



EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND
INVESTING IN YOUR FUTURE



CENTRAL BALTIC
INTERREG IV A
PROGRAMME
2007-2013



FOODWEB



TARTU ÜLIKOOL

LOODUSMUSEUM

Ketšupi olelusring



Koostaja Siret Talve, DSc (Tech)

Tartu 2012

Sisukord

Sisukord	2
Sissejuhatus	3
Mis on olelusringi hindamine?	3
Ketšupi olelusringi etapid	7
Esimene etapp: tomatikasvatus	7
Tomatikasvatus avamaal	8
Tomatikasvatus kasvuhuones	9
Teine etapp: tomatite transport tomatipastatehasesse	10
Suurem veok	10
Väiksem veok	10
Kolmas etapp: tomatipasta tootmine ja pakendamine	10
Neljas etapp: tomatipasta transport ketšupitehasesse	11
Konteinerlaev	11
Veok	11
Lennuk	11
Viies etapp: ketšupi tootmine	11
Kuues etapp: ketšupi pakkimine ja pakendijäätmete käitlus	12
Seitsmes etapp: ketšupi transport hulgilattu	12
Kaheksas etapp: ketšupi transport hulilaost kauplusesse	12
Üheksas etapp: ketšupi müük kaupluses	12
Kümnes etapp: ketšupi transport kauplusest tarbija koju	13
Üheteistkümnes etapp: ketšup tarbija külmikus	13
Ketšupi olelusringi keskkonnamõju	14
Uuringute peamised tulemused ja soovitusel	15
Kasutatud kirjandus	17

Ketšupi olelusring

Koostaja: Siret Talve, DSc (Tech)

Toimetajad: Eva-Liisa Orula, Liina Laumets

Kujundaja: Eva-Liisa Orula

Joonised: Siret Talve, autode joonised andmebaasist Lipasto

Esikaane illustratsioon: Mihkel Must (Blank Media)

©Tartu Ülikooli loodusmuuseum, 2012

Materjal on koostatud projekti „FOODWEB – Läänemere keskkond, toit ja tervis: harjumustest teadlikkuseni“ raames. Projekti toetab Euroopa Regionaalarengu Fond ning seda teostatakse Kesk-Läänemere INTERREG IV A 2007–2013 programmi raames. Projekti veebileht: <http://foodweb.ut.ee/>.

Materjal väljendab autorite vaateid ja programmi korraldusasutus ei vastuta projektipartnerite poolt koostatud materjali sisu eest.

ISBN 978-9985-4-0728-8 (pdf)

Sissejuhatus

Eesti, Soome ja Läti spetsialistide koostöö ja Euroopa Liidu Interreg programmist kaasrahastatava projekti „FOODWEB – Läänemere keskkond, toit ja tervis: harjumustest teadlikkuseni“ eesmärgiks on selgitada avalikkusele inimese, keskkonna ja toidu omavahelisi seoseid ning koostada sel teemal õppevahendeid. Projekti ja selle väljunditega saab tutvuda veebilehel <http://foodweb.ut.ee/>. Toidu ja selle tootmise keskkonnamõtjude selgitamiseks loodi interaktiivne veebirakendus „Ketšupi olelusring“.

Veebirakendus „Ketšupi olelusring“ (<http://foodweb.ut.ee/tomato/>) näitlikustab olelusringi mõtteviisi ketšupi näitel. Rakenduses tuleb kasutajal läbida 11 etappi alates tomatite kasvatamisest kuni ketšupi tarbimiseni. Mõnes etapis on vaja otsustada, kuidas tooteahel jätkub ja teha vastav valik. Kasutaja saab jooksvalt jälgida, millised on tehtud valikute keskkonnamõtjud.

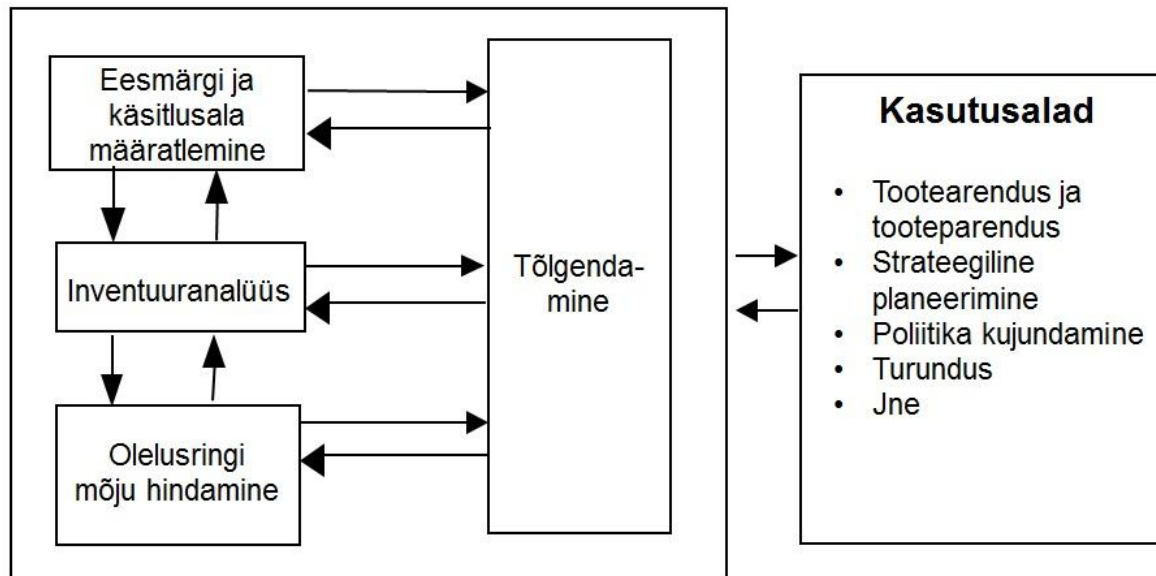
Käesolev materjal täiendab veebirakendust ning sisaldab põhjalikku taustainfot kõikide ketšupi olelusringi etappide ja seletusi keskkonnamõtjude mõõdikute kohta. Veebirakendust koos taustainfoga saab kasutada nii tarbijate harimiseks kui ka põhikoolis ja gümnaasiumis õppetöö läbiviimiseks.

Veebirakenduse „Ketšupi olelusring“ ning selle juurde kuuluva lisamaterjali koostas Tartu Ülikooli loodusmuuseumi töörühm koostöös Soome Põllumajandusuuringute Keskuse (MTT) ja Soome Keskkonnainstituudi (SYKE) spetsialistidega.

Mis on olelusringi hindamine?

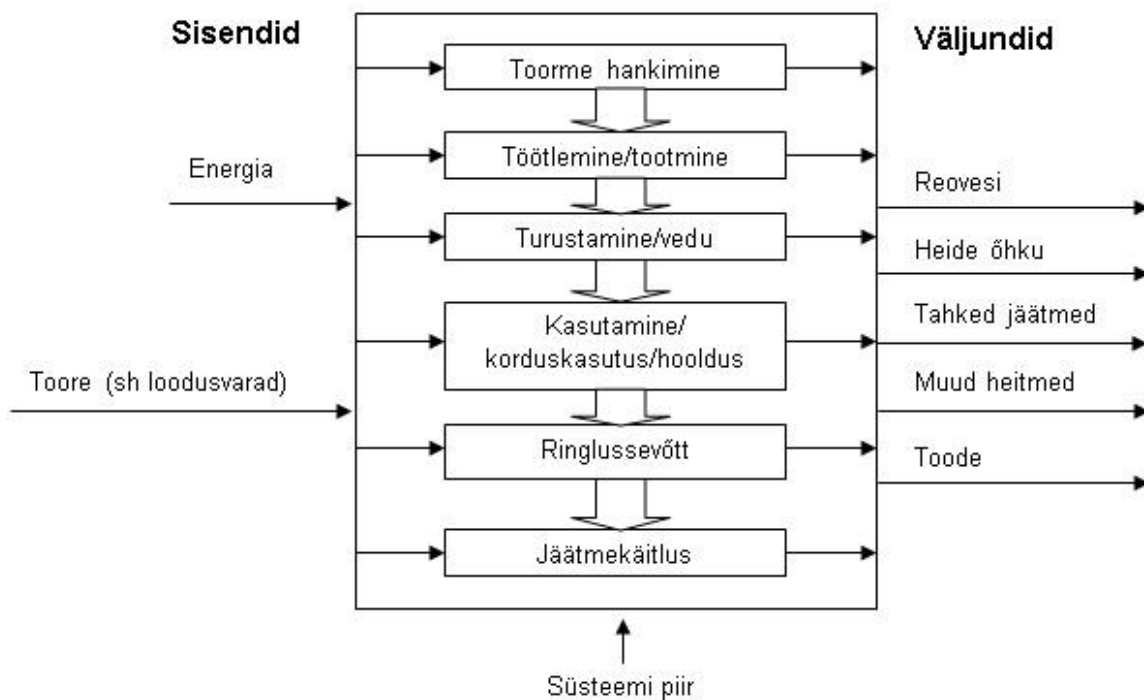
Üks usaldusväärsemad teaduslikke meetodeid toote (ka teenuste) keskkonnamõtjude uurimiseks ja selgitamiseks on **olelusringi hindamine** (lühendina LCA, inglise keeles *Life Cycle Assessment*, joonis 1). Hindamisel võetakse arvesse kogu tooteahel tooraine ammutamisest kuni toote utiliseerimise või taaskasutusse suunamiseni. Selgitatakse välja toote olelusringi etappide (tootmine, transport, müük, kasutamine, hooldamine, lõplik käibest kõrvaldamine) kõik sisendid (toor- ja abiained, energia) ja väljundid (heitmed õhku, vette, pinnasesse). Kogutud andmed seotakse süsteemi talitlusühikuga¹ ja hinnatakse antud tootesüsteemi sisendite ja väljundite mõju inimeste tervisele, ökosüsteemidele ja loodusressurssidele [1]. Joonis 2 (lk 4) illustreerib olelusringi etappide vahelisi seoseid ja suhteid keskkonnaga.

¹ Talitlusühik (TÜ) on tootesüsteemi koguliselt määratletud tulem, mida kasutatakse olelusringi hindamisuuringus võrdlusühikuna. Talitlusühiku määratleb hindaja vastavalt uuringu eesmärgile. Näiteid talitlusühikutest: 1000 MWh elektrit tarbija juures, 100 kätepaari kuivatamine jne.



Joonis 1. Olelusringi hindamise etapid ja kasutusvalad.

Toidutoodete olelusringi uurimine on suhteliselt keeruline ülesanne. Üldjuhul peab uuring hõlmama põllumajandust, töötlevat tööstust, ladustamist, logistikat, pakendamist, tarbimist ja jäätmemajandust – seega suurt ja keerulist tootesüsteemi. LCA teeb keeruliseks ka fakt, et hindamine nõuab teadmisi eri teadusvaldkondadest.



Joonis 2. Toote olelusringi etapid.

Projekti FOODWEB raames koostatud veebirakendus käsitleb olelusringi ketšupi näitel, sest tegu on suhteliselt levinud ja populaarse toidutootega. Projekti raames ei viidud läbi ketšupi olelusringi hindamist, vaid koondati ja refereeriti eri maade teadlaste tehtud uuringute tulemusi ning ainult andmelünkade täitmiseks koguti lisainformatsiooni. Eksperdid Yrjö Virtanen Soome Põllumajandusuuringute Keskusest (www.mtt.fi) ning Juha Grönroos ja Tuomas Mattila Soome Keskkonnainstituudist (www.syke.fi) aitasid leida puuduvaid andmeid ja nõustasid nende kogumist metoodiliselt.

Ketšupi olelusring jagati etappideks (tabel 1). Tegelikule stsenaariumile on mitmes etapis lisatud alternatiivsed võimalused (nt transpordiviisi valik: kaubalaev, veoauto või lennuk), et näidata keskkonnamõju sõltuvust tooteahelas tehtavatest otsustest. Kuna eesmärgiks polnud täieliku LCA läbiviimine, vaid olelusringi mõtteviisi näitlikustamine, ei koondatud ka kõiki tavaliselt LCA käigus kogutavaid andmeid, vaid valiti mõned keskkonnamõõdikud, mis on veebirakenduses esitatud tulpdiaagrammidena. Lisaks protsesside energiatarbele ja kasvuhoonegaaside heitmetele valiti mõõdikuks ka tootesüsteemi veetarve, kuna Vahemere regioonis, kust on pärit enamik suurtootmises kasutatavaid tomateid (*Lycopersicon esculentum*), on vesi piiratud ressurss. Samas tuleb tähele panna, et kuigi energiatarvet kasutatakse sageli keskkonnamõju mõõdikuna, siis ainult energiakulu analüüs ei viita alati keskkonna valupunktidele. Need selguvad alles siis, kui uurida olelusringi mõju globaalsete keskkonnamõjude kategooriate lõikes. Mõõdikute väärtused on väljendatud talitlusühiku (TÜ) ehk antud juhul 1 kilogrammi tarbitud ketšupi kohta.

Tabel 1. Ketšupi olelusring.

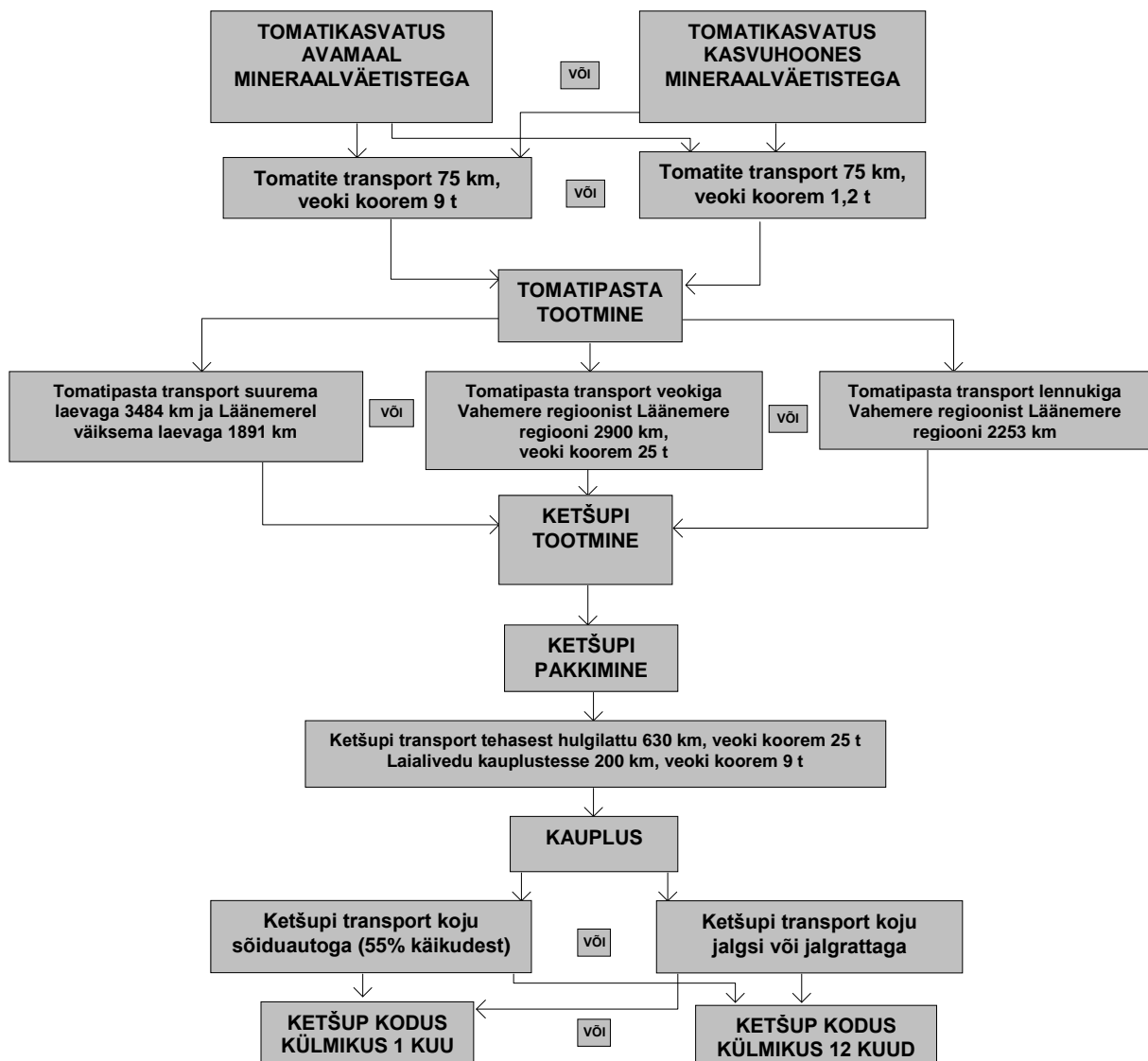
Nr	Olelusringi etapp	Lühikirjeldus
1	Tomatikasvatus	Tomatikasvatus põllul või kasvuhoones Vahemere regioonis, väetamine minaraalväetistega.
2	Tomatite transport tomatipastatehasesse	Tomatite transport tomatikasvatamise piirkonnast tehasesse suurema või väiksema veoautoga.
3	Tomatipasta tootmine	Tomatipasta tootmine saagi koristamise hooajal.
4	Tomatipasta transport ketšupitehasesse	Tomatipasta transport Vahemere regioonist Läänemere regiooni laeva, veoki või lennukiga.
5	Ketšupi tootmine	Ketšupi ja selle koostisesse kuuluvate lisandite (suhkur, äädikas, maitseained) tootmine.
6	Ketšupi pakendamine	Pakendamine 1 kg plastpudelitesse, tomatipasta ja ketšupipakendi kõrvaldamine kasutusest/taaskasutamine.
7	Ketšupi transport hulgilattu	Euroalustel ketšupipudelite vedu poolhaagisveokiga ketšupitehasest hulgilattu.
8	Ketšupi transport kauplusse	Ketšupi vedu veokiga hulgilaost kauplustesse.
9	Ketšupi müük kaupluses	Ketšup on kaupluses avariilil.
10	Ketšupi transport tarbija koju	Umbes pooled ostjad käivad poes autoga või kõik käivad poes jalgsi.
11	Ketšup kodus külmikus	Ketšupit säilitatakse kodus külmkapis 1 kuu või 12 kuud.

Andmed tomatisisalduse kohta tomatipastas ja tomatipasta sisaldusest ketšupis saadi Eesti ketšupimüügi turuliidri tooteinfost (pakendilt ja veebilehelt). Samuti küsiti tootjalt infot veekasutuse kohta tomatipasta ja ketšupi tootmisel ning pakendamisel, kuid paraku saadi

ainult hinnangulised andmed. Nende protsesside energiatarvet ja kasvuhoonegaaside heitmeid puudutavad andmed ning ostukäitumissenaarium pärinevad rootslaste uuringust [4]. Kõik tomatikasvatust puudutavad andmed on hispaanlaste artiklist [2] ja tomatipasta tootmist puudutavad andmed baseeruvad Türgi teadlaste publikatsioonil [3]. Transpordiheitmed, kaupluse ja kodumajapidamise keskkonnakoormus arvutati projekti FOODWEB raames. Osades olelusringi etappides oli veekasutus otsene, teistes kaudne (arvutati, kui palju kulutatakse elektri või kasutatava kütuse tootmiseks vett).

Ketšupi olelusringi etapid

Käesolevas peatükis kirjeldatakse järjest kõiki loetletud ketšupi olelusringi etappe, selgitatakse andmete päritolu ning millised protsessid on eri etappides mõõdiku väärtuste leidmisel arvesse võetud. Kirjeldatavad etapid ja alternatiivid on skemaatiliselt esitatud joonisel 3. Mitmed välja pakutud alternatiivid on ebarealistlikud majanduslikel või sotsiaalsetel põhjustel. Antud juhul on neid kasutatud, et näidata tootjate, tarnijate ja tarbijate valikute mõju toote keskkonnaomadustele.



Joonis 3. Ketšupi olelusringi etapid ja alternatiivid.

Esimene etapp: tomatikasvatus

Läänemere regioonis ei toodeta ketšupit kohalikest tomatist, vaid valitakse ketšupi tähtsaima tooraine – tomatipasta – tarnija maailmaturult. Sõltuvalt turutingimustest tarnijad muutuvad. Meie toodud näites on kasutatud Vahemere regiooni (Itaalia, Hispaania, Portugal jm) toorainet, aga ka maailma suurim tomatikasvataja Hiina on majanduslikult soodne

variant. Parimal praktikal põhinevaid tomatikasvatuse protsesse on olulusringi perspektiivis põhjalikult uuritud Hispaania teadlaste poolt. Käesoleva etapi protsesside kirjeldus ja veebirakenduses kasutatud arvandmed pärinevad nende publitseeritud teadusuuringutest [2].

Alternatiividena on välja pakutud tomatikasvatuse avamaal ja kasvuhoones. Tähtis on mõista, et kuna ketšupi tootmiseks kasvatatav tomat pärineb reeglina Läänemere ümbruse kliimast tunduvalt soojemast regioonist, siis on ka tomatite kasvuhoones kasvatamise põhjused teistsugused. Reeglina kasutatakse odavaid ja lihtsaid kilekasvuhooneid, mille sisekliimat reguleeritakse vähe. 2009. aastal oli Euroopa Liidu lõunaregioonides kokku umbes 90 000 ha kasvuhooneid, neist 54 000 ha Hispaanias. 26% Hispaania kasvuhoonetes kasvatatakse just tomateid.

Tomatikasvatuseks kasutati meie näites nii avamaal kui ka kasvuhoones mineraalväetisi. Väetamisel arutati välja väetiste tegelik vajadus, võttes arvesse toitainete sisaldust pinnases, lämmastikusisaldust kastmisvees, toitainete omastamist taimede poolt ja väetiste koostist. Kasutatud mineraalväetise (HNO_3) arvutuslik kogus oli $151 \text{ g NO}_3^-/\text{m}^3$, koos kastmisvees sisalduva lämmastikuga $192 \text{ g NO}_3^-/\text{m}^3$. Arvestati nii väetiste tootmist, transporti kui ka kastmisveega põllule suunamist. Andmed mineraalväetiste tootmise kohta pärinesid andmebaasist Ecoinvent (<http://www.ecoinvent.ch/>). Need hõlmasid tootmisinfrastruktuuri, tooraine transporti, vajalike kemikaalide sünteesimist ja tekitatud jäätmete ladustamist või töötlust. Vahemere regioonist kasutatavad lämmastikhape (HNO_3), kaaliumnitraat (KNO_3) ja kaaliumsulfaat (K_2SO_4) olid toodetud Saksamaal (transporti kaugus 1950 km, veoki koorma kaal 16 t), aga kaaliumfosfaat (K_3PO_4) toodi Israelist (3020 km kauguselt kaubalaevaga ja veoki koorem oli 3,5–16,0 t). Arvesse võeti ainult ühe suuna vedu, sest tagasiteel veeti mõnda muud kaupa.

Alljärgnevad tomatikasvatuse protsesside kirjeldused avamaal ja kasvuhoones on refereeringud viidatud hispaanlaste artiklist.

Tomatikasvatuse avamaal

Põllumajanduslikud andmed koguti 2007. aasta kevadel ja suvel kahe katsepõllu näitel, mis asusid Maresme maakonnas Kataloonias Hispaanias. Kasvatati antud regiooni enamlevinud avamaa tomatisorti 'ElVirado', istutustihedus oli 2,3 taime ruutmeetri kohta. Katsepõldude mullastikutüübiks on Vahemere piirkonnas tavaline Xerorthent. Katseplokki (üks plokk on kogu tomatikasvatuse protsess algusest lõpuni) korrati neli korda.

Enamik kasutatud veest kulus kastmiseks. Lisaks sadas vihma 105 l/m^2 . Katsepõllult saadi komertssaaki 103 t/ha , mis on Vahemere piirkonna avamaatomaati keskmisest saagikusest (umbes 85 t/ha) suurem.

Väetiste tootmise ja transpordiga seotud protsessidele lisaks võeti arvesse ka teisi tegevusi.

- Taimekaitsevahendite tootmine ja transport. Taimekaitsevahendeid kasutati vastavalt juhendites (taimekaitsevahendite register) soovitatud miinimumile: avamaal 14 korda, korraga kasutati 1–4 tüüpi pestitsiidi segu.
- Kastmissüsteemi rajamine ja jäätmekäitlus. Kastmisveet pumbati elektripumpade abil lähedalasuvatest kaevudest ja vihmutati põllule.

- Töövahendite tootmine, energiatarve, hooldus, transport ja jäätmemajandus. Arvesse võeti nii traktoreid, muid põllumajandusmasinaid kui ka saagikoristuseks vajalike seadmeid.
- Väetisekaod. Kadude arvutamisel kasutati väetise lämmastikuisaldust ja lämmastiku omastamist taimede poolt. Nende põhjal leiti NH₃, N₂O, NO_x ja N₂ heitmed õhku ja nitraatide leostumine vette.
- Kastmisprotsess – möödeti veekulu ja pumpade elektrikulu.
- Tomatitaimede ettekasvatamine põllule istutamiseks. Taimi kasvatati köetavas kasvuhoones, arvesse võeti kasvuhoone rajamist ja kütmist, taimede kastmist, väetamist ning transporti.
- Tomatikasvatusjäätmete käitlemine. Taaskasutatavaid jäätmeid (biojätmed, mittekommertssaak, metallijätmed, tomatikastide plast) arvesse ei võetud. Kastmissüsteemiga seotud jäätmed veeti 48 km kaugusel asuvasse prügilasse veokitega (koorem 3,5–16,0 t) ja nende ladustamisest tekkiv keskkonnamuudatus sõltus nende materjalist.

Tomatikasvatuse kasvuhoones

Hispaania ja Prantsusmaa Vahemere piirkonnas laialt levinud kasvuhoone tomatisorti 'Caramba' kasvatati Vahemere piirkonnale tüüpilises Xerorthent pinnases 2008. aasta kevadel ja suvel Hispaanias Cabrilse piirkonna kasvuhoonetes. Taimede istutustihedus oli 2,8 taime ruutmeetri kohta. Katseplokki (üks plokk on kogu tomatikasvatuse protsess algusest lõpuni) korraldati neli korda.

Kasvuhoones oli kastmisveevajadus 53% väiksem kui avamaal ning päikesekiirgus 25–40% madalam kui väljas. Kuna õhk liigub kasvuhoones vähem, oli ka aurumine ja niiskuskadu väiksem, mis on Vahemereselises poolkuivas kliimas väga tähtis. Teine oluline väiksema veekulu põhjus oli kõrgem saagikus ruutmeetri kohta. Kasvuhoonetele sadanud vihmavesi koguti kokku ja seda kasutati kastmissüsteemis.

Taimekaitsevahendeid kasutati vastavalt juhendites (taimekaitsevahendite register) soovitatud miinimumile – kasvuhoones ainult kaks korda. Võeti arvesse nii kasutatud taimekaitsevahendite tootmist kui ka transporti.

Katsekasvuhoonetes oli kasvuhoonetomati saagikus piirkonna keskmisest (150–200 t/ha) väiksem: kommertssaak oli 159 t/ha. Praaktomateid oli tunduvalt vähem kui avamaal.

Arvesse võeti samu protsesse, mida kirjeldati avamaa tomatikasvatuse alapeatükis, ja ka kasvuhoonega seotud lisaprotsesse.

- Kasvuhoone valmistamine, transport, paigaldamine ning jäätmemajandus. Multitunnelkasvuhoone koosnes kuuest 104 m pikkusest ja 8 m laiusest kaarjast tunnelpaanist. Harja kõrgus oli 5,5 m ja seinade kõrgus 4 m. Kasvuhoone vundament oli betoonist. Terasest karkass oli kaetud 0,2 mm paksuse polüetüleenkilega. Karkassi eeldatav eluiga oli 20 aastat, kilet vahetati iga kolme aasta järel. Karkass toodeti taaskasutatud terasest, komponentidel oli galvaniseeritud pind. Plastosad ei olnud toodetud taaskasutatud materjalist. Kasvuhoone terasjäätmed (karkass, ukse) suunati täielikult taaskasutusse, muud kasutatud materjalid aga prügilasse. Taaskasutati ka 50% plastist ja betoonist.

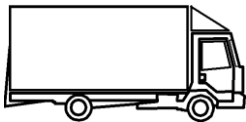
- Kasvuhoone temperatuuri reguleerimine toimus kuue katuseava ja kahe külgava kaudu, mida avati ja suleti 0,75 HJ elektrimootorite abil. Mootorid töötasid päevas keskmiselt kokku 36 minutit.

Teine etapp: tomatite transport tomatipastatehasesse

Tomatipasta tootmine toimub reeglina tomatikasvatamise piirkonnas ja on hooajaline tegevus. Eeldati, et tehas on keskmiselt 75 kilomeetri kaugusel tomatikasvusalast ning veok sõidab põllule tühjana ja naaseb tehasesse tomatikoormaga. Valida on kahe võimaliku veoauto vahel. Andmed veokite heitmete kohta ja ka veoautode joonised pärinevad Soome andmebaasist Lipasto (<http://lipasto.vtt.fi/indexe.htm>). Andmed ei sisalda veokile kauba peale- ja mahalaadimisega seotud keskkonnakoormust, vaid ainult sõiduki diiselmootori heitmeid. Eeldatavasti sõidab veoauto mõlemal juhul tehasesse täiskoormaga. Teekonnast läbitakse 30% maanteel ja ülejäänud väiksematel teedel.

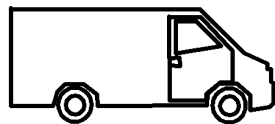
Suurem veok

Veoki mass on 15 t ja kommertskoorma kaal 9 t.



Väiksem veok

Veoki mass on 2,7 t ja kommertskoorma kaal 1,2 t.



Kolmas etapp: tomatipasta tootmine ja pakendamine

Tomatipasta tootmisprotsesside kirjeldus ja veebirakenduses kasutatud arvandmed pärinevad Türgi teadlaste publitseeritud artiklist [3].

Türgis toodetud tomatitest kasutatakse värskest umbes 80%. Ülejäänud töödeldakse ja neist tehakse erinevaid tomatitooteid. Töödeldavatest tomatitest 85% kasutatakse tomatipasta tootmiseks, 10%-st valmistatakse kooritud tomateid, lisaks toodetakse veel tomatimahla või töödeldakse tomateid muul moel.

Maailma suurimaid tomatitootjaid ja -töötlejaid on Hiina, kus toodetakse ka maailmas laialt levinud tööstuslikke seadmeid (<http://www.tomatomachinery.com/>) tomatite töötlemiseks. Ka Türgis on kasutusel Hiina seadmed.

Tomatipastaks töödeldavad tomatid juhatakse pesemiseks veerenni, mille põhjast eemaldatakse pidevalt muda ja kruusa. Kasutatud pesuvesi filtreeritakse ning suunatakse tsentrifugaalsukelpumpade abil uuesti kasutusse. Tomatid suunatakse edasi duši all asuvatel rullikutel sorteerimislauale, kus käsitsi eraldatakse rohelised, mustatäpilised, lõhedega, liiga väikesed ja muud praaktomatid. Selliseid on umbes 5% ning need purustatakse jäätmehundis ja taaskasutatakse tomatipõldude väetamiseks. Pasta tootmiseks purustatakse

tomatid alla 8 mm suurusteks tükkideks, tihendatakse aurutites ning pastöriseeritakse enne pakendamist. Tavaliselt on tomatipasta kuivainesisaldus 28–30 Brix kraadi.

Ketšupi tootmiseks kasutatava tomatipasta pakendamist on uurinud Rootsi teadlased ja sellest saab ülevaate nende avaldatud artiklist [4]. Tomatipasta pakitakse aseptilistesse kottidesse (sisaldavad 7% PETi ja 0,03% alumiiniumi). Igas kotis on 200 liitrit tomatipastat. Kotid paigutatakse omakorda terastünnidesse. Tünnid paigutatakse transpordiks tavalistele kaubaalustele ehk nn euroalustele.

Neljas etapp: tomatipasta transport ketšupitehasesse

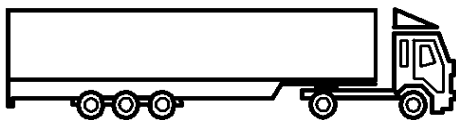
Tomatipasta transpordi kohta koostati kolm stsenaariumi erinevate transpordiliikidega: valida saab vee-, maantee- ja õhustranspordi vahel. Andmed heitmete kohta pärinevad Soome andmebaasist Lipasto. Arvesse on võetud ainult transpordihetmeid, mitte kauba peale- ja mahalaadimist. Eeldati, et tomatipasta toodeti Vahemere regioonis, aga ketšupitehas asub Läänemere regioonis.

Konteinerlaev

Suurem konteinerlaev (kandevõime 32 482 t, 2000 TEU), mis sõidab Vahemerel, transpordib tomatipastakonteineri 3484 km kaugusele Antwerpenisse. Väiksem konteinerlaev (kandevõime 14 000 t, 1000 TEU) viib kauba sealt edasi 1890 km kaugusele mõnda Läänemere sadamasse. TEU on kaubakonteinerite mõõtühik, keskmiselt on ühes konteineris (1 TEU) 9 t laadungit.

Veok

Maanteeveo kaugus on umbes 2900 km. Poolhaagisveoki mass on 40 t, kandevõime 25 t. Arvesse võeti diiselmootori heitmeid maanteesõidul ja eeldusel, et veok oli täiskoormaga ja tagasiteel vedas mingit muud kaupa.



Lennuk

Lennukaugus on umbes 2250 km. Kasutatud andmed kajastavad keskmisi õhustranspordi heitmeid ja energiatarvet Euroopa-sisestel lendudel. Kaupa veetakse vahel ka kaubalennukiga, kuid tavalisem on kauba transportimine reisilennukiga. Viimasel juhul tuleb jagada lennuki energiatarve ja heitmed õiglaselt reisijate ja kauba vahel. Antud juhul jagati need massiproportsiooni põhjal.

Viies etapp: ketšupi tootmine

Andmed selle etapi kohta pärinevad ajakirjas „Journal of Cleaner Production“ ilmunud artiklist [4]. Siin on arvesse võetud järgmisi protsesse:

- suhkru tootmine – suhkrupeedi kasvatamine ja transport, suhkru tootmine ja transport;
- äädika tootmine ja transport;
- maitseainese (ka soola) tootmine ja transport;
- sidrunhappe transport;
- ketšupi tootmine.

Kuues etapp: ketšupi pakkimine ja pakendijäätmete käitlus

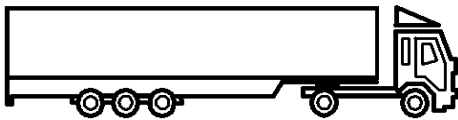
Ketšup pakendatakse ühekilogrammistesse punastesse plastpudelitesse. Pudelite seina sisemine ja välimine kiht on polüpropüleenist (PP), mille vahele on liimitud etüleenvinüülalkoholist (EVOH) barjäärkiht. Andmete puuduse tõttu ei võetud arvesse liimi, EVOHi, pigmenti, etikettide ja tindi tootmist, küll aga nende transporti. EVOH oli pärit Jaapanist ja USAst, muud materjalid Euroopast. Andmeid koguti ka pudelisulgurite tootmise ja transpordi ning villitud pudelite pakkematerjalide (kile, lainepapp) tootmise ja transpordi kohta.

Käesoleva etapi andmed sisaldavad nii tomatipasta kui ka ketšupipakendi käitlemist vastavalt järgmisele stsenaariumile:

- tomatipasta pakendiks kasutatud terasvaatidest 70% taaskasutati ja 30% sattus prügilasse, 80% PPst põletati ja ülejäänud viidi prügilasse, polüetüleen (LDPE) ning euroalused põletati;
- ketšupipakendi LDPE põletati, 80% PPst põletati ja ülejäänud viidi prügilasse, 80% papist taaskasutati ja 20% põletati, samuti põletati euroalused pärast 100-kordset kasutamist.

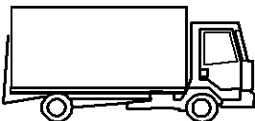
Seitsmes etapp: ketšupi transport hulgilattu

Andmed veokite heitmete kohta pärinevad Soome andmebaasist Lipasto ning ei sisalda veokile kauba peale- ja mahalaadimist, vaid ainult poolhaagisveoki diiselmootori heitmeid. Ketšupit veetakse 40-tonnise veokiga, mille koorem võib olla maksimaalselt 25 t, eeldatavasti on koorem 70% maksimaalsest. Arvutuslik vahemaa tehase ja hulgilao vahel on 630 km. Kasutatud kütusest oli 6% biodiisel (Soome 2011. aasta keskmine).



Kaheksas etapp: ketšupi transport hulgilaost kauplusesse

Andmed veokite heitmete kohta pärinevad Soome andmebaasist Lipasto ning ei sisalda veokile kauba peale- ja mahalaadimist, vaid ainult veoki diiselmootori heitmeid. Transpordiks kasutati 6-tonnise veokit kandevõimega 3,5 t. Maanteeõidu osakaal on 30%, keskmine vahemaa hulgilaost kauplusesse 200 km.



Üheksas etapp: ketšupi müük kaupluses

Info koguti ja andmed arvutati vastavalt Soome Põllumajandusuuringute Keskuse eksperdi Yrjö Virtaneni arvutusmetoodikale ja erikulu parameetritele. Veebirakenduses mõeldakse kaupluse all iseteeninduspoodi.

Ketšup paigutatakse reeglina kaupluses avariilule, külmikus pole suletud pudelit vaja hoida. Arvesse võeti kaupluse kütteeniigiakulu ja elektrikulu ruutmeetri kohta. Selgitati välja ketšupi päevaseks läbimüügiks vajalik kaupluse põrandapind: arvesse võeti nii riulialune pind kui ka riulitevaheline tarbijakoridor. Andmed ketšupi müügi ja selleks vajaliku poepinna

kohta küsiti ühest Eesti kauplusest. Eeldati, et kauplus kasutab Põhjamaade võrguelektrit (<https://www.entsoe.eu/the-association/history/nordel/>). See on mitmesugustest taastumatutest ja taastuvatest ressurssidest (nt kivisüsi, tuul, tuumkütus, vesi jne) toodetud elekter, mida müüakse Põhjamaade elektribörsil. Eestis on enamlevinud põlevkivil põhinev Eesti Energias toodetav elekter.

Kümnes etapp: ketšupi transport kauplusest tarbija koju

Selles etapis võeti arvutuste aluseks rootslaste välja töötatud hinnanguline stsenaarium tarbijate ostukäitumise kohta [4]. Andmed baseeruvad alljärgnevatel eeldustel:

- 55% ostureisidest toimub autoga;
- sõidetud vahemaa on keskmiselt 2,5 km poodi ja sama palju koju;
- korraga ostetakse 10 kg toidukaupu.

Keskkonnakoormus jagati eri ostude vahel kaalu järgi. Alternatiivne võimalus on käia poes jalgsi või jalgrattaga, sel juhul fossiilset kütust ei tarbita ja heitmeid ei teki.

Üheteistkümnes etapp: ketšup tarbija külmikus

Rootslased tegid analüüsi [4], mis seisnes 30 isiku küsitlemises ja nende äravisatavate ketšupipudelite uurimises. Selgus, et ketšupikadu tarbimisfaasis on olenevalt tarbijast väga erinev (0,5–26%) ja ketšupipudel seisab külmikus üks kuni 12 kuud. Hinnanguliselt on mõistlik kadu 5%, mida ka arvutustes eeldati. Keskkonnamõõdikute väärtused arvutati kahele stsenaariumile: esimese kohaselt säilitatakse 1 kg ketšupit külmikus ja tarbitakse seda ühe kuu jooksul, teise puhul kasutatakse kodus külmikus olevat ketšupit terve aasta jooksul.

Eeldati, et keskmisel tarbijal on A-energiaklassi külmik, mis Soome Keskkonnainstituudi eksperdi Tuomas Mattila andmetel tarbib elektrit 1,45 Wh liitri kohta ööpäevas. Eeldati, et kui külmiku riulid ja sahtlid on täis, siis selle mahust on kasutuses umbes 50%, ning tarbija kasutab Põhjamaade võrguelektrit. See on erinevatest taastumatutest ja taastuvatest ressurssidest (nt kivisüsi, tuul, tuumkütus, vesi jne) toodetud elekter, mida müüakse Põhjamaade elektribörsil. Eestis on enamlevinud põlevkivil põhinev Eesti Energias toodetav elekter.

Ketšupi olelusringi keskkonnamõju

Veebirakenduses „Ketšupi olelusring“ valiti mõjude ilmestamiseks kolm lihtsat keskkonnamõõdikut. Energiatarve² ja kasvuhoonegaaside heide³ on universaalsed mõõdikud enamiku toodete puhul. Veetarbe⁴ kohta koguti infot, sest lõunamaades, kus ketšupi tootmiseks tomateid kasvatatakse, on vesi piiratud ressurss. Mõõdikute väärtused väljendati talitlusühiku (TÜ) suhtes vastavalt LCA metoodikale. Käesoleval juhul oli talitlusühikuks 1 kg tarbitud tomatiketšupit. Veebirakenduses kasutatud keskkonnamõõdikute väärtused ketšupi olelusringi etappide kaupa on esitatud tabelis 2. Veebirakenduses mõõdikute väärtused akumulerevad vastavalt etappides tehtud valikutele.

Tabel 2. Keskkonnamõjude mõõdikute väärtused ketšupi olelusringi etappides 1 kg tarbitud tomatiketšupi kohta.

Olelusringi etapp	Energia (MJ/TÜ)	CO ₂ eq (kg/TÜ)	Vesi (l/TÜ)
Tomatikasvatus			
avamaal	4,2210	0,2900	126,9880
kasvuhoones	4,7620	0,2850	73,2047
Tomatite transport tomatipastatehasesse			
suurem veok	0,2451	0,0179	0,0023
väiksem veok	0,8088	0,0561	0,0075
Tomatipasta tootmine	0,6471	0,0500	0,0357
Tomatipasta transport ketšupitehasesse			
konteinerlaev	0,8056	0,0632	0,0078
veok	0,8179	0,0569	0,0074
lennuk	15,2821	1,1389	0,1421
Ketšupi ja selle komponentide tootmine	6,8806	0,4147	1,8375
Ketšupi pakkimine ja pakendijäätmete käitlemine	6,0000	0,2800	0,0000
Ketšupi transport hulgilattu	0,5226	0,0364	0,0047
Ketšupi transport kauplustesse	1,0290	0,0709	0,0093
Ketšupi müük kaupluses	0,1449	0,0441	0,6418
Ketšupi transport kauplusest koju			
55% ostjatest käib poes sõiduautoga	1,2000	0,1400	0,0108
kõik ostjad käivad poes jalgsi või rattaga	0,0000	0,0000	0,0000
Ketšup tarbija külmikus			
1 kuu	0,8832	0,0420	0,6112
12 kuud	10,3990	0,4945	7,1964

² Olelusringis arvesse võetud protsessides tarbitav koguenergia (nt elekter, soojus, kütused). Ühik: MJ/TÜ.

³ Olelusringi uuringus arvesse võetud protsessidest eralduvad globaalset soojenemist põhjustavad heitgaasid arvutatuna süsihappegaasiks. Ühik: kg/TÜ.

⁴ Olelusringis arvesse võetud protsesside otsene või kaudne veekulu (nt kasutatava kütuse või energia tootmiseks vajalik). Ühik: liiter/TÜ.

Kasutatud andmete absoluutväärtustesse tuleb suhtuda teatud reservatsiooniga, kuna need ei põhine korraga läbiviidud värskel LCA uuringul, vaid suures osas eri allikatest koostatud infol. Kogutud andmetega koostati dünaamiline tootemudel tarkvarakeskkonnas KCL-ECO⁵, mis võimaldas arvutada eri etappide mõõdikute väärtused kogu tootesüsteemi talitlusühiku suhtes.

Uuringute peamised tulemused ja soovitused

Alljärgnevalt on refereeritud kasutatud kirjanduses esitatud hinnanguid ja kokkuvõtteid ketšupi olelusringimõju kohta. Hispaania teadlaste uuringu põhjal [2], kus võrreldi muu hulgas ka mineraalväetisi kasutavat tomatikasvatust avamaal ja kasvuhoones, leiti, et saagikus ja kvaliteet on tänu mikroklimaatiliste tingimuste reguleerimisele kasvuhoones kasvatatud tomatitel parem. Samuti kulub vähem kastmisvett ja taimekaitsevahendeid. Samas on kasvuhoonetomatitel veidi kõrgem energiakulu ja ka infrastruktuuri rajamiseks kulub rohkem materjale. Tabelis 3 võrreldakse tomatikasvatamisviiside mõju uuritud globaalsete keskkonnamõjuliikide lõikes.

Tabel 3. Vahemere regioonis kasvatatud avamaa- ja kasvuhoonetomati keskkonnamõju võrdlus uuritud globaalsete keskkonnamõjuliikide osas 1 tonni toodetud kommertstomati kohta [2]. Vähem keskkonnamõju avaldav variant on esitatud absoluutväärtusena ja rohkem keskkonnamõju avaldav variant protsendina.

Keskkonnamõju	Ühik	Avamaatomat	Kasvuhoonetomat
Loodusressursside ammendumine	kg Sb eq·TÜ ⁻¹	9.46E-01	112%
Hapestumine	kg SO ₂ eq·TÜ ⁻¹	8.88E-01	106%
Eutrofeerumine	kg PO ₄ ⁻⁻⁻ eq·TÜ ⁻¹	2.34E-01	149%
Globaalne soojenemine	kg CO ₂ eq·TÜ ⁻¹	102%	1.53E+02
Osoonikihi hõrenemine	kg CFC-11 eq·TÜ ⁻¹	134%	1.39E-05
Fotokeemiline oksüdatsioon	kg C ₂ H ₄ ·TÜ ⁻¹	2.28E-02	140%
Kumulatiivne energiatarve	MJ eq·TÜ ⁻¹	2.26E+03	113%

Kui me vaatame näiteks globaalse soojenemise kategooriat, siis avamaa tomatikasvatuse puhul põhjustab suurima osa keskkonnakoormusest (60%) mineraalväetiste tootmine. Sama kehtib ka kasvuhoonetomati osas – suurima mõjuga (umbes 47%) on väetise tootmine, suuruselt järgmise osakaaluga on aga kasvuhoonega seotud protsessid. Kasvuhoonest tulenevat keskkonnakoormust on võimalik vähendada, kui kärpida materjalide vajadust, kasutada taaskasutatud ja pikaajalisi komponente ning propageerida kohapealsete materjalide kasutamist ja seeläbi vähendada ka transpordi mõju.

Refereeritud artiklis on jõutud järeldusele, et selliste Vahemere regioonis tähtsate kohalike keskkonnamõjude osas nagu pinnase erosioon ja veekasutus oleks vaja luua samuti mõju hindamise mudelid.

⁵ Soomes arendatud spetsiaalne tarkvara LCA andmete koondamiseks ja tootesüsteemide modelleerimiseks (http://www.vtt.fi/research/technology/kcl_eco_software.jsp).

Türgi artiklis [3] on järeldatud, et tomatitöötlemisel kulub märkimisväärselt energiat ja tomatite transpordil eraldub märkimisväärselt kasvuhoonegaase. Seega on vajalik vedude optimeerimine ja sobivusel suuremate veokite kasutamine. Kuigi purustatud tomatitest vee aurustamine on tomatipasta tootmisel suure energiamahukusega, vähendab see protsess tunduvalt toote massi ning seega järgmises etapis pasta transportimiseks vajalikke ressursse ja heitmeid. Kasvuhoonegaaside heitmed sõltuvad otseselt kasutatava energia tootmisviisist. Keskkonnast hoolivad tarbijad võiksid eelistada värskaid tomateid, kuid samas põhjustab tomatipasta tootmine vähem keskkonnamõju kui muud tomatisaadused, nagu näiteks purustatud tomatid või tomatimahl.

Rootslaste uuring [4] hõlmab ainsana kogu ketšupi olelusringi, kuid ka nemad kasutasid paljudes etappides varem teostatud uuringute andmeid. Kergem oli saada infot kütuse- või energiatarbe kui heitmete kohta. Heitmete kohta on saadaval peamiselt need andmed, millele on kehtestatud maksud. Olelusringis kasutusel olevate seadmete tootmist ei võetud andmete kogumisel arvesse. Samas võib see mängida rolli näiteks tomatipasta tootmisel, kuna selleks vajalikke seadmeid kasutatakse hooajaliselt, ainult mõned nädalad aastas.

Mitmetes uuritud keskkonnamõju kategooriates on peamine mõjuallikas ketšupi ja selle lisaainete tootmine ning pakkimine. Eutrofeerumist põhjustab enim tomatikasvatus, NO_x osas on suurim allikas transpordiheitmed. Kõige rohkem toksilisi heitmeid põhjustasid põllumajandus, ketšupi ja selle lisaainete tootmine ning pakkimine. Energiatarbe osas on kriitiline näitaja ka ketšupi säilitamisperiood tarbija külmikus. Samuti on tähtis ostukäitumine (autokasutus, kaugus poest ja korraga ostetava kauba kogus) ja säästlik tarbimine. Näiteks 5% ketšupikadu tarbimisfaasis kasvatab ka 5% keskkonnamõju kogu olelusringi ulatuses (kõik tulemused korrutati 1,05ga). Seega tuleks tulevastes uuringutes kindlasti lähemalt vaadelda toiduainete tarbimisetappi. Samuti väärib enam tähelepanu jäätmekäitlus, kuna selleks kulub märkimisväärselt energiat ja kemikaale ning eraldub heitmeid. Samas on jäätmed (nt toidutööstuse heitvesi) toitainetallikaks ning sobivad ka biogaasi tootmiseks.

Kasutatud kirjandus

- [1]. Talve, S., Põld, E. 2005. Olelusringi hindamine, Pärnu: CyclePlan.
- [2]. Martínez-Blanco, J., Muñoz, P., Antón, A., Rieradevall, J. 2011. Assessment of tomato Mediterranean production in open-field and standard multi-tunnel greenhouse, with compost or mineral fertilizers, from an agricultural and environmental standpoint. *Journal of Cleaner Production*, 19, 985–997 pp.
- [3]. Karakaya, A. M., Özilgen, M. 2011. Energy utilization and carbon dioxide emission in the fresh, paste, whole-peeled, diced, and juiced tomato production processes. *Energy*, 36, 5101–5110 pp.
- [4]. Andersson, K., Ohlsson, T., Olsson, P. 1998. Screening life cycle assessment (LCA) of tomato ketchup: a case study. *Journal of Cleaner Production*, 6, 277–288 pp.