

VOIDAANKO  
RUUHKIA  
VÄHENTÄÄ?

Braessin  
paradoksi



$$U(T) = CT^3$$

$$ASET = A_{\text{available}}$$

# RUUHKA ON FYSIIKKA

**R**uuhkailmiöitä voi syntyä liikenteen lisäksi esimerkiksi ihmisjoukoissa, rautateillä, lentoliikenteessä, verisuonissa, hissi-jonoissa, kaupan kassalla, tietoliikenteessä, osakemarkkinoilla, joiden virtauksissa, sähköverkoissa ja arjen suunnittelussa. Näille on yhteistä, että tasapainotila häiriytyy ennustamattomalla tavalla, ja sen palautumisen vaatimaa aikaa on vaikea tai mahdoton ennustaa. "Ruuhkan syntyminen lainalaisuudet ovat klassista mekaniikkaa. Ne on johdettu Newtonin liikeyhtälöistä, ja mukaan tulee lisätä ihmisten reaktiiviteiden ja kitkan vaikutus. Ruuhka on matemaattisesti epälineaarinen ilmiö", kertoo systeemanalyysin professori **Harri Ehtamo** Aalto-yliopistosta.

## Jonosta tulee jojo

Epälinearisuus tarkoittaa, että esimerkiksi tasaista vauhtia etenevässä autojonossa yhden auton nopeuden pienikin muutos voi aiheuttaa pysyvän jojoilmiön, joka koko ajan pahenee. Vanha neuvo riittävän etäisyyden pitämisestä on edelleen hyvä.

"Niin sanottu jonoteoria tutkii jonojen muodostumiseen ja niiden tasapainoon liittyviä ilmiöitä. Jono on tasapainossa, kun terveyskeskus tai kaupan kassa pystyy palvelemaan ihmisiä samaa tahtia kuin heitä saapuu. Au-

↑ "Kauppakeskusten ruuhkia voidaan mallintaa fysikaalisesti. On myös havaittu, että teiden lisääminen ei aina vähennä ruuhkia vaan voi jopa lisätä niitä. Tämä on niin sanottu klassinen Braessin paradoksi. Ilmiö korostuu maissa ja kaupungeissa, joissa autotiheys on suuri", Anton von Schantz (vas.) ja Harri Ehtamo kertovat.

tolikenteessä sama saadaan hyvässä tapauksessa aikaan valoilla ja muilla liikennejärjestelyillä."

Jonoja ja ruuhkia koskevista tutkimuksista käytetään nesteiden virtauksista tuttuja mallinnuksia.

"Samoin kuin voimakkaasti virtaavassa vedessä tai ilmassa syntyy pyörteitä, turbulenssia, myös ihmisjoukko tai liikenne voi ajautua vaikeasti ennustettavaan ja ohjattavaan rykelmään", kertoo systeemanalyysin tohtorikoulutettava **Anton von Schantz**.

"Esimerkiksi ahtaaseen oviaukkoon syntyy ihmisistä muodostuva puoliympyrän muotoinen rakenne, joka muistuttaa lujaa holvirakennetta. Se hajotlee ja purkautuu sattumanvaraisesti, ja ulospääsy on hyvin hidasta ja purskeenomaista", von Schantz kertoo.

Ratkaisu voi olla yksinkertainen: asetetaan oven suuhun este, joka on pakko kiertää. Nyt syntyy vetoketjumainen tilanne, jossa kulku on helpompaa. Vastaavaa käytetään esimerkiksi kauppakeskusten liukuportaiden edessä hidastamaan tunkeilua.

## Ihminen on ennustamaton

"Eri ruuhkien luonnonlait ovat periaatteessa samat, mutta ihmisen käytös vaikeuttaa ilmiöiden ennustamista. Liikenteessä tai väkijoukossa on aina nopeita ja hitaita toimijoita, kär-

sivällisiä ja kärsimättömiä", Ehtamo huomauttaa.

Hyvin suunniteltu vihreä aalto voi mennä mönkään, jos kuskit näpräävät kännyköitään eivätkä huomaa valojen vaihtumista vihreäksi tai yrittävät vaihtaa kaistaa, mutteivät mahdu.

Miten liikenteessä tai kassajonoissa kannattaa toimia? Kiiirehtiä ja ohitella vai mennä virran mukana?

"Liikenteessä se riippuu muun muassa jonon nopeudesta ja liikennetiheydestä. Mitä enemmän autoja, sitä vähemmän ohitteluista on hyötyä. Samalla tietysti onnettomuusriski kasvaa. Turhat ohitukset myös luovat lisää turgosta, jolloin koko jono hidastuu", von Schantz arvioi.

"Nopeimman kassajonon arvaaminen ennalta taas on tuuripeliä, jos ei tiedä myyjien ja asiakkaiden käyttäytymistä. Lopputulosta on mahdoton laskea ainakaan päässään. Jos vaihtaa jonoa satunnaisesti, kuukausien ja vuosien kuluessa kertyy suunnilleen sama määrä 'onnistuneita ja epäonnistuneita' kassajonon vaihtamisia, jolloin tulos on sama kuin paikallaan pysyjällä", Ehtamo toteaa.

"Toki voi katsoa, millaisia kärryllisiä toisilla on ja arvioida sen perusteella. Asiakkaiden, kassojen ja jonon käytös on kuitenkin epälineaarista, joten lopputulosta on mahdoton tietää täsmällesiti", hän päätelee. **TM**