

KEKO-laskennan kuvaus, 2016-04. - Henkilöliikenteen päästölaskenta

Kysymykset ja kommentit: keko@ymparisto.fi

Liikenteen päästöistä KEKO-työkalu ottaa huomioon ainoastaan henkilöliikenteen päästöt. Tavaraliikenteen osalta käytettävissä ei ollut riittävää tietopohjaa laskennan toteuttamiseksi.

Henkilöliikenteen päästölaskenta perustuu tietoihin suunnitelma-alueen asutuksen sijainnista alue- ja yhdyskuntarakenteesta. Liikkumiskäyttäytyminen määritetään asuinpaikasta käsin. Palvelujen sijoittuminen ja mahdollisuus käyttää joukkoliikennettä otetaan huomioon asuinpaikan kautta. Työpaikkojen sijoittumista ei tällä hetkellä tarkastella laskennassa, sillä työmatkojen vaikutuksen arviointiin ei ollut käytettävissä riittävän tarkkoja tutkimustietoja, joiden avulla olisi pystytty välttämään työmatkojen laskenta osin kahteen kertaan.

Työkalun käyttäjä syöttää lähtötietona tiedon kaupunkiseudun kokoluokasta ja asutuksen jakautumisesta yhdyskuntarakenteen eri osiin. Kullekin aluetyypille on määritetty keskimääräinen henkilökilometrimäärä eri kulkuvälineillä tuoreimman käytettävissä olevan henkilöliikennetutkimuksen (HLT) 2010-2011 tulosten perusteella. Kertomalla kunkin aluetyypin asukasmäärä aluetyypin keskimääräisellä henkilökilometrimäärällä ja laskemalla yhteen eri aluetyyppien henkilökilometrit, saadaan laskettua koko suunnitelma-alueen henkilöliikennekilometrit eri kulkuvälineillä.

Henkilökilometrimäärät kerrotaan VTT:n Lipaston tietoihin perustuvilla päästökertoimilla, ja tätä kautta on lasketaan liikkumisen kokonaispäästöt. Kuten muidenkin kasvihuonekaasupäästöjen kohdalla, henkilöliikenteen päästöt lasketaan 50 vuoden ajalta. Päästöjen oletetaan vähenevän energiatehokkuuden kasvamisen myötä tietyn tehostumisskenaarion mukaan. Jokaisen vuoden päästöt lasketaan erikseen ja laskennassa käytetään kunkin vuoden asukasmäärää. Tarkastelujakson alkaessa asukasmäärän oletetaan olevan käyttäjän antama asukasmäärä ennen suunnitelman toteutumista. Tämän jälkeen asukasmäärä kasvaa lineaarisesti koko rakentamisajan saavuttaen käyttäjän antaman suunnitelman toteutumisen jälkeisen asukasmäärän rakentamisajan päätyttyä. Asukasmäärän oletetaan pysyvän tämän jälkeen samana. Kullekin vuodelle erikseen lasketut päästöt summataan yhteen 50 vuoden ajalta.

Liikennesuoritteiden laskenta sijainnin perusteella

Eri kulkuvälineillä kuljettu henkilökilometrimäärä asukasta kohti lasketaan kahden osatekijän kautta. Ensimmäinen osatekijä on kerroin, joka perustuu kaupunkiseudun kokoluokkaan ja asutuksen sijoittumiseen eri etäisyydelle kaupunkikeskustasta. Kerroin lasketaan vertaamalla käyttäjän antaman aluevalinnan mukaisia liikkumistietoja koko maan keskiarvoon. Kerroin lasketaan erikseen joka kulkuvälineelle. Esimerkiksi Helsingin seudulla raitiovaunun käyttö on 4,14-kertaista koko maan keskiarvoon nähden.

Henkilöautoliikenteessä ensimmäisen osatekijän kerroin lasketaan sekä kaupunkiseutuvalinnan että keskustaetäisyyden mukaan. Kerroin lasketaan painottaen asutuksen jakaumaa. Muiden kulkuvälineiden kuin henkilöauton osalta kerroin lasketaan vain kaupunkiseudun kokoluokan mukaan. Tämä voi hieman vääristää tuloksia, sillä esimerkiksi polkupyörän ja raitiovaunun käyttö vaihtelee myös keskustaetäisyyden mukaan. Liikennesuoritetietoja ei ollut kuitenkaan saatavilla tarkasti eri etäisyysvyöhykkeille. Henkilöliikenteen päästölaskennassa henkilöauton merkitys on ylivoimainen, joten autoilun päästöjen laskenta on tärkeää tehdä tarkemmin kuin muiden kulkuvälineiden päästöjen laskenta.

Eri kaupunkiseuduilla asuvien matkat, kaupunkiseudut luokiteltu keskustaajaman koon mukaan									
ryhmä	Matkasuorite, km/henkilö/vrk								
	jalankulku	polkupyörä	henkilöauto kuljettaja	henkilöauto matkustaja	linja-auto	metro, raitiovaunu	juna	muu	kaikki
Helsinki	1,28	0,67	16,80	7,49	4,27	0,97	4,33	2,93	38,61
Tampere, Turku	1,23	0,73	17,29	9,43	4,57	0,01	2,93	1,79	37,97
keskustaajaman väestö 80 000 - 200 000	1,18	1,13	21,52	9,73	1,54	0,02	2,87	3,64	41,58
keskustaajaman väestö 40 000 - 80 000	1,18	0,94	18,59	7,30	2,82	0,02	4,03	3,90	38,75
keskustaajaman väestö 25 000 - 40 000	1,20	0,62	21,79	7,69	2,08		1,43	4,67	39,30
keskustaajaman väestö 15 000 - 25 000	1,25	0,84	19,28	8,49	3,36		1,16	0,65	35,14
Ei kaupunkiseudulla	0,74	0,57	24,92	10,68	2,25	0,02	1,34	5,34	45,94
kaikki	1,06	0,73	20,80	9,11	2,96	0,24	2,67	3,85	41,39

Henkilöautokilometrit keskimäärin eri etäisyysvyöhykkeillä kaupunkiseutujen kokoluokissa				
	0-5 km	5-10 km	10-25 km	yli 25 km
Helsinki	18,761	25,461	44,461	46,961
Tampere, Turku	20,661	28,261	32,261	40,861
keskustaajaman väestö 80 000 - 200 000	23,561	30,661	35,461	39,161
keskustaajaman väestö 40 000 - 80 000	24,661	27,061	35,361	43,361
keskustaajaman väestö 25 000 - 40 000	25,161	26,061	38,461	40,661
keskustaajaman väestö 15 000 - 25 000	27,861	34,661	40,361	34,461
Ei kaupunkiseudulla	36,161	36,161	36,161	36,161
Vertailuarvo	29,901	29,901	29,901	29,901

Jos liikkumiskäyttäytyminen suunnitelma-alueella on laskennan täysin samanlaista kuin koko maassa keskimäärin, kerroin saa arvon 1. Mikäli liikkuminen tietyllä kulkuvälineellä on laskennan perusteella maan keskiarvoa vähäisempää, kertoimen arvo on alle 1, ja mikäli suurempaa, kerroin saa arvon yli 1.

Henkilöautoilukilometrit eri etäisyyksillä kaupunkikeskustasta eri kaupunkiseuduilla on laskettu Yhdyskuntarakenteen vyöhykkeet Suomessa -raportin (Ristimäki ym. 2013, 117) perusteella. Raportissa on esitetty arkiliikkumisen eli enintään 100 km matkojen henkilöautosuoritteet, joihin KEKO-laskennassa on lisätty 7,56 km pitkien yli 100 km matkojen henkilöautosuoritetta. Kaikilla aluetyypeillä on käytetty samaa arvoa pitkien matkojen autosuoritteelle. Todellisuudessa myös pitkien matkojen kulkeminen autolla vaihtelee kaupunkiseudun ja keskustaajamien väillä, mutta HLT-tiedoista ei ollut määritettävissä arvoja, jotka olisivat kuvanneet loogisesti pitkien matkojen suoritetta arkiliikkumisen päälle.

Toinen osatekijä kuvaa keskimääräisiä henkilökilometrejä yhdyskuntarakennetyypin liikumisen ja palvelurakenteen näkökulmasta. Osatekijän laskenta perustuu käyttäjän antamiin tietoihin asutuksen jakautumisesta kolmen eri aluekuokittelun luokkiin: yhdyskuntarakenteen vyöhykkeille, aluetehokkuuden perusteella määritetyille asuinaluetyypeille ja eri etäisyyksille lähimmästä suuresta päivittäistavarakaupasta. Kunkin kolmen alueluokan osalta lasketaan keskimääräinen henkilökilometrimäärä kulkuvälineittäin asutuksen jakautumista painottaen. Osatekijän arvo lasketaan keskiarvona kolmen alueluokan keskimääräisistä henkilökilometreistä kulkuvälineittäin. Kolme alueluokkaa korreloi osittain keskenään, joten niitä ei voi käyttää laskennassa erillisinä kertoimina.

Yhdyskuntarakenteen vyöhyke kuvaa mahdollisuuksia käyttää eri kulkuvälineitä arkimatkoilla ja HLT:n perusteella määritetty keskimääräinen liikennesuorite kertoo toteutuneesta liikkumisesta, johon liikkumismahdollisuudet vaikuttavat. Aluetehokkuuden perusteella määritetty asuinaluetyyppi kuvaa mm. lähipalvelujen saavutettavuutta. Lähikaupan ja koulujen saavutettavuus korreloi usein vahvasti aluetehokkuuden kanssa. Etäisyys lähimpään suureen päivittäistavarakauppaan kuvaa palvelurakennetekijä. Suuresta päivittäistavarakaupasta on saatavilla pääosa arjesta tarvittavista tuotteista.

Eri aluehokkuusalueilla asuvien matkat ("aluehokkuus" = kerrosala/ruudun pinta-ala naapuriruutunetelmällä eli 9 ruudun keskiarvona, ruutu = 250 m * 250 m)										
Matkat kulkutavoittain			henkilöauto	henkilöauto		metro,				
ryhmä	jalankulku	polkupyörä	kuljettaja	matkustaja	linja-auto	raitiovaunu	juna	muu	kaikki	
< 0,02	0,62	0,479	25,825	11,319	2,145	0,012	1,474	5,915	47,946	
>= 0,02 and < 0,08	1,014	0,778	24,26	9,077	2,748	0,038	1,589	4,72	44,094	
>= 0,08 and < 0,16	1,124	0,872	19,152	8,448	2,111	0,083	3,455	2,969	38,136	
>= 0,16 and < 0,32	1,324	0,879	15,563	7,635	4,24	0,427	3,749	2,651	36,151	
>= 0,32	1,566	0,696	13,185	7,675	4,18	1,084	4,78	1,212	34,346	
Ei kerrosalaa	0,048	2,76	6,6	30,528	192,8			1,584	234,036	
kaikki	1,059	0,73	20,796	9,105	2,963	0,235	2,672	3,846	41,388	
Eri yhdyskuntarakenteen vyöhykkeillä (liikkumisvyöhykkeillä) asuvien matkat										
Matkat kulkutavoittain			henkilöauto	henkilöauto		metro,				
ryhmä	jalankulku	polkupyörä	kuljettaja	matkustaja	linja-auto	raitiovaunu	juna	muu	kaikki	
jalankulkuvyöhyke	1,703	0,697	14,116	8,163	2,748	0,112	5,777	1,185	34,423	
alakeskus	1,137	0,527	14,845	7,313	4,138	1,471	1,93	2,138	33,377	
jalankulun reunavyöhyke	1,47	1,022	17,663	7,184	3,152	0,358	3,551	3,034	37,286	
intensiivinen JL-vyöhyke	1,117	0,885	16,203	9,517	4,791	0,585	4,469	2,922	40,326	
joukkoliikennevyöhyke	0,987	0,806	21,827	8,548	2,745	0,33	2,96	2,799	40,929	
autovyöhyke	1,041	0,777	21,077	8,965	3,561	0,064	2,316	4,541	42,223	
Ei vyöhykkeellä	0,727	0,555	25,234	10,615	2,129	0,016	1,378	5,499	46,176	
kaikki	1,059	0,73	20,796	9,105	2,963	0,235	2,672	3,846	41,388	
Etäisyys lähimpään suureen supermarkettiin. Vähintään 1000 myynti-m2 päivittäistavarakauppojen saavutettavuusvyöhykkeillä asuvien matkat										
Matkat kulkutavoittain			henkilöauto	henkilöauto		metro,				
ryhmä	jalankulku	polkupyörä	kuljettaja	matkustaja	linja-auto	raitiovaunu	juna	muu	kaikki	
500 m	1,363	0,646	14,497	7,156	3,254	0,54	4,887	2,404	34,548	
1 km	1,289	0,929	18,468	9,16	3,206	0,432	2,591	2,3	38,255	
Ei vyöhykkeellä	0,915	0,687	23,001	9,531	2,824	0,101	2,211	4,683	43,982	
kaikki	1,059	0,73	20,796	9,105	2,963	0,235	2,672	3,846	41,388	

Henkilöliikennekilometrit on laskettu kertomalla ensimmäisen osatekijän kertoimella toisen osatekijän keskiarvo.

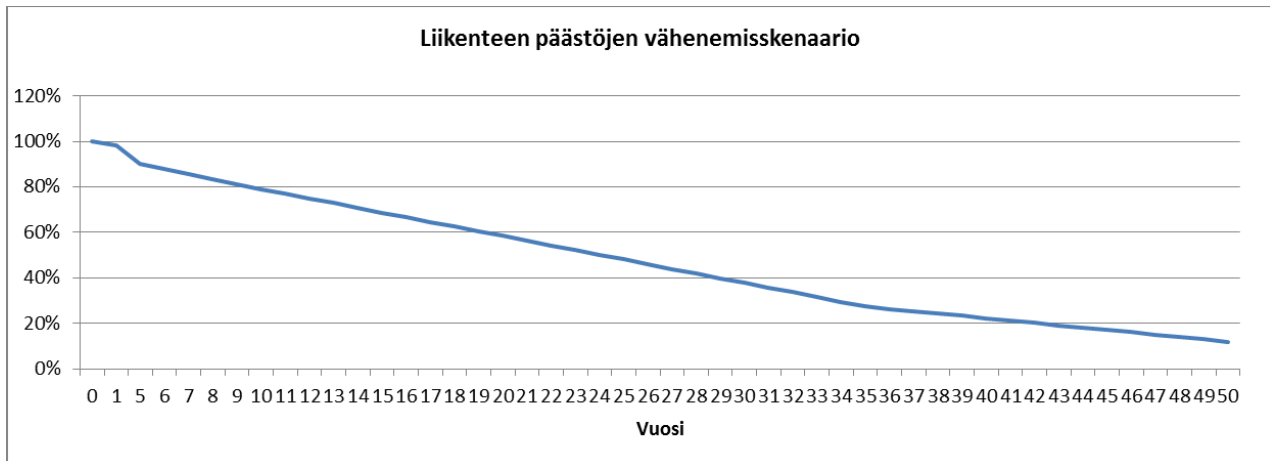
Päästölaskenta

Henkilöliikenteen energiankulutus- ja päästötiedot perustuvat VTT:n LIPASTO-tietokantaan. Eri liikennevälineiden energiankulutuksen ja kasvihuonekaasupäästöjen (CO₂, CH₄ ja N₂O, yhdistettynä CO₂-eq.) ominaisluvut perustuvat VTT:n LIPASTO-laskentamallin käyttämiin tuoreimpiin lukuihin vuoden 2011 tasolla. Jotta kaikkien kulkutapojen energiankulutus ja kasvihuonekaasupäästöt tulisivat tasapuolisesti laskentaan mukaan, on moottoriajoneuvojen lisäksi mukaan otettu myös kävelyn ja pyöräilyn energiankulutus ja hiilidioksidipäästöt. Arvion perustana on oletus, että sekä kävely että pyöräily kuluttavat energiaa enemmän kuin tilanne, jossa henkilö istuu ajoneuvossa (henkilöautossa, bussissa, junassa, raitiovaunussa tai metrossa) tai on muuten tekemättä mitään fyysisesti rasittavaa. Ihmisen ruumiintoimintojen energiankulutus on perustasollaan mukana kaikissa kulkutavoissa, joten tässä otetaan huomioon vain kävelyn ja pyöräilyn aiheuttama lisäkulutus verrattuna istumiseen. Tavanomaista työmatka-, asiointi- ym. liikkumista ei ole tässä pidetty urheilu- tai edes kuntoilutapahtuma, vaan melko kevyenä fyysisenä suorituksena. Laskennan pohjana on ihmisen päivittäinen keskimääräinen energiantarve noin 2 400 kcal/vrk eli noin 100 kcal/h (valveillaolon aikana noin 120 kcal/h). Sekä pyöräily että kävely aiheuttavat suurin piirtein samansuuruisen lisäkulutuksen noin 100 kcal/h, jolloin kävelyn tai pyöräilyn aikainen kokonaisenergiankulutus on 220 kcal/h. Koska arvioinnin pohjana on kuitenkin vain lisäkulutus verrattuna muihin kulkutapoihin, laskenta tehdään kulutusluvulla 100 kcal/h. Käytetyt keskinopeudet ovat kävelyssä 4,6 km/h ja pyöräilyssä 11,7 km/h (HSL 2010–11 tiedoista lasketut arvot), jolloin kävelyn lisäenergiatarve on 21,7 kcal/km ja pyöräilyn lisäenergiatarve 8,5 kcal/km (1 kcal = 1,163 MWh = 4,1868 kJ). Päästöjen osalta kyse on hengityksen tuottamasta lisähiilidioksidista fyysisen lisärasituksen takia (verrattuna tilanteeseen ilman fyysistä ponnistelua). Laskenta perustuu oletukseen, että hiilidioksidin tuotannon lisäys vastaa energiankulutuksen lisäystä. Kummassakaan kevyen liikenteen muodossa, kävelyssä ja pyöräilyssä, ei oteta huomioon käytettyjen kulkuvälineiden tuottamisen kuluttamaa energiaa tai tuottamia päästöjä, aivan kuten ei muissakaan kulkutavoissa. – Toki tässä voitaisiin ottaa huomioon että ihmisten on joka tapauksessa hyvä harrastaa liikuntaa ja kevyt liikenne voi korvata muuta liikuntaa.

Erialaisten matkasuoritteiden ominaispäästöt (g/hkm)	
Suomen keskimääräinen päästö ja energiankulutus henkilökilometriä kohden (VTT LIPASTO 24.4.2009, 25.4.2012 ja 7.8.2012)	CO2 eq. g/hkm
Henkilöautot, per hkm (henkilökilometri) 2011	118,53
Kaupunkilinja-autot, 18 matkustajaa/80 paikkaa. Diesel, keskimäärin 2011	68,38
Kaupunkilinja-autot, 18 matkustajaa/80 paikkaa. Maakaasu, euro 5 2009, v. 2011	77,53
Lähiliikenne, sähköjuna (Sm4, 65 matkustajaa 184 paikkaisessa junassa) [g/hkm]	22,21
raitiovaunu (oletus: sama kuin Sm4)	22,21
kävely (arvio)	9,06
polkupyöräily, hiihto, potkukelkkailu yms. (arvio)	3,56

Liikenteen kasvihuonekaasupäästöjen vähenemisen skenaario

Liikenteen kasvihuonekaasupäästöjen vähenemisen skenaario on laskettu Aalto-yliopiston tekemän tarkastelun perusteella ja jatkamalla lähivuosien trendejä kohti tulevaisuutta. Pitemmällä tähtäimellä päästövähennysten tekemisen on oletettu muuttuvan vaikeammaksi. Ensimmäisen 35 vuoden aikana energiantehokkuuden oletetaan paranevan noin 2,1 prosenttia nykypäästöistä vuodessa ja tämän jälkeen noin 1,0 prosenttia nykypäästöistä vuodessa. Päästöjen vähenemisskenaarion johtaa päästöjen putoamiseen 20 prosenttiin nykyisestä hieman vuoden 2050 jälkeen.



Lähteet

Henkilöliikennetutkimus 2010–2011, suomalaisten liikkuminen, Liikennevirasto 2012, Kuopio 2012. 108 s. www.liikennevirasto.fi

Lahti, P. & Halonen M. (2006). Asuinympäristön muutos ja sen ekotehokkuus Suomessa 2000-2030. Arviointimallin kehitys ja soveltaminen kahdessa yhdyskuntarakenneskenaariossa: Nykykehitys ja kaupunkimaisen pientalon vaihtoehto, VTT Tutkimusraportti VTT-R-03399-06. Espoo 2006. 89 s.

http://www.vtt.fi/liitetiedostot/cluster6_rakentaminen_yhdyskuntateknikka/kulmakunta_vtt_loppuraportti_190406.pdf

Lahti P., Halonen M. & Wahlgren I. (2008), Metropolialueen aluerakennevaihtoehtojen ekotehokkuus. VTT Tutkimusraportti VTT-R-01343-08. Espoo 6.5.2008. 94 s. verkkopublication Uudenmaan liiton sivuilla <http://www.metkaprojekti.info/taustaraportti.htm>, <http://www.metkaprojekti.info/ekotehokkuusVTT.pdf>, http://www.metkaprojekti.info/ekotehokkuus%20VTT_%20LIITE.pdf

Lahti, Pekka, Mari Sepponen & Mikko Virtanen (2012). Kunnallisten rakennushankkeiden kestävä energiaratkaisut aluenäkökulmasta. VTT Tutkimusraportti VTT-R-07915-12. Espoo 30.11. 2012. 59 s. <http://ene.aalto.fi/tutkimus/kurke/>

Lylykangas, Kimmo, Pekka Lahti & Tuukka Vainio (2013), Ilmastotavoitteita toteuttava asemakaavoitus. Aalto-yliopisto, Arkkitehtuurin laitos, Tiede + Teknologia Raportti 13/2013. Helsinki 2013. 125 s. ISBN 978-952-60-5340-0 (electronic), 1799-4888 (electronic), 1799-487X (printed), 1799-487X (ISSN-L), <https://aaltodoc.aalto.fi/handle/123456789/10988>, <http://www.skaftkarr.fi/fi/energiakaava> (jossa myös ladattavat excel-työkälyt)

Ristimäki, M., Tiitu, M., Kalenoja, H., Helminen V., & Söderström P. (2013). Yhdyskuntarakenteen vyöhykkeet Suomessa. Jalankulku-, joukkoliikenne- ja autovyöhykkeiden kehitys vuosina 1985-2010. Suomen ympäristökeskuksen raportteja

32/2013.

Sepponen, Mari, Mikko Virtanen & Pekka Lahti (2012). KURKE työkalu, Alueen energiankulutuksen ja -tuotannon sekä päästöjen arviointi. (excel dokumentti) VTT 30.11.2012. <http://ene.aalto.fi/fi/tutkimus/kurke/>

VTT LIPASTO, <http://lipasto.vtt.fi/yksikkopaastot/henkiloliikenne/tieliikenne/henkiloautot/hayht.htm>

VTT LIPASTO, <http://lipasto.vtt.fi/yksikkopaastot/henkiloliikenne/tieliikenne/linja-autot/bussikatu.htm>

VTT LIPASTO, http://lipasto.vtt.fi/yksikkopaastot/henkiloliikenne/tieliikenne/linja-autot/bussikatu_kaasu.htm

VTT LIPASTO, http://lipasto.vtt.fi/yksikkopaastot/henkiloliikenne/raideliikenne/junat_henkilo.htm, <http://lipasto.vtt.fi/raili/raili2011raportti.pdf>
sovellettu VTT LIPASTOn lähiliikennejunien (sähkömoottori Sm4) tietoja

VTT LIPASTO, http://www.lipasto.vtt.fi/yksikkopaastot/tavaraliikenne/tieliikenne/tavara_tie.htm