOLES



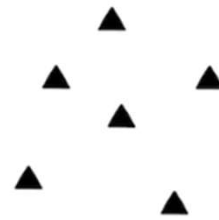
Synteesi

- Sen sijaan, että ongelma yritetään ratkoa analyysillä pilkkomalla se pienempiin osiin, pyritään synteesiin



Vuorovaikutus

- Systeemin osia ei pyritä eristämään, vaan pyritään näkemään osien suhde toisiinsa ja kuinka ne vaikuttavat toisiinsa



ISOLATION



RELATIONSHIPS



GreenICTComp



Systemiajattelu



Systemiajattelu: Analyysi ja synteesi

- Analyysi ja Synteesi
 - Analyysissä tutkimuskohde pilkotaan osiin ja niitä tutkitaan erillisinä, omina kokonaisuuksinaan
 - Synteessissä tutkimuskohdetta katsotaan kokonaisuutena ja tutkitaan sen osien välisiä yhteyksiä
- Molempia tarvitaan
 - Esimerkiksi ICT-ongelmissa usein analysointia
 - Esimerkiksi laadunvalvonnassa usein synteesiä



Systemiajattelu: kompleksisuus

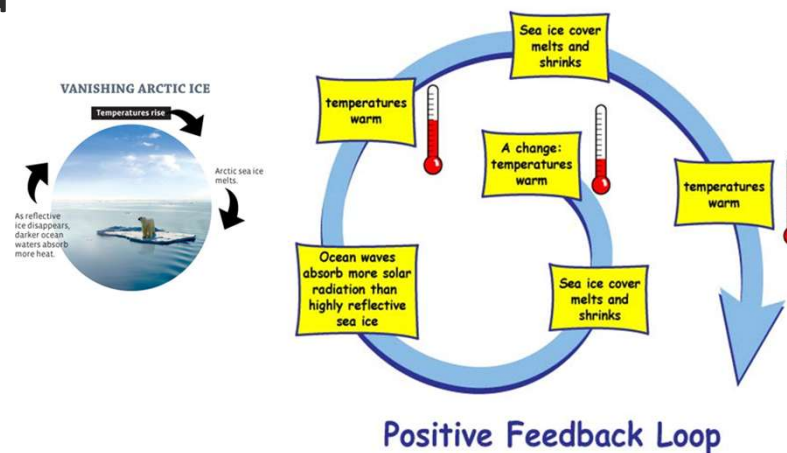
- Kompleksisuus kuvaa systeemien toiminnassa ja interaktioissa monimutkaisuutta
 - Ei-lineaarisuus, satunnaisuus
 - Hierarkiat
 - Emergenssi ja yhtenäisdynamiikat
- Kompleksiset systeemit
 - Kuvaaminen vaikeaa vuorovaikutusten monimutkaisuuden takia
 - Esimerkiksi talousjärjestelmä



Systemiajattelu: palautesilmukka

- Palautesilmukka kuvaa itseään ruokkivaa kehää
 - Ilmastossa lämpeneminen johtaa jäätiköiden vähenemiseen
 - Jäätiköiden väheneminen johtaa lämpöheijastuksen vähenemiseen

A +ve feedback self perpetuating and accelerating feedback loop



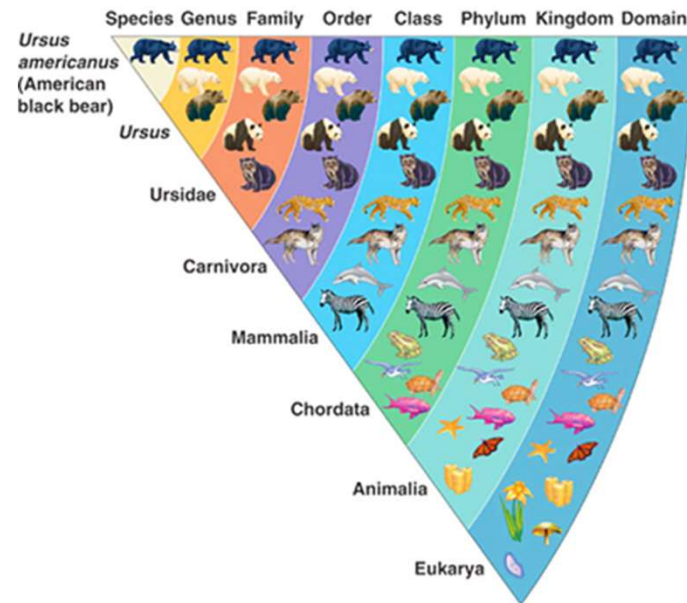
Systemiajattelu

- Perustavia ajattelumalleja
 - Taksonomiat
 - Kerrosmallit
 - Perspektiivit
 - Peruseriaatteet
 - Rajat ylittävä ajattelu
 - Analyyttinen kolmas tila



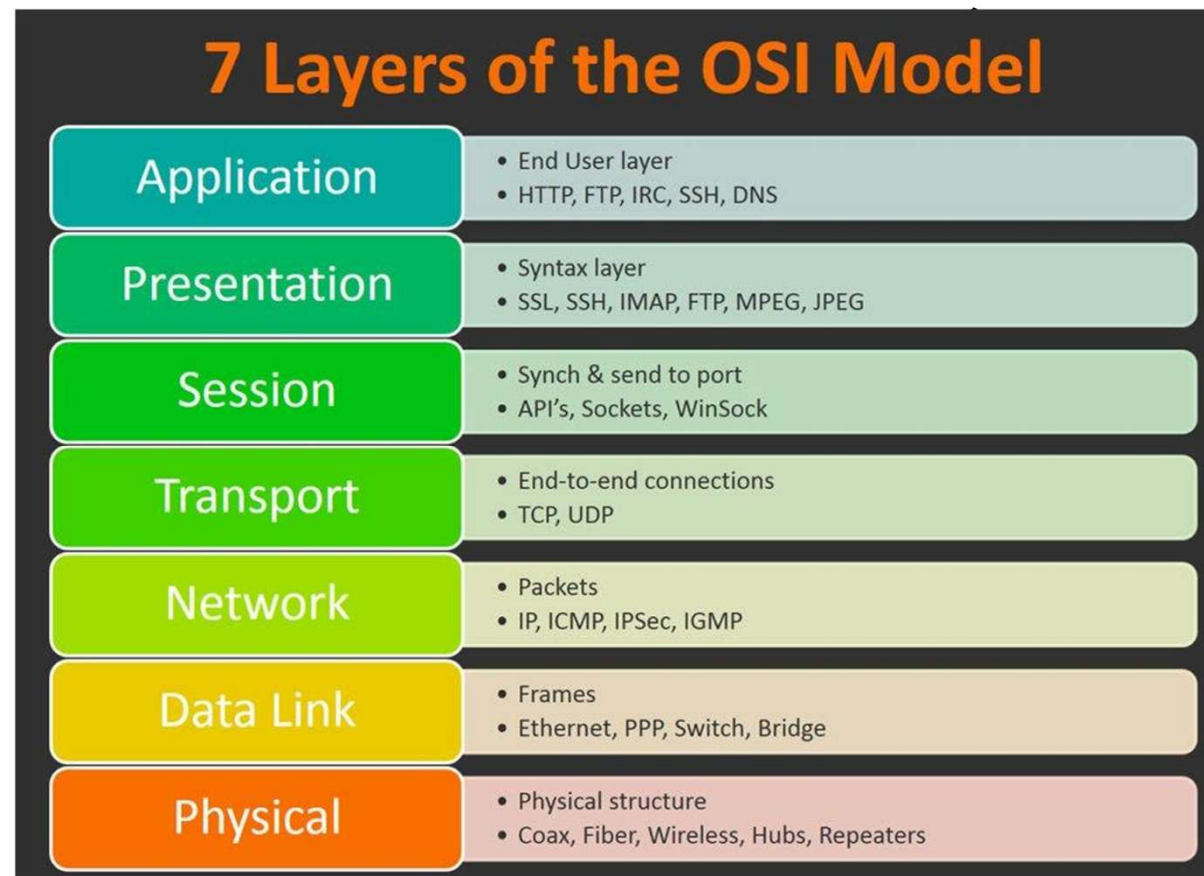
Systemiajattelu: Taksonomia

- Taksonominen jaottelu kategorisoi ja luokittelee yksittäisiä datapisteitä
- Usein hierarkisia, ei aina
- Klassinen esimerkki: Linnaeuksen elämäkirjon taksonomia
- Myös esim. alkuaineiden jaksollinen järjestelmä
- Huom! Saman kokonaisuuden osio luokitellaan meronomian avulla



Systemiajattelu: Kerrosmalli

- Kerrosmallit kuvaavat samoja tapahtumia eri abstraktiotasolla tai eri toiminnallisuuksien kautta
- Esim. OSI-malli kuvaa verkkoja ja niissä tapahtuvia toimintoja seitsemän kerroksen kautta



Systemiajattelu: perspektiivit

- Holistinen tai globaali perspektiivi
 - Auttaa ymmärtämään erilaisuuksia ajattelussa ja toimintatavoissa
 - Vältetään sisänpäinlämpiävät ajatusmallit
- Tapa katsoa keskinäisiä kytköksiä ja keskinäisriippuvuuksia
 - Epäintuitiivinen ihmiselle
 - Iso kuva, karkea rakeisuus
 - Sopii esimerkiksi talouden tai poliittisten liikkeiden tutkimiseen
- Pitkän aikavälin perspektiivi
 - Asioiden katsominen vuosisatojen, -tuhansien tai geologisten epookkien kautta
 - Sopii esimerkiksi poliittisten ideologioiden, kulttuurisuuntauksien ja uskontojen tutkimukseen



Systemiajattelu: perspektiivit

- Dekonstruktio, pienen skaalan katsominen
 - Miten osa toimii systeemissä
 - Täydentää holistista/globalia näkökulmaa
- Osien katsominen yksittäisinä
 - Osan rajat ja rajapinnat
 - Miten muut osat vaikuttavat osaan ja miten osa toimii interaktioiden perusteella
 - Osien kasaantuvat vaikutukset
- Lyhyen aikavälin perspektiivi
 - Asioiden katsominen ”hetkessä”
 - Systeemin tilan tarkastelu yhdessä ajan hetkessä ja ajanhetkien vertailu



Systemiajattelu: peruseriaatteet (first principles)

- Yleisten periaatteiden tunnistaminen
 - Etsitään eri asioista yhteisiä tekijöitä
 - Esimerkiksi aiempi Linneauksen taksonomia
 - Kaikki petoeläimet syövät pääosin lihaa
 - Kaikki karhut ovat ulkomuodoltaan suunnilleen saman näköisiä
 - Kaikki mustakarhut ovat turkiltaan mustia
- Omien ennakoasenteiden purkaminen
 - Esimerkiksi kulttuuriset asenteet, yhteiskunnalliset asenteet, opitut käytösmallit
- Elegantti yksinkertaisuus
 - Ymmärrät asian, kun voit selittää sen viisivuotiaalle
 - Esimerkiksi fysiikan lait (Newton | Einstein)



Systemiajattelu: peruseriaatteet (first principles)

■ Ristiinpölytys

- Generalismi vs erikoistuminen
- ”Kun ainoa työkalu on vasara, kaikki ongelmat ovat nautoja”
- Esim. kestävä kehitys eri kannalta
 - Sosiaalisesti: kestävyys on toimiva yhteiskunta, ihmiset voivat hyvin, tasa-arvo lain edessä ja mahdollisuuksien osalta toteutuu, taloudellinen eriarvoisuus vähenee
 - Taloudellisesti: kestävyys on talouden kitkatonta toimintaa, kaikki arvotetaan
 - Ympäristö: kestävyys on ilmaston ja ympäristön suojelua ihmiseltä
- Esim. filosofinen etiikka, logiikan käyttö ei-loogiseen toimintaan (arvot)

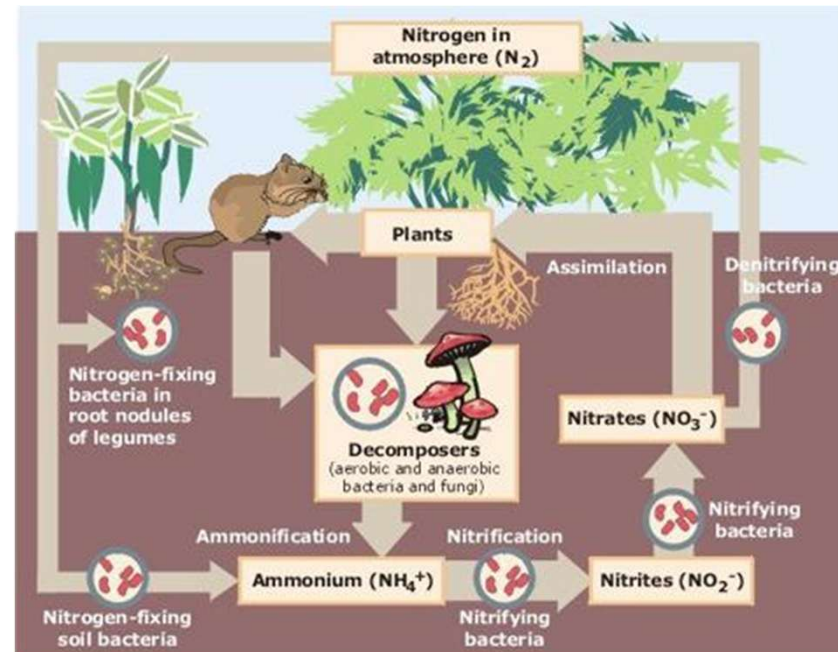
■ Analyttinen kolmas tila

- Kehittyneessä ajattelussa voit miettiä asioita hyväksymättä niitä (Aristoteles)
- Esimerkiksi teräsukkoajattelu olkiukkoajattelun sijaan



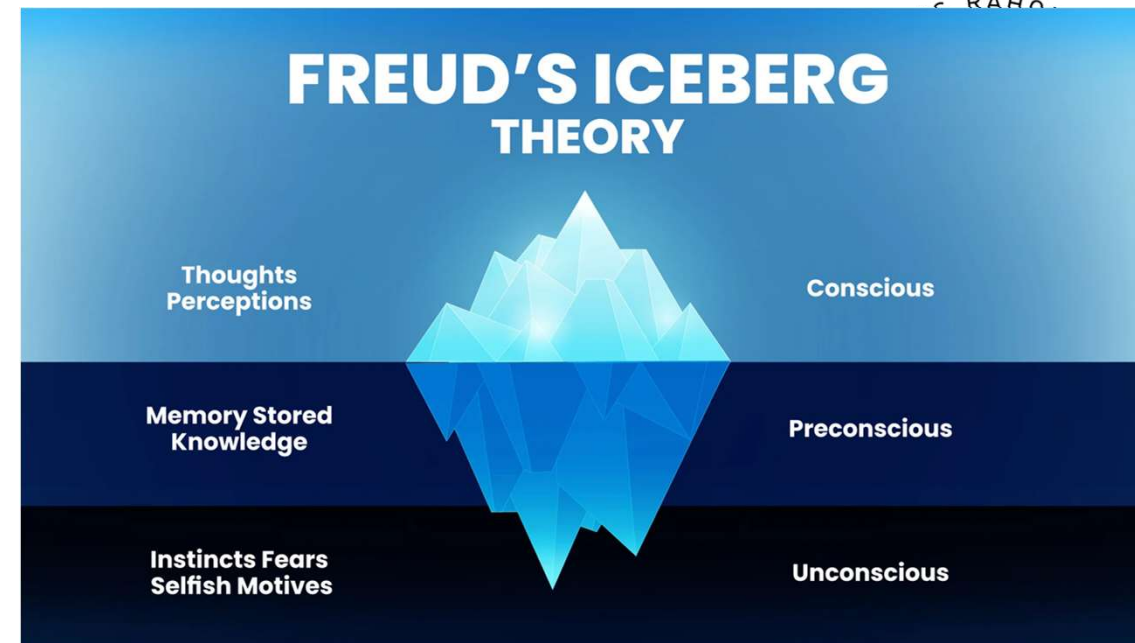
Systemiajattelu: ravinnekierto

- Ekosysteemin osajärjestelmä
 - Terveessä ekosysteemissä ravinteet kiertävät
 - Kasvi kasvaa yhteyttämällä hiilidioksidia, tuottaen happea ja maan ravinteista
 - Kasvissyöjät syövät kasveja ja käyttävät happea, tuottaen hiilidioksidia
 - Petoeläimet syövät kasvissyöjiä ja käyttävät happea, tuottaen hiilidioksidia
 - Hajottajat hajottavat kuolleita eläimiä ja vapauttavat ravinteita maaperään
 - Maaperässä tapahtuu myös epäorgaanisia kemiallisia reaktioita



Systemiajattelu: jäävuorimalli

- Ihmiskognitionen malli
 - Tietoinen mieli sisältää ajatukset ja havainnot
 - Esitietoinen mieli sisältää muistot ja tietopohjan
 - Alitajunnassa ovat vaistomaiset toiminnot
- Vuorovaikutukset
 - RAS, ihminen havaitsee arvoa
 - Tietoinen mieli näkee maailman muistojen kautta, määrittää arvon
 - Evoluutiiviset vaistot ja vietit ohjaavat toimintaa, ajatukset järjeistävät sitä
 - Kokemuksista muodostuu muistoja ja pelkoja/traumoja



Systemiajattelu: Yhteismaan tragedia

- Arkkityyppinen systeeminen ongelma
 - Tasapainoinen käyttö tuottaa kaikille parhaan lopputuleman
 - Oman edun ajaminen yksittäisellä ihmisellä ei välttämättä horjuta systeemiä
 - Jos kaikki ajattelevat näin, ylikäyttö tuhoaa resurssia uusiutumiskykyä nopeammin
 - Kaikki lopulta kärsivät, siksi kyseessä on tragedia

The Tragedy of the Commons

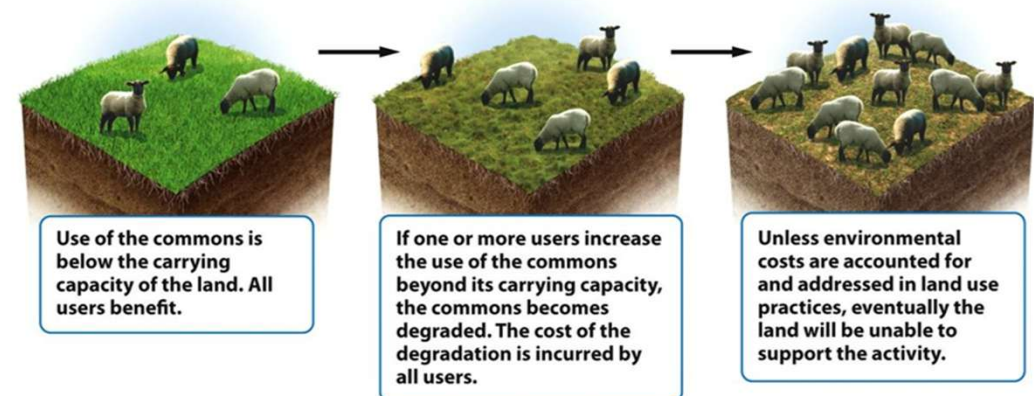


Figure 10.2
Environmental Science
© 2012 W. H. Freeman and Company

Systemiajattelu: Peliteorian vanki-dilemma

- Iteroitu ja kertapeli tuottavat eri tulokset

- Kertapelissä itsekäs voittaa
- Iteroidussa pelissä voittaa "tit for tat" -strategia, jossa pelataan toisen edellistä siirtoa



		Prisoner B	
		Remain silent	Confess
Prisoner A	Remain silent	A gets 2 years B gets 2 years	A gets 8 years B gets 1 year
	Confess	A gets 1 year B gets 8 years	A gets 5 years B gets 5 years

		Player B	
		<i>Cooperate</i>	<i>Defect</i>
Player A	<i>Cooperate</i>	A→3, B→3 Reward for mutual cooperation	A→0, B→5 Sucker's payoff and temptation to defect
	<i>Defect</i>	A→5, B→0 Temptation to defect and sucker's payoff	A→1, B→1 Punishment for mutual defection

Systemiajattelu: Öljy

- Öljy ja maakaasutuotteet
- Osana muovit
 - Muovit ovat öljyn ja maakaasun tuotannon sivutuotteita
 - Skaalan ekonomia, korvaava tuote lähes mahdoton tuoda markkinoille
 - Tuotanto halpaa sivutuoteroolin vuoksi
 - Kierrätys kallista ja joissain laaduissa mahdotonta
- Klassinen systeeminen talousongelma



GreenICTComp

Kestävyys ja
systemiajattelu



3. Kestävyyys ja systeemijattelu

- Kestävyyden ulottuvuudet ja niiden vuorovaikutukset
- SuSAF-malli vaikutusten ja niiden vuorovaikutusten innovointiin
- SUSAF-tehtävä
- Leverage points - Vipupisteet
- Karlskrona manifesto



Kestävyyden ulottuvuudet (kertaus)

- **Ekologinen kestävyys** - toiminnan sopeuttaminen suhteessa luonnon kantokykyyn
- **Taloudellinen kestävyys** - toiminnan sopeuttaminen suhteessa taloudelliseen kannattavuuteen
- **Sosiaalinen kestävyys** - toiminnan sopeuttaminen ja vaikutusten arviointi suhteessa sen muutoksiin yhteiskunnassa ja kulttuurissa
- **Yksilöllinen kestävyys** - toiminnan vaikutusten suhteuttaminen yksilöiden mahdollisuuksiin kehittyä ja käyttää oikeuksiaan
- **Tekninen kestävyys** - toiminnan sopeuttaminen suhteessa informaation, järjestelmien ja infrastruktuurien kykyyn toimia pitkäikäisesti



Ulottuvuuksien vuorovaikutukset - esimerkki (AirBnB)

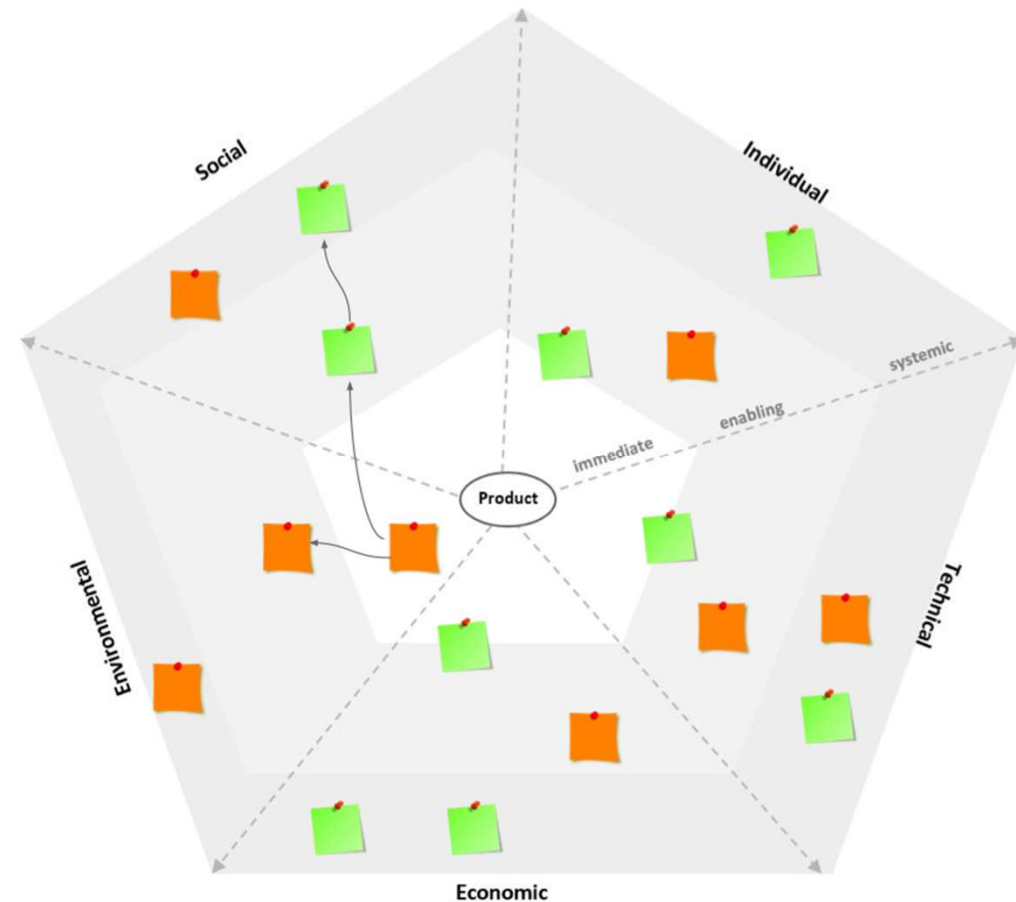
- Omistaja - Mahdollistaa huoneen/asunnon vuokraamisen (TEK+)
 - Mahdollisuus ansaita (YKS+, TAL+)
 - Kohteiden väheneminen vuokramarkkinoilta (SOS-, YKS-)
 - Vuokrien mahdollinen kasvu (TAL-)
 - Asuntotukitarpeiden kasvu (YKS-, SOS-, TAL-)
 - Maiden/Kaupunkien rajoitukset vuokraamiselle (SOS+, YKS-, TAL+)
- Vuokraaja - Mahdollistaa huoneen/asunnon vuokraamisen (TEK+)
 - Hotelleja halvemmat hinnat (YKS+, TAL+)
 - Hotellien kannattavuus (TAL-)
 - Työvoiman vähentäminen (SOS-, TAL-)
 - Autenttinen paikallinen ympäristö (YKS+)
 - Paikallisen ympäristön muutos turistien myötä (SOS-)

Huom. Vaikutuksia voidaan tarkastella eri sidosryhmien näkökulmista



SUSAF – Sustainability awareness framework

- Kysymys-/työpajapohjainen lähestymistapa mahdollisten kestävyysaasteiden löytämiseen
 - Positiiviset ja negatiiviset
 - Suora, Epäsuora, Rakenteinen
- Vaikutusketjut



Duboc et al.: Do we really know what we are building? Raising awareness of potential Sustainability Effects of Software Systems in Requirements Engineering, RE, 2019

SUSAF – Näkökulmia

- **Sosiaalinen**
 - Luottamus, Osallistuminen (Participation)/sitoutuminen (Engagement), Monimuotoisuus (Inclusiveness and diversity), Yhdenvertaisuus (Equality) / oikeudenmukaisuus (Equity), Yhteisöllisyyden tunne (Sense of community)
- **Yksilöllinen (huom. Maslow)**
 - Terveys, Yksityisyys, Turvallisuus (Safety, Security), Elinikäinen oppiminen, Mahdollisuus toimia (Agency/Self-awareness and free will)
- **Ekologinen**
 - Resurssit (Material and resources), Logistiikka, Energia, Jätteet ja saastuminen, Biodiversiteetti
- **Taloudellinen**
 - Innovaatiot, Toimitusketju, Asiakas, Hallinto ja prosessit (governance), Arvo
- **Tekninen**
 - Käytettävyys, Ylläpidettävyys, Laajennettavuus (Extensibility and Adaptability), Skaalattavuus, Turvallisuus



Maslow's hierarchy of needs

SUSAF tehtävä

Uber

- Tarkastellaan tässä tehtävässä Uber-palvelua
 - Uber on vuonna 2009 perustettu, maailmanlaajuista henkilökuljetuspalvelua tarjoava yritys. Uberin liikeideassa tavalliset ihmiset voivat alkaa tarjota taksikyytejä.
 - *“Uber sitoutuu olemaan täysin sähköinen ja päästötön alusta vuoteen 2040 mennessä, jolloin kaikki matkat on tarkoitus tehdä päästöttömillä ajoneuvoilla, julkisilla kulkuvälineillä tai mikroliikenteen vaihtoehtoilla.”*
- Ideoidaan Miro-alustalle Uber-palvelun eri vaikutuksia ja niiden vuorovaikutuksia
 - Huomioikaa - ulottuvuudet, sidosryhmät



Systemiajattelu osana kestäväää maailmaa

- On tärkeää, että alamme nähdä maapallon järjestelmänä, jossa kaikki osat ovat yhteydessä toisiinsa ja vaikuttavat toisiinsa. Aikamme ympäristöongelmat eivät ole yksittäisiä tapahtumia, vaan **järjestelmähäiriöitä**, jotka vaativat **uusia ja innovatiivisia ratkaisuja**. Yritysten, kansalaisjärjestöjen (NGO) ja julkisten toimijoiden on mentävä oireisiin keskittyviä (varsinaisen ongelman ohittavia) ratkaisuja pidemmälle ja systemiajattelun avulla opittava löytämään vipuvaikutusta ja luomaan pitkäaikaisia ja järjestelmätason muutoksia.
- Tärkeä askel systemisen lähestymistavan kehittämisessä on löytää **ongelmien lähde**, sillä se lisää mahdollisuuksia nähdä, missä vipuvaikutus piilee. The Fifth Discipline -kirjassaan Senge kuvailee vipuvaikutusta **pieneksi, keskittyneeksi toiminnaksi, joka voi saada aikaan merkittävän muutoksen pienellä vaivalla**, jos se tehdään oikeassa paikassa. Vipuvaikutus voidaan saavuttaa myös heikentämällä oireenmukaista vastetta ongelmaan (joka hoitaa vain oireita) ja vahvistamalla perusratkaisua (joka hoitaa perimmäisiä syitä) (Senge, 1990)

<https://www.invisiblenature.ro/systems-thinking/systems-thinking-helping-us-create-sustainable-world/>



Esimerkkiongelman

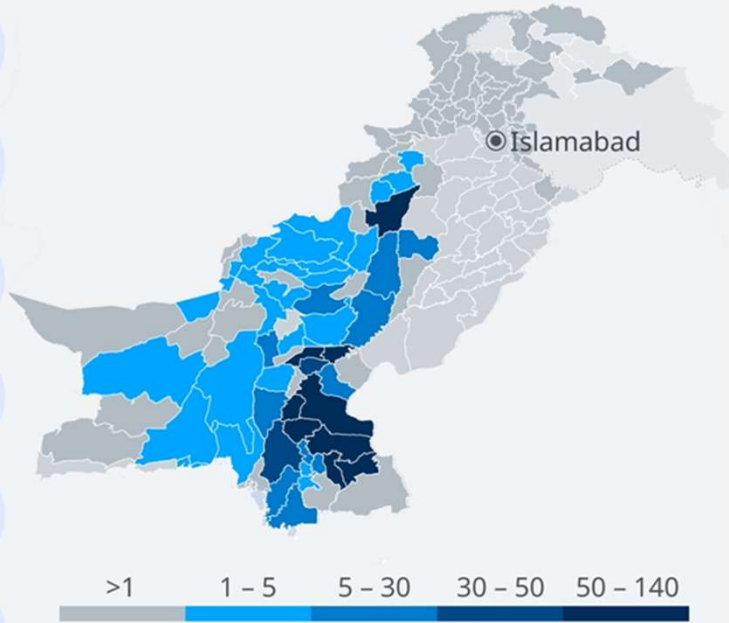
01

Topic Overview

1739	People Dead	Houses Destroyed	2.28 M
12867	People Injured	Livestock Killed	1.16 M
13115	Roads (km) Damaged	Calamity-hit Districts	90/170
439	Bridges Collapsed	Affected Population	33 M

Monsoon floods in Pakistan

Houses damaged in 2022 by district (by thousands)



Source: OCHA | as of September 2022



Esimerkkejä - ongelman syy

- **Tulvat ja tulvien estäminen**
 - Padot vs. kosteikot
- **Kestävät yritykset**
 - Viherpesu vs. kestävyden integroiminen yrityksen DNA:han
- **Kansalliset ympäristöhankkeet**
 - Organisaatioiden visio vs. yhteisöjen sitouttaminen



Leverage points

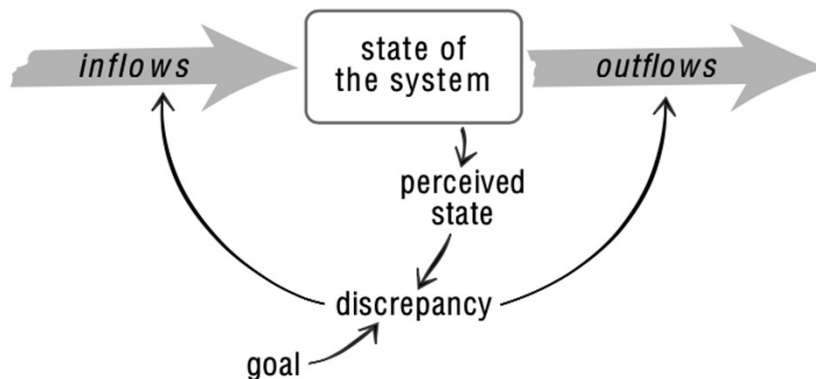
- “Vipupisteet ovat paikkoja monimutkaisen järjestelmän sisällä (yritys, talous, keho, kaupunki, ekosysteemi), joissa pieni muutos yhdessä asiassa voi saada aikaan suuria muutoksia kaikessa”

Meadows D.H., 1999



Leverage points

- *So one day, I was sitting in a meeting about how to make the world work better—actually it was a meeting about how the new global trade regime, NAFTA and GATT and the World Trade Organization, is likely to make the world work worse. The more I listened, the more I began to simmer inside. “This is a huge new system people are inventing!” I said to myself. “They haven’t the slightest idea how this complex structure will behave” myself said back to me. “It’s almost certainly an example of cranking the system in the wrong direction—it’s aimed at growth, growth at any price!!*

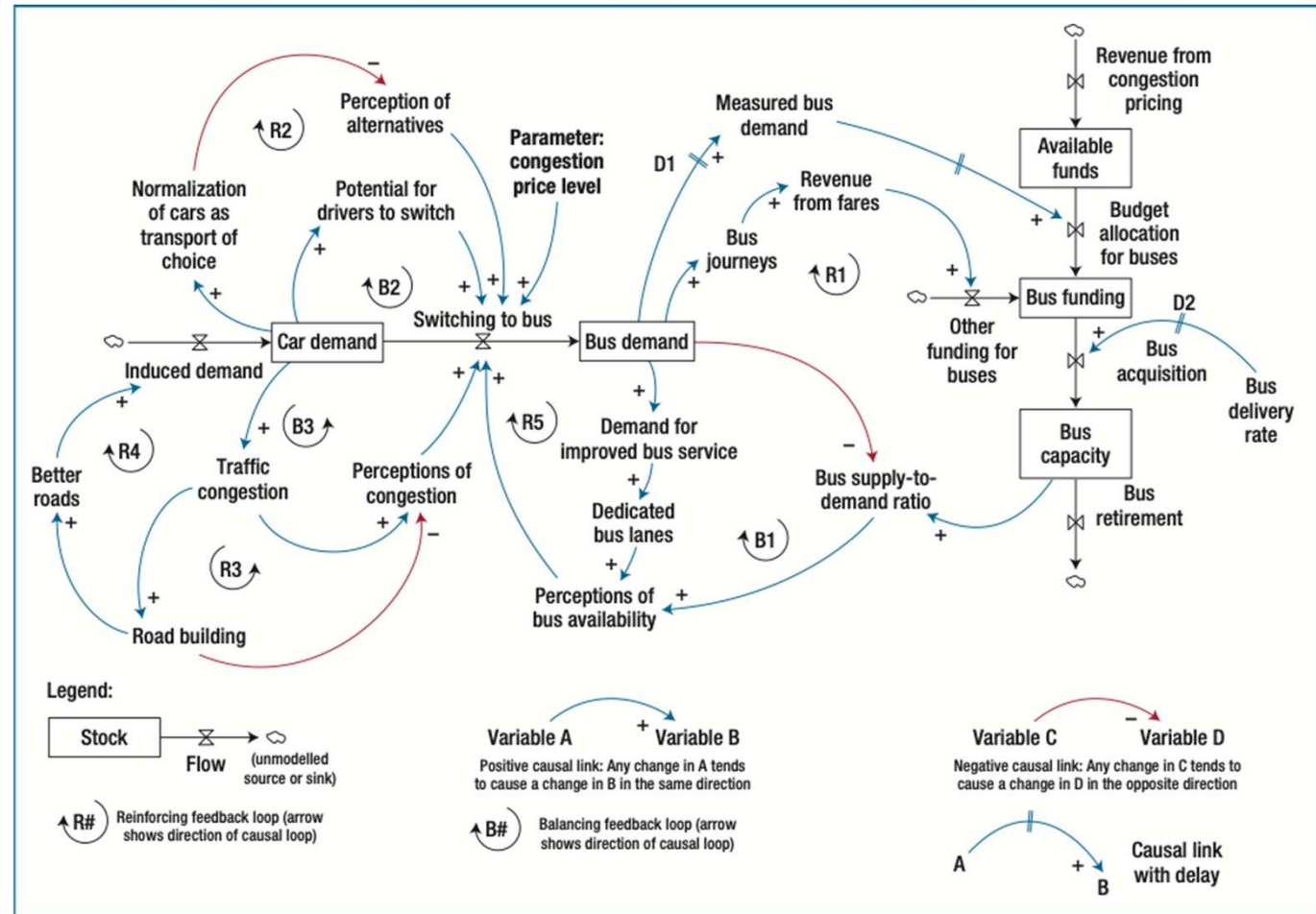


Places to Intervene in a System (in increasing order of effectiveness)

9. Constants, parameters, numbers (subsidies, taxes, standards)
8. Regulating negative feedback loops
7. Driving positive feedback loops
6. Material flows and nodes of material intersection
5. Information flows
4. The rules of the system (incentives, punishments, constraints)
3. The distribution of power over the rules of the system
2. The goals of the system
1. The mindset or paradigm out of which the system—its goals, power structure, rules, its culture—arises.

MEADOWS, Donella. Leverage points. *Places to Intervene in a System*, 1999, 19: 28.

UK Transportation System example



PENZENSTADLER, Birgit, et al. Software engineering for sustainability: Find the leverage points!. *IEEE Software*, 2018, 35.4: 22-33.

Leverage points

- **LP12 - Vakiot, parametrit ja numerot.** Parametrien säätäminen mahdollistaa järjestelmien virtausten intensiteetin muuttamisen, mutta harvoin muuttaa taustalla olevaa dynamiikkaa.
- **LP11 - Puskurien ja muiden vakauttavien varastojen koot suhteessa niiden virtoihin.** Stabiloijärjestelmä säätämällä sen puskurien kapasiteettia ja tehosta sitä optimoimalla virtausta.
- **LP10 - Materiaalivarastojen ja -virtojen rakenne** (kuten liikenneverkot ja väestön ikärakenteet). Fyysinen rakenne on ratkaiseva järjestelmässä, mutta sitä on usein vaikea muuttaa; siksi vipuvaikutuspiste on oikeassa alkuperäisessä suunnittelussa.
- **LP 9 - Viiveiden pituudet suhteessa järjestelmän muutosnopeuteen.** Järjestelmä ei voi vastata lyhytaikaisiin muutoksiin, jos siinä on pitkäaikaisia viiveitä.
- **LP 8 - Tasapainottavien takaisinkytkentäsilrukoiden vahvuus suhteessa vaikutuksiin, joihin ne reagoivat.** Tasapainottavat takaisinkytkentäsilrukat auttavat järjestelmiä korjaamaan itseään valvomalla ja säätämällä järjestelmän tavoitteen mukaan.
- **LP 7 - Hyöty palautesilrukoiden vahvistamisesta.** Vahvistetut takaisinkytkentäsilrukat voivat olla järjestelmän epävakauden lähteitä tai mekanismeja, jotka vahvistavat haluttua muutosta, joten niiden voimakkuuden säätäminen vaikuttaa siihen, miten järjestelmä reagoi muutokseen.
- **LP 6 - Tietovirtojen rakenne.** Tämä voi luoda uuden palautesilrukan, jota ei aiemmin ollut olemassa. Tietovirtojen rakenteen muuttaminen mahdollistaa käyttäjille enemmän agentuuria.
- **LP 5 - Järjestelmän säännöt, mukaan lukien kannustimet, rangaistukset ja rajoitukset.** Sosiaaliset säännöt sisältävät perustuslait, lait, standardit, politiikat ja kannustimet. Järjestelmän sääntöjen muuttaminen voi muuttaa niiden alaisen yhteiskunnan käyttäytymistä.
- **LP 4 - Valta lisätä, muuttaa, kehittää tai organisoida itse järjestelmärakennetta.** Biologiassa tätä kutsutaan evoluutioksi; yhteiskunnassa kutsumme sitä voimaannuttamiseksi. Järjestelmän termeillä sitä kutsutaan itseorganisaatioksi, järjestelmän kestävyuden vahvimmaksi muodoksi.
- **LP 3 - Järjestelmän tavoitteet.** Järjestelmän tavoitteen muuttaminen on tehokas strategia muutoksen aikaansaamiseksi, mutta sitä voi olla vaikea saavuttaa.
- **LP 2 - Ajatusmaailma tai paradigma, josta järjestelmä syntyy.** Paradigmat ovat yhteisiä syviä uskomuksia maailman toiminnasta. Niitä on vaikein muuttaa järjestelmässä, koska yhteiskunta vastustaa kiivaasti kaikkia paradigmoihiinsa kohdistuvia haasteita.
- **LP 1 - Voima ylittää paradigmat.** Tämä viimeinen ja tehokkain LP on sitoutumattomuus olemassa oleviin paradigmoihiin; missään tiettyssä maailmankuvassa ei ole varmuutta.



UK Transportation System example



Table 1. The role of software in our example and the impact per leverage point (LP) cluster.*

Cluster	Objective	Role of software	Affected element in the traffic example
Changing the metabolic structure (LP12, LP11, and LP10)	Optimize the bus fleet to balance the number of passengers and buses needed.	Monitor and analyze the transportation network and road traffic to understand commuter patterns and the frequency and type of failures affecting buses, and then accordingly <ul style="list-style-type: none"> • adjust the number of buses to increase flow and • calculate the size of the buffer of spare buses. 	Buffer: A number of spare buses is maintained that allows increased flow (frequency) when necessary.
Changing the feedback loops (LP9, LP8, and LP7)	Maintain a positive perception with respect to bus availability; e.g., reduce the perception of overcrowding and bus shortages.	Monitor traffic development over time and identify commuting patterns to reduce overcrowding and bus shortages by <ul style="list-style-type: none"> • redeploying buses to particularly busy routes to reduce overcrowding and • designating additional lanes as bus-only lanes when traffic congestion increases. 	Balancing feedback loop: A positive perception is maintained with respect to bus availability via <ul style="list-style-type: none"> • an increase in the total number of buses and • an increase in the ratio of bus supply to demand.
Transformational change and self-adaptation (LP6, LP5, and LP4)	Alter the structure of information flows for bus schedules and actual departure times to increase the convenience of bus use and total demand.	<ul style="list-style-type: none"> • Inform the users of the time they need to be at a bus stop by providing information on the current location of the buses and their impending arrival time (e.g., via apps). • Instruct the maintenance team on preventing frequent failure types. 	Information flows: Up-to-date bus schedules are sent to app users.
Changing the intent of the system and stakeholders (LP3, LP2, and LP1)	Provide public transportation as a “free” service that is paid for by the government (a right to public mobility, like public health) to reduce pollution, improve health benefits, and increase personal freedom and opportunities.	<ul style="list-style-type: none"> • Ensure that transportation meets the whole range of needs by better supporting the choice of transportation modes according to calendar synchronization and traffic. • Provide a traffic system that responds to the analysis of data in real time (and includes renewable-energy forecasting). • Support the elderly (accessibility). • Provide info about the use of public transportation, and show how this contributes to environmental health. 	Goals for commuting: The whole transportation system as well as its societal context is affected as the underlying structure changes.

Reflektio Uber-tehtävään

- Mikä on ongelma / ongelman lähde, jota Uber -palvelu ratkaisee?
 - Kuinka hyvin SUSAF-tehtävässä ideoidut vaikutukset oikeasti linkittyvät tähän ongelmaan/lähteeseen
- Onko Uber-tehtävän tapauksessa nähtävissä vipupisteitä?



SDGt ja systeemiajattelu

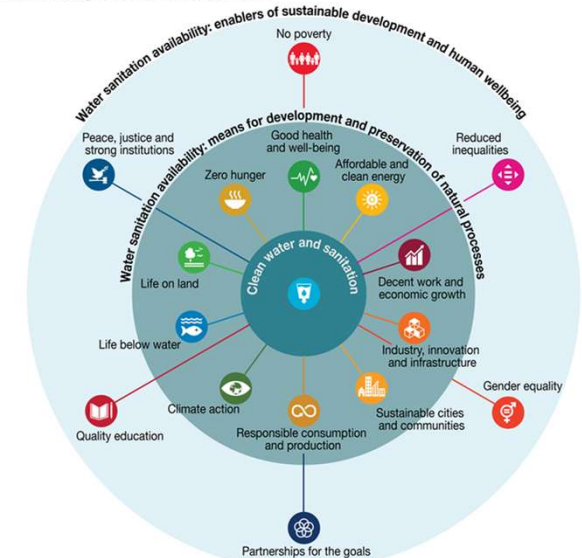
- YK:n kestävän kehityksen tavoitteet (SDGt) edustavat korkean tason ongelmia
- SDGeitä voidaan tarkastella ja yrittää ratkaista yksittäin, mutta ne ovat vahvasti linkittyneet

“In today’s world, we’re pretty good at setting goals and then slavishly working to achieve them. But if the SDGs are really going to shift our whole system onto a sustainable path, we need serious amounts of joined-up thinking that goes deeper to address underlying causes. Successfully delivering the SDGs requires a really strong systems approach.”

If you want to fast, go alone; if you want to go further, go together

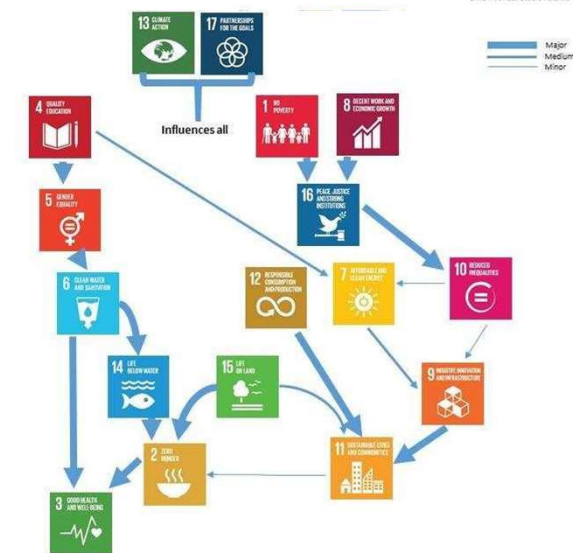
<https://www.forumforthefuture.org/blog/systems-thinking-unlocking-the-sustainable-development-goals>

The relationship of SDG 6 with other SDGs



Source: United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific (UN ESCAP) (2017).

GRID-Arendal/Studio Atlantis





KARLSKRONA MANIFESTO FOR SUSTAINABILITY DESIGN

Becker et al.: Requirements: The key to sustainability, IEEE Software, 2016



SUSTAINABILITY PRINCIPLES FOR SOFTWARE ENGINEERING

The following principles are based on “Sustainability Design and Software: The Karlskrona Manifesto.”¹

- Sustainability is systemic; a system can never be treated in isolation from its environment.
- Sustainability is multidimensional; the five key dimensions are economic, social, environmental, technical, and individual.
- Sustainability is interdisciplinary; sustainability design in software engineering requires an appreciation of concepts from other disciplines and must work across disciplines.
- Sustainability transcends the software’s purpose; any software can impact the sustainability of its socioeconomic, sociotechnical, cultural, and natural environments.
- Sustainability is multilevel; it requires us to consider at least two spheres during system design: the system under design and its sustainability, and the wider system of which it will be part.
- Sustainability is multi-opportunity; it requires us to seek interventions that have the most leverage on a system² and to consider the opportunity costs.
- Sustainability involves multiple timescales; it requires long-term thinking to address the timescales on which sustainability effects occur.
- Sustainability isn’t zero-sum; changing a system’s design to consider the long-term effects doesn’t automatically imply making sacrifices now.
- System visibility is a necessary precondition and enabler for sustainability design. This is because only a transparent status of the system and its context, made visible at different abstraction levels and perspectives, can enable system designers to make informed responsible choices.

For more on this, see www.sustainabilitydesign.org.

Sustainability design manifesto

Task	Standard current practice	Focus of future practice
Mind-setting	The world is a puzzle, and we should solve the problem.	The world is complex, and we should first understand the dilemmas.
Determination of the project objective and the system purpose, boundary, and scope	Focus on the immediate business need and key system features. Don't question the project's or system's purpose.	Emphasize how the project can affect sustainability in all dimensions. Strive to advance sustainability in multiple dimensions simultaneously. Experiment with different system boundaries to understand the alternative impacts.
External constraint identification	See constraints as imposed by the direct environment of the system and its technical interfaces. Minimize the constraints considered, but include legal, safety, security, technical, and business resources.	See constraints in each dimension as opportunities. Look for constraints from additional sources, starting with company corporate-social-responsibility policies, legislation, and sustainability standards.
Stakeholder identification	Minimize the number of stakeholders involved, and focus on those who have influence. Focus on internal stakeholders, and exclude unreachable stakeholders.	Maximize stakeholder involvement in an inclusive perspective integrating external stakeholders, and involve those who are affected. Assign a dedicated role to be responsible for sustainability, and introduce surrogate stakeholders to represent outside interests.
Success criteria definition	Focus on the financial bottom line at project completion. Measure the business outcome and financial return on investment.	Focus on advancing multiple dimensions simultaneously, including financial aspects, and take into account that most effects occur after project completion.
Requirements elicitation	Focus on the features and immediate effects the stakeholders want.	Help the stakeholders understand the system's enabling effects. Use creativity techniques and long-term scenarios to forecast the potential structural impact.

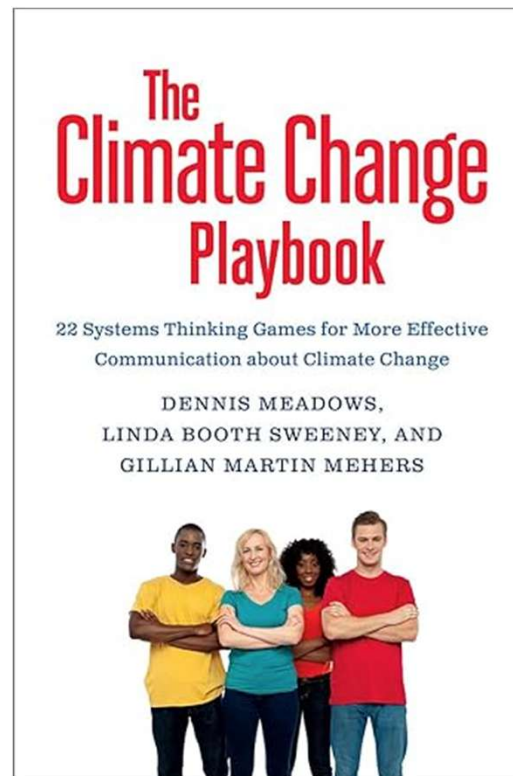
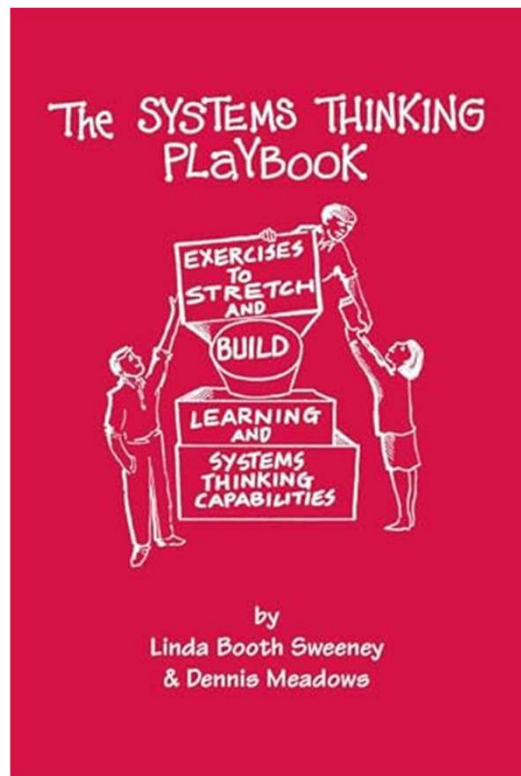


Sustainability design manifesto

Risk identification	Identify risks that threaten timely project completion within the budget.	Include the effects on the system's wider environment. Include enabling and structural effects and risks that can develop over time.
Tradeoff analysis	View tradeoff analysis as a prioritization and selection problem, and let the key stakeholders decide.	Strive to transform sustainability tradeoffs into mutually beneficial situations. Ensure that a wider range of stakeholders (or their surrogates) discuss sustainability tradeoffs.
Go/no-go decision	Base the decision on feasibility, financial costs and benefits, and risk exposure to project participants—that is, internal stakeholders.	This continues to be an internal business decision but is documented to show to external audiences that it took into account sustainability indicators and enabling effects. The decision is based on a consideration of positive and negative effects in all five dimensions.
Requirements validation	Let key stakeholders verify that their interests are captured.	Ensure broad community involvement focused on understanding effects.
Project completion	Verify whether success criteria are met on the completion date. After that, focus on maintenance and evolution.	Evaluate the effects in all five dimensions over a certain time frame after completion, aligned with the expected timescale of effects.
Requirements documentation	Current templates ignore long-term effects and sustainability considerations.	Templates require information about sustainability as a design concern and support analysts with checklists.



Hyviä aktiviteetteja systemiajattelun tueksi



Materiali

- <https://www.donellameadows.org/wp-content/userfiles/Leverage Points.pdf>
- <https://www.invisiblenature.ro/systems-thinking/systems-thinking-helping-us-create-sustainable-world/>
- <https://mahb.stanford.edu/blog/systems-thinking-can-help-build-sustainable-world-beginning-conversation/>
- https://www.unssc.org/sites/default/files/u3/systems_thinking_for_a2030.pdf

