

TTÜ Energiatehnoloogia instituut

**POLÜMEERIJÄÄTMETE JA PÕLEVKIVI
KOOSPÜROLÜÜSIS**

CO-PYROLYSIS OF OIL SHALE AND POLYMER WASTE

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Viktorija Mironova

Üliõpilaskood: 191942MASM

Juhendaja: Alar Konist, professor

Kaasjuhendaja: Olga Pihl, Kütuste tehnoloogia
teadus- ja katselabori
juhataja, PKK

Tallinn 2021

AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

"....." 2021

Autor:

/ allkiri /

Töö vastab magistritööle esitatud nõuetele

"....." 2021

Juhendaja:

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

"....."2021

Kaitsmiskomisjoni esimees

/ nimi ja allkiri /

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Viktorija Mironova, 191942MASM

Õppekava, peeriala: MASM Energiactehnoloogia ja soojusenergeetika

Juhendaja(d): professor, Alar Konist, 620 3907

Kaasjuhendaja: Olga Pihl, PKK laborijuhataja, 372 5247372, olga.pihl@taltech.ee

Lõputöö teema:

Polümeerjäätmete ja põlevkivi koospürolüüsis

Co-pyrolysis of oil shale and polymer waste

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Koospürolüüsi erinevate kütustega uurimine
2. Polümeerjäätmete ja põlevkivi koospürolüüsi katseuuringud
3. Polümeerjäätmel Euroopa Liidus

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Pürolüüsi Fisher-Assay ja TGA meetodi olemus uurimine	31.03.21
2.	Artiklite ülevaade koospürolüüsist põlevkiviga, pruunsüsiga, ligniitiga, biomassiga	10.05.21
3.	Eksperimentaalne uuring Fisher-Assay/TGA: põlevkivi ja plastikute segude PP, PE-HD, PE-LD 50/50 suhtes koospürolüüsis.	14.05.21

Töö keel: eesti keel

Lõputöö esitamise tähtaeg: "25" mai 2021 a.

Üliõpilane: Viktorija Mironova ".....".....2021 a
/allkiri/

Juhendaja: Alar Konist ".....".....2021 a
/allkiri/

Kaasjuhendaja: Olga Pihl ".....".....2021 a
/allkiri/

Programmijuht: Eduard Latõšov ".....".....2021 a
/allkiri/

Kinnise kaitsmise ja/või lõputöö avalikustamise piirangu tingimused formuleeritakse pöördel

SISUKORD

SISUKORD	4
JOONISED	5
TABELID	6
EESSÕNA	7
Lühendite ja tähiste loetelu.....	8
SISSEJUHATUS	9
1 Teoreetiline raamistik.....	10
1.1 Kukersiit – põlevkivi.....	10
1.2 Põlevkivi orgaaniline osa - kerogeen	11
1.3 Kukersiit - põlevkivi mineraalosa	13
1.4 Pürolüüs.....	14
1.4.1 Põlevkivi pürolüüsi standardmeetod Fischer retordis	16
1.5 Koospürolüüs	18
1.5.1 Plastjäätmete keemiline töötlemine	18
1.5.2 Plastjäätmete ja Eesti kukersiidi põlevkivi koospürolüüsis.....	19
1.5.3 Plastjäätmete ja Hiina põlevkivi koospürolüüsis.....	20
1.5.4 Plastjäätmete ja Maroko põlevkivi koospürolüüsis.....	21
1.5.5 Plastjäätmete ja pruunsüsi koospürolüüsis.....	22
1.5.6 Plastjäätmete ja ligniidi koospürolüüsis	23
1.5.7 Plastjäätmete ja biomassi koospürolüüsis	23
2 Polümeerjäätmel Maailmas.....	25
3 Praktiline osa	28
3.1 Analüüside metoodikat	28
3.2 Tulemused ja analüüs	28
3.2.1 Termogravimeetiline analüüs (TGA).....	30
3.3 Järeldused	34
4 KOKKUVÕTE.....	35
SUMMARY.....	37
5 KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU	39
6 LISAD	43

JOONISED

Joonis 1.1 Kukersiidi kerogeeni molekulaarne struktuur.....	12
Joonis 1.2 H/C aatomite suhtarvud erinevates süsivesinike materjalides.....	15
Joonis 1.3 Põlevkivi pürolüüsi illustreeriv diagramm	16
Joonis 1.4 Õli saamine Fisheri retordis.....	17
Joonis 1.5 Pürolüüsitoodete eraldamise skeem	22
Joonis 2.1 Plastide kasutus segmentide järgi 2019 a. (PlasticEurope, 2020)	27
Joonis 3.1 Põlevkivi termilise lagunemise protsess	30
Joonis 3.2 PE-HD termilise lagunemise protsess	31
Joonis 3.3 PE-LD termilise lagunemise protsess	31
Joonis 3.4 PP termilise lagunemise protsess	32
Joonis 3.5 LD-PE koos põlevkiviga termilise lagunemise protsess.....	32

TABELID

Tabel 1.1 Kerogeeni ja nafta koostise võrdlemise tabel.....	11
Tabel 1.2 USA, Hiina, Pakistani ja Eesti põlevkivi koostise võrdlus.	13
Tabel 1.3 Põlevkivi mineraalosa peamiste mineraalide sisaldus erinevate allikate andmeil	13
Tabel 1.4 Põlevkivi kerogeen termilise destruktsiooni etapid	17
Tabel 2.1 Plastide klassifikatsioon	25
Tabel 3.1 Plastjätmete omadused	28
Tabel 3.2 Põlevkivi omadused	29
Tabel 3.3 Koospürolüüsi produktide saagis tabel.....	29
Tabel 3.4 Põlevkivi ja plastide segu karakteristikud.....	33

EESSÕNA

Antud magistritöö teema tulenes autori huvist analüüsida plastjätmete kogus Maailmas ja Euroopa Liidus ning uurida põlevkivi ja plastjätmete koospürolüüsis vedelkütuse saamise võimalust.

Autor soovib tänada oma kaasjuhendajat, TalTech Virumaa kolledži PKK laborijuhatajat Olga Pihli, kes aitas autorit lõputöö koostamisel ning pakkus välja erinevaid materjale lõputöös kasutamiseks. Samuti soovib autor tänada lõputöö juhendajat, professorit Alar Konistit, kes aitas töö sisu ning teema kujundada. Viimasena soovib autor tänada kõiki, kes teda toetasid ning aitasid kaasa lõputöö valmimisele.

Lühendite ja tähiste loetelu

CFB - circulating fluidized bed (*keevkihtpõletuskatel*)

PC - pulverized coal-fired boiler (*pulbriga kivisöeküttekatel*)

µm - mikromeeter

D - diameeter

THF - tetrahüdrofuraan

TGA - termogravimeetiline analüüs

SV - süsivesinikud

PE - polüetüleen

PE-LD - väikese tihedusega polüetüleen

PE-HD - suure tihedusega polüetüleen

PET - polüetüleentereftalaat

PP - polüpropüleen

PS - polüstüreen

PVC - polüvinüülkloriid

SISSEJUHATUS

Jäätmevaldkonna eesmärk on taaskasutada võimalikult palju tarbimisest üle jäävaid materjale ehk jäätmeid. Seejuures on kõige olulisem vältida jäätmete tekkimist [1]. Urbaniseerumise arenguga kasvab kiiresti olmejäätmete arv aastas. Olmejäätmete kõrvaldamine on muutunud ülemaailmseks probleemiks.

Euroopa ja Kesk-Aasia piirkond tekitasid 2016. aastal 392 miljonit tonni jäätmeid ehk 1,18 kg inimese kohta iga päev. 2019. aastal oli ülemaailmne plastitootmise ulatus peaaegu 370 miljoni tonnini. Euroopa ulatus plastitootmine ulatus peaaegu 58 miljoni tonnini. Umbes kolmveerand jäätmetest on võimalik taaskasutada ringlussevõtu või orgaanilise käitluse kaudu, kuid praegu kaetakse ainult 31% jäätmematerjalidest taas ringlussevõtu ja kompostimise teel. Selline jäätmemahut ei kahjusta mitte ainult seda kohta, kus see asub ja põhjustab elanikkonnale haigusi, vaid halvendab ka õhukvaliteeti ja kiirendab kliimamuutust. 2016. aastal tekkis jäätmete ebaõigel töötlemisel 1,6 miljardit tonni süsinikdioksiidi ekvivalentset gaasi, mis moodustas 5% kogu maailma heitkogustest.

Plasti ringlusesse võtmine on liikmesriikides praegu väga erinev. Näiteks Eesti, Soome, Malta ja Prantsusmaa suunavad taaskasutusse vähem kui kolmandiku plastijäätmetest. Samas Leedu, Küpros ja Bulgaaria võtavad ringlusse kuni 75 protsenti plastist.

Ringmajanduse poole liikumiseks esitas Euroopa Komisjon 2015. aasta detsembris esimese ringmajanduse paketi, mis sisaldas läbivaadatud seadusandlikke ettepanekuid jäätmete kohta (EC, 2019), samuti tervikliku ringmajanduse tegevuskava. Selles tegevuskavas kirjeldatakse *Circular Economy Action Plan* kui majandussüsteemi, kus toodete, materjalide ja ressursside väärtus säilitatakse majanduses nii kaua kui võimalik ja jäätmete teke minimeeritakse.

Lõputöö eesmärgiks oli uurida polümeerjäätmete statistika ning põlevkivi koospürolüüsis vedelkütuse saamise võimalust.

Töö jaguneb neljaks osaks. Esimene peatükk on teoreetiline osa, mis aitab autori tegevust paremini mõtestada. Uuritakse artiklite põhjal põlevkivi ja polümeerjäätmete koospürolüüsi võimalusi, lisaks vaadatakse polümeerjäätmete koospürolüüsi erinevate teiste kütustega. Teises osas kogub autor plastjäätmete andmed analüüsiks, analüüsib plastjäätmete kogust Maailmas ja Euroopa Liidus. Võetakse aluseks European Commission Eurostat database. Kolmandas osas uuriti põlevkivi koospürolüüsis vedelkütuse saamise võimalust. Uuringud viidi läbi TalTech Virumaa kolledži Põlevkivi kompetentsikeskuses, kus uuriti erinevate plastikute pürolüüse ja koospürolüüse koos põlevkiviga ning termogravimeetrilise analüüsi (TGA). Lisaks lõputöösse on lisatud Euroopa Liidu plastjäätmete kogumahu graafikut 20 segmentide järgi, mis annab ülevaade plastjäätmete impordi võimalustest.

1 Teoreetiline raamistik

1.1 Kukersiit – põlevkivi

Põlevkivi on Eesti primaarenergia ressurss, kusjuures ligikaudu 90% tarbitavast elektrist toodetakse põlevkivist. Täna on riigi põlevkivikasutus maailma suurim. Suurem osa põlevkivist, umbes 12 miljonit tonni aastas, kasutatakse elektritootmiseks CFB ja pulbristatud põletamise (PC) tehnoloogiate abil [2].

Pole teada, kes ja kuidas avastas Eestis kukersiidi. Esimesed Kirjalikud teated kukersiidi kohta pärinevad 1777. aastast Põltsamaa kirikuõpetajalt A.W.Hupelilt [3].

Esimese teadusliku artikli põlevkivist publitseeris Peterburi akadeemik J.G.Georgi 1791 aastal, mis põhines Kohala mõisa maadelt (9 km Rakverest kirdes) saadud proovidel. Oma uurimistöökäigus jõudis ta esimesena järeldusele, et seda kivimit saab kasutada soojuse ja tõrva tootmiseks [3].

Fr. Schmidt (1858, 1881) eraldas oma Baltikumi stratigraafia-alaste uurimiste käigus Kukruse mõisa (*saksa k. Kuckers*) lähedal, 5 km Kohtla-Järvest idas, kõige paksemad põlevkivikihid Kukruse lademeks. Siit sai põlevkivi oma praeguseks üldtunnustatud „kukersiidi“ nime [3]. 1917. aastal botaanik M. Zalessky, uurides mikroskoopiliselt põlevkivi kirjeldas kerogeenis olevaid ovaalseid kehasid, tõlgendas neid kui väljasurnud mikroorganismi jäänuseid ja nimetas seda organismi „*Gloeocapsomorpha prisca*“ morfoloogilise sarnasuse tõttu niisketel kivimitel esineva säilinud tsüanobakteriga *Gloeocapsa quater-nata* Kützing [4]. Tõllal arvati, et põlevkivi võib kasutada tahke kütusena, pärast ümbertöötamist ka vedela ja gaasilise kütusena, kuid tema kasutamist ei peetud põlevkivikihtide väikese paksuse ja suure tuhasuse tõttu majanduslikult otstarbekaks [3]. Huvi põlevkivi vastu hakkas kasvama pärast 1910. aastat, kui maailmaturul tõusis nafta ja söe hind. Pidev põlevkivi kaevandamine algas 1918. aastal, niipea kui Eesti iseseisvus. Esimesel aastal kaevandati ligi 17 tuhat tonni maavara. Kuni 1924. aastani kasutati põlevkivi vaid tahke kütusena tsemenditööstuses, vedurite ja majapidamiste kütteks [3].

Esimesed katsed põlevkivist õli toota tehti 1919. aastal Tallinna sadamatehasest. Kukersiidi orgaanilise aine iseärasus ei võimaldanud neid otse kasutada ja tuli teha palju konstruktsioonilisi muudatusi. Lõpuks kujunes kukersiidist õli saamiseks välja kolm süsteemi: generaatorid, tunnelahjud ja pöörlevad horisontaalretordid [3].

Energeetikas algas põlevkivi kasutamine 1924. aastal Tallinna elektrijaama üleviimisega põlevkiviküttele, hiljem viidi samale küttele Püssi, Kunda ja Kiviõli soojuselektrijaamad [3].

1940. aastaks oli kaevandatud 11 mln t põlevkivi ja aastatoodang tõusis 1,7 mln tonnini [3]. Kuni 1990. aastate lõpuni tootsid põlevkivikaevandused igal aastal 12 –13 miljonit tonni põlevkiviõli [5]. 2006. aastaks, pärast 90 aastat kestnud suurt kaevandamist Eestis, jõudis kaevandatud põlevkivi ühe miljardi tonnini [5]. Suurem osa kaevandatud põlevkivist kasutati elektri jaamades; seega 2012. aastal kasutati 70% kaevandatud põlevkivist elektri tootmiseks, 27% põlevkiviõli tootmiseks ning 3% soojusenergia, tsemendi ja keemiatoodete tootmiseks [5]. Ajavahemikul 2007–2013 aasta kaevandati kokku 100 743,7 tuh t põlevkivi. Kaevandatud kogus 2019 aastal oli 12 063 tuh t [6].

1.2 Põlevkivi orgaaniline osa - kerogeen

Kukersiitpõlevkivi kasulik komponent, orgaaniline osa, kerogeen kujutab endast orgaanilistes lahustites praktiliselt lahustumatut amorfsset kõrgmolekulaarset tahket ainet [7]. Kerogeen on tumeda helepruuni värvi. See moodustab põlevkivimaterjali sees 20–150 µm mõõtmetega väikeseid hüübeid. Kerogeen on keerulise struktuuri kõrgmolekulaarne heteroatomiline aine. Ainult väike osa kerogeenist on lahustitega ekstraheeritav toatemperatuuril ja normaalrõhul. Kerogeeni väheoluline lahustuvus annab alust arvata, et selle makromolekulid on kolmemõõtmelise struktuuriga ja suhteliselt suured [8]. Tema elementaarne koostis kõigub erinevates kihtides vähe. Näiteks mahuvad kahe peamise elemendi – süsiniku ja vesiniku sisaldused piiridesse vastavalt 77,1...77,8% ja 9,49...9,82% [8]. On kindlaks tehtud, et kerogeenil on järgmine keskmine koostis : süsinik – 77,0%, vesinik – 9,68%, hapnik – 10,6%, lämmastik – 0,36%, kloor – 0,72 % ja väävel 1,7% [9]. Antud süsinike aatomite hulk annab tulemuseks mudeli suuruse ca. 6000 D, mis tähistab kõiki põhielemente kerogeenis rohkesti $\geq 0,3\%$.

Kerogeenile on iseloomulik kõrge hapnikusisaldus, ning selle arvel väiksem süsiniku ja vesiniku sisaldus, võrreldes naftaga Tabel 1.1 [7].

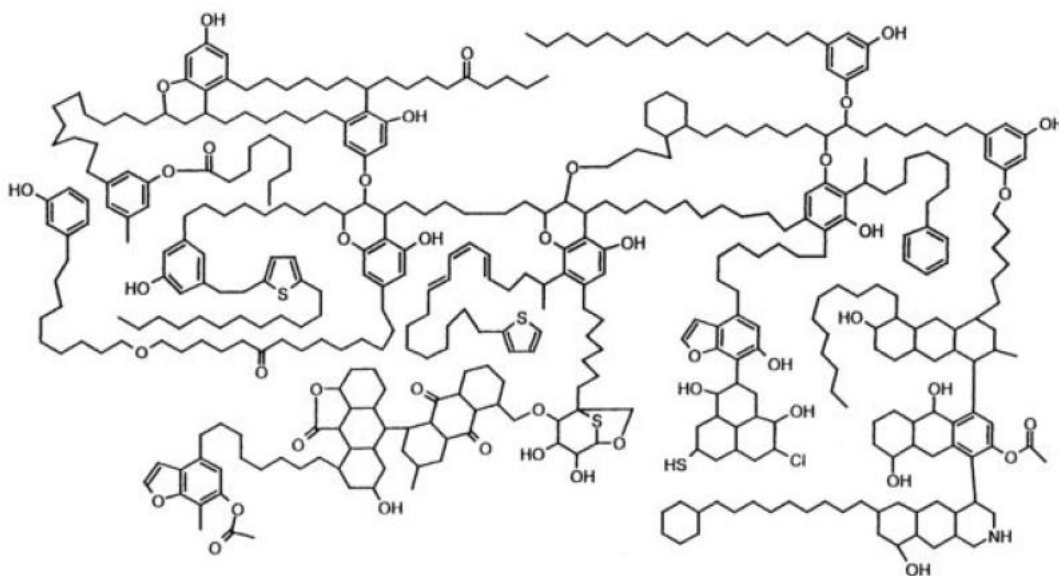
Tabel 1.1 Kerogeeni ja nafta koostise võrdlemise tabel

Kütus	Elementaarkoostis (%)			Suhe	
	C	H	O	H/C	O/C
Kerogeen	77,0	9,68	10,6	0,125	0,143
Nafta	84,5	12,5	1,2	0,148	0,014

Kerogeen, võrreldes naftaga ja bituumeniga, ei lahustu tavaliselt kasutatavates orgaanilistes lahustites ja on suurim nafta ja maagaasi allikas. Selle keskmine molekulmass on suurusjärgus 3000 ja selle valem on $C_{200}H_{300}SN_5O_{11}$ [9]. Kukersiidi kerogeeni molekulaarne struktuur esitatud Joonis 1.1.

Kerogeen on segatud mineraalidega põlevkivis, selle eraldamine on keeruline protseduur. Orgaaniline aine põlevkivis jaguneb mitmesse klassi sõltuvalt selle koostisest ja päritolust. See saavutatakse tavaliselt van Kreveleni diagrammide, süsinikühendite H/C ja O/C aatomi suhte graafikute abil. I ja II tüüpi kerogeenil on suhteliselt kõrge H/C ja madalam O/C suhe ning need on enamiku maailma toornafta allikas. Eesti põlevkivis on suhteliselt palju karbonaatmineraale, mille H/C ja O/C aatomite suhe on vastavalt 1,4 - 1,5 ja 0,16 - 0,2. Seega on raske kindlaks teha, kas see sisaldab I või II tüüpi kerogeeni [10].

Nagu on näha Joonis 1.1 struktuuri aluseks n-alküül asendatud resortsinoolid, mis on ühendatud C-C ja C-O sidemetega [11].



Joonis 1.1 Kukersiidi kerogeeni molekulaarne struktuur

Põlevkivi koostis on oma päritolust väga sõltuv, Tabel 1.2 esitatud mõnede USA, Hiina, Pakistani ja Eesti põlevkivi koostise järgi võrdlus [10].

Tabel 1.2 USA, Hiina, Pakistani ja Eesti põlevkivi koostise võrdlus.

Koostis	Green River	Eesti	Hiina	Pakistani
niiskus	1,6	1,3	2,5 – 6,0	1 – 5,5
lenduv aine	pole määratud	46,2	9,7 – 39,4	29,0 – 34,4
fikseeritud süsinik	pole määratud	4,6	1,6 – 13,6	3,2 – 4,1
tuhk	74,0	47,9	56,9 – 89,3	61,3 – 67,7
C ^{kokku}	17,6 – 25,4	30,5	9,7 – 29,2	24,4 – 32,2
H	1,5 – 2,7	2,7	1,0 – 4,3	2,9 – 3,0
N	0,3 – 0,7	0,2	0,3 – 0,8	0,1 – 0,5
S	0,3 – 0,9	0,5	4,4 – 5,7	0,0 – 0,4

1.3 Kukersiit - põlevkivi mineraalosa

Põlevkivi mineraalosa koosneb peamiselt karbonaatidest, savimineraalidest ja kvartsist. Vähem leidub püriiti ja markasiiti (mõlemad valemiga FeS_2) ja teisi mineraale. Peamiste mineraalide sisaldus erinevate uurijate andmetel on mõningal määral erinev, seetõttu töös on toodud nende arvude vahemikena Tabel 1.3 [7].

Tabel 1.3 Põlevkivi mineraalosa peamiste mineraalide sisaldus erinevate allikate andmeil

Mineraalid	Alampiir, %	Ülempiir, %
Karbonaadid, CaCO_3 ($\text{CaO} + \text{CO}_2$)	64,0	56,8
Magneesiumkarbonaat, MgCO_3	1,9	5,2
Kvarts, SiO_2	8,5	14,7
Alumosilikaadid (identifitseerimata)	12,6	-
Ortoklass, $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$	8,5	4,7
Limoniit, $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	-	2,7

Kips, CaSO ₄	0,8	-
Markasiit, FeS ₂	-	4,5
Püriit, FeS ₂	3,1	-
CaO „orgaaniline“	0,4	-
MgO „orgaaniline“	0,2	-

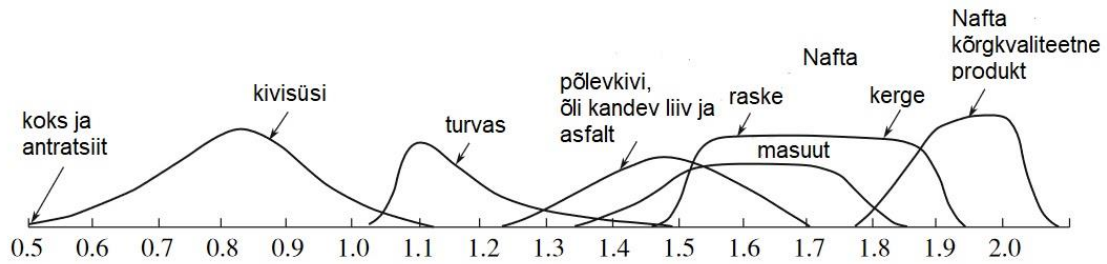
1.4 Pürolüüs

Põlevkivi maailmaressursid põlevkiviõlibaasil on umbes 2,9 miljardit barrelit. Majanduslikult otstarbekas põlevkivi töötlemine teostatakse vaid vähestes riikides. Intensiivsed ja arendustööd on käimas: Ameerika Ühendriikides, Brasiilias, Hiinas, Austraalias, Iisraelis, Venemaal ja Eestis.

Põlevkivi muundamist kütuseks ja keemiatoodeteks saab teha kahel viisil: esiteks gaasistamise teel, mille käigus põlevkivi orgaaniline aine muundatakse süsinikoksiidide ja vesiniku seguks ning teiseks pürolüüsi teel gaasiliste, vedelate ja tahkete toodete moodustamisega. Teine töötlemisviis rakendati praktikas. Vedelkütuse ja gaasi toorainete pürolüüsi kineetika ja mehhanismi ning protsessi - ja protsessimudelite rakendamise kohta on kogunenud suur hulk andmeid, uuringud tahkekütuse, eelkõige põlevkivi pürolüüsi kohta veel uurimisjärgus [13].

Mõistet pürolüüs kasutatakse vedelõli ja gaasi toorainete termilise lagunemise erinevate meetodite puhul koos olefiini ja aromaatsete ühendite tootmisega. Tahkekütuste puhul kasutatakse üldmõiste pürolüüsi asemel termineid „kuiv destilleerimine“, „madala temperatuuriga karboniseerimine“, „poolkoksimine“ ja „koksimine“. Need protsessid erinevad protsessitingimustes, eelkõige, temperatuurist [13]. Põlevkivi puhul kasutatakse põlevkiviõli tootmiseks pürolüüsi. Põlevkivi pürolüüs toimub õhu puudumisel temperatuuril 450–550 °C, kuid sellised temperatuurid ei lagune mineraalainet. Katsed põlevkivi pürolüüsil näitavad, et põlevkivi devolatiliseerimine toimub peamiselt temperatuurivahemikus 200 – 600°C [14].

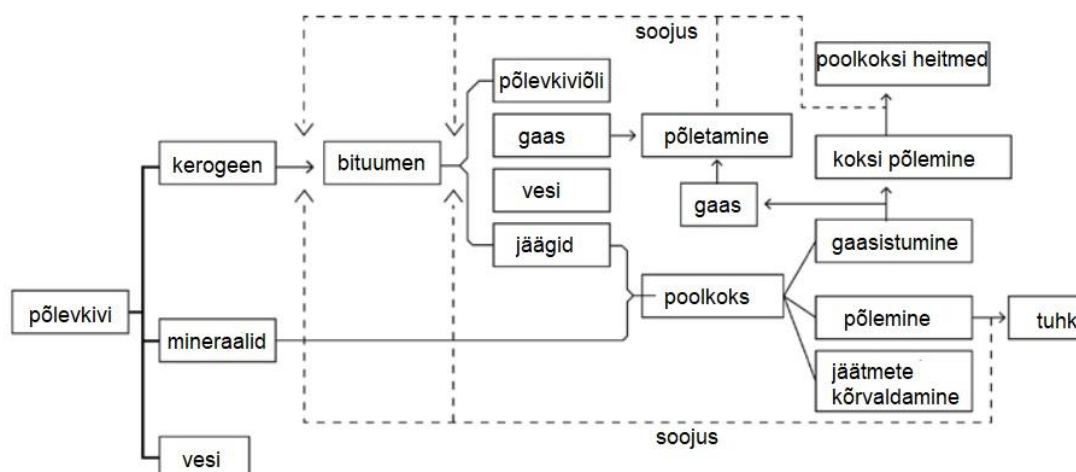
Põlevkivi kõige olulisemad eelised teiste tahkete fossiilkütuste ees on orgaaniliste ainete kõrge H/C aatomi suhe, mis mõnel juhul on isegi 1,7 (nafta 1,9; kivisüsi 0,4–1,0), ja ainulaadne orgaaniline aine koostis, mis võimaldab saada laias valikus keemilisi tooteid, sealhulgas mootorikütuseid ja esmaklassilisi määrdeõlisid. Joonis 1.2 on kujutatud H/C aatomite suhe erinevates süsivesinikmaterjalides ja lõpptoodetes [12].



Joonis 1.2 H/C aatomite suhtarvud erinevates süsivesinike materjalides

Pürolüüsitehnoloogia on kõige perspektiivne termiline muundamise meetod, mis suudab pehmetes tingimustes toota kütuseid, funktsionaalseid materjale ja kõrge lisandväärtusega kemikaale. Põlevkivi kerogeeni termiline lagundamine on keeruline keemiline protsess, millega kaasneb suures koguses süsinikdioksiidi, vesiniksulfiidi, süsinikmonooksiidi, veeauru, metaani ja muid gaasilisi tooteid sisaldavate gaaside eraldamine. Samuti põlevkiviõli erinevate keemistemperatuuridega vedelate ainete segu (normaaltemperatuuril). Nende ainete seas esineb mitmesuguste klasside orgaanilisi ühendeid. See lai valik põlevkivi termilisel töötlemisel saadud tooteid tekitab raskusi pürolüüsi kineetika ja mehhanismi määramisel. Põlevkivi pürolüüsi käigus tekivad krakkimis - ja koksimisreaktsioonid, mis vähendavad põlevkiviõli saagis, sõltuvad mitmetest parameetritest nagu küttekiirus, temperatuur, reaktori konstruktsioon, gaasiatmosfäär (veeaur, lämmastik või vesinik) ning pürolüüsitoodete eluaeg reaktoris [12].

Pürolüüsi (kuumutamise) protsessi võib jagada kolmeks osaks: esiteks kandub kuumus põlevkiviosakese pinnalt selle sisemusse. Teine osa koosneb pürolüüsist, mille puhul termiliselt lagundades toodetakse põlevkiviõli, põlevgaasi ja koksi. Kolmandas osas transporditakse tekkinud põlevkiviõli aur ja kildagaas retordipinnale. Lõpuks veetakse kolmandas osas arenenud põlevkiviõli auru ja põlevgaasi retordi pinnale [12]. Joonis 1.3 on esitatud põlevkivi pürolüüs protsessi üldine diagramm. Põlevkivi on keeruline segu kerogeenist, mineraalidest ja veest. Kerogeen on orgaaniline fraktsioon, mis koosneb süsinikust, vesinikust, väävlisest ja hapnikust kompleksse. Selle makromolekulaarse iseloomu tõttu ei saa tavaliste lahustitega ekstraheerida. Seega tuleb soojendada, et lõhkuda kerogeeni võrgu struktuur ja vabastada õli. Põlevkivi kütmisel õhu puudumisel aetakse kõigepealt jääkniiskus maha ja seejärel muundatakse kerogeen esialgu selle järgi, mida nimetatakse bituumeniks. Moodustunud bituumen termiliselt laguneb põlevkiviõliliks, gaasiks, karbonaatseteks jääkideks ja pürolüütiliseks veeks, mille hulgas on põlevkiviosakese maatriksist pärinev põlevkiviõli, gaas ja veepuhastus (aurustumine) [13].



Joonis 1.3 Põlevkivi pürolüüsi illustreeriv diagramm

1.4.1 Põlevkivi pürolüüsi standardmeetod Fischer retordis

Põlevkivi pürolüüsi standardmeetodi olemus vastab standardile ISO 647:2017 „Brown coals and lignites - Determination of the yields of tar, water, gas and coke residue by low temperature distillation“. Põlevkivi kuumutatakse alumiiniumist retordis temperatuuril 520 °C 80 minutit. Kaane koonilise osa määratakse kergelt Apiezon’ga ja retordi kaane pööramisega suletakse. Retort asetatakse jahutusvedeliku ja vastuvõtukolb asetatakse jahutusvannile ning kontrollitakse seadme gaasikindlust. Lagunemisaineid, veega jahutatud, sisenevad vastuvõtjasse; õli ja vesi kondenseeruvad ning gaasilised ained eralduvad atmosfääri. Vee kogumass vastuvõtjas koosneb proovis sisalduvast niiskusest ja pürogeensest veest, mis moodustub kütuse lagunemisel. Põlevkivi kerogeen läbib järgmised termilise destruktsiooni etapid (olenemata kasutatud soojuskandjast ja pürolüüsi protsessi kiirusest) Põlevkivi kerogeen termilise destruktsiooni etapid on toodud Tabel 1.4. Lisades eraldi tolueeni arvutatakse õli vee tasakaalu kogus. Gaasi väljumine protsentides (pluss veed) saab lahutada 100% poolkoksi väljunditest, muuladest ja pürogeenilisest veest protsentides. Katse perioodi lõpus lülitatakse küte välja ja jäetakse 10 minutiks seisma, et väljalasketorust jääk õli saaks vastuvõtja kolvi voolata. Analüüsi tulemused esitavad analüütilise ja kuiva kütuse arvutuse [15]. Põlevkivi pürolüüsi standardmeetod Fischer retordis on esitatud Joonis 1.4

Tabel 1.4 Põlevkivi kerogeen termilise destruktsiooni etapid

Temperatuur, °C	Protsess
100...105	Mehaaniliselt seotud vee eraldamine
170...180	Põlevkivis adsorbeeritud gaasid eralduvad
270...290	Pürogeense vee eraldamine, CO ₂ ja SO ₂
325...350	Tõrva ja süsivesinikgaaside eraldumise algus
325...390	Termiline bituumeni moodustumine
420...450	Termilise lagunemise aktiivne piir
450...500	Poolkokseerimine lõpeb, jääb poolkoks
>500	Poolkoksi toodete pürolüüsi sekundaarsed protsessid



Joonis 1.4 Õli saamine Fisheri retordis

1.5 Koospürolüüs

1.5.1 Plastjätmete keemiline töötlemine

Sünteesilise polümeeri jäätmed, sealhulgas plast, termoplastiline elastomeer (TPE) jne, on suure C-, H- ja kõrge kütteväärtusega olmejäätmete põhikomponent. Seda hallatakse peamiselt ringlussevõtu ja prügilate kaudu. Üle 80% sünteesilise polümeeri jäätmetest ei töödelda mehaanilise ringlussevõtu meetoditega, mis looduslikult peaaegu ei lagune ja põhjustada keskkonnareostust. Hiljuti on teadlased näidanud kasvavat huvi termokeemiliste muundamistehnoloogiate vastu, nagu gaasistamine, plasmakaare gaasistamine ja pürolüüs [16]. Plastjätmete vedeldamiseks plastjätmed, võib pürolüüs olla sobiv viis ringlussevõtuks, see pakub suurt huvi nii majanduslikult kui ka keskkonnalt [20].

Palju tähelepanu on suunatud plastjätmete kasutamisele ja kombinatsioon põlevkiviga. Huvi on märkimisväärne põlevkivi segatud plastjätmete tõhusaks muundamiseks põlevkiviõli kütuseks või muudeks väärtuslikeks toodeteks. Kõrge teisendustõhusus on saadud põlevkivi koos plastjätmetega töötlemisel [20]. Selle argumendiks on see, et plastmassil on kõrge vesinikusisaldus ja seetõttu võib olla odav vesinikuallikas. Teiseks plastjätmete koospürolüüs põlevkiviga uuritakse ka praegu kui teostatavat töötlemist plastjätmete meetod, mille eesmärk on toota kütuseid või kemikaalide lähteained kui ka alternatiiv nafta kütusele. Rikkaliku süsivesinike ressursside õli lisamine plastjätmete pürolüüsil ei anna mitte ainult täiendavat süsivesinike lähteainet, vaid suurendab ka kütuste ja keemiliste lähteainete koguste tootmisvõimsust. Põlevkivi ja jäätmeplasti koostöötlemise otstarbekus sõltub põlevkivi liigist, plasti ja katsetingimustest [20]. Plastjätmeid võib töödelda erinevalt, olenevalt nende keemilisest struktuurist ja saadavatest produktidest, kas hüdrolüüsi, fraktsioneeriva lahustamise või termilise destruktsiooni teel [17].

Hüdrolüüsi suhtes on tundlikud need polümeerid, mille struktuuris on atsetaal-, amiid-, ester- ja eetersidemed. Polüestrid (nt. PET), polükarbonaadid ja polüamiidid lagunevad vee toimel. Hüdrolüüsdestruktsioon toimub alati funktsionaalsete rühmade kohal, näiteks polüuretaani molekul, mis sisaldab rühma (-NHC-O-), võib katkeda vee liitumisel uretaani rühmaga. Saadusteks on kahealuselised happed ja alkoholid, monomeerid, diamiinid jne. Hüdrolüüsdestruktsiooniga analoogselt toimub ka reaktsioon madalmolekulaarse glükooli, näiteks metüleen- või etüleenglükooli juuresolekul. Polüuretaani jaoks loetakse glükoolüüsi majanduslikult ja tehnoloogiliselt kõige sobivamaks protsessiks. Peenestatud vahtpolüuretaani töödeldakse glükooliga 200 °C juures lämmastiku atmosfääris [17].

Polümeeride fraktsioneeriv lahustamine. Kasutatakse seguplastmasside lahutamiseks, kuna plastmassid lahustuvad erinevates lahustites erinevalt. Võib kasutada ka sama lahustit erinevatel temperatuuridel. Seitsme enam levinud plastmassi lahustamiseks kasutatakse ksüleeni, ka diklorometaani, metüleenkloriidi või tetrahüdrofuraani. Temperatuur tõstetakse 70 °C (PS) kuni 135 °C (PET). Superkriitiliste lahustite abil saab eemaldada trükiplaatidelt mürgiseid materjale [17].

Termooksüdeerival destruktsioonil tekivad hapniku juuresolekul PE pürolüüsi-produktidena süsivesinikud, mille fraktsioneerimisel ja töötlemisel on võimalik toota happeid, alkohole, pindaktiivseid aineid, plastifikaatoreid, valgukontsentraate ning määrdeaineid [17].

Pürolüüsi abil on võimalik saada vesinikurikastest sirgete ahelatega polüolefiinsetest (PE, PP) plastjätmetest mootorikütuseid ja kütteõli. Plastjätmeid võib tinglikult vaadelda kui tahket naftat, mis laguneb temperatuuril üle 300 °C süsivesinikeks. Õli saagis sõltub polümeeri liigist. Probleemiks on PVC-st eralduv soolhape (58% polümeeri massist) ja dioksiini moodustumise oht. PS rikastab pürolüüsiõli aroomaatsete monomeeridega (tolueen, ksüleen, stüreen), mis teatud koguseni tõstavad diislikütuse tsetaaniarvu [17].

Koospürolüüs. PVC-sisaldusega plast- ja puidujätmete koospürolüüs vähendab saadava pürolüüsiõli kloorisisaldust. Uuritud on veel õli saamist põlevkivi, kivisöe jt fossiilkütuste pürolüüsil koos PE, PS, nailoni jt polümeeridega, sh vesiniku ülekannet vesinikurikkalt plastmassilt ja kopürolüüsi sünergeetilisi efekte ning Türgi põlevkivi mineraalosa katalüütilist mõju [17].

Katalüsaatorite toime uurimine on samuti üheks tähtsaks uurimissuunaks plastjätmete vedeldamisel. Hüdrogeenimine vähendab heteroatomite (Cl, N, O, S) üleminekut plastjätmetest saadava vedelkütuse koostisse. Kloori sisaldavate plastjätmete deklorimine vedelkütuste saamiseks on peamisi uurimissuundi [17].

1.5.2 Plastjätmete ja Eesti kukersiidi põlevkivi koospürolüüsis

L. Tiikma, ja teised [18] uuriti erineva koostisega plastjätmete pürolüüsi ja nende kopürolüüsi koos põlevkiviga ning põlevkivikeemiatööstuse põhilise jätme poolkoksiga, kasutades selleks põlevkivi töötlemise seadmeid. Polüolefiinide (LDPE, HDPE ja PP) pürolüüs viidi läbi Fischeri retordis standardtingimustel lõpptemperatuuril kuni 520 °C. Saadi gaasiline ja vedel või vahataoline produkt, mis destilleeriti fraktsioonideks alla 250, 250–300 ja üle 300 °C. Kõige rohkem annab vedelprodukti LDPE, sellele järgnevad HDPE ja PP, kusjuures PP-st saadi vedellaguprodukt, PE-st saadu oli enamasti vahataoline. Alla 250 °C keeva fraktsiooni osatähtsus suureneb PE pürolüüsil koos

põlevkiviga. Ülemääraselt suur osa on kõrge keemistemperatuuriga fraktsioonil kõigi plastmasside vedelproduktides, arvestades, et diislikütusel peab 90% õlist destilleeruma alla 360 °C. Järelikult retordis standardtingimustel pürolüüsides ei olepolüolefiinide molekulide lagunemisaste piisav. Järgmine katsete seeria viidi läbi 20 ml autoklaavides. Pürolüüsil kasutati erinevaid temperatuure vahemikus 420–540 °C kestusega 20–120 min, kusjuures pürolüüsiaja sisse arvestati ka vastava temperatuuri saavutamise aeg autoklaavis. Pürolüüsil tekkinud gaaside kogus määrati pärast katset kinnise ja avatud autoklaavi kaalude vahest, seejärel ekstraheeriti õli heksaaniga ning filtrile jäänud tahkest osast asfaltenid tetrahüdrofuraaniga. Pürolüüsil saadava õli kogus sõltus katse temperatuurist ja kestusest. PE pürolüüsi on võimalik läbi viia alates 420 °C, kuid sel juhul peab pürolüüs kestma vähemalt 2 tundi, kuna näiteks 1 tunni vältel tekib ainult vahataoline produkt. Pürolüüsil tekkisid lineaarse struktuuriga SV süsiniku arvuga kuni C30. Avatud pürolüüsatorites oli küllastatud ja küllastamatute SV suhe ligikaudu 1:1 ning autoklaavis moodustusid põhiliselt alkaanid. Pürolüüsi temperatuuri tõustes toimub PE destruktsioon kiiremini, lühikese ahelaga SV osakaal suureneb, seega suureneb ka gaasifaasi hulk. Gaasi hulk võib varieeruda 0,5%-st kuni peaaegu 50%-ni. Pürolüüsiaja pikenedes moodustub rohkem tahket jääki. Kui õlitekke seisukohalt optimaalsetel tingimustel moodustus polüetüleenist tahket jääki vaid 0,5%, siis pikaajalisel pürolüüsil moodustas tahke jääk – must teraline pulber – juba 5–7%, sellega kaasnes õli koostise muutus: alifaatsete SV hulk vähenes ja tsükliliste ühendite osakaal suurenes. LDPE pürolüüsiõli, tööstusliku põlevkiviõli ja selle hüdrogeenitud fraktsiooni koostis määrati õhukesekihilise kromatograafia abil. Optimaalsetel tingimustel pürolüüsitud LDPE-st saadud õli (pürolüüsi kestus 40 min) iseloomustab suur alifaatsete SV osakaal, mis väheneb pürolüüsi kestusega, samas suureneb polütsükliliste SV osakaal (120 min). Nii LDPE-st kui ka selle segust põlevkiviga saadi õli, mille fraktsioonikoostis vastab diislikütusele esitatavale nõuetele paremini kui põlevkiviõli diislifraktsioon enne või pärast hüdrogeenimist. Kuna plastjäätmete sorteerimine polümeeride liigi järgi on väga töömahukas ja kulukas protsess, siis edaspidi tuleb pürolüüsil lähtuda plastjäätmete segust. Pürolüüsides autoklaavis polüolefiinseid plastjäätmekid eraldi või koos põlevkiviga, võib saada naftaproduktidele lähedaste omadustega õli [18].

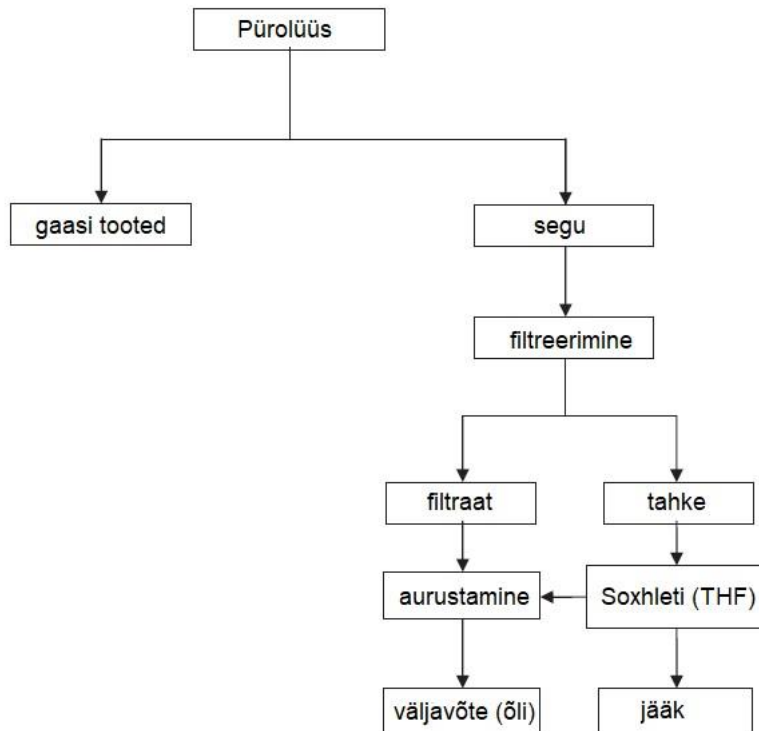
1.5.3 Plastjäätmete ja Hiina põlevkivi koospürolüüsis

Mao Mu, ja teised [19] uuriti plastjäätmete ja Hiina põlevkivi koospürolüüsis. Põlevkivi proove oli saadud Dachengzi karjäärast, mis asub Huadian linnas Jilin provintsis. LDPE proove oli saadud China Shenhua Energy company Limited ja PP China Petro Chemical International Company Limited (Sinopec Group). Kõik olemasolevad proovid olid purustatud ja peenestatud osakeste suuruseks vähem kui 0,5 mm. PP ja LDPE segati

põlevkiviga massisuhtes 1:9, 1:3 ja 1:1. Umbes 10 mg ($\pm 0,1$ mg) proove kuumutati termogravimeetrisel süsteemis (Mettler-Toledo TGA/DSC/1600) toatemperatuurilt 850°C-ni kindlaksmääratud soojuskiirustel. Uurimis tulemused näitasid, et PP ja LDPE hakkasid lagunema fikseeritud temperatuuril, olenemata sellest, milline oli soojuskiirus. Kuid pärast lagunemise algust suurendas soojuskiiruse tõus nende polümeerahelate murdepunkti. Saadud produktid olid väiksema molekulmassiga, nii et nende vabanemine oli väheste sekundaarsete reaktsioonidega. PP lagunes kergemini ja vabastas rohkem H radikaale ja H₂ kui LDPE, sest selle polümeeriketi skeetil oli rohkem kõrvalmetüülrühmi. Samuti leiti, et madalam soojuskiirus võib suurendada H₂ ja leevendada alkaanirühmade tsüklistumist. PP-l oli polümeerahelates rohkem kõrval rühmi. Seetõttu lagunes vedel PP kergemini, vabastas rohkem H radikaale ja H₂ kui LDPE ning suhtles koospürolüüsi ajal intensiivsemalt põlevkiviga. LDPE suhtles kergelt põlevkiviga pürolüütilises protsessis. Plasti PP ja LDPE lisamine suurendas õli kerget fraktsiooni, õli rasket fraktsiooni ja õli kogusaaki ning vähendas õli aromaats- ja olefiinisaldust. Eriti soodustas kerge fraktsiooni moodustumist vähene plastide lisamine 10–25 massiprotsenti. Seetõttu peaksid LDPE gaasilised lenduvad ained tugevalt vastastikku toimima põlevkivi gaasiliste lenduvate ainetega [19].

1.5.4 Plastjätmete ja Maroko põlevkivi koospürolüüsis

A. Aboulkas, ja teised [20] uuriti Maroko Tarfaya põlevkivi ja HDPE, LDPE ja PP plasti koospürolüüsi. Uurimis käigus uuriti võimaluse vedelate toodete saamiseks. Eksperiment tehti roostevabast terasest autoklaavis lämmastiku atmosfääri all. Uuriti pürolüüsi temperatuuri, soojusekiiruse ja plasttüüpi mõju toodete saagisele. Pürolüüsi viidi läbi, kasutades temperatuur vahemikus 400 kuni 600 °C soojuskiirusega 2 kuni 20°C / min. Kolm plastikut: suur tihedus polüetüleen (HDPE), madala tihedusega polüetüleen (LDPE) ja polüpropüleen (PP) koospürolüüsiti Maroko põlevkiviga. Esmalt ventileeriti gaasilised tooted ja seejärel filtreeriti reaktori sisu tahkete ja vedelate osade eraldamiseks vastavalt Joonis 5. Tulemused näitasid, et pürolüüsikihi temperatuur tõuseb alates 400 kuni 500–525 °C põhjustas õli saagis olulise tõusu, mille järel temperatuur õli saagis vähenes. Samuti täheldati nii põlevkivi kui ka põlevkivi/plastisegude puhul, et õli saagis kasvas, kuna soojusemäär tõusis 2 °C-lt 10 °C min⁻¹. Soojusemäära tõstmise kuni 20 °C min⁻¹ põhjustas õli saagi vähenemise. Kõrgeim õli saagis saavutati 500–525 °C pürolüüsi temperatuuril soojusekiirusega 10 °C min⁻¹. Erinevus katse - ja arvutusväärtuste vahel oli positiivne, mis näitas, et kahe materjali koospürolüüs suurendas keemilist reaktsioonivõimet pürolüüsi ajal ja tekitas suurema konversiooni kui üksiku põlevkivi puhul [20].



Joonis 1.5 Pürolüüsitoodete eraldamise skeem

1.5.5 Plastjätmete ja pruunsüsi koospürolüüsis

Pruunsüsi, ligniit ja alambituminoosne süsi on söe arendamise ja kasutamise valdkonnas pälvinud üha suuremat tähelepanu, kuna sellel on kõrge lendosade sisaldus, suurte reservide ja odavate kaevandamiskulude eelised. Madalama H/C sisalduse korral põhjustab pürolüüsi protsessi käigus madalama õli saagise ja tõrva kvaliteedi. Võrreldes biomassiga on jäätmeplastidel suurem lendosade sisaldus. Plastijätmed sisaldavad tavaliselt kõrget H/C suhet kuni 1,0–2,0 kuid pigem pruunsüsi suhet 0,7–1,0, seega võib see toimida hea vesiniku doonorina kipsisõe ja plastide koospürolüüsi ajal. Yunfei Wu, ja teised [21] uuriti kohaselt pürolüüsi massispektromeetriat, et analüüsida Pingshuo pruunsüsi (PG) ja polüstüreeni (PS) lendosade jaotust ning avaldati PG/PS koospürolüüsi koostoimemehhanismid koos erinevate kineetiliste mudelitega. Valmistatud PG- ja PS segud olid eelnevalt segatud vastavalt PG ja PS massi suhtele (9:1, 7:3 ja 1:1), mis oli nimetatud nagu PG/PS (9:1), PG/PS (7:3) ja PG/PS (1:1). TGA tulemused näitasid, et Pingshuo pruunsüsi ja polüstüreeni segude suhe 7:3 tagab parima vahelise mõju eraldatuvates lendosades, mille tagajärjel nende omadused muutuvad. Pürolüüsi massispektromeetria analüüsi kohaselt võib polüstüreeni lisamine kaasa aitama lenduvate ainete vabastamist teatud kõrgpunktist 418°C kuni 389°C ning oluliselt suurendada H-üleminekut. Nende seas on monotsükliliste aromaatsete

süsvesinike suurenemine, mis on seotud Dielsi-Alderi ja dehüdratsioonireaktsiooniga, samas kui stüreeni monomeer suureneb koospürolüüsi tõttu 2,15% -lt 7,34% -le, tugevdab polüstüreeni peahela C_{α} - C_{β} ühenduse lõhustumist. Kineetikauuringutes tehti kindlaks, et aktivatsioonienergia muutus võib tagama uue tõhusama koospürolüüsi H-üleminekut vastastiku toime süsi ja plasti vahel [21].

1.5.6 Plastjätmete ja ligniidi koospürolüüsis

Ligniit on kõrge niiskuse ja lenduva sisaldusega madalama kvaliteediga kivisüsi, mis moodustab umbes 40% kogu söevarudest ning on ka üks maailma olulisemaid fossiilseid energiaallikaid [22]. Söe veeldamine transpordikütuste tootmiseks on aktiivne uurimisvaldkond. Ligniidi või pruunsüsil on ka suur potentsiaal kasutada alternatiivenergiana. Kivisöe töötlemine jäätmematerjalidega nagu plastjätmed, õlijätmed, kasutatud rehvid, mille kõrvaldamiskulud on kallid, tänapäeval on uus trend [23]. Levent Ballice, ja teised [24] uuriti plastjätmete polüpropüleen (PP) ja Türgi Soma-ligniidi koospürolüüsis. Koospürolüüsi viidi läbi ligniidide ja PP-ga, kasutades süsinikku ligniidi ja plasti suhe 1:3, 1:1, 3:1. Väikese ligniidiproovi pürolüüsimiseks kasutati fikseeritud kihiga reaktorit ja PP segu inertse kandegaasi vooluhulga (argoon). Toote maksimaalne vabanemistemperatuur oli ligikaudu 440°C ligniidi – PP koospürolüüsiks.

Koospürolüüsi käigus määrati vähesel määral sünergistliku mõju. Katsetulemused näitasid, et PP pürolüüsi toode on väga alifaatse iseloomuga kuna ligniidi struktuur on suhteline halva lahustuvusega. Lisaks veeldamisallikate suhtes materjalid nagu söed, olmejätmete domineerivad komponendid (peamiselt polüetüleen, polüstüreen, polüetüleentereftalaat ja PP) on vesinikurikkad, nii et söe ja plastjätmete koostöötlemine võiks olla hea viis ringlussevõtu kasulikeks toodeteks [24].

1.5.7 Plastjätmete ja biomassi koospürolüüsis

Polüetüleentereftalaat (PET) on üks olulisemaid kaubanduslikke polüestereid, mis moodustab ligikaudu 7 – 9% ülemaailmsest plastitarbimisest. PET on sarnane hapniku sisaldusega kui tahkel biomassil, millel on sarnane H/C, kuid PET ei ole biolagunev. Ansah, ja teised [25] uuriti tahkete olmejätmete komponentide puit, paber ja PET koospürolüüsi. Tulemused näitasid, et polüetüleentereftalaadi pürolüüs toimus 360 – 480°C vahel (mis on biomassi puhul üle 220 –380°C). Kui biomassi fraktsioon oli segus domineeriv, biomassi ja PET segu temperatuuril 70:30, oli sünergistlik toime suurem, kui segu 50:50 või 30:70, täheldati biokütuse ja PETi olulist vastastiktoimet koospürolüüsi ajal. Antud tulemus sarnaneb Mishra, ja teised [26] uuringuga, kus näitasid, et biomassi ja PET segu 3:1 on saavutanud suurema sünergistliku efekti kui need, mis saadi segu suhtega 1:1 või 5:1. Vajalik energia biomassi ja PET

koospürolüüsiks suurenes plasti lisamisega, kuna PET pürolüüs vajab rohkem energiat kui puit. Tahkete olmejäätmete torrefaktsioon suurendas segamist ja koostoimet puidu ja PETi vahel. Kuid torrefaktsioon (temperatuuril 280°C 30 min) suurendas koospürolüüsi ajal vajaminevat energiahulka umbes neli korda võrreldes toorpuidu ja PET segu suhtega 1:1 koospürolüüsi abil ilma torrefaktsioonita. Déparrois, ja teised [27] uuriti paberi ja polüstüreen (PS) segude koospürolüüsi erinevates segusuhetes 1173 K juures ja näitasid, et koospürolüüs mõjutab positiivselt süngaaside saagist, avaldades sünergistlikku mõju lõhenemisreaktsioonidele, mis viis gaasilise saagise suurenemiseni. Nende tulemused näitasid peaaegu kahekordset vesiniku saagist ja et gaasi toote saagis ja muundumine suurenesid PS sisalduse suurenemisega segus. Abnisa, ja teised [28] uuriti polüstüreen (PS) ja palmikoore koospürolüüsi vedelkütuse saamiseks, võttes arvesse temperatuuri, etteandesuhte ja reaktsiooniaja efektiivseid parameetreid. Maksimaalne vedeliku saagis 68,3% saavutati temperatuuril 600°C, palmikoore ja PS suhtega 40:60, pärast 45-minutist reaktsiooniaega. Vedelikus domineerisid alifaatsed ja aromaatsed süsivesinikud, mille kuumutusväärtus oli 40,3 MJ/kg, veesisaldus 1,9 massiprotsenti ja hapnikusisaldus 4,2 massiprotsenti.

2 Polümeerjätmed Maailmas

Esimene sünteetiline plasti Bakelite toodeti 1907. aastal, märkides ära globaalse plastitööstuse alguse. Globaalse plastitootmise kiiret kasvu ei realiseeritud aga enne 1950. aastaid. Järgmise 65 aasta jooksul suurenes plasti aastatoodang 2015. aastal ligi 200-kordselt 381 miljoni tonnini [28]. USA, Euroopa ja Jaapan genereerivad ligikaudu 50 miljonit tonni plastijätmeid iga aastaga [29].

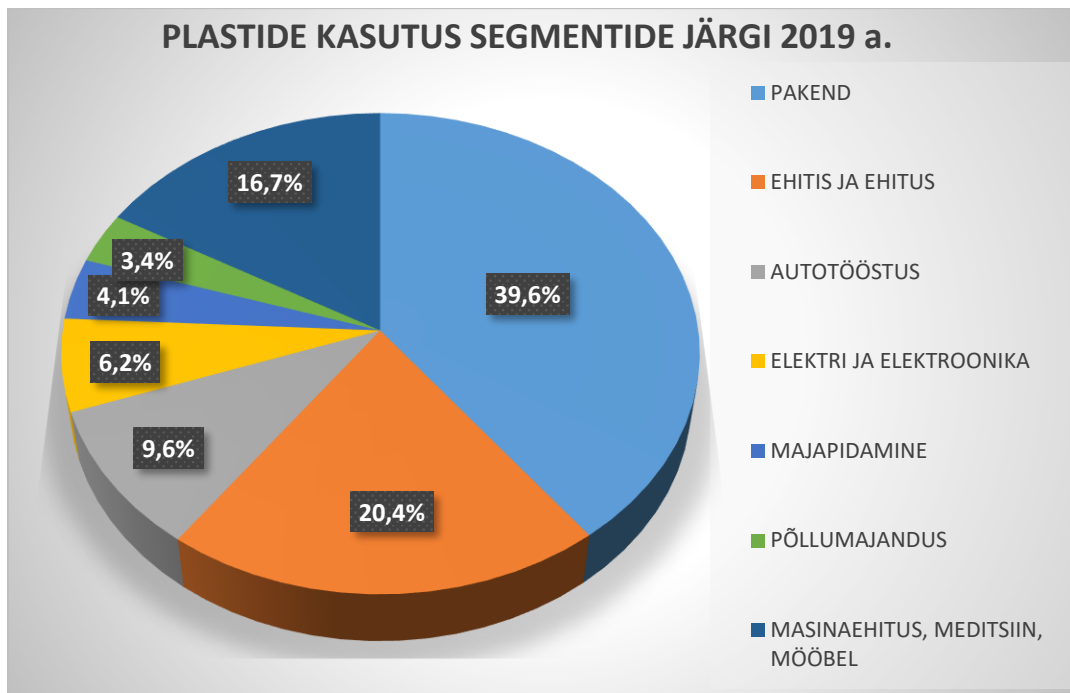
Plastid on tohutult ainulaadsete ja mitmekülgsete materjalide perekond. Tänapäeval enamik plastmaterjale fossiilipõhised ja neid toodetakse naftast või gaasist. Kuid pikas perspektiivis peaks plastitoodang fossiilsest lähteainest loobuma. Mis tähendab, et tulevikus toodetakse valdav osa plastikust alternatiivsetest lähteainetest, nagu näiteks ringlussevõetud õlid või sekundaarsed plastid [30]. Plastide üheks oluliseks klassifikatsiooniks on see, mil määral on nende valmistamiseks kasutatavad keemiliste protsesside pöörduvus (*reversible*) või mitte Tabel 2.1. [30]

Tabel 2.1 Plastide klassifikatsioon

	
Termoplastid	Termoreaktsioonid
Plastide perekond, mida saab kuumutamisel ja jahutamisel sulatada. Need omadused, mis annavad materjalile oma nime „reversible“. See tähendab, et seda saab korduvalt kuumutada, ümber kujundada ja külmutada.	Plastide perekond, mis kuumutamisel läbib keemilise muutuse, luues kolmemõõtmelise võrgu. Pärast kuumutamist ja moodustumist ei saa neid plaste uuesti sulatada ja reformida
polüeteen (PE)	polüuretaan (PUR)
polüpropüleen (PP)	küllastumata polüestrid
Polüvinüülkloriid (PVC)	epoksüvaigud
polüeteentereftalaat (PET)	melamiinvaigud
polüstüreen (PS)	vinüülestrid
vahtpolüstüreen (EPS)	silikoon
Polüamiid (PA)	fenool - formaldehüüdvaigud
Polükarbonaat (PC)	karbamiid - formaldehüüdvaik

Polü (metüülmetakrülaad) (PMMA)	fenoolvaigud
Termoplastiline elastomeer (TPE)	akrüülvaigud
Polüarüülsulfoon (PSU)	
Fluoropolümeerid	

Plastmassijäätmetest on saanud suur ülemaailmne keskkonnaprobleem. Prügilate arv suureneb ja nende vastuvõtmise võime väheneb kiiresti. Enamikus riikides on prügilatega seotud õigusaktid muutunud rangemaks. Rohkem hakatakse korraldama prügi ringlusesse võttu. Plastmassi töötlemiseks kasutakse erinevaid meetmeid. Tehnoloogia valitakse vastavalt plasti tüübile ja toote konstruktsioonile. Meetodi valik sõltub erinevatest faktoritest. Lõpptoote suurus, materjali iseloom, toote kuju, kvaliteet ja tööjõu vajadus, toote detailsus on väga tähtsad faktorid. Plastmassid on süsivesinikud, ning neil on kõrge kütteväärtus 30 kuni 40MJ/kg. Neid võib kergesti põletada munitsipaal- või spetsiaalsetes jäätmepõletusahjudes koos soojuse ja elektri koostootmisega. Samuti võivad need esineda sekundaarse kütusena, asendades fossiilikütust tootmisprotsessis (tsemendiahjud, kõrgahjud). Need soojusseadmed hävitavad täielikult plasti, aga vajavad täiendavaid saaste vältimise meetodeid [29]. Tänapäeval on 60% plasttoodete ja nende osade kasutusfaas on vahemikus 1 kuni 50 aastat või isegi rohkem. See ajavahemik määrab, millal plasttoodet potentsiaalselt jäätmeteks saavad. Seetõttu ei vasta kogutud plastjäätmete kogus ühe aasta jooksul toodangu ega tarbimise kogusele [30]. Plast on mitmekesine ja üldlevinud materjal, millel on funktsionaalsus ja palju eeliseid, mis muudab selle oluliseks osaks meie igapäevaelus. Euroopa Liidu Komisjon (2018) juhhib tähelepanu sellele, et tänu oma kergele kaalule võib see vähendada süsinikdioksiidi heitkoguseid, kui seda kasutatakse mootorsõidukite osade jaoks. Bio-ühilduv plast võib uuenduslike meditsiiniseadmete abil päästa ka inimesid. Plasti mitmekesisus ja madal hind on aidanud kaasa selle laialdasele kasutamisele, ning eeldatavasti kahekordistub 2016. aasta kasutus 20 aasta jooksul. Euroopa plasti tootmine kasvas aastatel 2016–2017 7,3% ja kogu maailmas 3,9%. Maailma plastitootmine 2019 a. jõudis peaaegu 370 miljoni tonnini ja Euroopas jõudis 58 miljoni tonnini [30]. Pakendid 39,6%, ehitus ja ehitus 20,4% moodustavad suurima plastsektori segmenti Joonis 2.1. Euroopa Liidus plastjäätmete kogumahud aastates 2010-2018 segmentide järgi detailsed on toodud lõputöö LISAD 6.



Joonis 2.1 Plastide kasutus segmentide järgi 2019 a. (PlasticEurope, 2020)

3 Praktiline osa

3.1 Analüüside metoodikat

Lõputöö eesmärgiks oli uurida polümeerjäätmete moodustamise statistikat Euroopa riikides ning põlevkivi koospürolüüsis vedelkütuse saamise võimalust. Uuringud viidi läbi TalTech Virumaa kolledži Põlevkivi kompetentsikeskuses, kus uuriti erineva plastikute pürolüüsi ja koospürolüüsi koos põlevkiviga ning termogravimeetrilise analüüsi (TGA). Termogravimeetrilise analüüsi (TGA) põlevkivi ja plastjäätmete segu viidi läbi kasutades TGA 1 STARe System METTLER TOLEDO. TGA proovide kuumutamine oli algtemperatuurist 25°C ja lõpp temperatuurini 850°C. Soojenemiskiirus oli 20°C/min ja katsed viidi lämmastiku keskkonnas kiirusega 20 ml/min. Lämmastikugaasi kasutati inertse puhastusgaasina, et vältida õhu väljalaskmist pürolüüsitsooni, vältides seega proovi oksüdeerumist. Selles töös igast segust analüüsiti umbes 20-25 mg Al₂O₃ alumiinium tiiglis ja kasutati TGA analüüsiks.

Plastjäätmete LD-PE, HD-PE ja PP pürolüüs viidi läbi Fischeri retordis standardtingimustel lõpptemperatuuril kuni 520 °C vastavalt standardile ГОСТ 3168 (ISO 647).

3.2 Tulemused ja analüüs

Lähteainena kasutati sorteeritud granuleeritud plastijäätmed, analüüsitav proov oli tükisuurusega kuni 4 mm. Plastjäätmete omadused on toodud Tabel 3.1. LD-PE, HD-PE ja PP segati eraldi põlevkiviga massisuhtega 1: 1, 1: 1 ja 1: 1.

Tabel 3.1 Plastjäätmete omadused

Proov	Lähteaine analüüs, m/m%			
	C üld	H	N	S üld
PE-HD	85,1	15,7	0,02	0,065
PE-LD	83,9	15,7	0,05	0,082
PP	85,3	16,0	0,01	0,029

Põlevkivi prooviks kasutati laboris ettevalmistatud ja jahvatatud tükisuuruseni 0,2 mm, mis oli saadud Ojamaa kaevandusest. Põlevkivi niiskusesisalduse määramiseks kasutati niiskusemõõtja Mettler TOLEDO. Põlevkivi omadused on toodud Tabel 3.2.

Tabel 3.2. Põlevkivi omadused

Proov	Tuha sisaldus	Karbonsisaldus (CO ₂) sisaldus	C üld	H	N	S üld	S püriit	S sulfaat	S orgaaniline
m/m%									
Eesti põlevkivi	50,1	22,3	27,5	2,7	0,07	1,6	1,2	0,05	0,3

Katsete käigus koospürolüüsi kolm erinevat plastjätmed PE-HD, PE-LD ja PP Eesti põlevkiviga Fischer retordis lõpptemperatuuril kuni 520 °C. Katsete eesmärgiks oli võrrelda erinevatest plastjätmetest saadud õli saagis kuna PE-HD, PE-LD ja PP plastjätmed on kõige levinud kasutusel ning omavad head H/C suhet ja sirge ahelaga struktuuri, mis sobib hästi õli tootmiseks. PE suurendab õli alkaanide hulka, PP alkeenide hulka lisaks PP suurendab tekkiva õli oktaanarvu [16]. Katsete tulemused olid peaaegu sarnased samadel tingimustel. Koospürolüüsi protsessi tulemusena saadi õli, gaas, tahket jääki (poolkoksi) ja teatud koguses protsessivett. Põlevkivi pürolüüsi ja plastjätmete ja põlevkivi koospürolüüsi tulemuste võrdlustabel on toodud Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Koospürolüüsi produktide saagis tabel

Proov	Õli	poolkoks	Vesi	gaas+kaod
	m / m%			
Eesti põlevkivi	16,5	77,3	1,5	4,7
Eesti põlevkivi + PE-LD (1:1)	56,8	35,2	0,8	7,2
Eesti põlevkivi + PE-HD (1:1)	54,2	39,4	0,8	5,6
Eesti põlevkivi + PP (1:1)	54,8	38,9	0,8	5,5

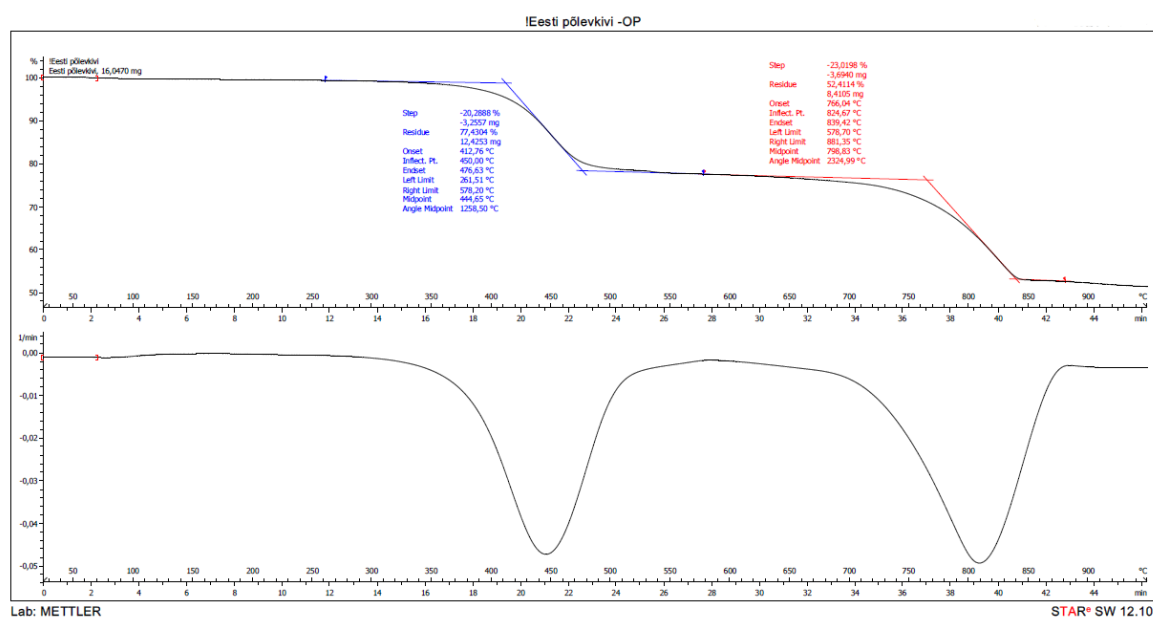
Saadud andmetest järeldub, et PE-LD, PE-HD ja PP plastjätmete ja põlevkivi koospürolüüsi tulemused oluliselt ei erine. Pürolüüsi protsessi plastjätmete lisamine suureneb õli saagise. See on tingitud sellega, et plastjätmete koostis koosneb peamiselt süsivesinikest. Poolkoksi suhteline suur saagis tingitud sellega, et koospürolüüsi proov sisaldab umbes 50% põlevkivi suure mineraalne sisaldusega. Erinevate plastjätmete ja põlevkivi koospürolüüsis praktiliselt ei eraldu vett, see on tingitud sellest, et polümeeride niiskuse sisaldus on väike.

3.2.1 Termogravimeetiline analüüs (TGA)

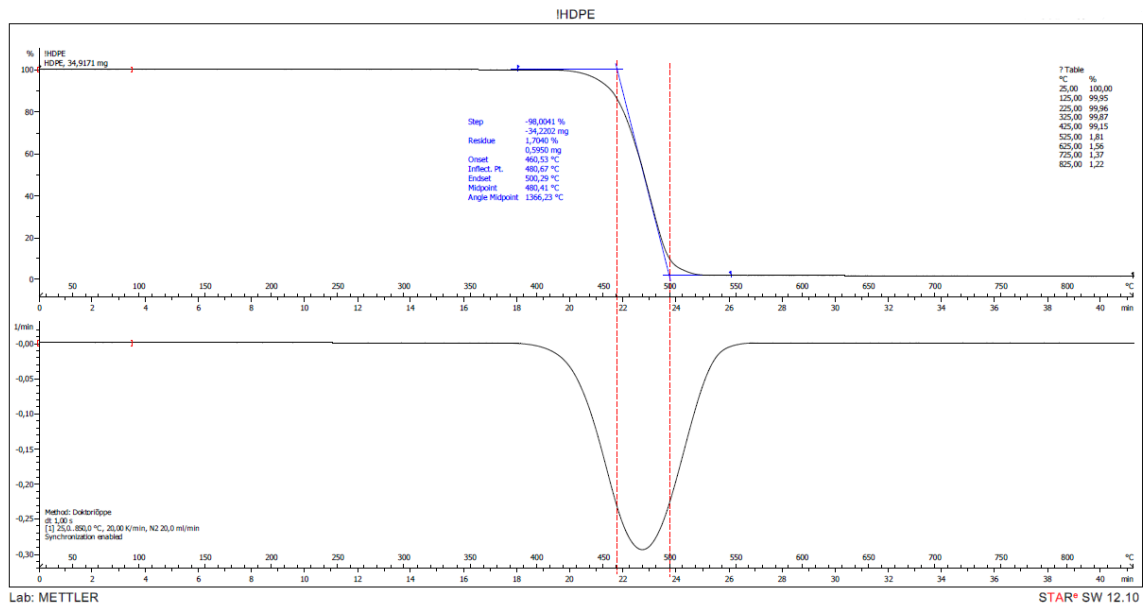
Lisaks uuriti polümeerjätmete ja põlevkivi termilise lagunemise protsessi lämmastiku keskkonnas termogravimeetrilisel (TGA) meetodil.

Termogravimeetiline analüüs (edaspidi TGA) on termilise lagunemise analüüsi meetod, mille käigus registreeritakse proovi massikaotus püsikiirusel soojenemisel. Eksperimentaalselt saadud kõver massilanguse sõltuvusest temperatuurist (TG kõver) joonistatakse abstsisside - temperatuuri / aja; ordinaadi - kaalukaotuse koordinaatides grammides / protsentides.

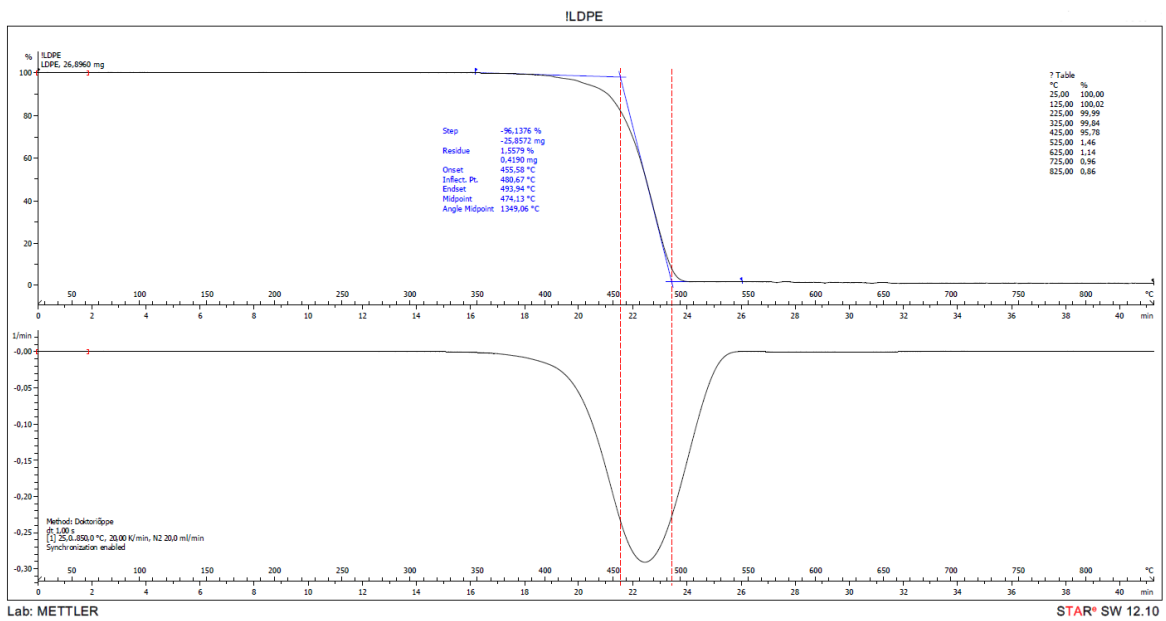
Termogravimeetrilise analüüsi eesmärgiks oli uurida erinevate plastjätmete ja PE-LD koos põlevkiviga termiline lagunemisprotsessi hapnikuvabas keskkonnas. TGA tulemused plastjätmete PE-HD, PE-LD, PP ja põlevkivi lagunemise temperatuuri vahemikus 25°C - 850°C on näidatud joonistel Joonis 3.1, Joonis 3.2, Joonis 3.3, Joonis 3.4



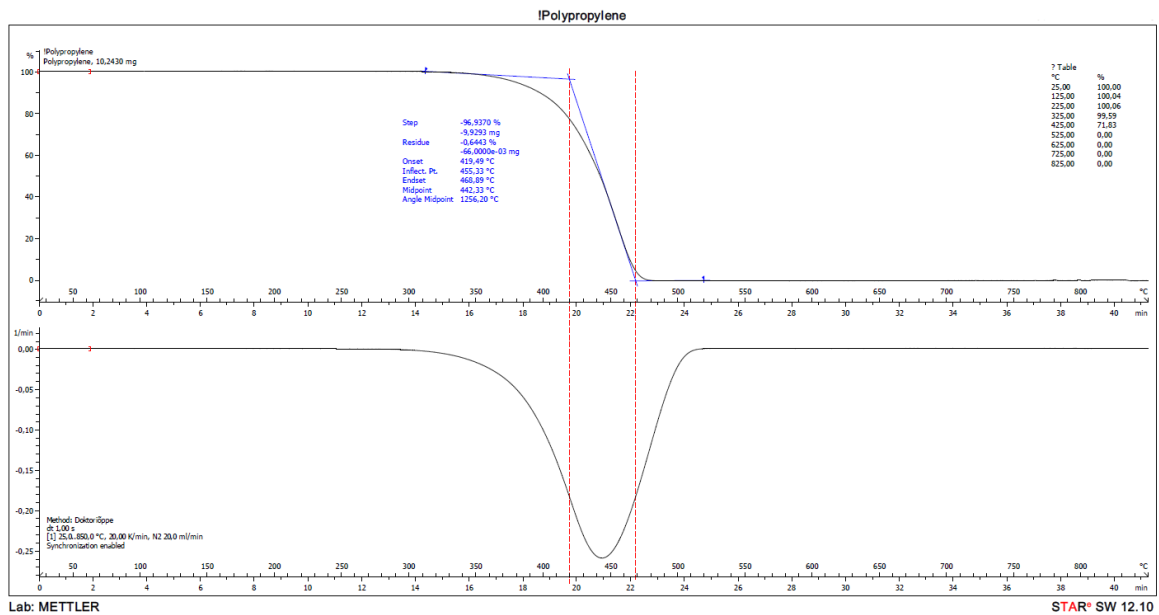
Joonis 3.1 Põlevkivi termilise lagunemise protsess



Joonis 3.2 PE-HD termilise lagunemise protsess



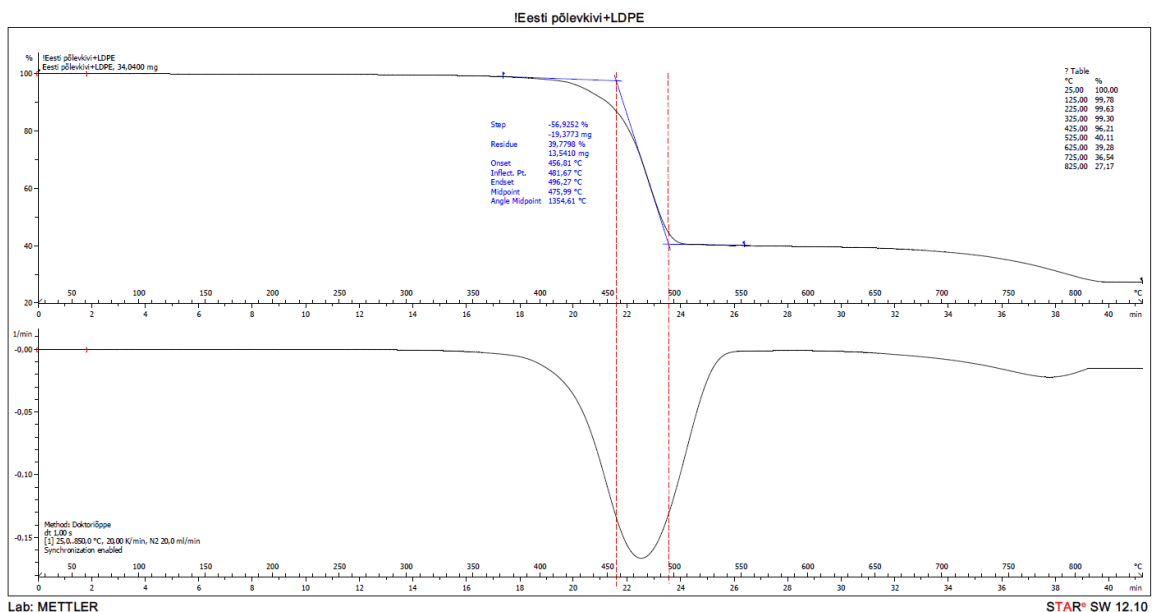
Joonis 3.3 PE-LD termilise lagunemise protsess



Joonis 3.4 PP termilise lagunemise protsess

TGA graafikutest on nähtav, et proovi orgaanilise osa lagunemise protsess toimub temperatuuri vahemikus PE-HD 375°C – 550°C, PE-LD - 375°C – 550°C, PP - 375°C – 550, põlevkivi - 325°C - 510°C. Põlevkivi mineraalosa lagunemine toimub temperatuuri vahemikus 650°C - 875°C.

TGA tulemused põlevkivi + PE-LD plastjätmete lagunemise temperatuuri vahemikus 25°C - 850°C on näidatud joonisel Joonis 3.5.



Joonis 3.5 LD-PE koos põlevkiviga termilise lagunemise protsess

TGA andmetest on nähtav, et proovi PE-HD, PE-LD ja PP segu orgaanilise osa lagunemise protsess toimub temperatuuri vahemikus 370°C – 550°C, mineraalosa lagunemine toimub temperatuuri vahemikus 650°C – 850°C (põlevkivi mineraalosa).

Andmed massi kadude 100 °C kaupa kõigi uuritud proovide kohta on toodud Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Põlevkivi ja plastide segu karakteristikud

	Põlevkivi	PE-LD	PE-HD	PP	Põlevkivi+PE-LD
Onset, °C	412,76	455,58	460,53	419,49	456,81
Midpoint, °C	444,65	474,13	480,41	442,33	475,99
Endset, °C	476,63	493,94	500,29	468,89	496,27
25 °C, jääk %	100	100	100	100	100
125°C, jääk %	99,5	100,02	99,95	100,04	99,78
225°C, jääk %	99,25	99,99	99,96	100,06	99,63
325°C, jääk %	98,73	99,84	99,87	99,59	99,30
425°C, jääk %	93,49	95,78	99,15	71,83	96,21
525°C, jääk %	76,75	1,46	1,81	0,00	40,11
625°C, jääk %	78,47	1,14	1,56	0,00	39,28.
725°C, jääk %	72,99	0,96	1,37,	0,00	36,54
825°C, jääk %	57,50	0,86	1,22	0,00	27,12

Orgaanilise osa lagunemisel maksimaalne massikaod (Midpoint) on temperatuuril: põlevkivil - 444,65°C, PE-LD - 474,13°C, PE-HD - 480,41°C, PP - 442,33°C, põlevkivi + PE-LD - 475,99°C. Plastjätmete orgaaniline osa lagunemise protsess lõpeb temperatuuril 425 °C. Põlevkivi temperatuuril 825°C proovi jääk on 57,50% ja põlevkivi + PE-LD proovi jääk sama temperatuuril.

3.3 Järeldused

TTÜ Virumaa kolledži Põlevkivi kompetentsikeskuse katselaboris tehtud uurimistulemuste plasti segust ja põlevkivi koospürolüüsi põhjal tehti järgmised järeldused:

1. Fisheri meetodi:

- Õli saagis uuritavates plastides (PE-LD, PE-HD, PP) on praktiliselt sarnane;
- Põlevkivi + PE-LD segu pürolüüsi protsess toimub standardil tingimustel ja plasti lisamine protsessi suurendab õli saagis;

2. TGA andmete põhjal:

- Plastide PE-HD, PE-LD ja PP lagunemine toimub samas temperatuuri vahemikus 375°C - 550°C;
- Uuritavas plasti proovist puudub mineraalset täiteainet, sest analüüsi lõpus proovi ülejääk on 0 - 1,46%;
- Põlevkivi pürolüüsi protsessi plasti lisamine nihutab orgaanilise osa alguse lagunemise 325°C-lt 370°C-le;
- plasti ja põlevkivi segu orgaanilise osa lagunemisprotsess lõpeb hiljem (550°C, puhas põlevkivi puhul 510°C), kuid see ei mõju õli saagisele PE-LD + põlevkivi segust, kuna temperatuuril 525°C TGA andmetel PE-LD proovi jääk on 1,46%.

4 KOKKUVÕTE

Antud magistritöö peamine eesmärk oli uurida polümeerjätmete moodustamise statistika Euroopa riikides ning põlevkivi koospürolüüsis vedelkütuse saamise võimalust. Uuringud viidi läbi TalTech Virumaa kolledži Põlevkivi Kompetentsikeskuses, kus uuriti erinevate plastikute pürolüüsi ja koospürolüüsi põlevkiviga ning termogravimeetrilise analüüsiga (TGA).

Eestis töödeldakse iga aastal 1,1 mln t. põlevkivi õli saamiseks [31]. Vastavalt "Estonian national energy climate plan (NECP 2030)", Eesti 2050. aastaks peaks püüdma saavutada süsinikdioksiidi heitkoguste nullmäära. Samas, Eesti ei plaani vähemalt 2030. aastani loobuda põlevkivi kasutamisest. Selle perioodi jooksul on kavas vähendada põlevkivitöötlemise negatiivset mõju keskkonnale [33]. Vastavalt „Põlevkivi kasutamise riiklik arengukava 2016-2030“, eeldatakse põlevkivi tõhusamat kasutamist. Arengukavas, on öeldud, et põlevkivist väärtuslike toodete saamiseks on vaja välja töötada ressursisäästlikud ja keskkonnasõbralikud meetodid, vedelate toodete saamiseks maksimeerida olemasolevate põlevkivi pürolüüsi meetodite kasutamist, põlevkivi koospürolüüs biomassiga ja polümeerjätmetega [34].

Lähtudes statistilistest andmetest (European Statistical System), ajavahemikus 2016 - 2018 aastates Euroopa riikides on tekkinud plastjätmeid järgmises koguses: põllumajanduses 1 122 198 t.; ehituses 2 056 975 t.; majapidamises 1 936 408 t.; koksi ja rafineeritud naftatoodete tootmises 41 504 t.; kaevanduses 29 819 t.; tootmine 9 681 613 t.; toiduainete, jookide ja tubakatoodete tootmine 1 864 199 t.; tekstiili rõivaste, naha tootmine 359 474 t.; puidu ning puu- ja korktoodete tootmine 113 252 t.; paberi- ja paberitoodete tootmine 772 216 t.; keemiliste, farmaatsia -, kummi ja plasttoodete tootmine 4 174 579 t.; muude mittemetalliliste mineraaltoodete tootmine 351 968 t.; metallide ja metalltoodete tootmine 503 272 t.; arvuti-, elektroonika- ja optikatoodete, elektriseadmete, mootorsõidukite ja muude transpordivahendite tootmine 1 400 375 t.; mööbli tootmine, ehted, muusikariistad, mänguasjad, masinate ja seadmete remondis ja paigaldamises 391 236 t.; elektri-, gaasi-, auru- ja kliimaseadmetes 75 173 t.; veevarustuses, kanalisatsioonis, jäätmekäitluses 11 864 080 t.; vee kogumise, käitlemise ja tarnimine; kanalisatsioon; puhastustegevus ja muud jäätmekäitlusteenustes 123 059 t.; teenustes 6 284 028 t. Samal ajal Eestis ajavahemikus 2016 - 2018 a. on tekkinud 69 619 tonni plastjätmeid ja 14 940 tonni oli töödeldud, kõrvaldatud ning taaskasutatud (Tabel 6.115). See tähendab seda, et Eestis ei jätku plastjätmeid, et põlevkiviga koospürolüüsida. Üks võimalusest on importeerida plastjätmeid, näiteks Saksamaalt (3 540 109 t. 2016-2018 a. jooksul),

Tšehhist (605 314 t. 2016-2018 a. jooksul) või Norrast (366 187 t. 2016-2018 a. jooksul).

Praktilisest osast töö käigus tehti mitmed järeldused:

1. Õli saagis uuritavates plastides (PE-LD, PE-HD, PP) on praktiliselt sarnane;
2. Plastide PE-HD, PE-LD ja PP lagunemine toimub samas temperatuuri vahemikus 375°C - 550°C;
3. Plasti ja põlevkivi segu orgaanilise osa lagunemisprotsess lõpeb hiljem (550°C, puhas põlevkivi puhul 510°C), kuid see ei mõju õli saagisele PE-LD + põlevkivi segust, kuna temperatuuril 525°C TGA andmetel PE-LD proovi jääk on 1,46%.

SUMMARY

The main purpose of this master's work was to examine the statistics on the production of polymer waste in European countries and the possibility of obtaining liquid fuel in oil shale co-pyrolysis. The studies were carried out at TalTech Virumaa College Oil Shale Competence Center, where the pyrolysis and co-pyrolysis of various plastics with oil shale and thermogravimetric analysis (TGA) were studied.

In Estonia 1.1 million tonnes of oil shale are processed each year [31]. According to the „Estonian national energy and climate (NECP2030)“, by 2050, Estonia must strive to reach the zero carbon emissions. However, Estonia does not plan to abandon the use of oil shale at least until 2030. During this period, it uses oil shale more efficiently, to reduce the negative impact of oil shale production on the natural environment [33]. The „National Development Plan for the use of Oil Shale, 2016 - 2030“ says that it is necessary to develop resource-saving and environmentally friendly methods for obtaining valuable products from oil shale, maximize the use of existing methods of oil shale pyrolysis to obtain liquid products by co-pyrolyzing oil shale with biomass and polymer waste [34].

According to the European Statistical System, in the period 2016-2018, the following amounts of plastic waste have been generated in European countries: Agriculture, forestry and fishing 1 122 198 tonnes; Construction 2 056 975 tonnes; Households 1 936 408 tonnes; Manufacture of coke and refined petroleum products 41 504 tonnes; Mining and quarrying 29 819 tonnes; Manufacturing 9 681 613 tonnes; Manufacture of food products; beverages and tobacco products 1 864 199 tonnes; Manufacture of textiles, wearing apparel, leather and related products 359 474 tonnes; Manufacture of wood and of products of wood and cork, except furniture; manufacture of articles of straw and plaiting materials 113 252 tonnes; Manufacture of paper and paper products; printing and reproduction of recorded media 772 216 tonnes; Manufacture of chemical, pharmaceutical, rubber and plastic products 4 174 579 tonnes; Manufacture of other non-metallic mineral products 351 968 tonnes; Manufacture of basic metals and fabricated metal products, except machinery and equipment 503 272 tonnes; Manufacture of computer, electronic and optical products, electrical equipment, motor vehicles and other transport equipment 1 400 375 tonnes; Manufacture of furniture; jewellery, musical instruments, toys; repair and installation of machinery and equipment 391 236 tonnes; Electricity, gas, steam and air conditioning supply 75 173 tonnes; Water supply; sewerage, waste management and remediation activities 11 864 080 tonnes; Water collection, treatment and supply; sewerage; remediation activities and other waste management services 123 059 tonnes; Services (except wholesale of waste

and scrap) 6 284 028 tonnes. At the same time in Estonia in the period 2016 - 2018. 69,619 tonnes of plastic waste were generated and 14,940 tonnes were treated, disposed of and recovered (Tabel 6.115). This means that there is not enough plastic waste in Estonia to co-pyrolyze with oil shale. One possibility is to import plastic waste, for example, from Germany (3,540,109 tonnes, during 2016-2018), the Czech Republic (605,314 tonnes, during 2016-2018) or Norway (366,187 tonnes, during 2016-2018).

Several conclusions were drawn from the practical part of the work:

1. The oil yield in the tested plastics (PE-LD, PE-HD, PP) is practically similar;
2. The degradation of PE-HD, PE-LD and PP plastics occurs at the same temperature range from 375°C to 550°C;
3. The decomposition process of the organic part of the plastic-oil shale mixture ends later (550°C, 510°C for pure oil shale), but this does not affect the oil yield of the PE-LD + oil shale mixture, as at 525°C the PE-LD sample residue is 1.46%.

5 KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

1. Keskkonnaministeerium. Jäätmed. [Online] <https://www.envir.ee/et/jaatmed> (29.04.2021).
2. A. Konist, L. Loo, A. Valtsev, B. Maaten, A. Siirde, D. Neshumayev, T. Pihu; Calculation of the amount of estonian oil shale products from combustion in regular and oxy-fuel mode in a CFB boiler (artikkel e-ajakirjast)
3. V. Kattai, T. Saadre, L.Savitski; Eesti põlevkivi; Tallinn 2000; lk 22
4. Ü. Lille; Current knowledge on the origin and structure of estonian kukersite kerogen
5. V. Kattai, U. Lokk, "Historical review of the kukersite oil shale exploration in Estonia," Oil Shale, vol. 15, no. 2S, pp. 102–110, 1998.
6. KPMG Baltics OÜ; Põlevkiviõli väärtusahela loodav Eesti rahvuslik rikkus, november2020.[Online] https://www.vkg.ee/wpcontent/uploads/2020/12/Final_Polevkivioli-rahvuslik-rikkus.pdf (29.04.2021)
7. E. Jürs, E. Reinsalu; Eesti põlevkivi töötlemine, Mäeinseneride õppematerjal, 2019
8. Гувергриц. М., Бродская, Б., Эленурм, А., Галынкев,И., Куйв, К., Лаос, Т., Маргусте,М.,Милк, А.. Паалме, Л., Степанов, И., Тягунов, Б.1966. Термическая переработка сланца-кукерсита, Институт химий АН ЭССР (монография).
9. Ü. Lille, I. Heinmaa ja T. Pehk, "Molecular model of Estonian kukersite kerogen evaluated by C-13 MAS NMR spectra," Fuel, vol. 82, lk. 799–804, 2003.
10. B. Maaten, L. Loo, A. Konist, D. Nešumajev, T. Pihu, I. Külaots „The Composition kinetics of American, Chinese and Estonian Oil shales kerogen", Oil shale, vol 33, no.2, lk. 167-183, 2016
11. R. N. Mustaeв, M. V. Zakharchenko, L. I. Kerimova And I. M. Salihova, „Chemical Structure of Kerogen of Shale Formations (By the Example of the Shale Formations of the East European Platform)", Oriental journal Of chemistry, 2018
12. Larsen; Organic Chemistry of Coal ACS Symposium Series; American Chemical Society: Washington, DC, 1978. <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/bk-1978-0071.ch001>

13. Yu. A. Strizhakova, T.V. Usova, „Current trends in the pyrolysis of oil shale: A review“, *Solid Fuel Chemistry*, august 2008
14. W. Luo, Q. Hua, Z. Fana, J. Wana, B. Luo, Z. Yana, S. Huanga, Z. Zhoua, „Co-pyrolysis characteristics of different reworked synthetic polymer types“, *Journal of the Energy Institute* vol. 93, lk. 2232 – 2237, 2020
15. ISO 647:2017, Brown coals and lignites -- Determination of the yields of tar, water, gas and coke residue by low temperature distillation
16. L. Tiikma, N. Prjadka, R. Veski, *Plastjätmed – paljutöötav lähtematerjal taastuvvedelkütustele Taastuvate energiaallikate uurimine ja kasutamine*, Neljanda konverentsi kogumik, Tartu, Estonia. Tartu: Eesti Maaülikool, 2004, 129-136.
17. L. Tiikma, H. Luik, N. Pryadka, „Co-pyrolysis of estonian shales with low-density polyethylene“, *Oil Shale*, Vol.21, No.1, lk. 75-85, 2004
18. Mao Mu, Xiangxin Han, Xiumin Jiang, „Interactions between oil shale and hydrogen-rich wastes during co-pyrolysis: 1.Co-pyrolysis of oil shale and polyolefins“, *Fuel* vol. 265, 2020
19. A. Aboulkas, T. Makayssi, L. Bilali, K. El harfi, M. Nadifiyine, M. Benchanaa, „Co-pyrolysis of oil shale and plastics: Influence of pyrolysis parameters on the product yields“, *Fuel Processing Technology* vol. 96, lk. 209–213, 2012
20. Y. Wu, J. Zhu, S. Zhao, D. Wang, L. Jin, H. Hu, „Co-pyrolysis behaviors of low-rank coal and polystyrene with in-situ pyrolysis time-of-flight mass spectrometry“, *Fuel* 286, Artikkel 119461, 2021
21. Jiangang Li, Jialong Zhu, Haoquan Hu, Lijun Jin, Dechao Wang, Guijin Wang, „Co-pyrolysis of Baiyinhua lignite and pine in an infrared-heated fixed bed to improve tar yield“, *Fuel* Vol. 272, 2020
22. N. Aulia, H. Wijayanti, D.R. Wicakso, „The kinetic study of pyrolysis of lignite and polyethylene plastic bag waste using the thermogravimetric analysis“, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2020
23. L. Ballice, R. Reimert, „Temperature-programmed co-pyrolysis of Turkish lignite with polypropylene“, *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* 65, lk. 207–219, 2002

24. E. Ansah, L. Wang and A. Shahbazi, „Thermogravimetric and calorimetric characteristics during co-pyrolysis of municipal solid waste components“, Waste Manag vol. 56, lk. 196-206, 2016
25. R.K. Mishra, A. Sahoo and K. Mohanty, „Pyrolysis kinetics and synergistic effect in co-pyrolysis of Samanea saman seeds and polyethylene terephthalate using thermogravimetric analyser“, Bioresour Technol vol. 289, Artikell 121608, 2019
26. N. Déparrois, P. Singh, K.G. Burra and A.K. Gupta, „Syngas production from co-pyrolysis and co-gasification of polystyrene and paper with CO₂“, Appl Energy vol. 246, lk. 1-10, 2019
27. F. Abnisa, W.M.A. Wan Daud, S. Ramalingam, M.N.B.M. Azemi and J.N. Sahu, „Co-pyrolysis of palm shell and polystyrene waste mixtures to synthesis liquid fuel“, Fuel vol.108, lk. 311-318, 2013
28. H. Ritchie; Max Roserhttps; Plastic Pollution. [Online] <https://ourworldindata.org/plastic-pollution> (03.05.2021)
29. A. Brems, J. Baeyens, R. Dewil „Recycling and recovery of post-consumer plastic solid waste in a european context“, Thermal Science, Vol. 16, No. 3, lk. 669-68, 2012
30. Plastic the facts 2020; [Online] [CircularEconomy_study_FINAL_singlePages2019.pdf](#)
31. Meetod plastjäätmete ja põlevkivi koosutmiseks. Patendi nr. EE05564B1 [Online]: <https://www1.epa.ee/patent/kirjeldus/05564.pdf> (20.05.2021)
32. Põlevkivi aastaraamat 2016. [Online]: https://portal-int.taltech.ee/sites/default/files/2020-06/Polevkivi_aastaraamat_2016_EST_veeb.pdf?_ga=2.193349099.790870769.1621843619-699464851.1611683301 (20.05.2021)

33. Estonia's 2030 National Energy and Climate Plan (NECP 2030); 19 December 2019; [Online]:
https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/ee_final_necp_main_en.pdf
(21.05.2021)

34. Põlevkivi kasutamise riiklik arengukava 2016 – 2030; [Online]:
https://www.envir.ee/sites/default/files/2016_2030ak_ingl.pdf (21.05.2021)

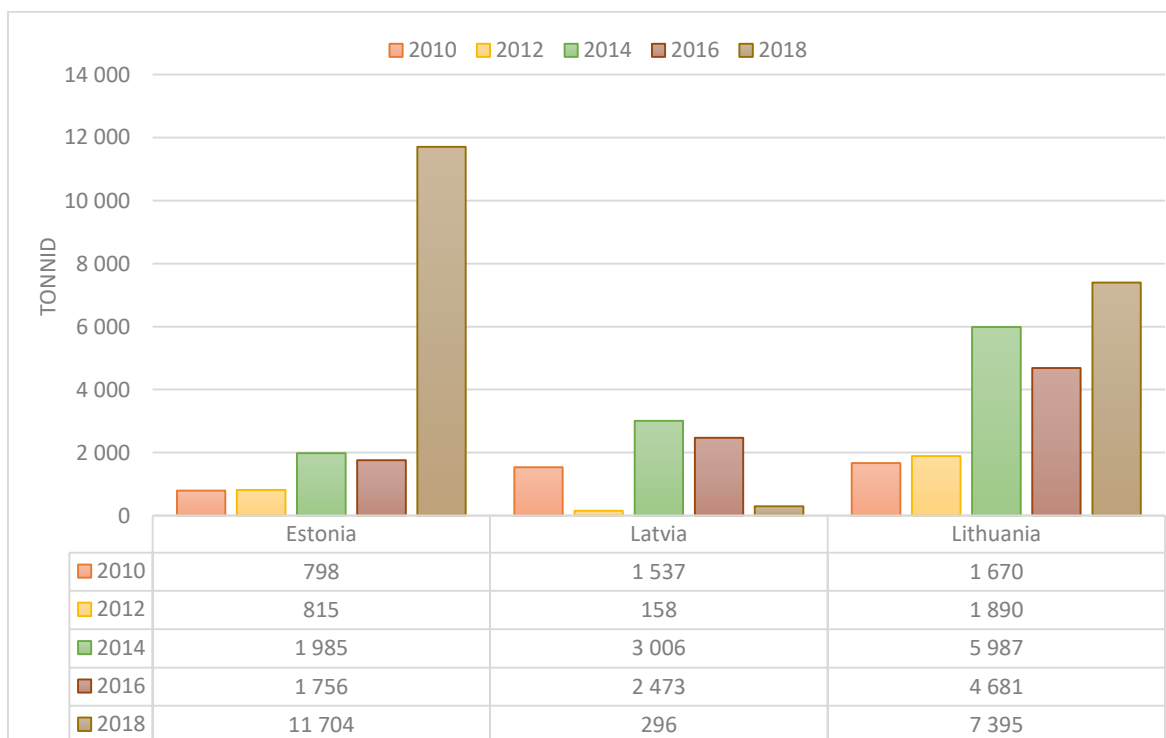
6 LISAD

LISA 1

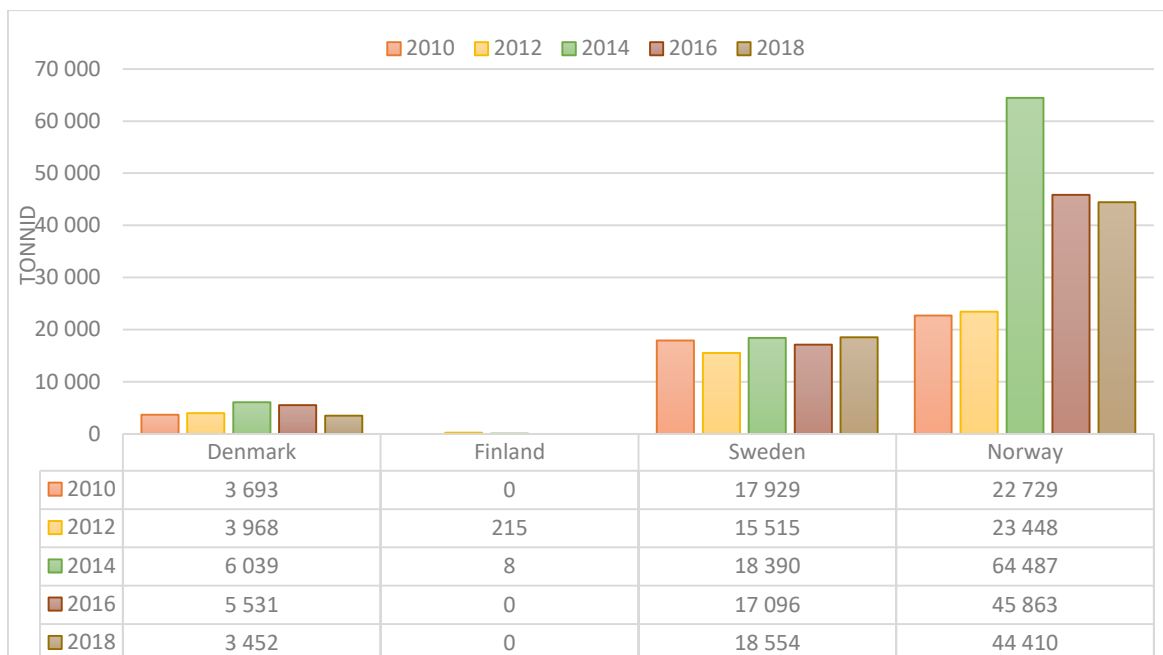
Põllumajanduses, metsanduses ja kalanduses tekkinud plastijäätmed

Põllumajanduses, metsanduses ja kalanduses tekkinud plastijäätmete vaheladustatud kogused suurenesid 2018. a-ni võrreldes 2010.a Eestis (11 704 t.), Leedus (7 395 t.) (Tabel 6.1), Suurbritannias (137 895 t.) (Tabel 6.6). 2018. a märkamisväärne vaheladustatud kogus 11 258 tonni võrra vähenes võrreldes 2010. a laoseisuga Poolas (Tabel 6.4). Kreekas, Lätis vaheladustatud kogus 4 452 tonni ja 2 710 võrra vähenes võrreldes 2014 a. laoseisuga (Tabel 6.5). Võrreldes Soome, Taani ja Rootsi, Norras on suured plastijäätmete tekitamine. 2014.a (Tabel 6.2). Norras oli vaheladustatud kogumaht 64 487 tonni, kuid 2018.a plastijäätmete maht 20 077 tonni võrra vähenes. Prantsusmaal võrreldes 2010 a. plastijäätmed kasvavad ülesse. Seisuga 2018 a. kogumaht suurenes 125 769 tonnini. 2014.a (Tabel 6.3). Bulgaarias tekkinud plastijäätmete kogused vähenesid võrreldes 2010 a. 4 397 tonnini, kuid 2018 a. kasvasid ülesse kogumahuga 4 437 tonnini (Tabel 6.5).

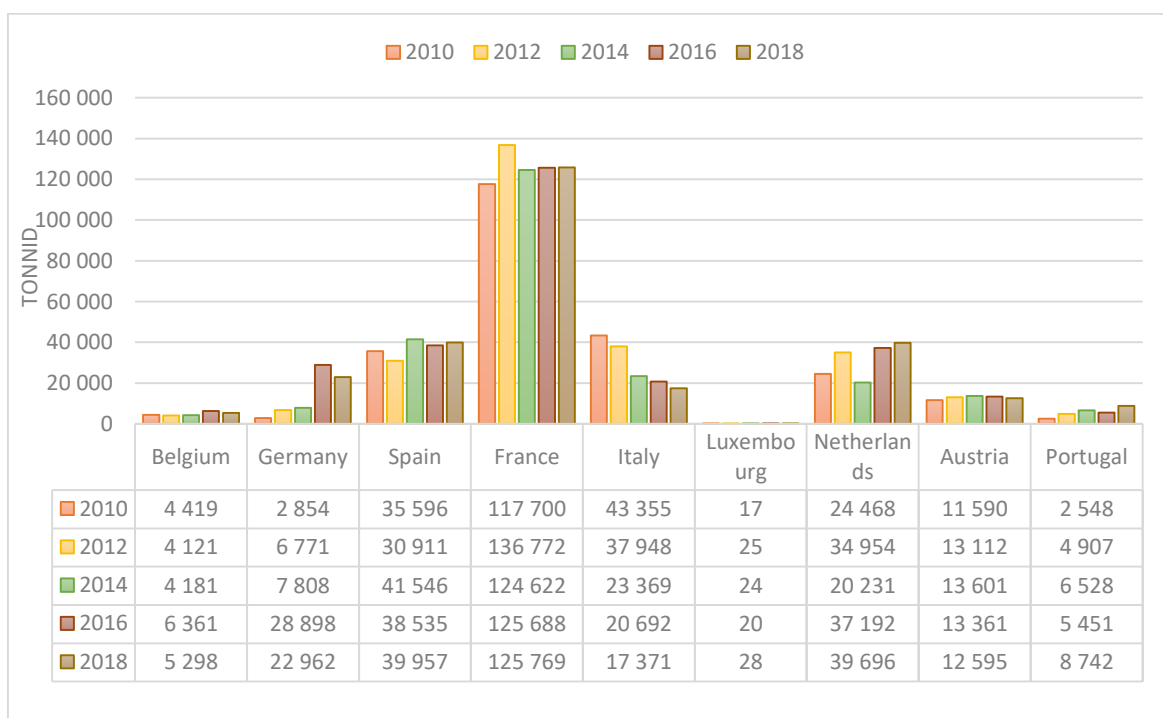
Tabel 6.1. Põllumajanduses, metsanduses ja kalanduses tekkinud jäätmed Eestis, Lätis, Leedus.



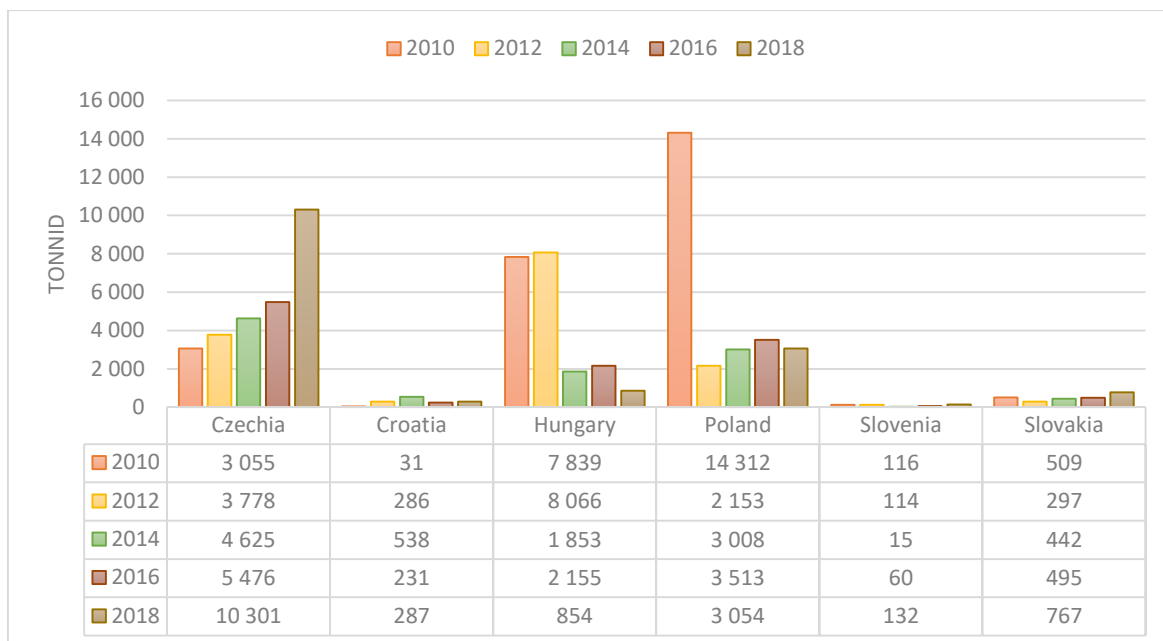
Tabel 6.2. Põllumajanduses, metsanduses ja kalanduses tekkinud jäätmed Taanis, Soomes, Rootsis, Norras



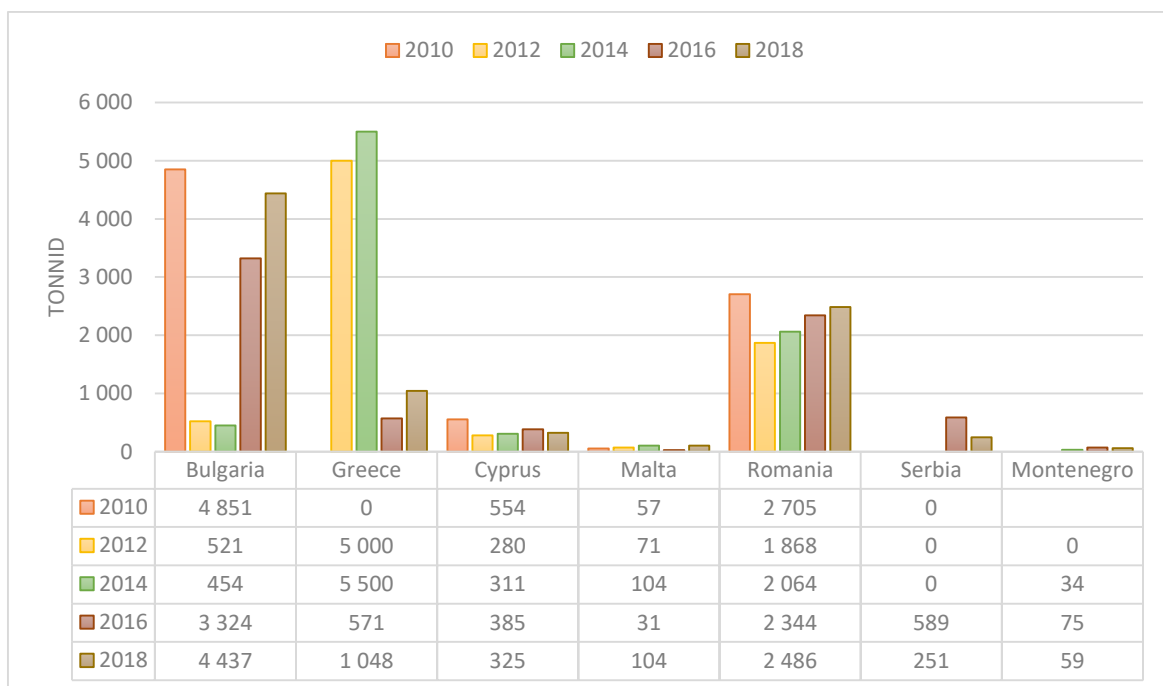
Tabel 6.3. Põllumajanduses, metsanduses ja kalanduses tekkinud jäätmed Belgias, Saksamaal, Hispaanias, Prantsusmaal, Itaalias, Luksemburgis, Hollandis, Austriaas, Portugaalias



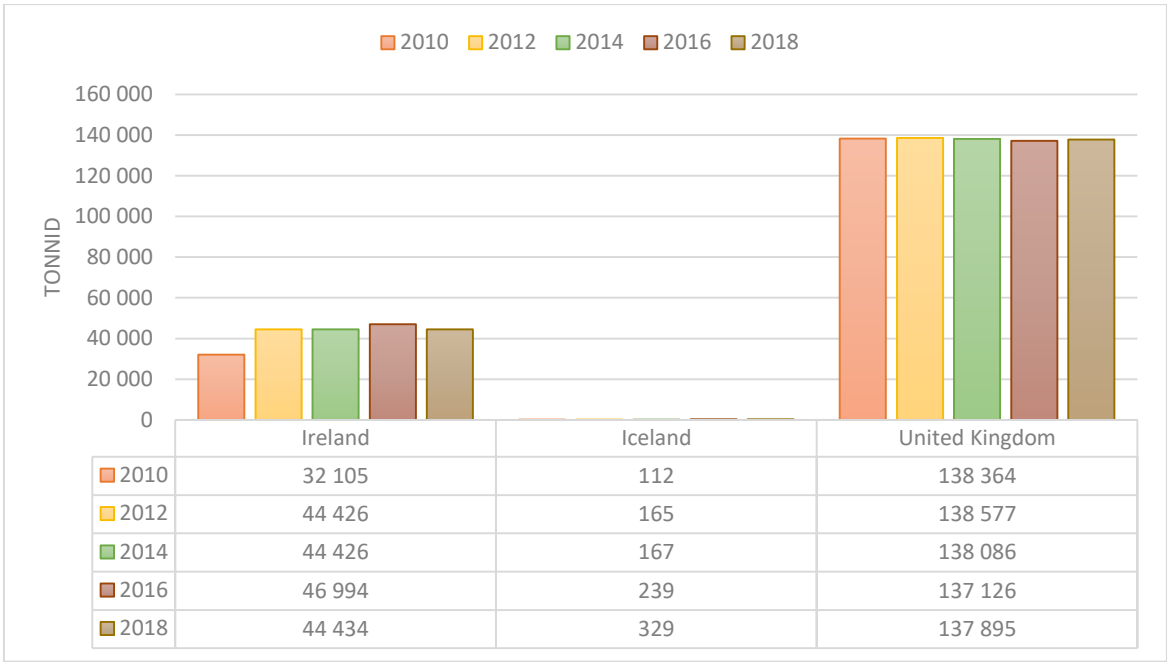
Tabel 6.4. Põllumajanduses, metsanduses ja kalanduses tekkinud jäätmed Tšehhis, Horvaatias, Ungaris, Poolas, Sloveenias, Slovakkias



Tabel 6.5. Põllumajanduses, metsanduses ja kalanduses tekkinud jäätmed Bulgaarias, Kreekas, Küproses, Maltas, Rumeenias, Serbias, Montenegros



Tabel 6.6. Põllumajanduses, metsanduses ja kalanduses tekkinud jäätmed Iirimaal, Islandis, Suurbritannias



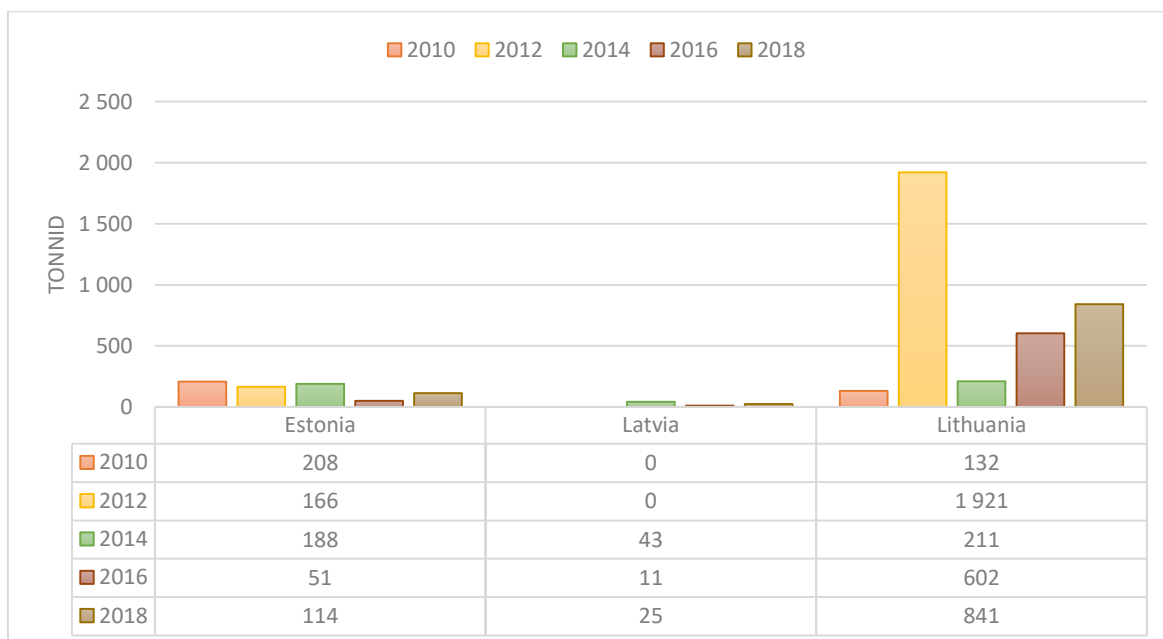
LISA 2

Ehituses tekkinud plastijäätmed

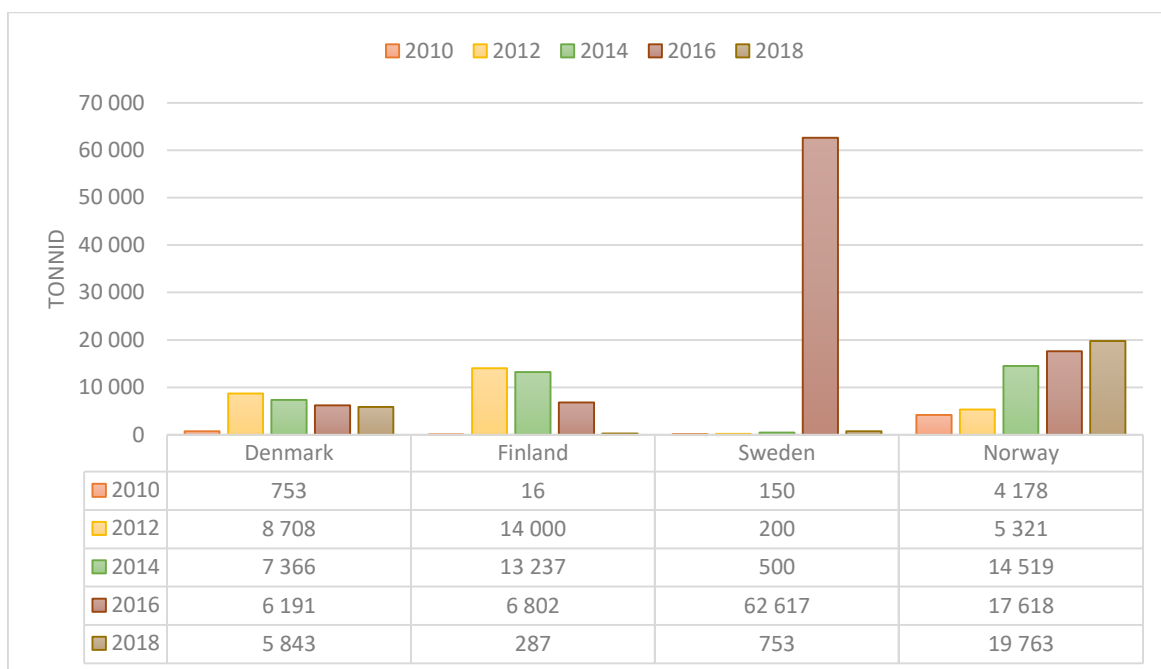
Ehituse tekkinud plastijäätmete vaheladustatud kogused vähenesid 2018. a-ni võrreldes 2010.a Eestis (114 t.), Lätis (25 t.) Leedus 2012 a. oli plastijäätmete tõus 1 921 tonnini võrreldes 2010 a., kuid 2018 a. kogumaht vähenes 841 tonnini Tabel 6.7. Taanis tekkinud plastijäätmete vaheladustatud kogused 2010.a-st suurenesid 5 090 tonnini. Soomes vaheladustatud kogus 13 713 tonni võrra vähenes võrreldes 2012. a. Norras plastijäätmete kogumaht kasvas ülesse 19 763 tonnini Tabel 6.8. Prantsusmaal tekkinud plastijäätmete kogused suurenesid 2018 a. 619 342 tonnini. 2018. a vaheladustatud kogus 139 927 tonni võrra vähenes võrreldes 2012. a (Tabel 6.9). Poolas 139 927 tonni võrra vähenes 2018 a.-ni võrreldes 2012 a. (

Tabel 6.10). Kreekas 128 095 tonni võrra vähenes 2018 a.-ni võrreldes 2010.a laoseisuga (Tabel 6.11). Suurbritannias plastijäätmete kogus 51 312 tonni võrra suurenesid võrreldes 2010 a. laoseisuga (Tabel 6.12).

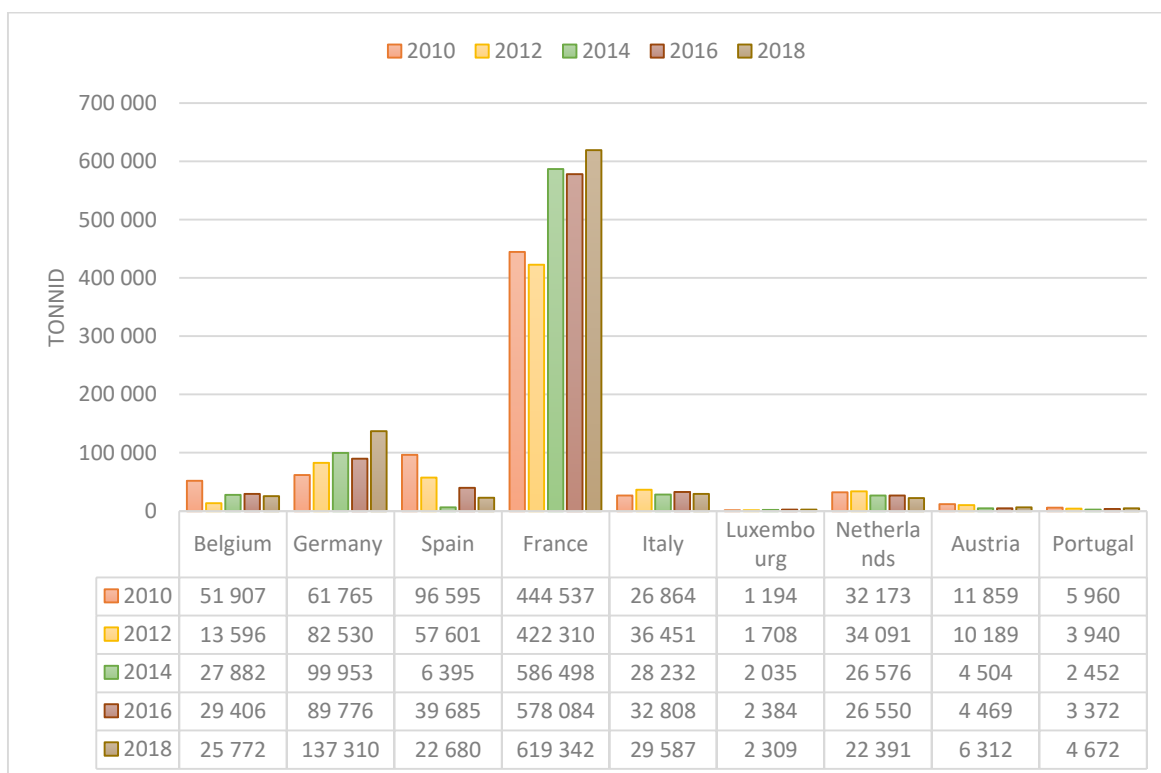
Tabel 6.7. Ehituses tekkinud plastijäätmed Eestis, Lätis, Leedus



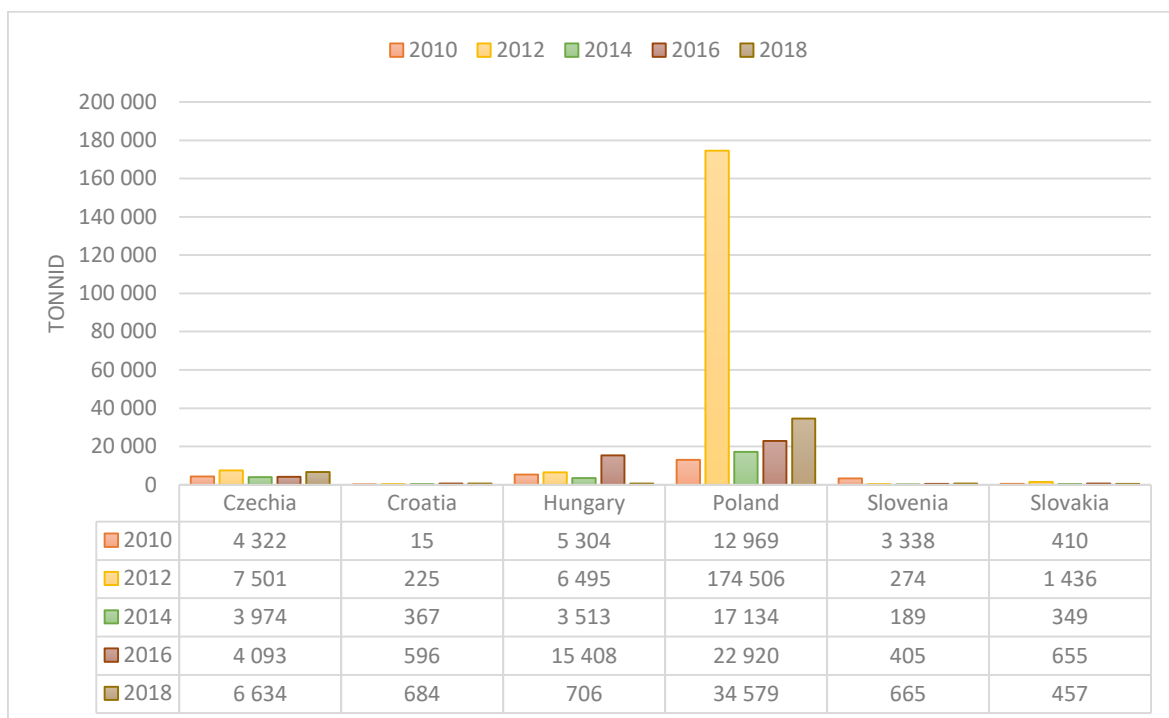
Tabel 6.8. Ehituses tekkinud plastijätmed Taanis, Soomes, Rootsis, Norras



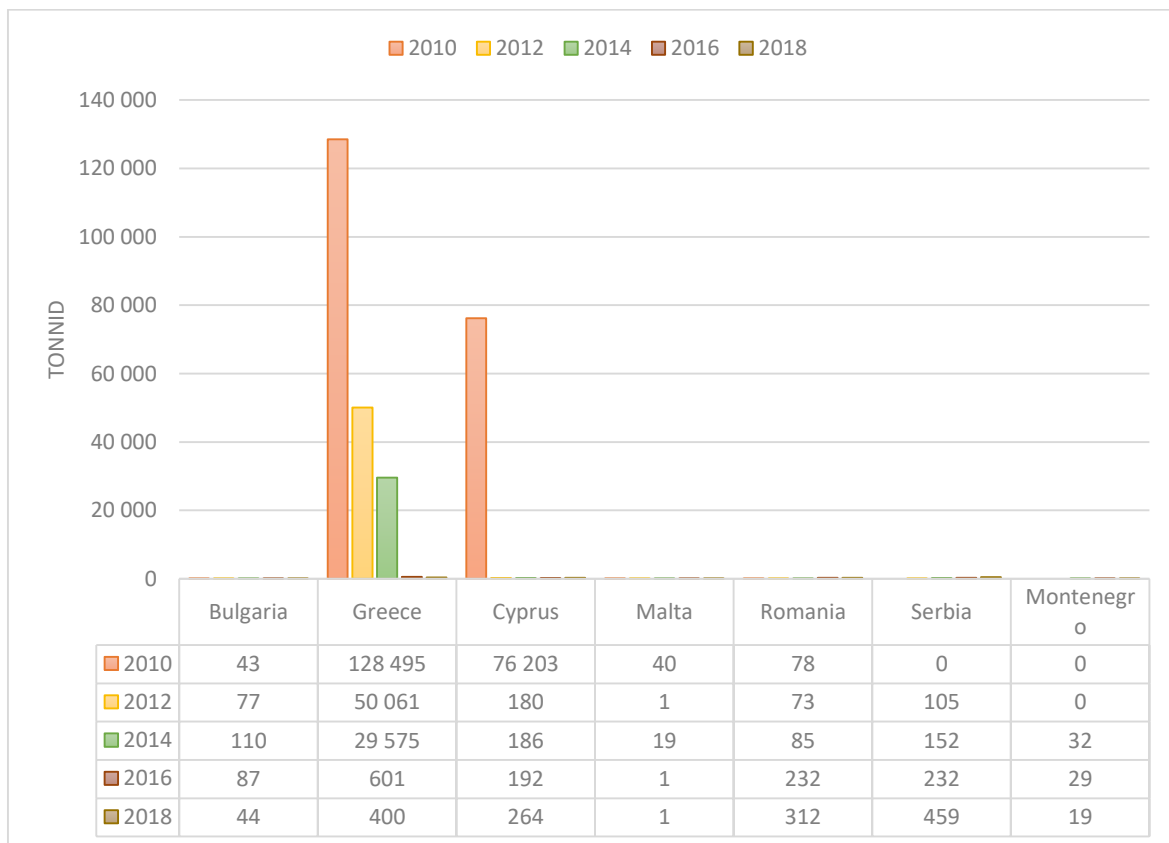
Tabel 6.9. Ehituses tekkinud plastijätmed Belgias, Saksamaal, Hispaanias, Prantsusmaal, Itaalias, Luksemburgis, Hollandis, Austrias, Portugaalias



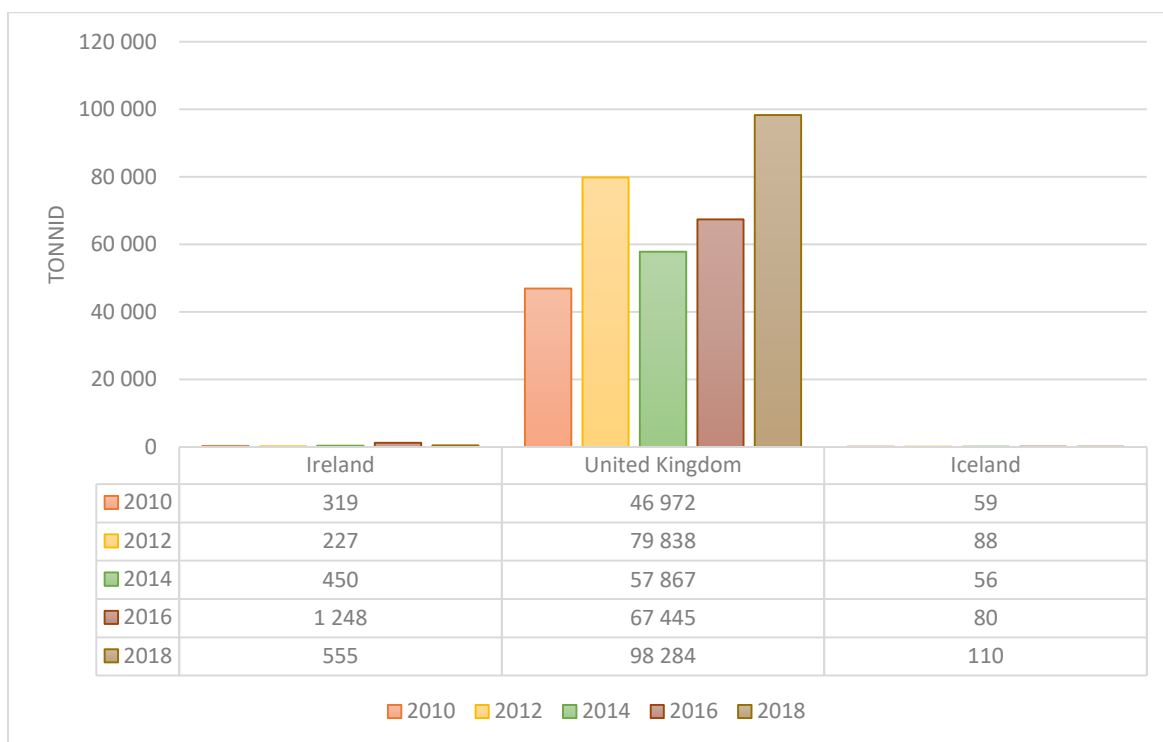
Tabel 6.10. Ehituses tekkinud plastijäätmed Tšehhis, Horvaatias, Ungaris, Poolas, Sloveenias, Slovakkias



Tabel 6.11. Ehituses tekkinud plastijäätmed Bulgaarias, Kreekas, Küproses, Maltas, Rumeenias, Serbias, Montenegros



Tabel 6.12. Ehituses tekkinud plastijätmed Iirimaal, Suurbritannias, Islandis

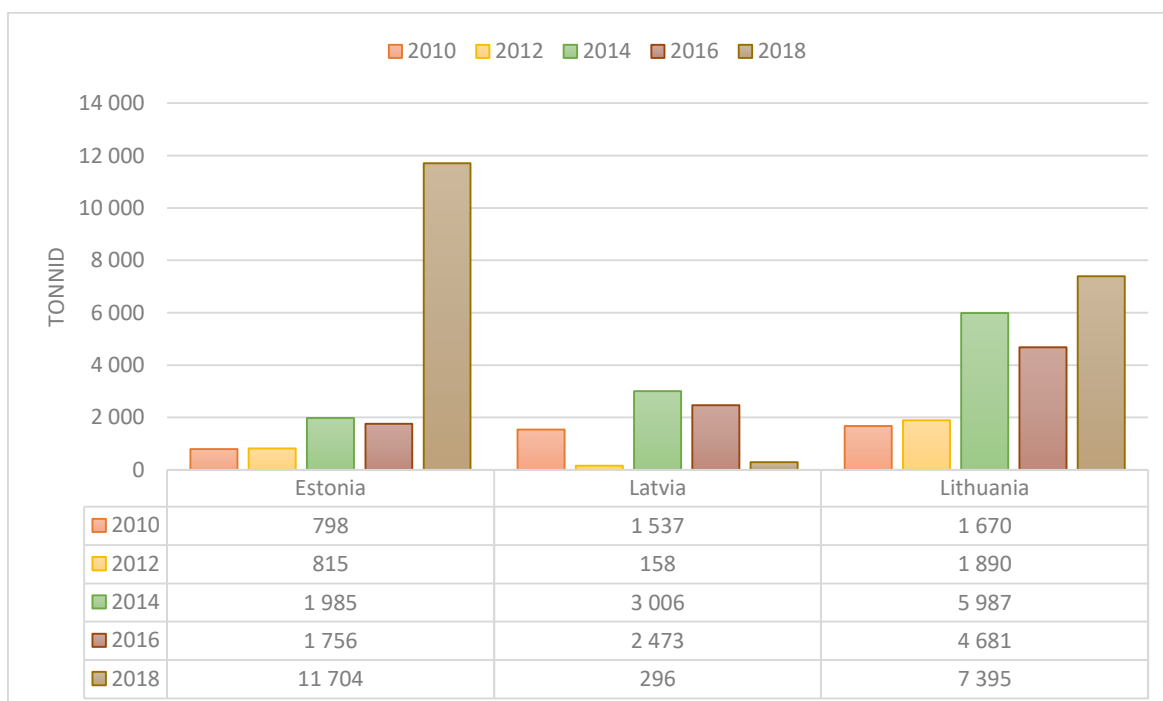


LISA 3

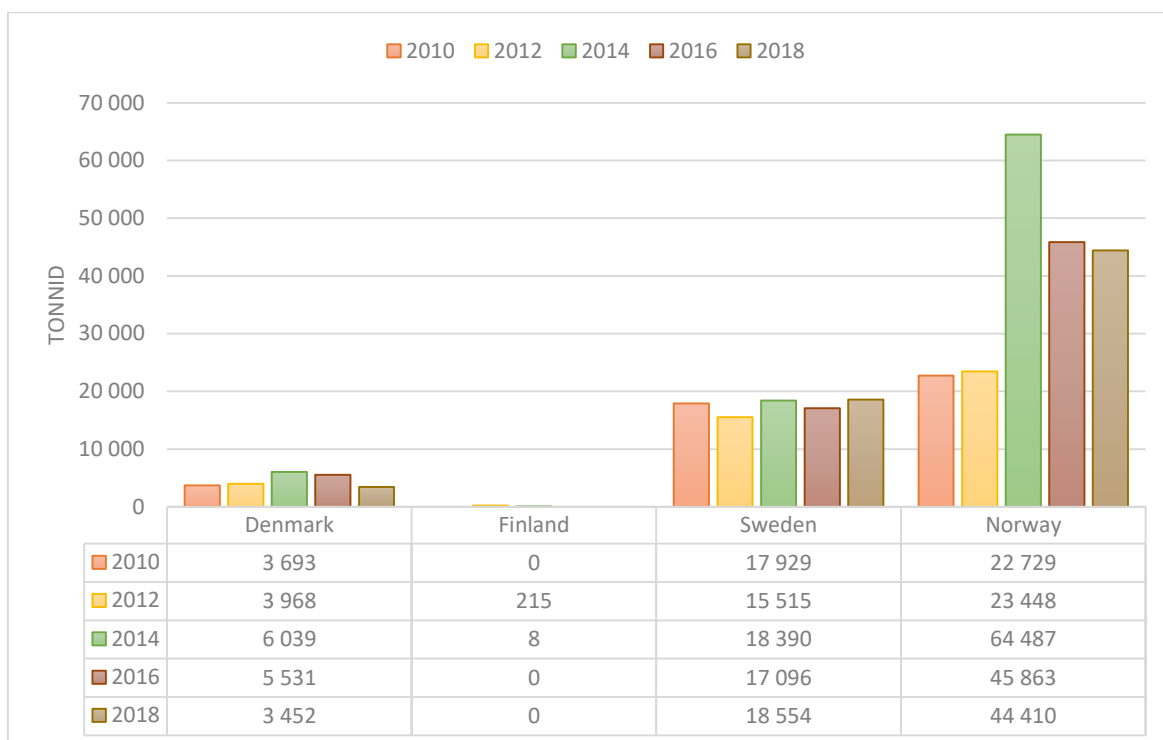
Majapidamises tekkinud plastijäätmed

Majapidamises tekkinud plastijäätmete vaheladustatud kogus Eestis 10 906 tonni ja Leedus 5 725 tonni võrra suurenes 2018. a-ni võrreldes 2010.a. Lätis aga plastijäätmete kogus 2710 tonni võrra vähenes 2018a.-ni võrreldes 2014. a.(Tabel 6.13). Taanis tekkinud plastijäätmete vaheladustatud kogused 2010.a-st suurenesid 5 090 tonnini. Soomes vaheladustatud kogus 215 tonni võrra vähenes 2018.a-ni võrreldes 2012. a. Norras plastijäätmete kogumaht 2014.a kasvas ülesse 64 487 tonnini, kuid 20 077 tonni vähenes 2018 a.-ni võrreldes 2014 a. (Tabel 6.14). Prantsusmaal tekkinud plastijäätmete kogused vaid kasvavad ülesse. 2010 a. plastijäätmete kogumaht oli 117 700 tonni kuid 2018. a kogumaht kasvas ülesse 125 769 tonnini (Tabel 6.15). Vaheladustatud kogus 11 259 tonni võrra vähenes 2018 a.-ni võrreldes 2010. a Poolas ja 7 246 tonni võrra suurenes Tšehhis võrreldes 2010.a laoseisuga Tabel 6.16. Bulgaarias plastijäätmete kogus 4 397 tonni võrra vähenes 2014 a.-ni võrreldes 2010.a-ga kuid 3 983 tonni võrra suurenes 2018 a.-ni võrreldes 2010.-ga Tabel 6.17. Suurbritannias plastijäätmete kogus kasvab ülesse. 2018 a. Suurbritannias plastijäätmete kogumaht oli 137 895 tonni, 2010 a.-l 138 364 tonni Tabel 6.18.

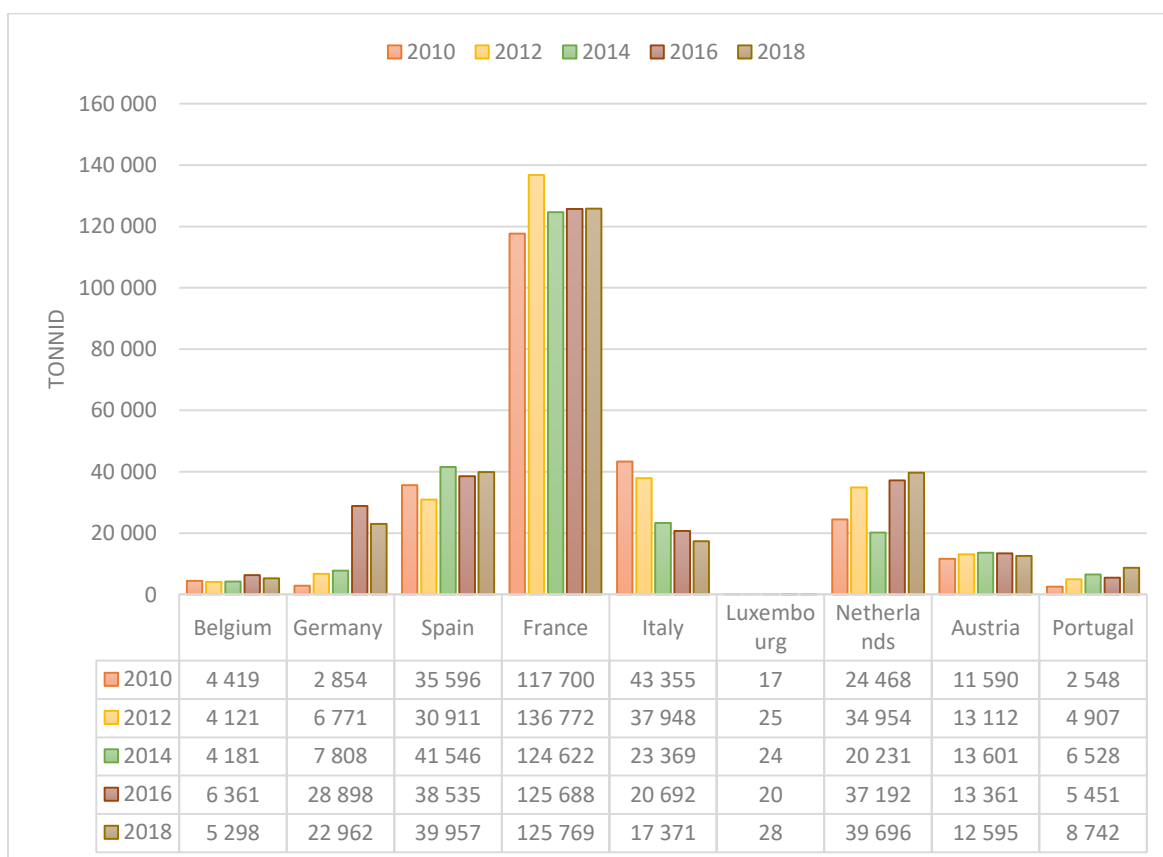
Tabel 6.13. Majapidamises tekkinud plastijäätmed Eestis, Lätis, Leedus



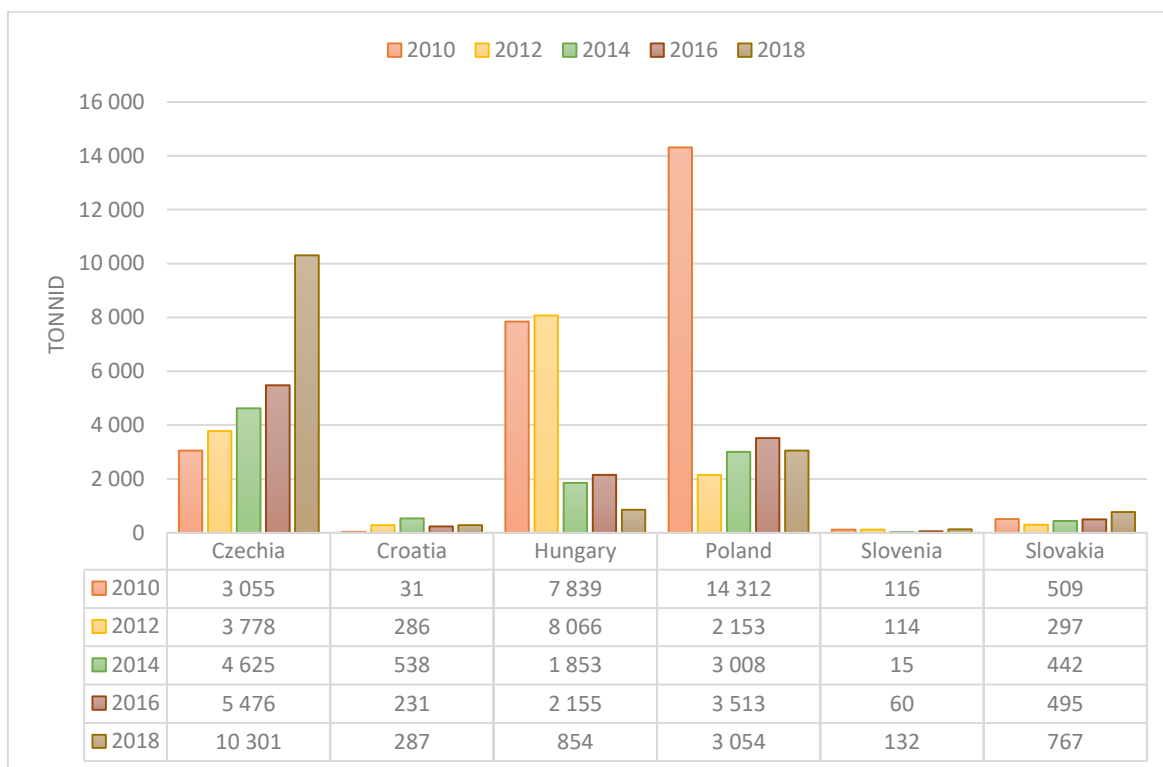
Tabel 6.14. Majapidamises tekkinud plastijäätmed Taanis, Soomes, Rootsis, Norras



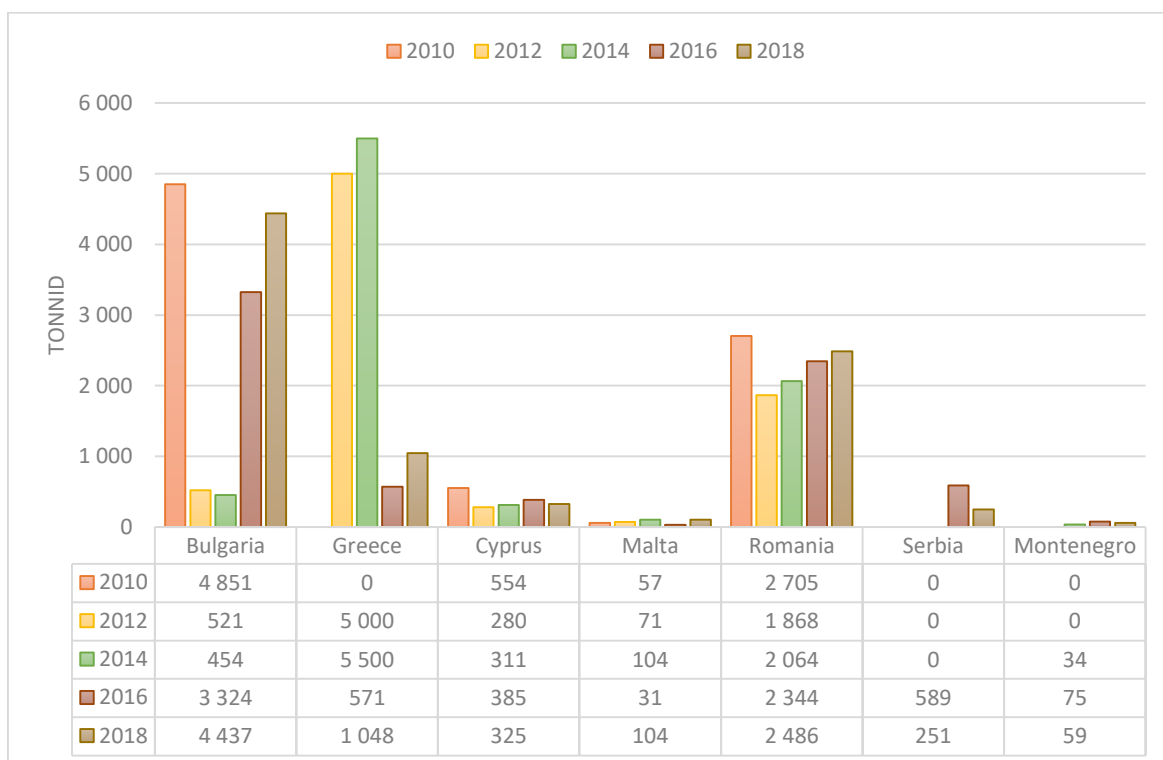
Tabel 6.15. Majapidamises tekkinud plastijäätmed Belgias, Saksamaal, Hispaanias, Prantsusmaal, Itaalias, Luksemburgis, Hollandis, Austrias, Portugaalias



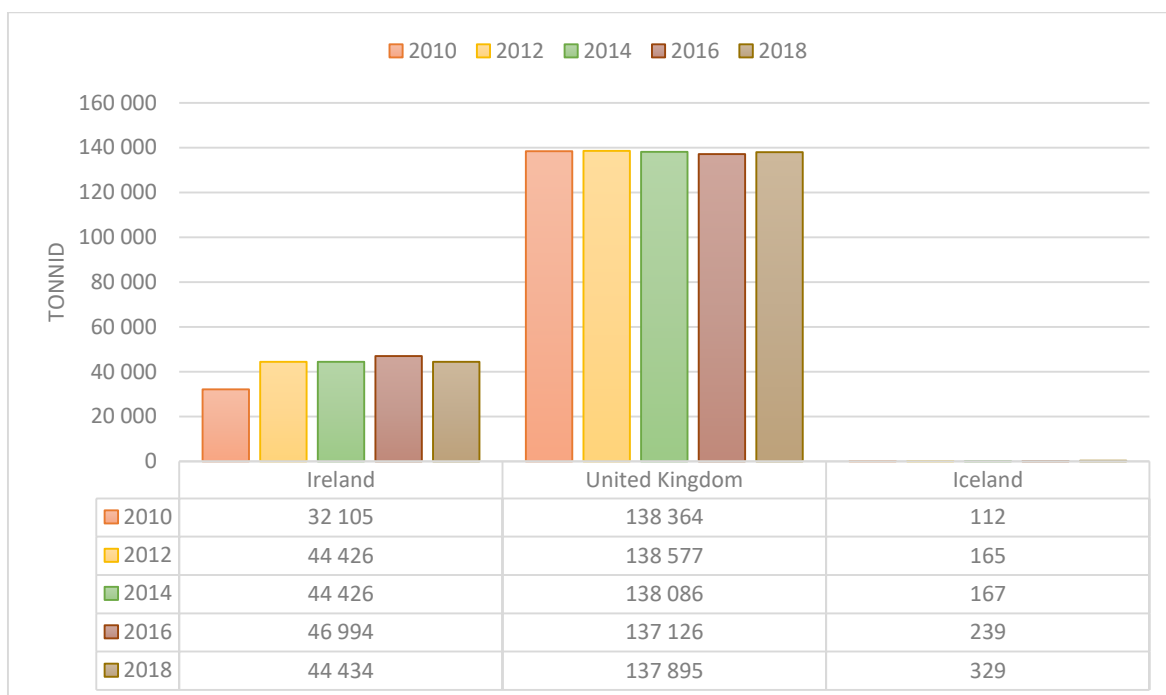
Tabel 6.16. Majapidamises tekkinud plastijätmed Tšehhis, Horvaatias, Ungaris, Poolas, Sloveenias, Slovakkias



Tabel 6.17. Majapidamises tekkinud plastijätmed Bulgaarias, Kreekas, Küproses, Maltas, Rumeenias, Serbias, Montenegros



Tabel 6.18. Majapidamises tekkinud plastijäätmed Iirimaal, Suurbritannias, Islandis

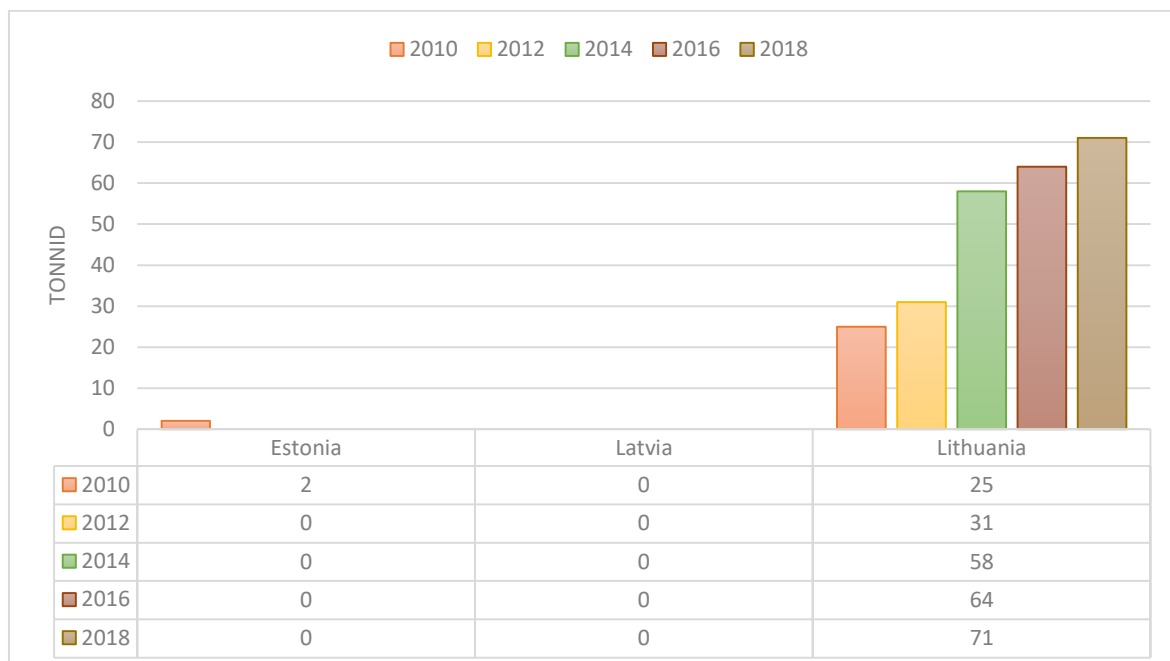


LISA 4

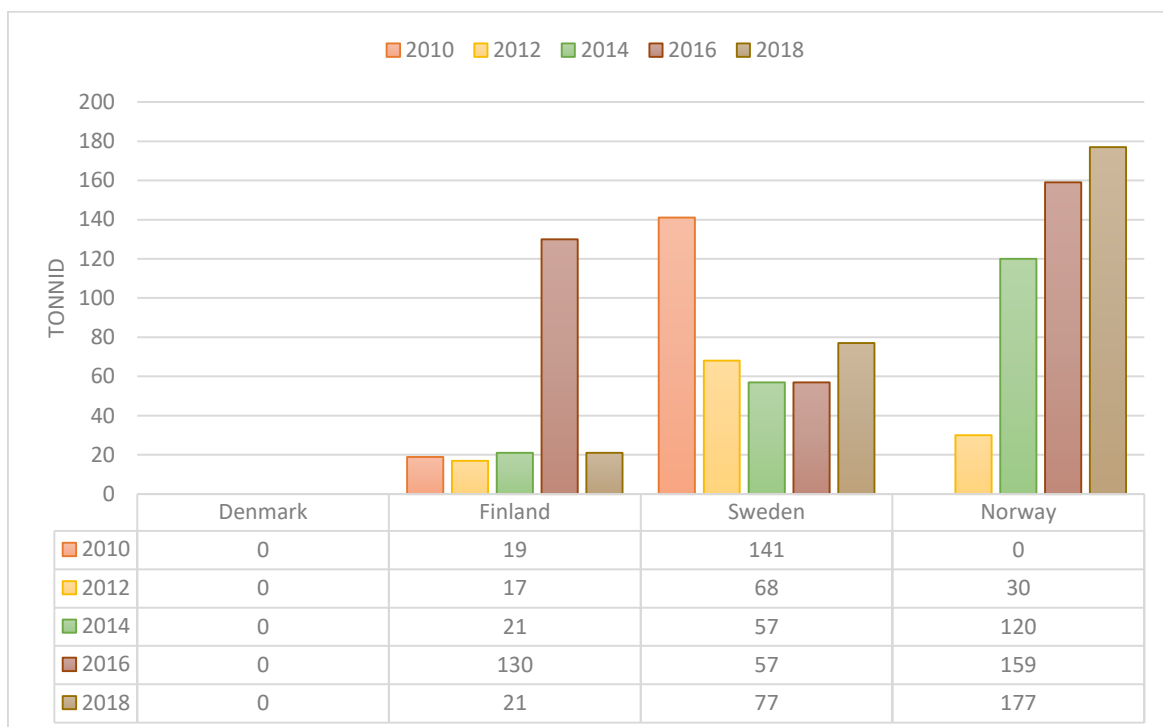
Koksi ja rafineeritud naftatoodete tootmises tekkinud plastijäätmed

Koksi ja rafineeritud naftatoodete tekkinud plastijäätmete vaheladustatud kogus Leedus 46 tonni (Tabel 6.19) ja Norras 177 tonni (Tabel 6.20) võrra suurenes 2018. a-ni võrreldes 2010.a. Saksamaal vaheladustatud kogus 2 943 tonni võrra vähenes 2018.a-ni võrreldes 2014. a. (Tabel 6.21). Poolas plastijäätmete kogus 602 tonni võrra suurenes 2018.a-ni võrreldes 2010 a. (Tabel 6.22). Bulgaarias plastijäätmete kogus 584 tonni võrra vähenes 2018 a.-ni võrreldes 2016.a-ga (Tabel 6.23). Suurbritannias plastijäätmete kogumaht 2016 a. oli 7 539 tonni, 2018 a.-l 7 423 tonni (Tabel 6.24).

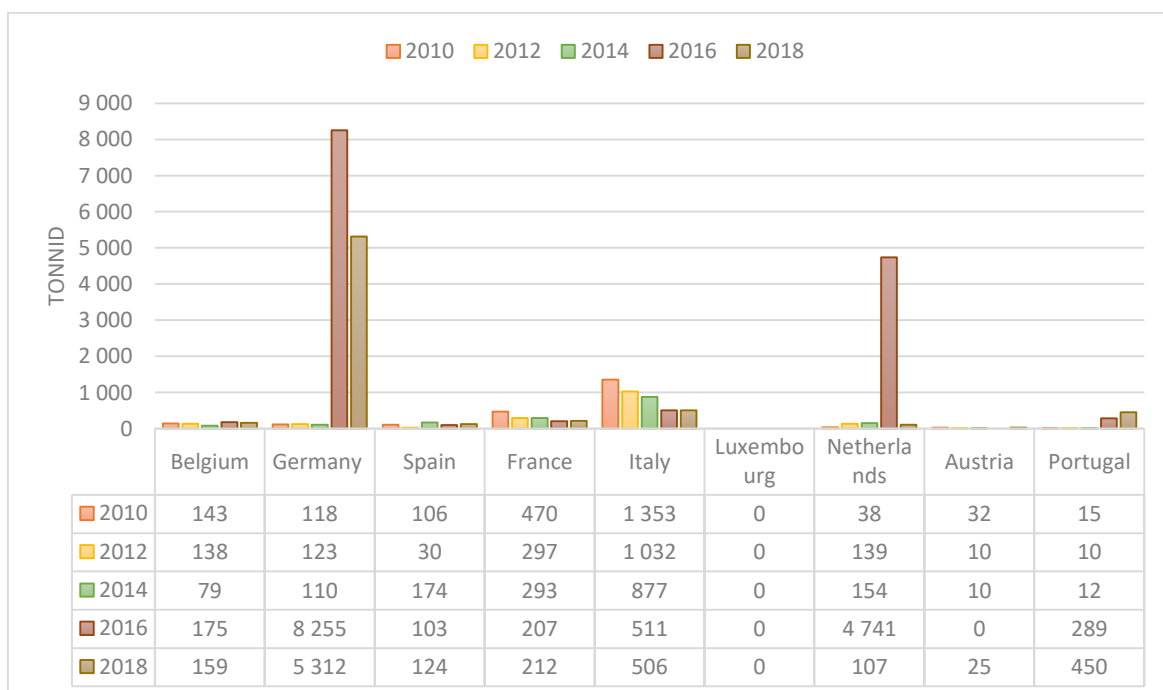
Tabel 6.19. Koksi ja rafineeritud naftatoodete tootmises tekkinud plastijäätmed Eestis, Lätis, Leedus



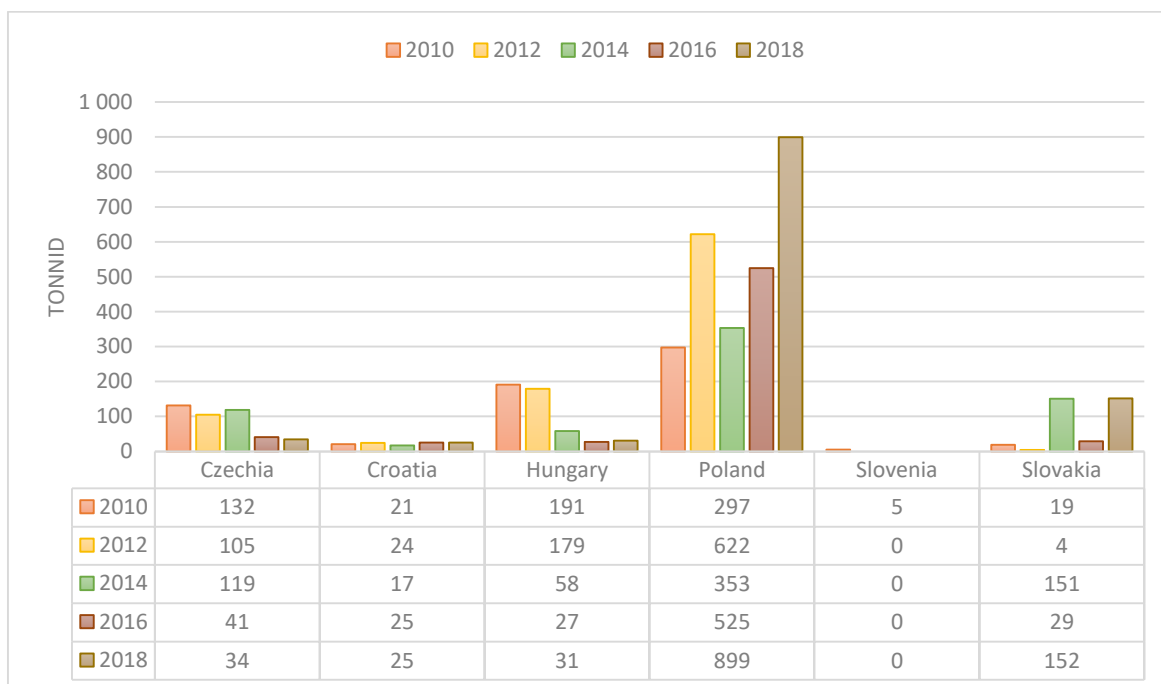
Tabel 6.20. Koksi ja rafineeritud naftatoodete tootmises tekkinud plastijätmed Taanis, Soomes, Rootsis, Norras



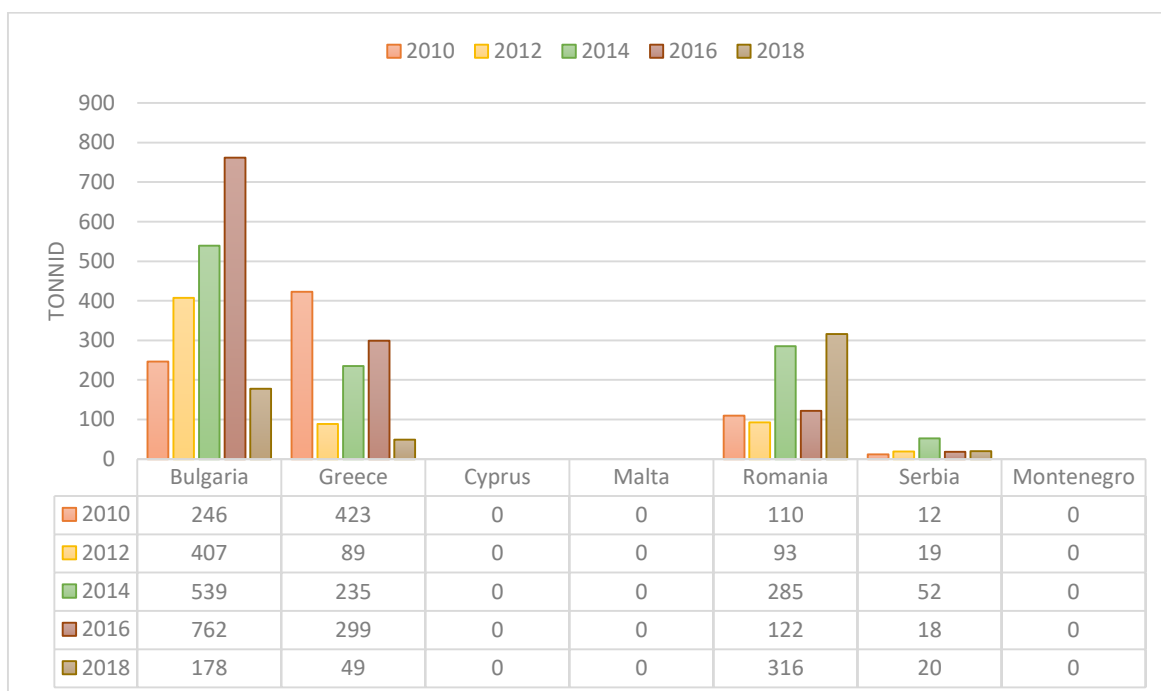
Tabel 6.21. Koksi ja rafineeritud naftatoodete tootmises tekkinud plastijätmed Belgias, Saksamaal, Hispaanias, Prantsusmaal, Itaalias, Luksemburgis, Hollandis, Austrias, Portugal



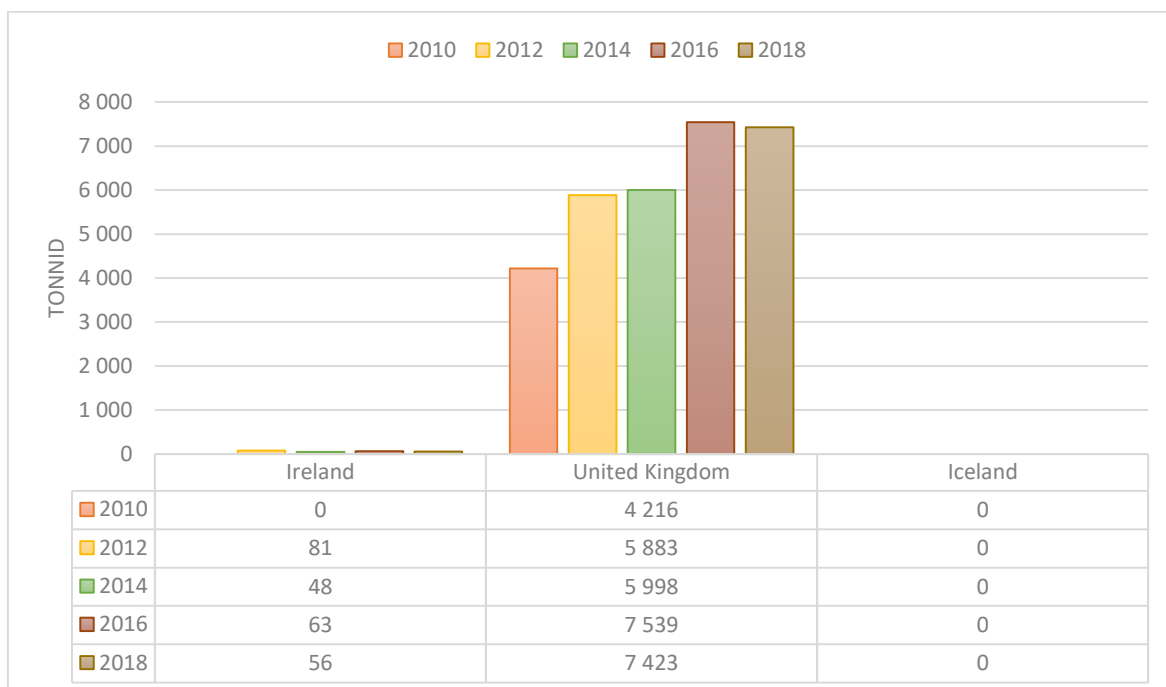
Tabel 6.22. Koksi ja rafineeritud naftatoodete tootmises tekkinud plastijätmed Tšehhis, Horvaatias, Ungaris, Poolas, Sloveenias, Slovakkias



Tabel 6.23. Koksi ja rafineeritud naftatoodete tootmises tekkinud plastijätmed Bulgaarias, Kreekas, Küproses, Maltas, Rumeenias, Serbias, Montenegros



Tabel 6.24. Koksi ja rafineeritud naftatoodete tootmises tekkinud plastijätmed Iirimaal, Suurbritannias, Islandis

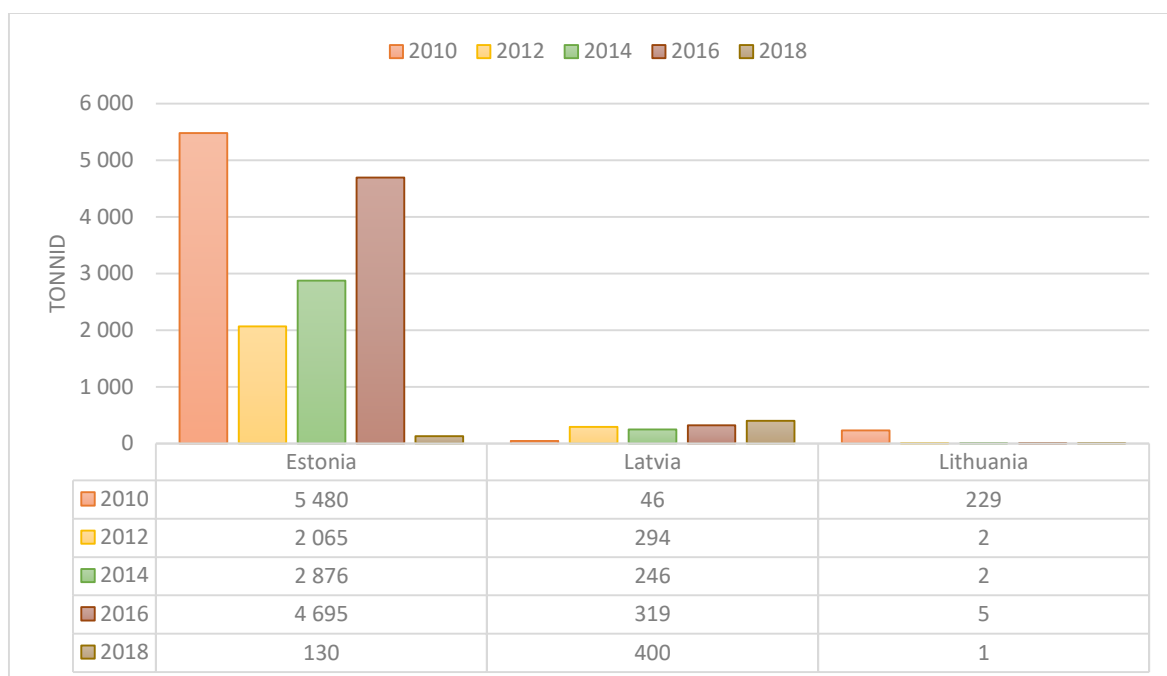


LISA 5

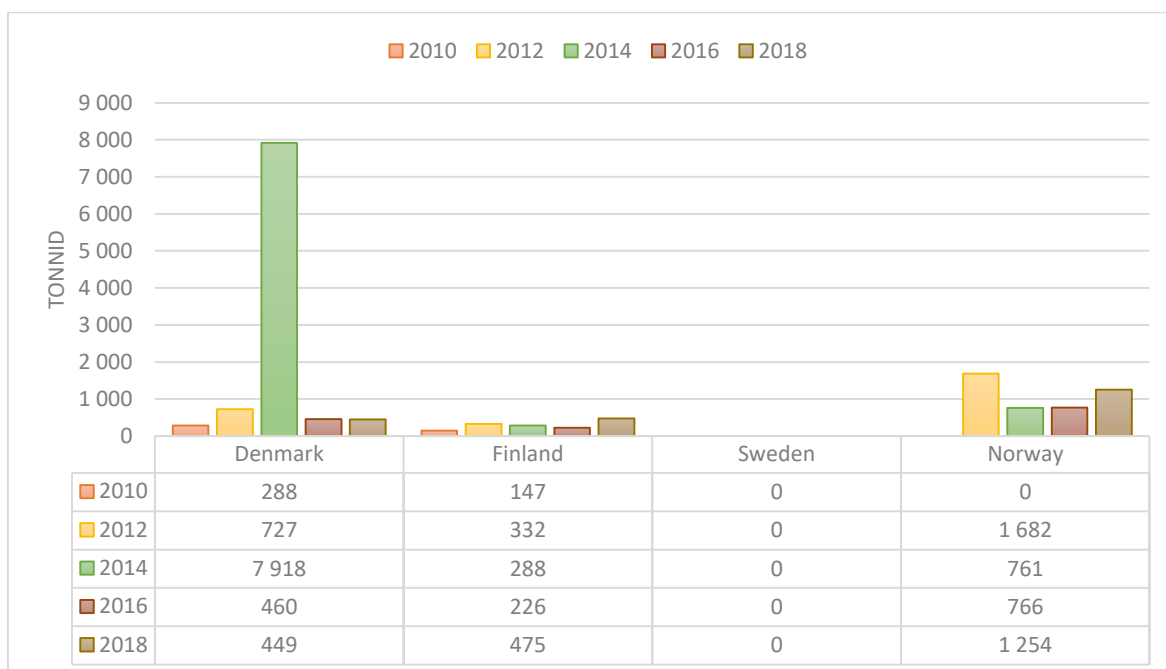
Kaevandamises tekkinud plastijäätmed

Kaevandamises tekkinud plastijäätmete vaheladustatud kogus Eestis 5 350 tonni võrra vähenes 2018 a.-ni võrreldes 2010.a (Tabel 6.25) ja Taanis plastijäätmete kogus 7 469 tonni võrra vähenes 2018. a-ni võrreldes 2014 a. (Tabel 6.26). Austrias plastijäätmete kogus 301 tonni võrra suurenes 2018. a-ni võrreldes 2010 a.(Tabel 6.27). Horvaatias 2010 a. plastijäätmete kogumaht oli 1672 tonni kui 2018 a.-l vähenes 610 tonnini (Tabel 6.28). Serbias alates 2014. a-st plastijäätmete kogumaht suureneb. Kogumaht 691 tonni võrra suurenes 2018. a-ni võrreldes 2010 a. (Tabel 6.29). Iirimaal 2010 a.-l plastijäätmete kogus oli vaid 9 tonni kuid 2018. a-ni suurenes 416 tonnini (Tabel 6.30).

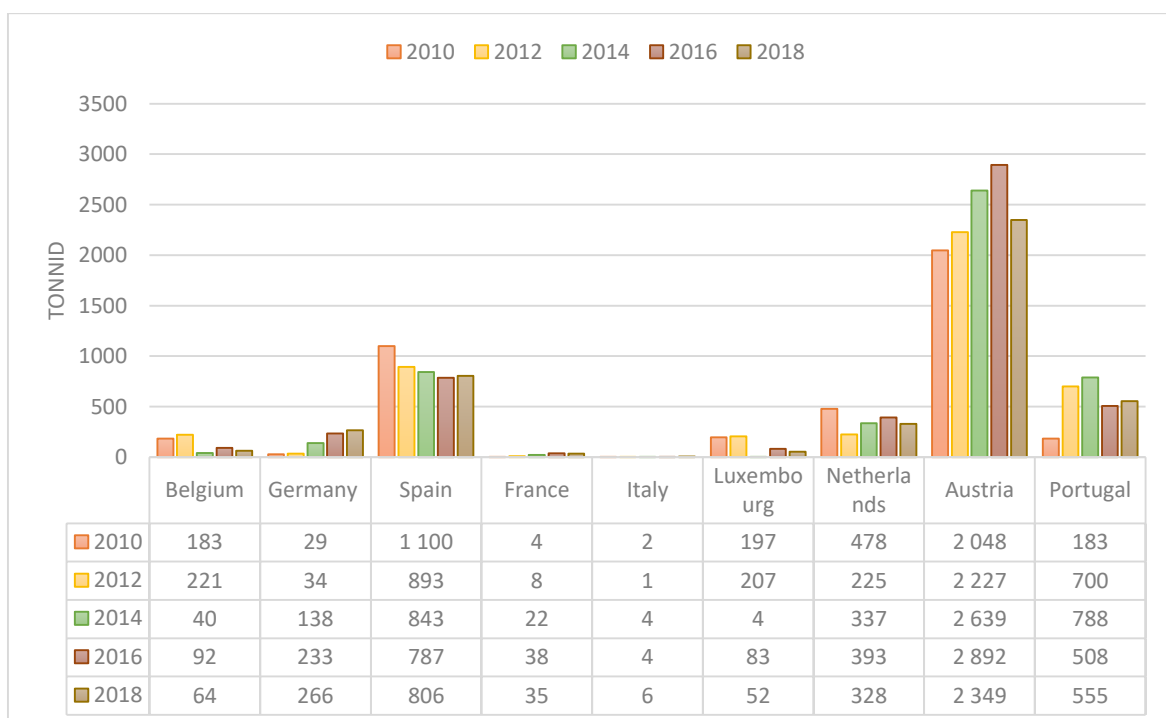
Tabel 6.25. Kaevandamises tekkinud plastijäätmed Eestis, Lätis, Leedus



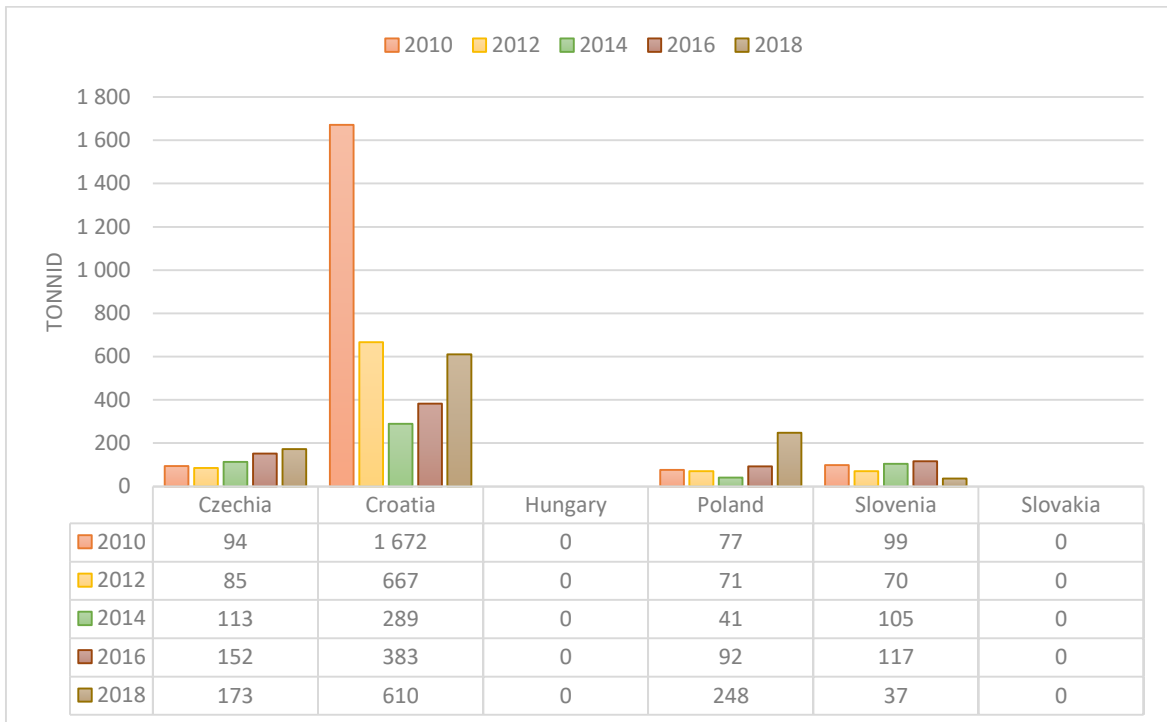
Tabel 6.26. Kaevandamises tekkinud plastijätmed Taanis, Soomes, Rootsis, Norras



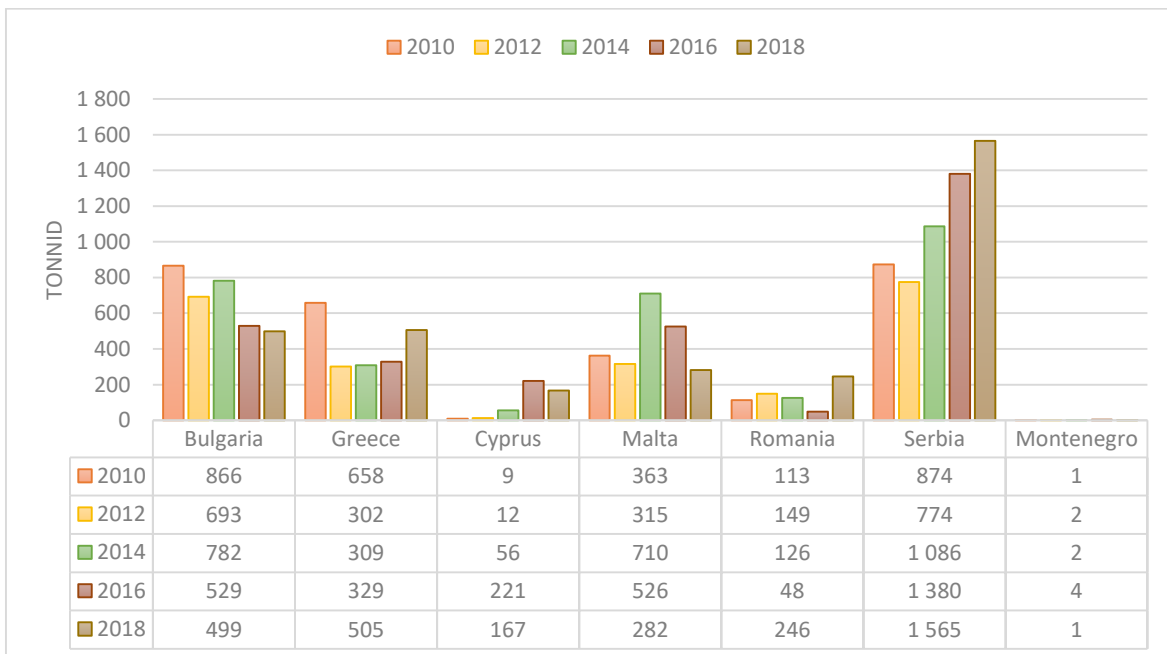
Tabel 6.27. Kaevandamises tekkinud plastijätmed Belgias, Saksamaal, Hispaanias, Itaalias, Luksemburgis, Hollandis, Austrias, Portugaalias



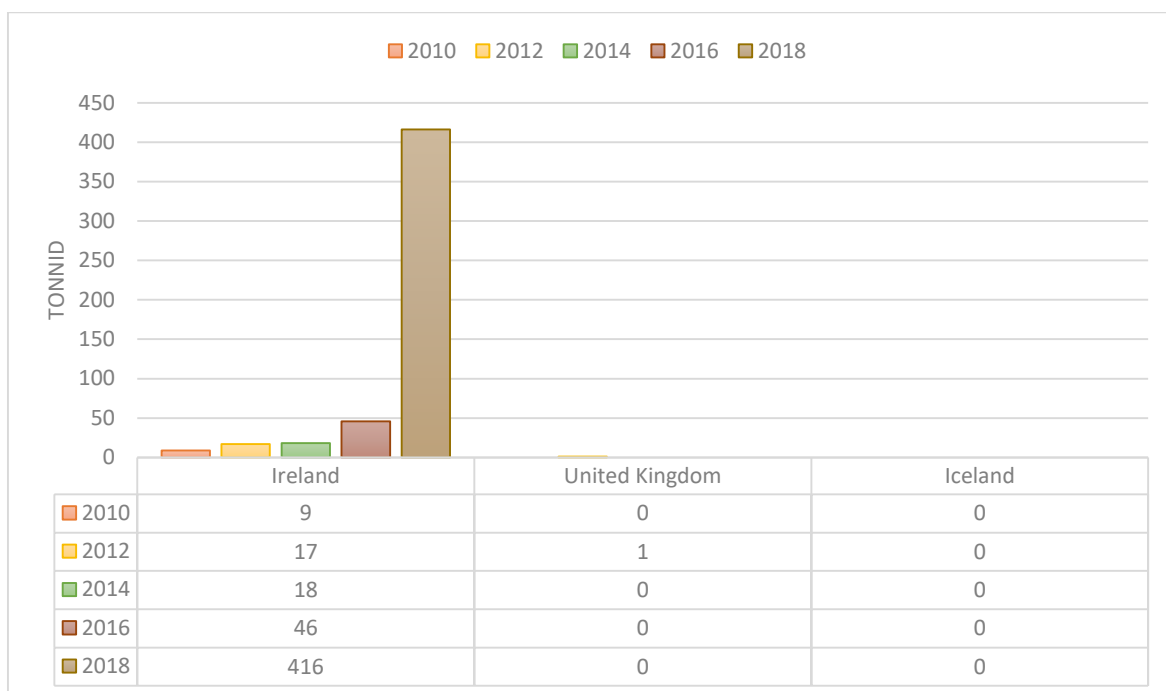
Tabel 6.28. Kaevandamises tekkinud plastijäätmed Tšehhis, Horvaatias, Ungaris, Poolas, Sloveenias, Slovakkias



Tabel 6.29. Kaevandamises tekkinud plastijäätmed Bulgaarias, Kreekas, Küproses, Maltas, Rumeenias, Serbias, Montenegros



Tabel 6.30. Kaevandamises tekkinud plastijätmed Iirimaal, Suurbritannias, Islandis

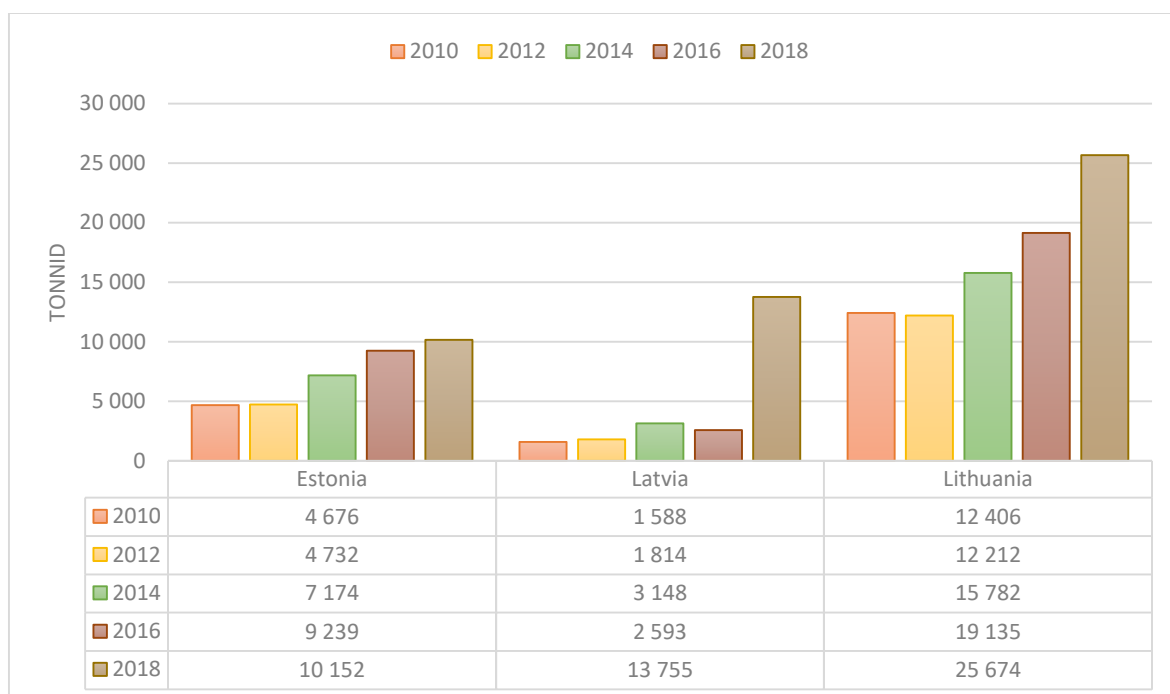


LISA 6

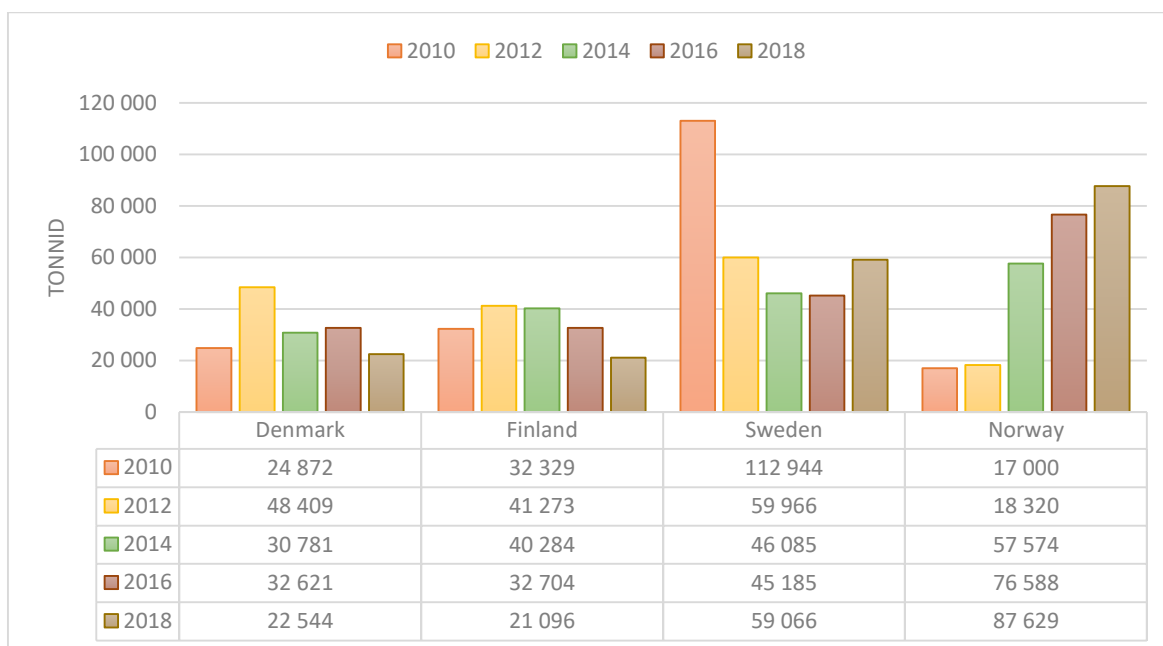
Tootmises tekkinud plastijäätmed

Tootmises tekkinud plastijäätmete vaheladustatud kogus Eestis 5 476, Lätis 12 167 ja Leedus 13 268 tonni võrra suurenes 2018. a-ni võrreldes 2010 a.(Tabel 6.31). Rootsis 2010 a. plastijäätmete kogumaht oli 112 944 tonni kuid 2016.a vähenes 45 185 tonnini (Tabel 6.32). Belgias plastijäätmete kogus 565 689 tonni võrra vähenes 2018. a-ni võrreldes 2014 a.(Tabel 6.33). Poolas 661 853 tonnini (Tabel 6.34) ja Rumeenias 102 553 tonnini (Tabel 6.35). 2018.a-ni plastijäätmete kogumaht vaid suurenes Suurbritannias plastijäätmete kogus 15 136 tonni võrra suurenes 2018 a.-ni võrreldes 2010 a. (Tabel 6.36).

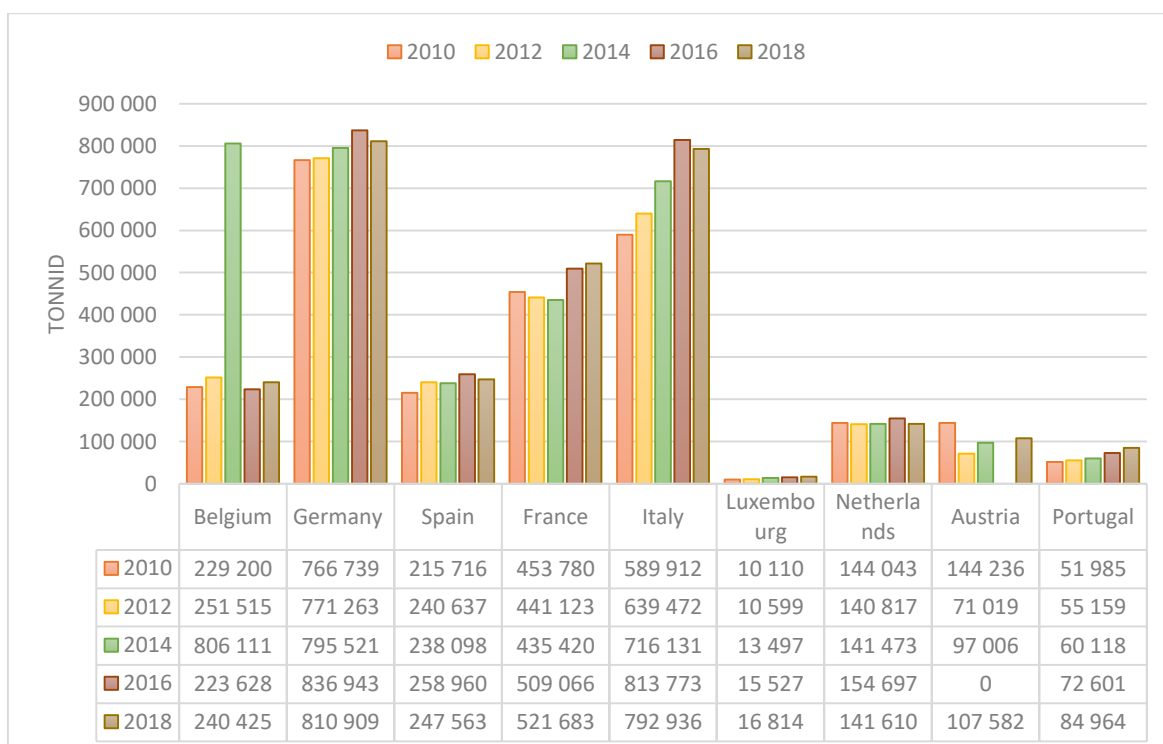
Tabel 6.31. Tootmises tekkinud plastijäätmed Eestis, Lätis, Leedus



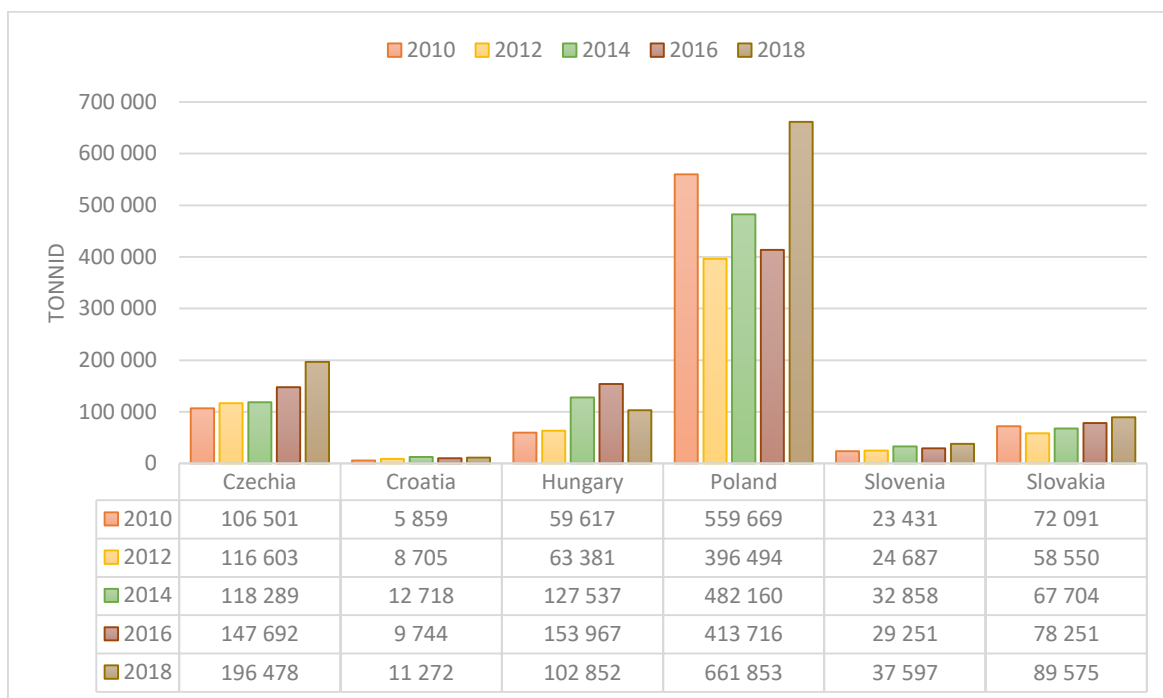
Tabel 6.32. Tootmises tekkinud plastijäätmed Taanis, Soomes, Rootsis, Norras



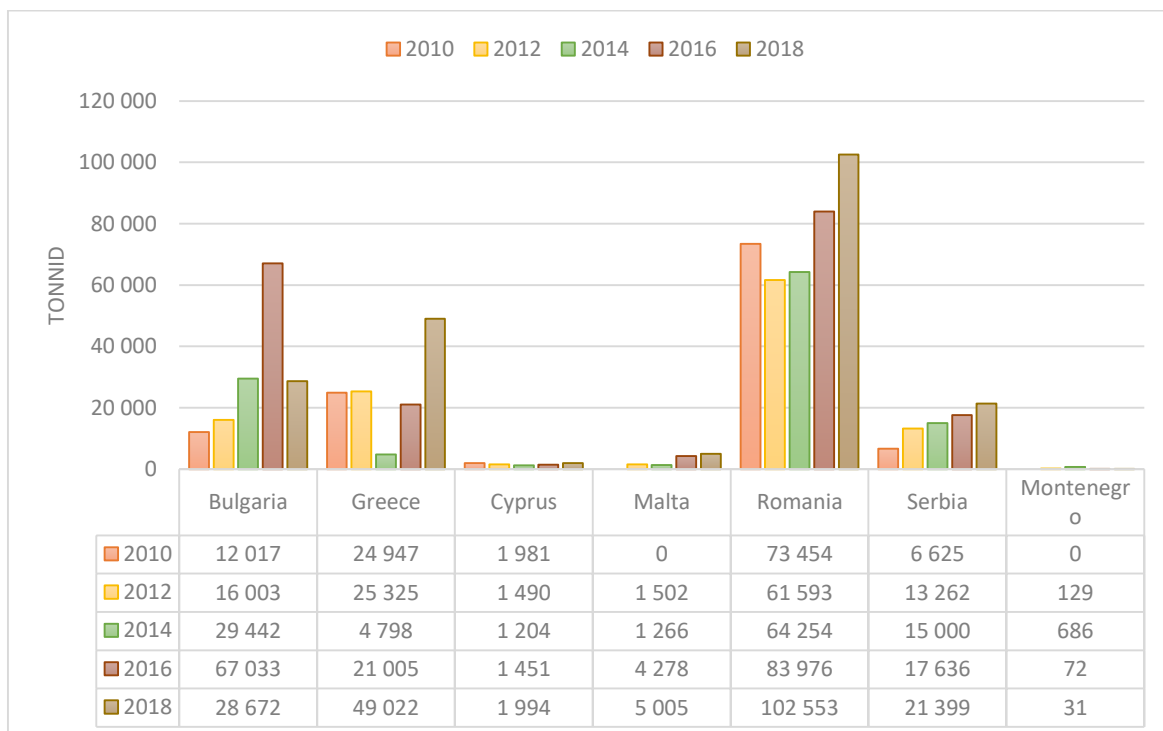
Tabel 6.33. Tootmises tekkinud plastijäätmed Belgias, Saksamaal, Hispaanias, Itaalias, Luksemburgis, Hollandis, Austrias, Portugaalias



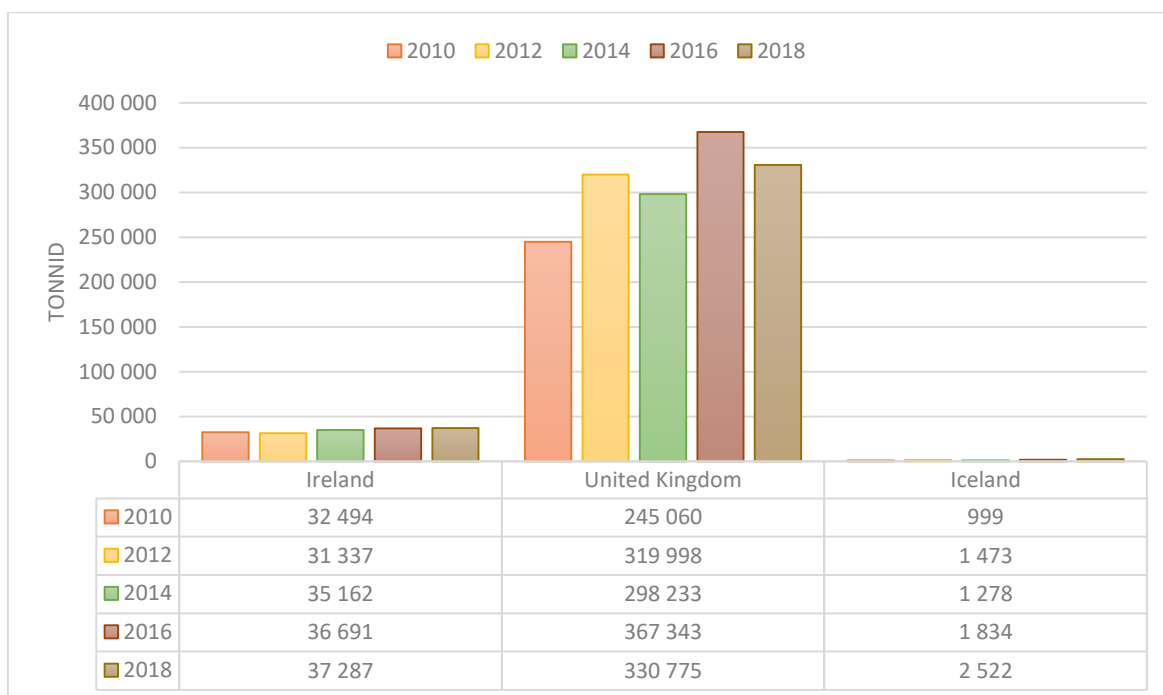
Tabel 6.34. Tootmises tekkinud plastijäätmed Tšehhis, Horvaatias, Ungaris, Poolas, Sloveenias, Slovakkias



Tabel 6.35. Tootmises tekkinud plastijäätmed Bulgaarias, Kreekas, Küproses, Maltas, Rumeenias, Serbias, Montenegros



Tabel 6.36. Tootmises tekkinud plastijäätmed Iirimaal, Suurbritannias, Islandis

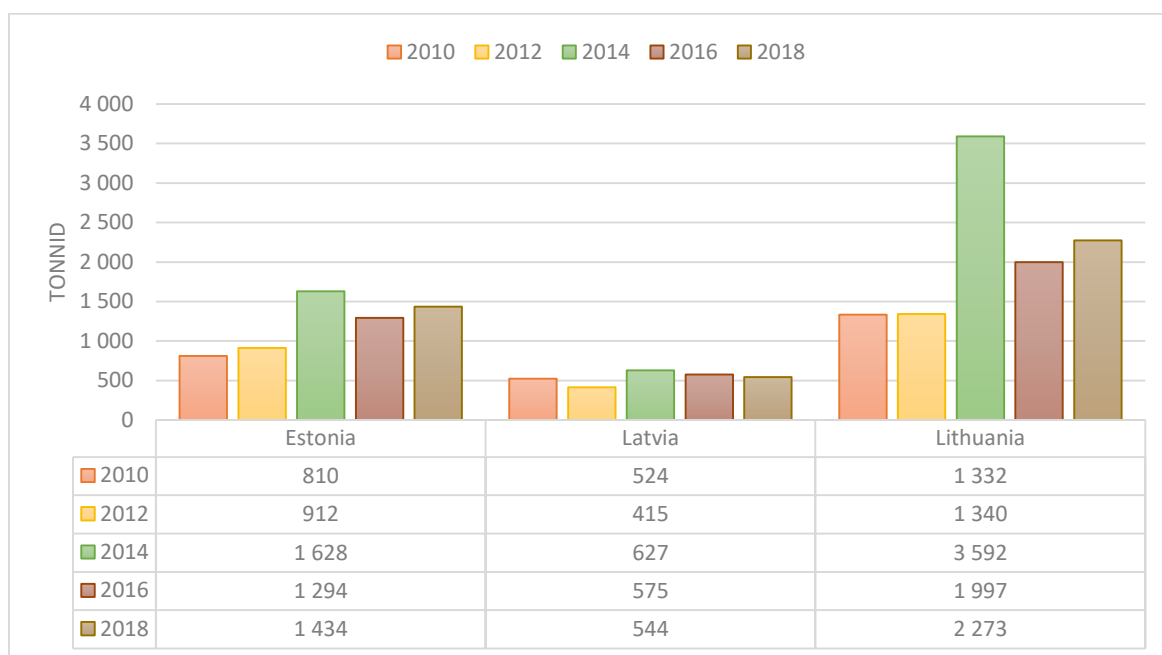


LISA 7

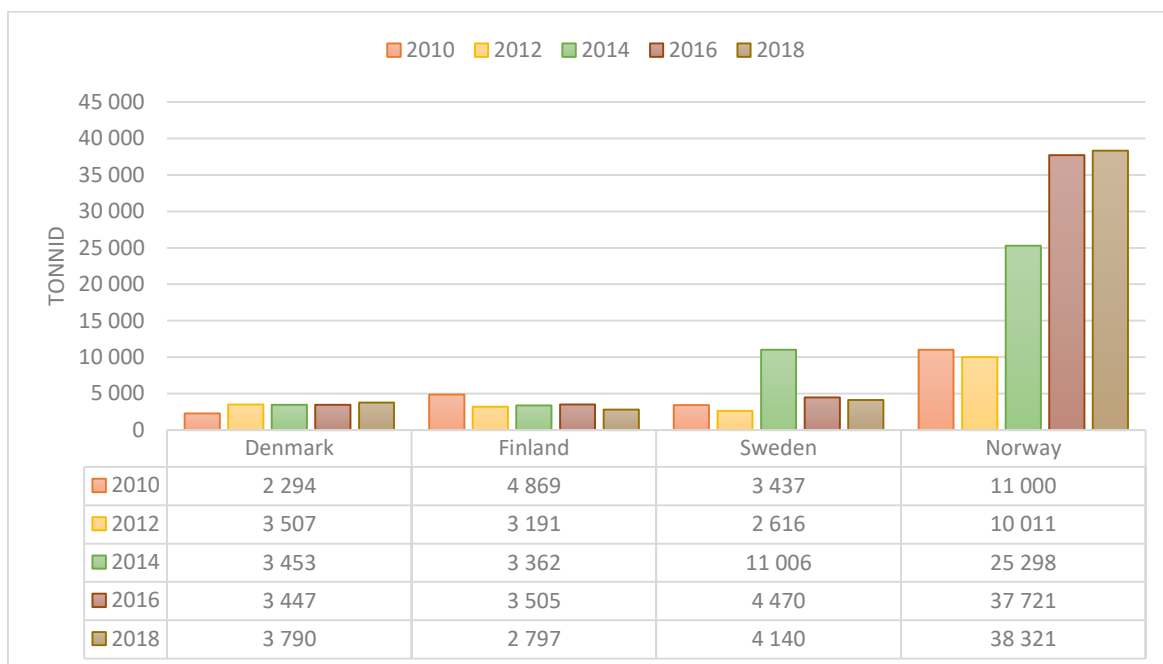
Toiduainete, jookide ja tubakatoodete tootmises tekkinud plastijätmed

Toiduainete, jookide ja tubakatoodete tootmises tekkinud plastijätmete vaheladustatud kogus Eestis 624 tonni võrra suurenes 2018. a-ni võrreldes 2010 a. (Tabel 6.37). Leedus plastijätmete kogus 1 319 tonni võrra vähenes 2018 a.-ni võrreldes 2014 a. (Tabel 6.37). Norras plastijätmete kogus 27 321 tonni võrra suurenes 2018. a-ni võrreldes 2010 a. (Tabel 6.38). Belgias plastijätmete kogus 602 881 tonni võrra vähenes 2018.a-ni võrreldes 2014 a. (Tabel 6.39). Poolas plastijätmete kogumaht 2018 a.-ni suurenes 242 167 tonnini (Tabel 6.40). Bulgaarias plastijätmete kogumaht 2016. a oli 15 787 tonni, kui 2018 a.-ni vähenes 3 816 tonnini (Tabel 6.41). Suurbritannias plastijätmete kogus 15 136 tonni võrra suurenes 2018. a-ni võrreldes 2010 a. (Tabel 6.42).

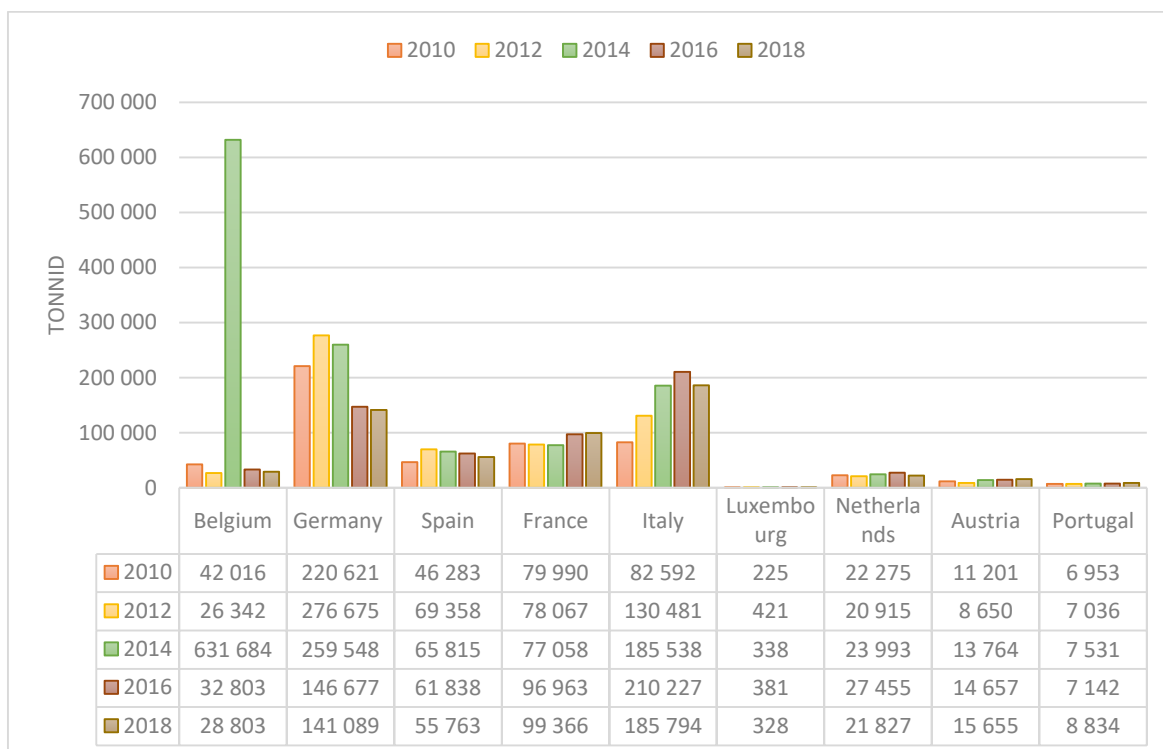
Tabel 6.37. Toiduainete, jookide ja tubakatoodete tootmises tekkinud plastijätmed Eestis, Lätis, Leedus



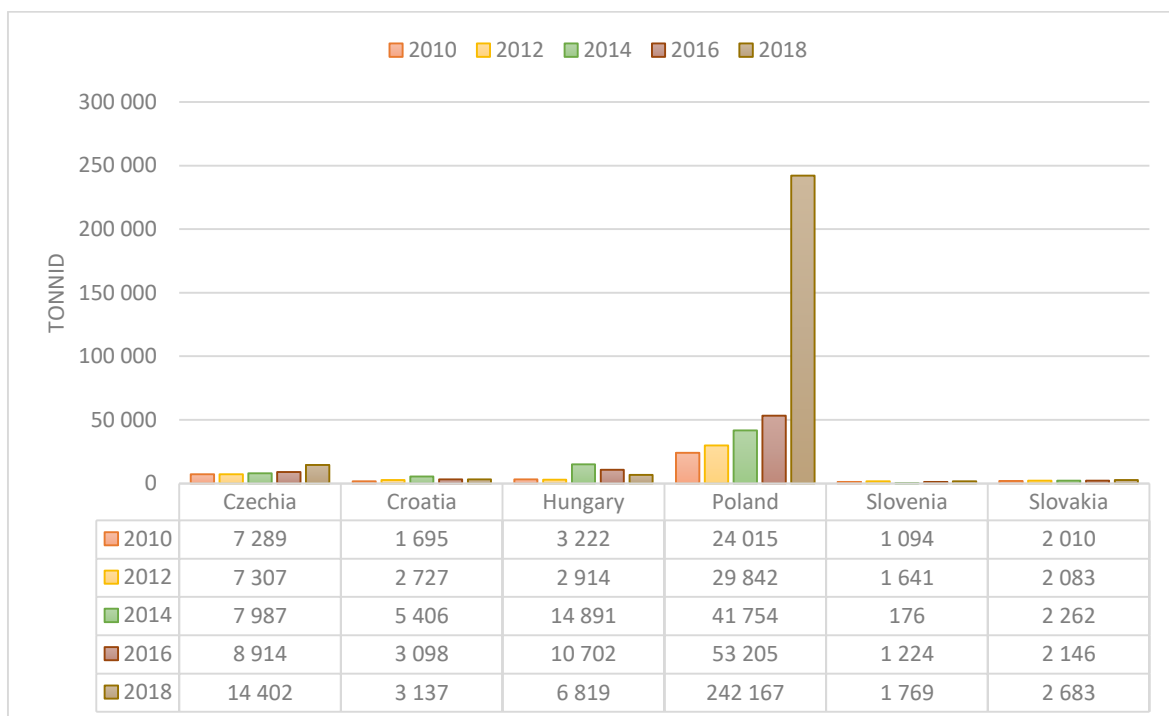
Tabel 6.38. Toiduainete, jookide ja tubakatoodete tootmises tekkinud plastijätmed Taanis, Soomes, Rootsis, Norras



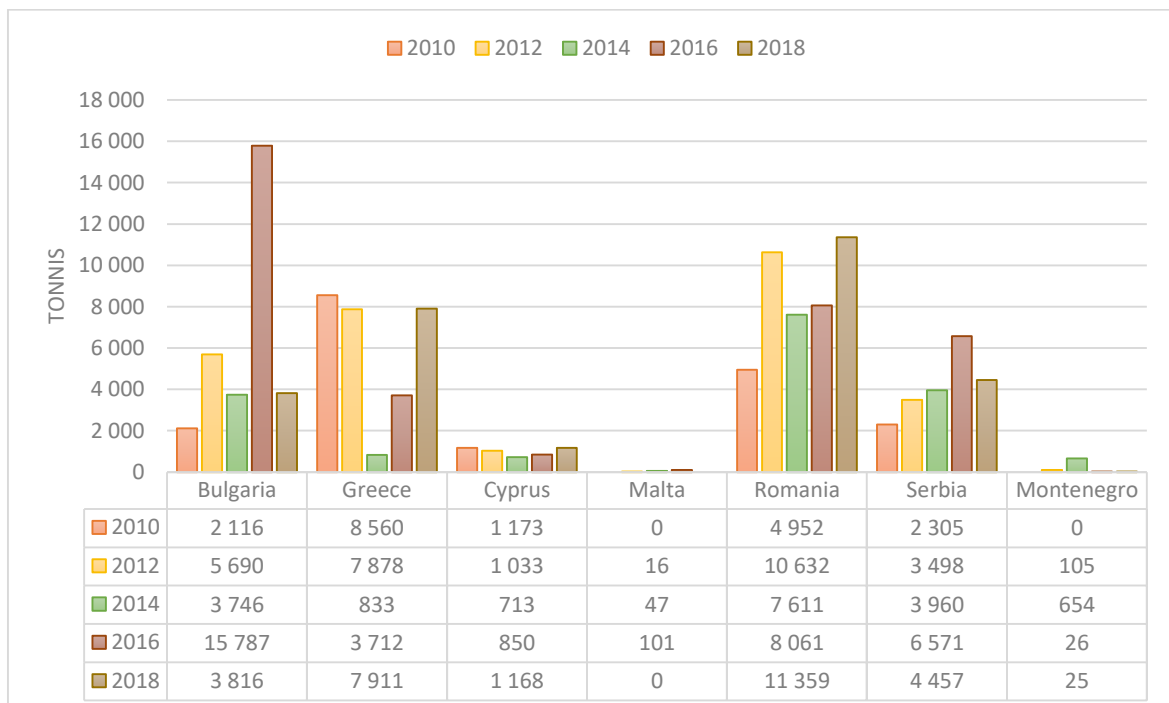
Tabel 6.39. Toiduainete, jookide ja tubakatoodete tootmises tekkinud plastijätmed Belgias, Saksamaal, Hispaanias, Itaalias, Luksemburgis, Hollandis, Austrias, Portugaalias



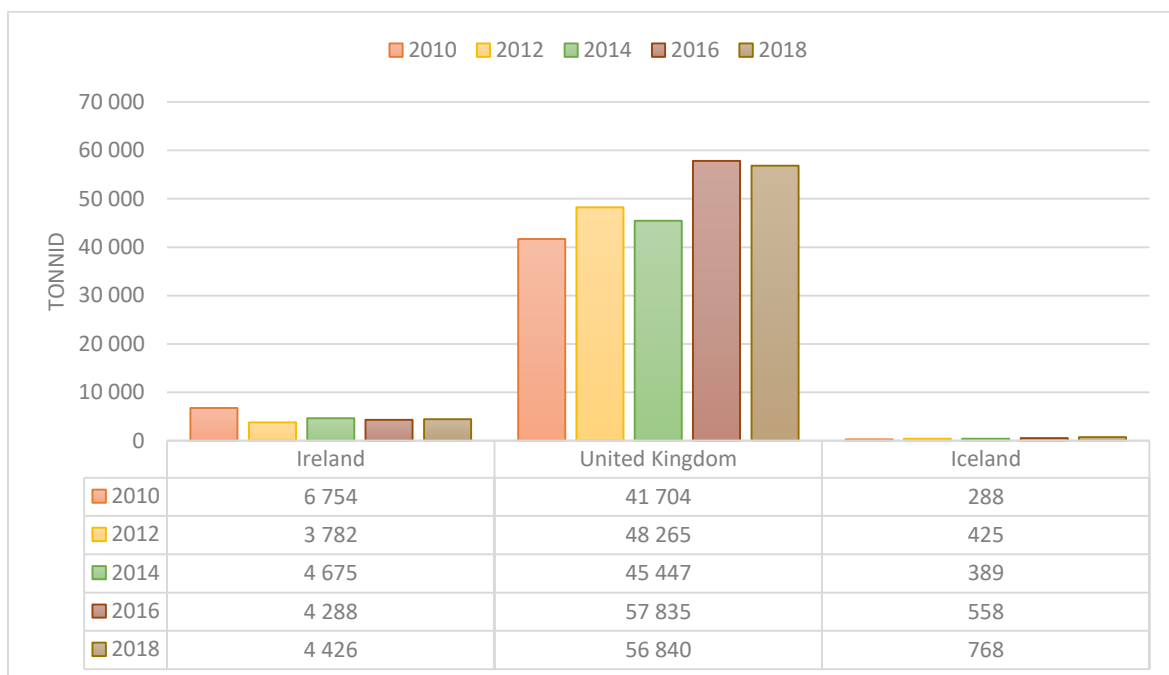
Tabel 6.40. Toiduainete, jookide ja tubakatoodete tootmises tekkinud plastijätmed Tšehhis, Horvaatias, Ungaris, Poolas, Sloveenias, Slovakkias



Tabel 6.41. Toiduainete, jookide ja tubakatoodete tootmises tekkinud plastijätmed Bulgaarias, Kreekas, Küproses, Maltas, Rumeenias, Serbias, Montenegros



Tabel 6.42. Toiduainete, jookide ja tubakatoodete tootmises tekkinud plastijätmed Iirimaal, Suurbritannias, Islandis

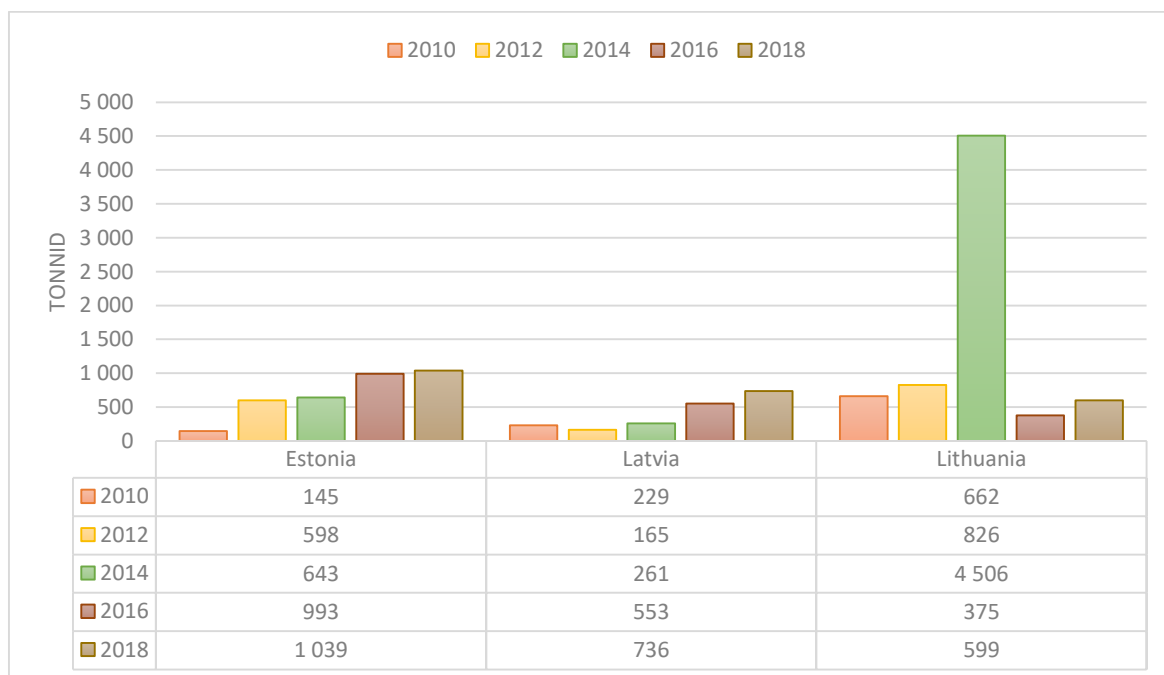


LISA 8

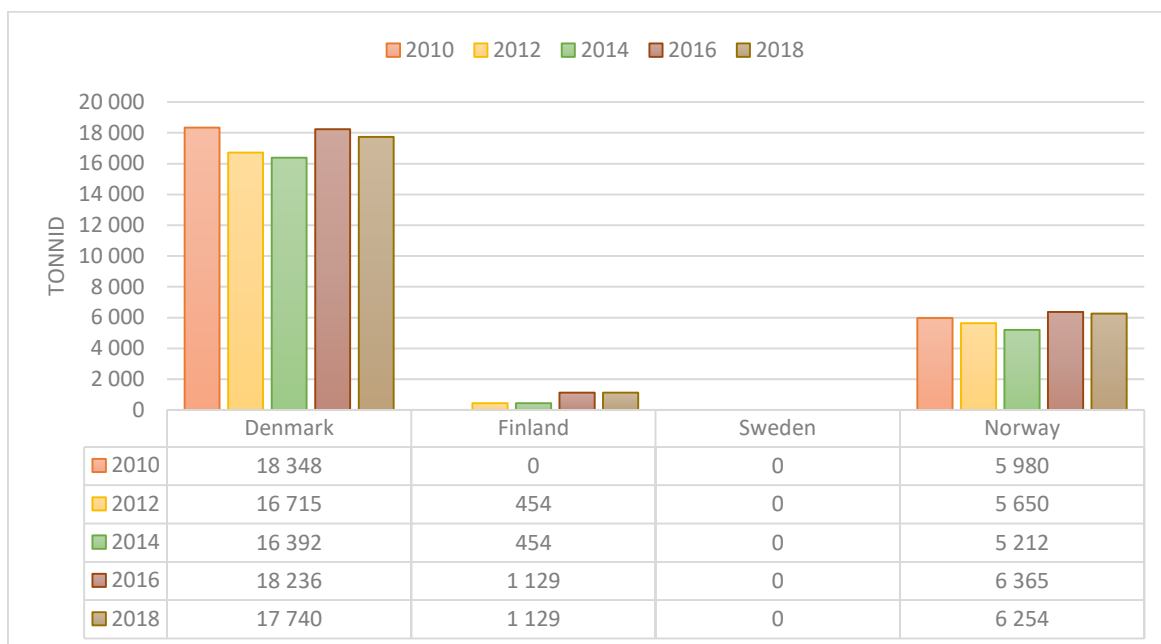
Tekstiili, rõivaste, naha jms toodete tootmises tekkinud plastijäätmed

Tekstiili, rõivaste, naha jms toodete tootmises tekkinud plastijäätmete vaheladustatud kogus Eestis 894 tonni võrra suurenes 2018. a-ni võrreldes 2010 a. (Tabel 6.43). Leedus 2014 a. plastijäätmete kogumaht oli 4 506 tonni, kuid 2018 a. vähenes 599 tonnini . (Tabel 6.43). Plastijäätmete vaheladustatud kogus Taanis 1 956 tonni võrra vähenes 2014 a.-ni võrreldes 2010.a. kuid 1 348 tonni võrra suurenes 2018 a.-ni võrreldes 2014 a. (Tabel 6.44). Hispaanias plastijäätmete 5 820 tonni võrra vähenes 2014 a.-ni võrreldes 2010.a. kuid 5 703 tonni võrra suurenes 2018 a.-ni võrreldes 2014 a. (Tabel 6.45). Horvaatias plastijäätmete kogus 12 860 tonni võrra suurenes 2018 a.-ni võrreldes 2010 a. (Tabel 6.46). Montenegro plastijäätmete kogus 21 934 tonni võrra suurenes 2016 a.-ni kuid 2018 a.-ni kogumaht vähenes 263 tonnini (Tabel 6.47). Iirimaal plastijäätmete kogus 1 644 tonni võrra suurenes 2018 a.-ni võrreldes 2014 a. (Tabel 6.48).

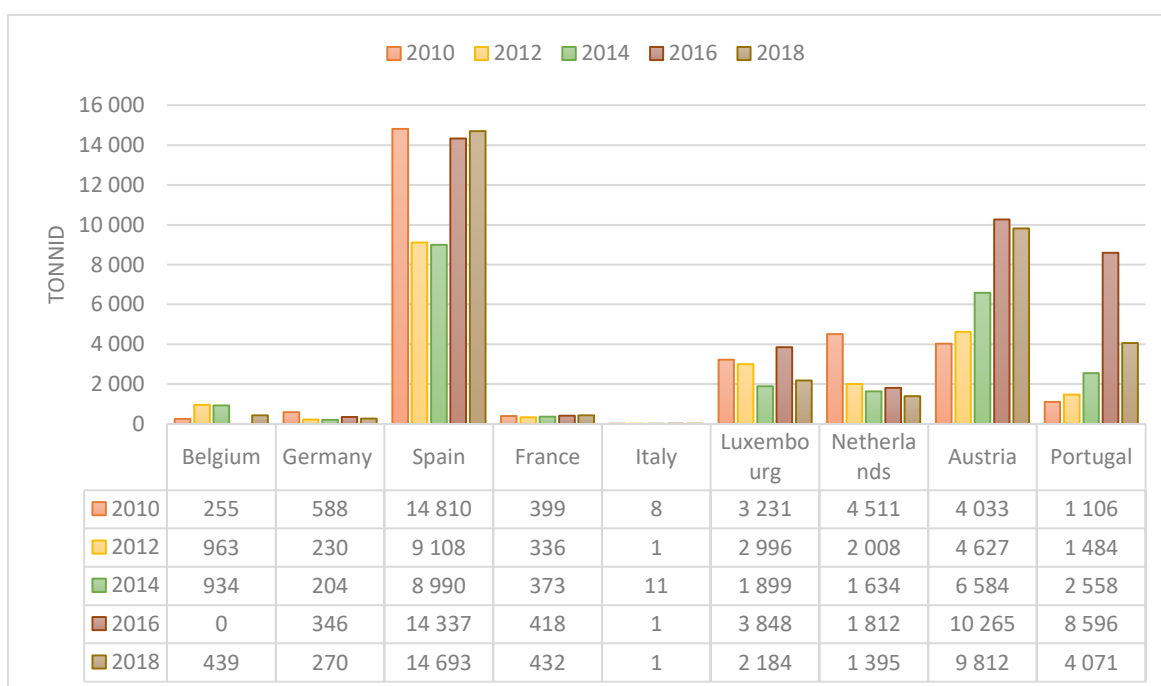
Tabel 6.43. Tekstiili, rõivaste, naha jms toodete tootmises tekkinud plastijäätmed Eestis, Lätis, Leedus



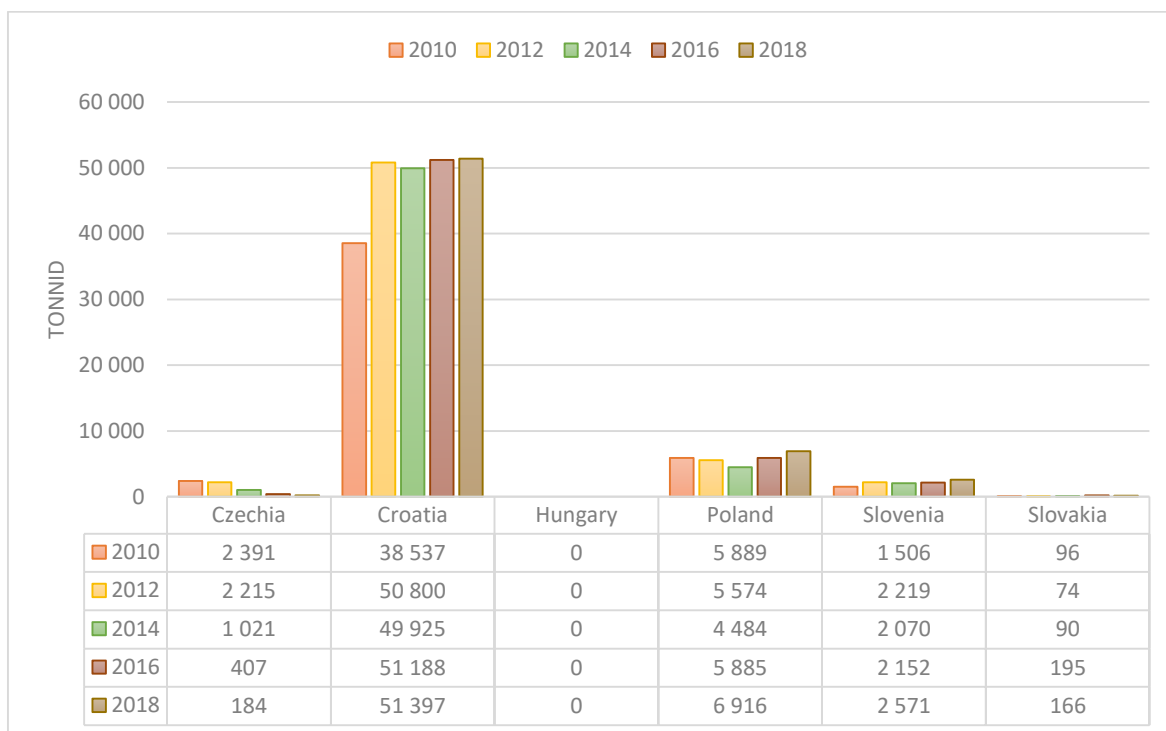
Tabel 6.44. Tekstiili, rõivaste, naha jms toodete tootmises tekkinud plastijäätmed Taanis, Soomes, Rootsis, Norras



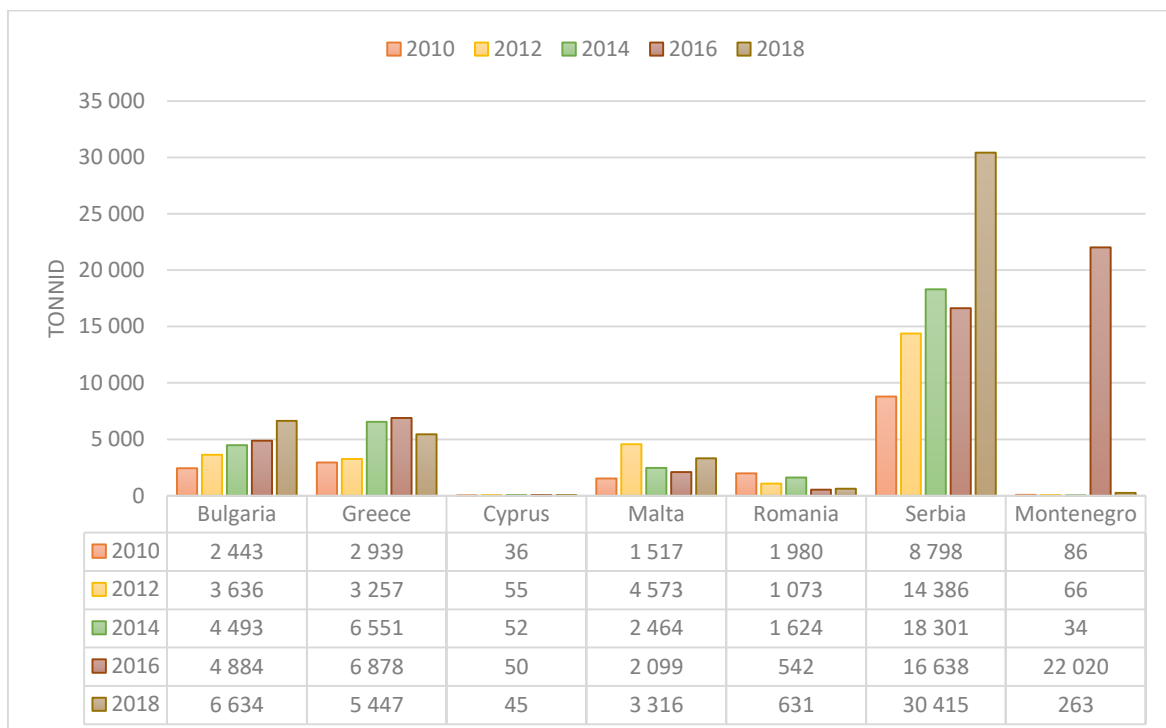
Tabel 6.45. Tekstiili, rõivaste, naha jms toodete tootmises tekkinud plastijäätmed Belgias, Saksamaal, Hispaanias, Itaalias, Luksemburgis, Hollandis, Austrias, Portugaalias



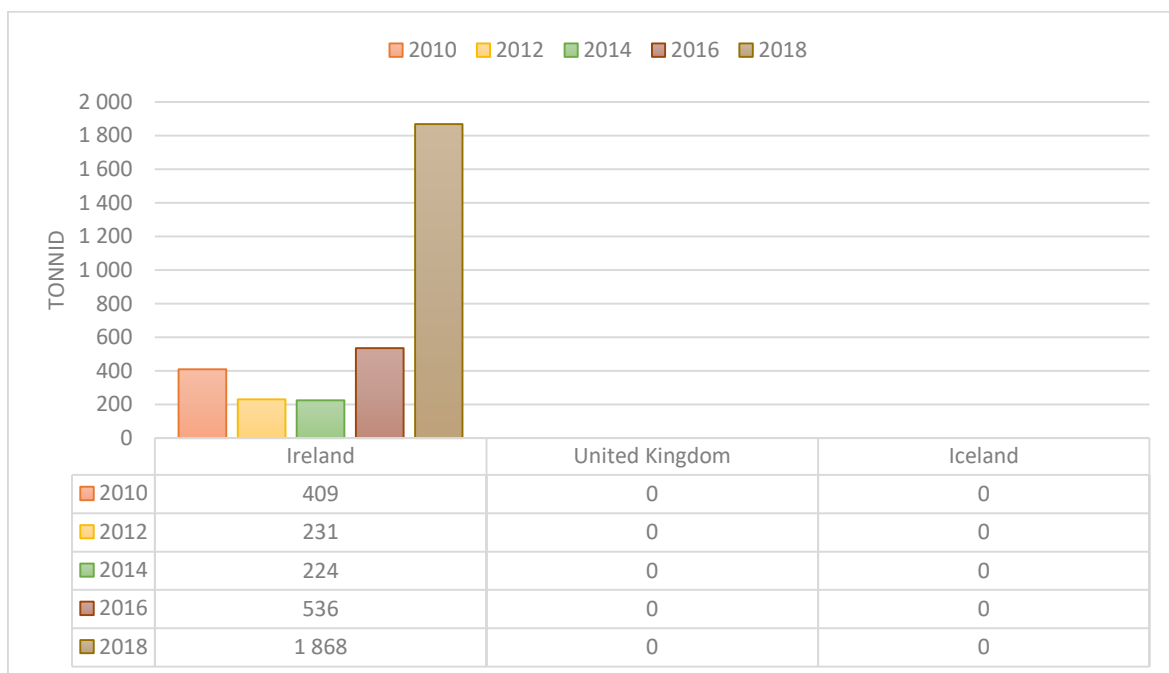
Tabel 6.46. Tekstiili, rõivaste, naha jms toodete tootmises tekkinud plastijäätmed Tšehhis, Horvaatias, Ungaris, Poolas, Sloveenias, Slovakkias



Tabel 6.47. Tekstiili, rõivaste, naha jms toodete tootmises tekkinud plastijäätmed Bulgaarias, Kreekas, Küproses, Maltas, Rumeenias, Serbias, Montenegros



Tabel 6.48. Tekstiili, rõivaste, naha jms toodete tootmises tekkinud plastijäätmed Iirimaal, Suurbritannias, Islandis

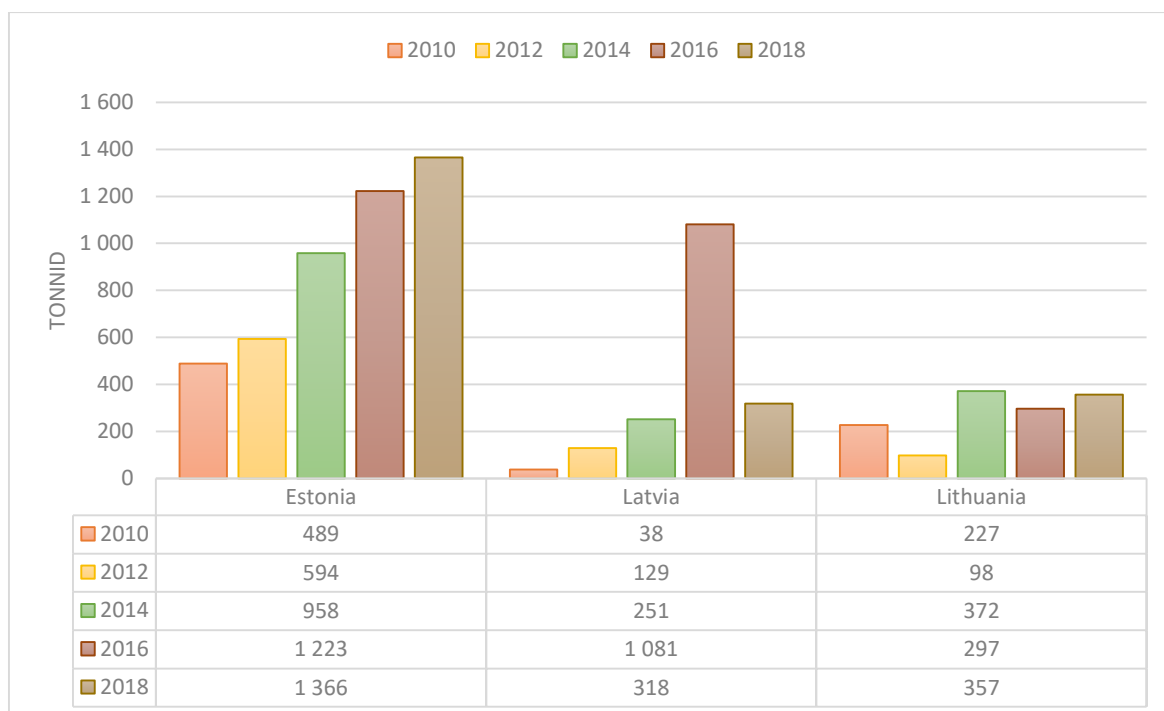


LISA 9

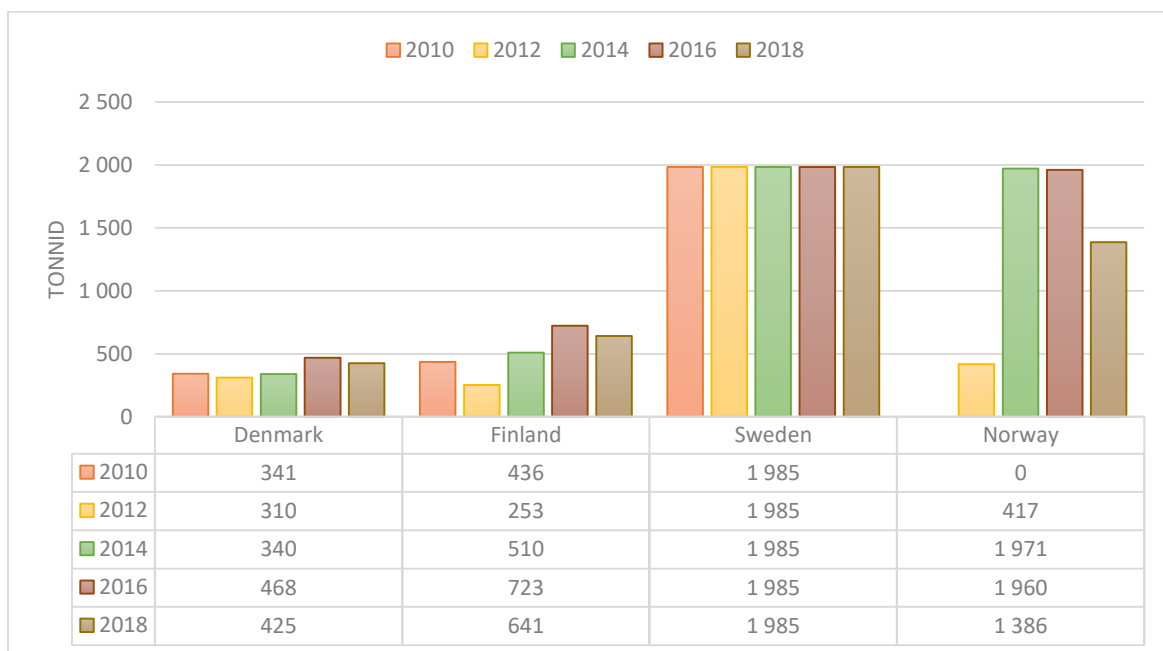
Puidu ning puu- ja korktoodete tootmises tekkinud plastijäätmed (va mööbel)

Puidu ning puu- ja korktoodete tootmises tekkinud plastijäätmete vaheladustatud kogus Eestis 877 tonni võrra suurenes 2018 a.-ni võrreldes 2010 a. Lätis plastijäätmete kogus 1 043 tonni võrra suurenes 2016 a.-ni võrreldes 2010 a. kuid 2018 a. vähenes 318 tonnini (Tabel 6.49). Norras 1 389 (Tabel 6.50) ja Saksamaal 3 860 (Tabel 6.51) tonni plastijäätmete kogus võrra suurenes 2018 a.-ni võrreldes 2010.a. Kuid Itaalias 7 407 tonni võrra vähenes 2018 a.-ni võrreldes 2010 a. (Tabel 6.51). Poolas 4 459 (Tabel 6.52) ja Rumeenias 3 387 (Tabel 6.53) tonni võrra suurenes 2018 a.-ni võrreldes 2010.a. 2018 a. Suurbritannias plastijäätmete kogus suurenes 4 777 tonnini (Tabel 6.54).

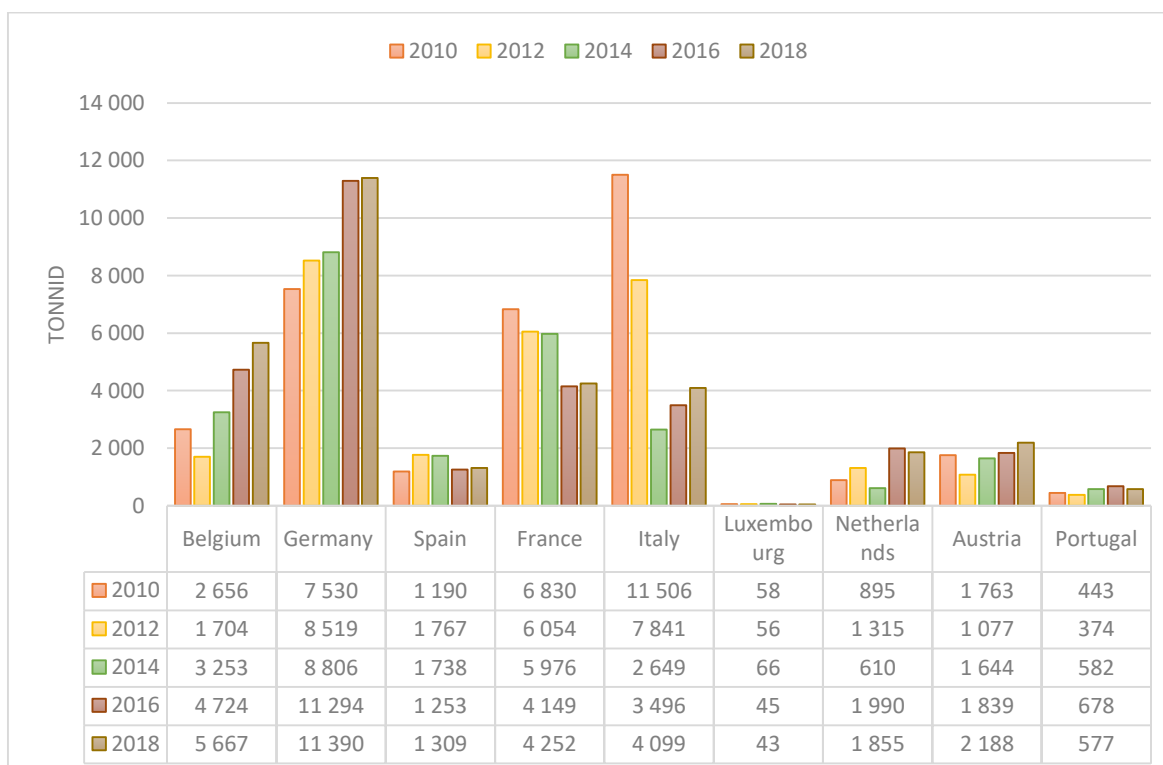
Tabel 6.49. Puidu ning puu- ja korktoodete tootmises tekkinud plastijäätmed Eestis, Lätis, Leedus



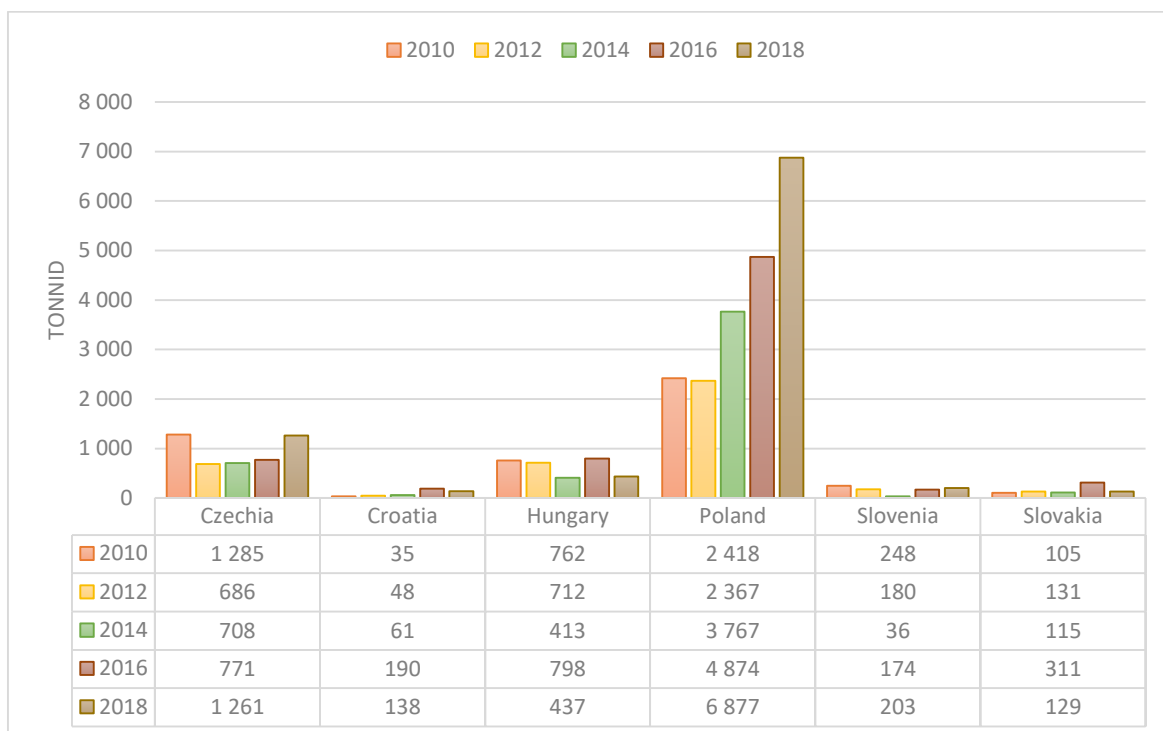
Tabel 6.50. Puidu ning puu- ja korktoodete tootmises tekkinud plastijätmed Taanis, Soomes, Rootsis, Norras



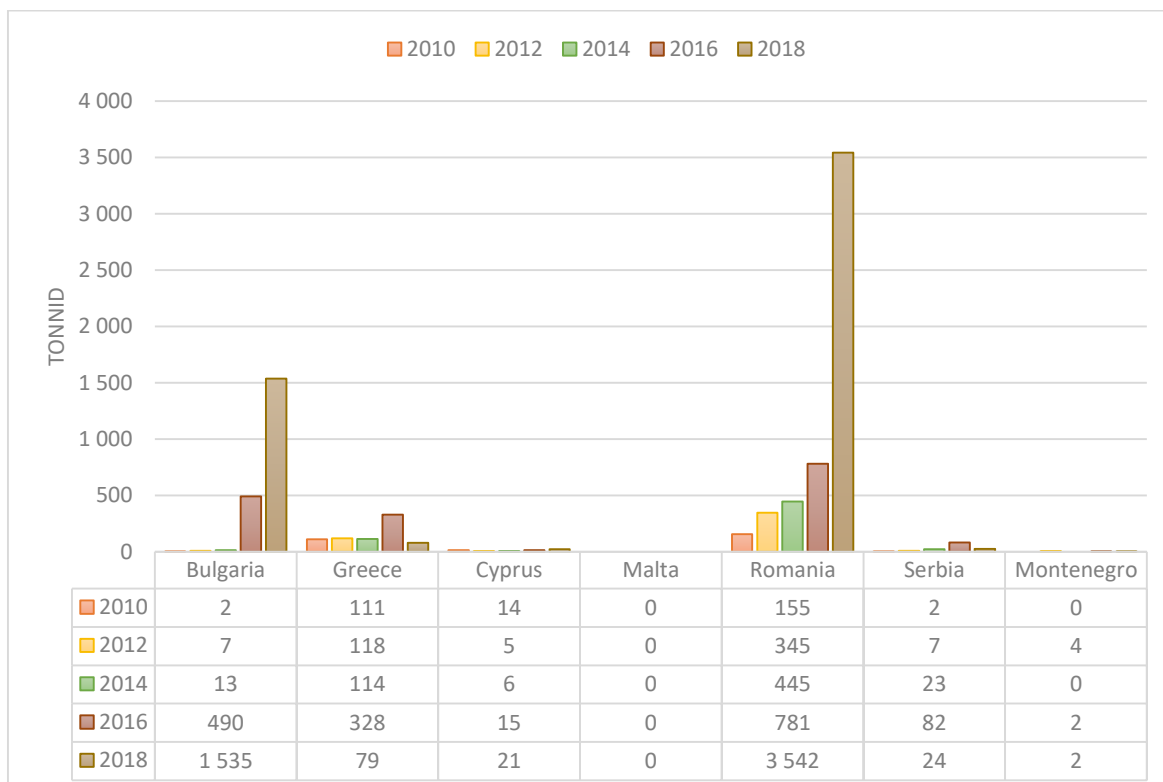
Tabel 6.51. Puidu ning puu- ja korktoodete tootmises tekkinud plastijätmed Belgias, Saksamaal, Hispaanias, Itaalias, Luksemburgis, Hollandis, Austrias, Portugaalias



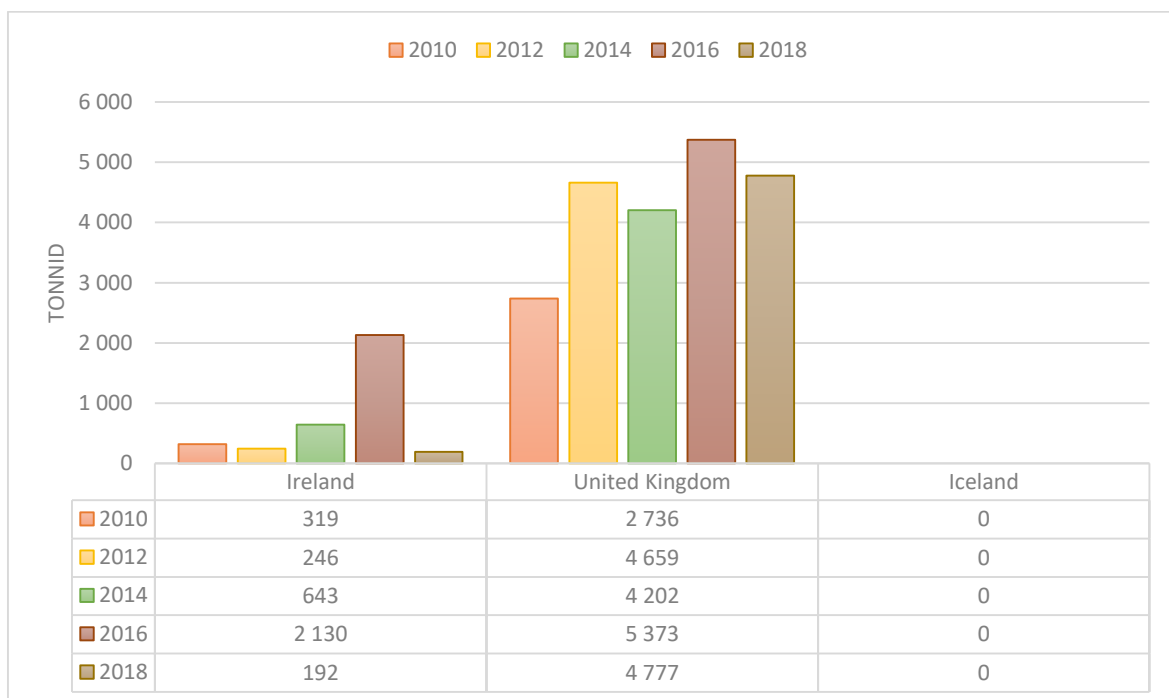
Tabel 6.52. Puidu ning puu- ja korktoodete tootmises tekkinud plastijätmed Tšehhis, Horvaatias, Ungaris, Poolas, Sloveenias, Slovakkias



Tabel 6.53. Puidu ning puu- ja korktoodete tootmises tekkinud plastijätmed Bulgaarias, Kreekas, Küproses, Maltas, Rumeenias, Serbias, Montenegros



Tabel 6.54. Puidu ning puu- ja korktoodete tootmises tekkinud plastijätmed Iirimaal, Suurbritannias, Islandis

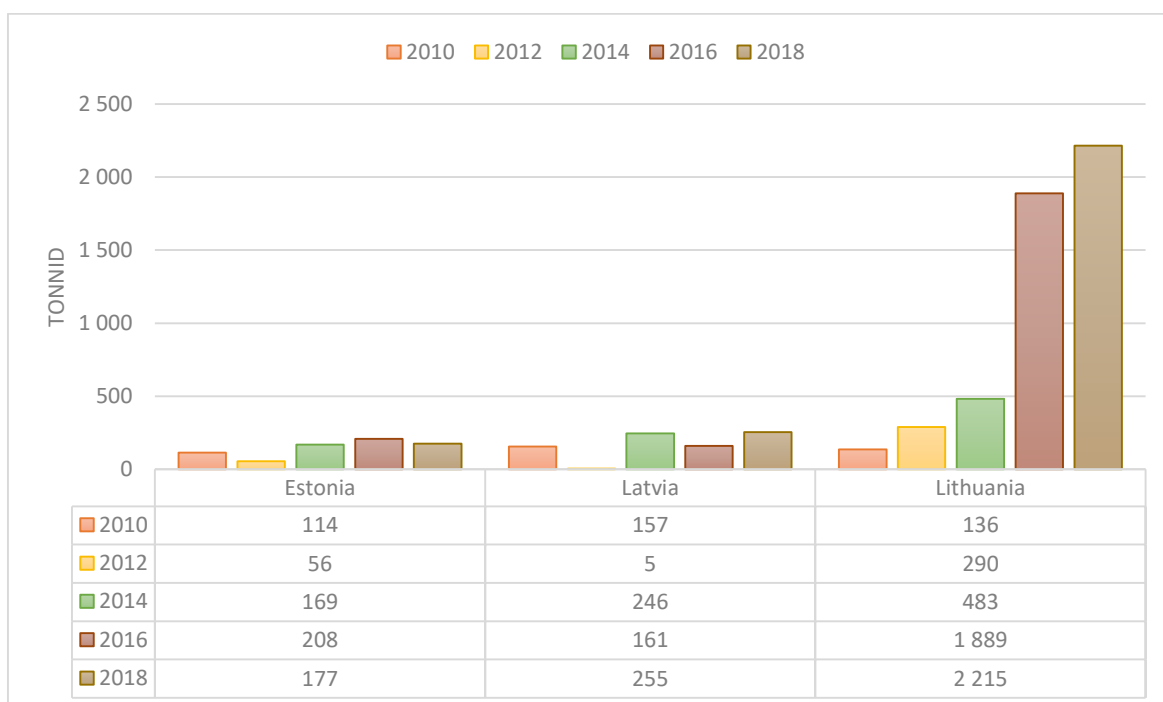


LISA 10

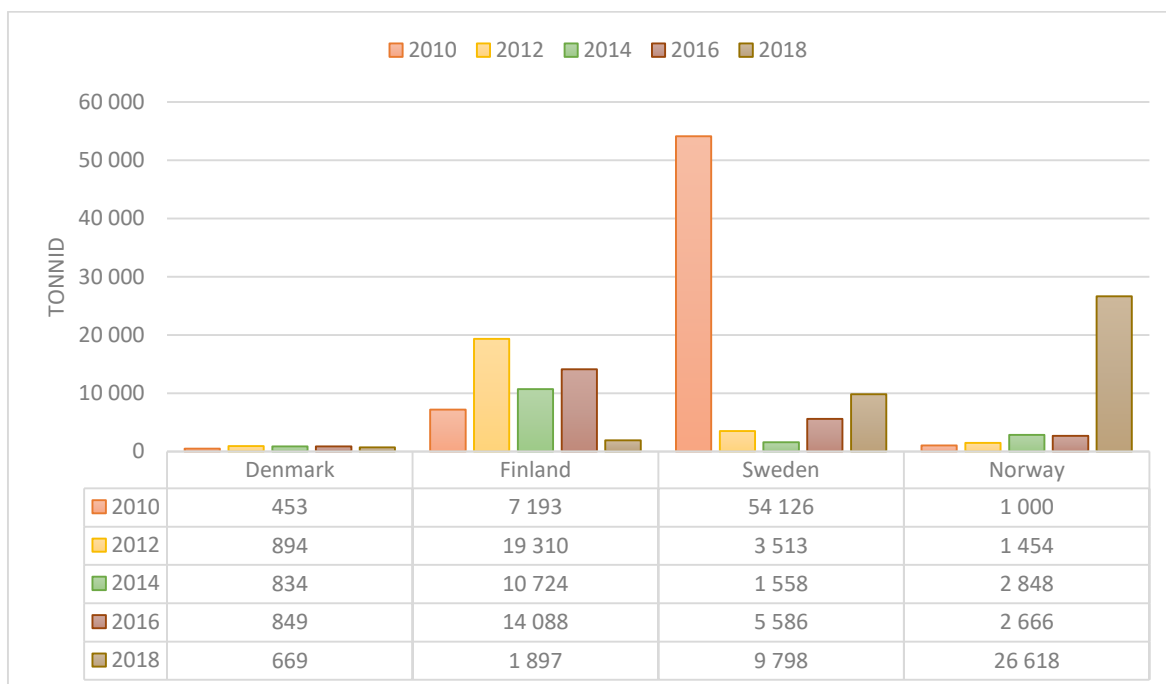
Paberi - ja paberitoodete tootmises tekkinud plastijäätmed

Paberi - ja paberitoodete tootmises tekkinud plastijäätmete vaheladustatud kogus Leedus 2 079 tonni võrra suurenes 2018 a.-ni võrreldes 2010 a. (Tabel 6.55). Norras plastijäätmete kogus 44 328 tonni võrra vähenes 2018 a.-ni võrreldes 2010 a. (Tabel 6.56). Itaalias plastijäätmete kogus 10 085 võrra vähenes 2018 a.-ni võrreldes 2010 a. Saksamaal plastijäätmete kogumaht 2010 a. 45 043 tonnist, 2018 a. suurenes 71 985 tonnini (Tabel 6.57). Poolas plastijäätmete kogus 16 068 tonni võrra suurenes 2012 a.-ni võrreldes 2010 a. kuid plastijäätmete kogus 5 363 tonni võrra vähenes 2018 a.-ni võrreldes 2012 a. (Tabel 6.57). Kreekas plastijäätmete kogus 5 774 tonni võrra suurenes 2018 a.-ni võrreldes 2010 a. (Tabel 6.59). Suurbritannias plastijäätmete kogus 5 571 tonni võrra suurenes 2018 a.-ni võrreldes 2010 a. (Tabel 6.60).

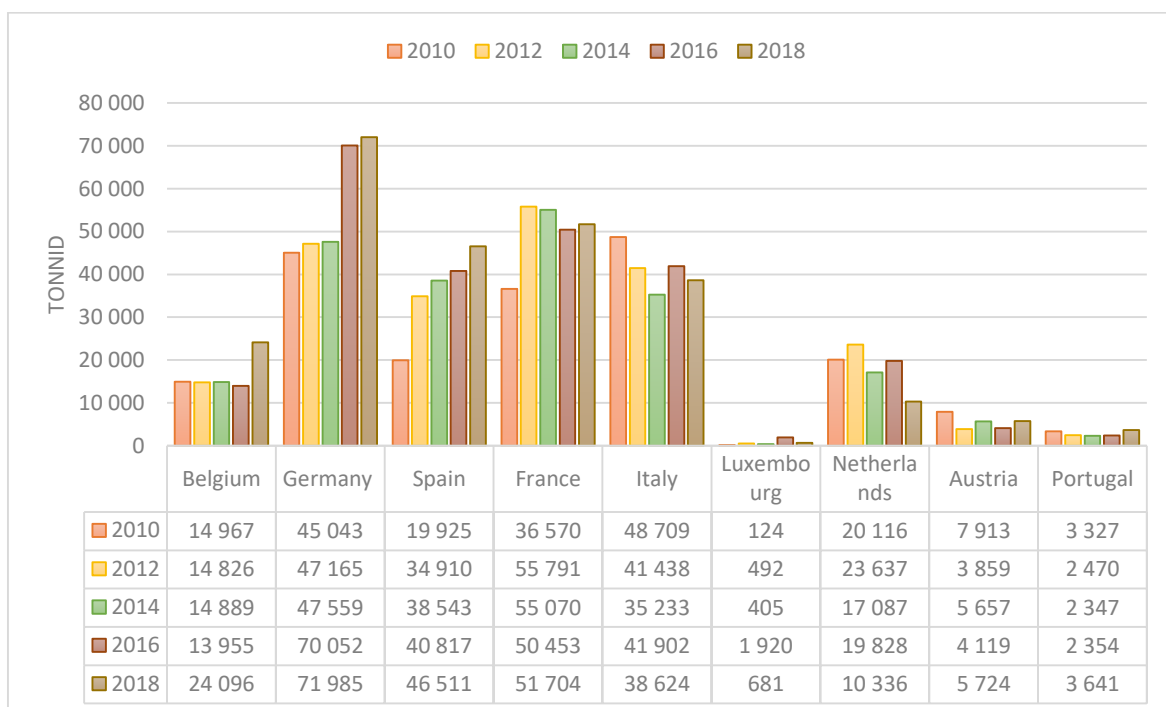
Tabel 6.55. Paberi - ja paberitoodete tootmises tekkinud plastijäätmed Eestis, Lätis, Leedus



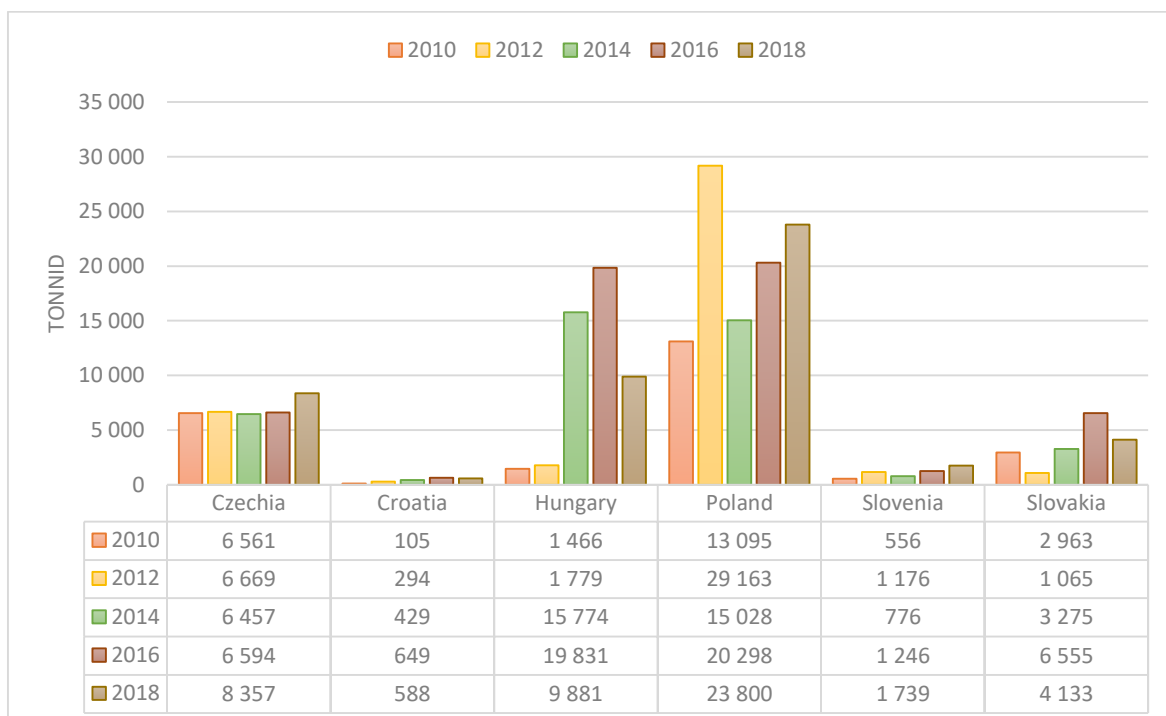
Tabel 6.56. Paberi - ja paberitoodete tootmises tekkinud plastijätmed Taanis, Soomes, Rootsis, Norras



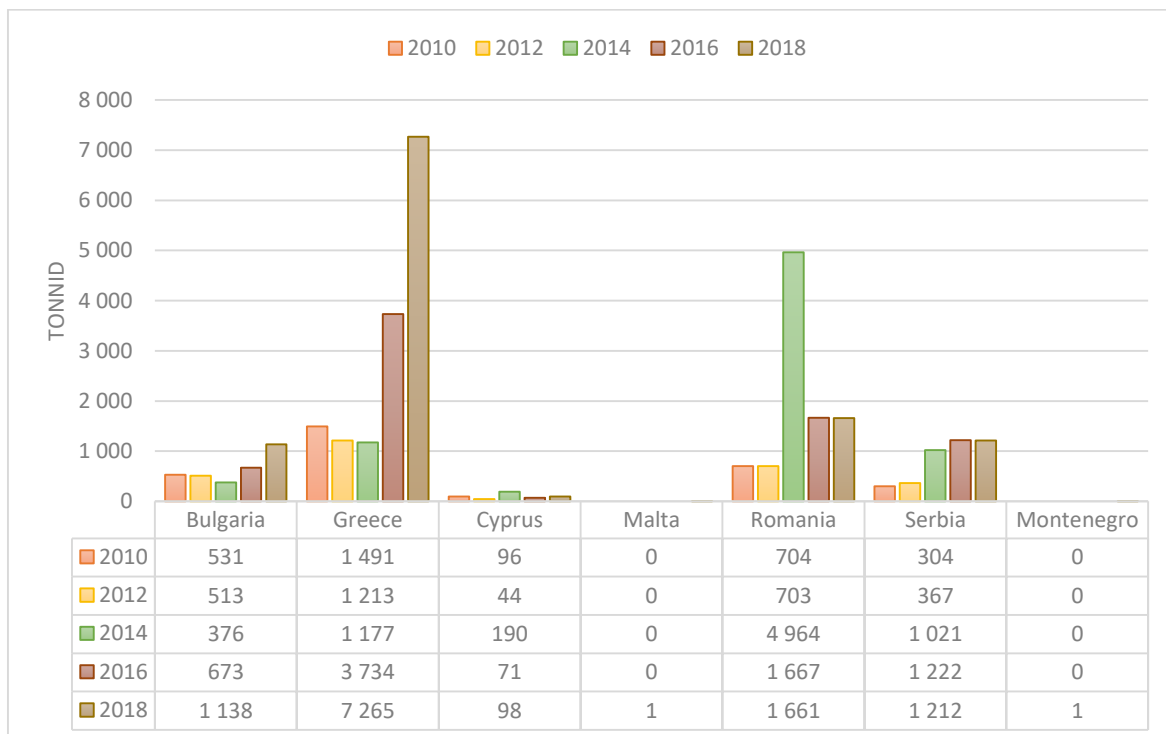
Tabel 6.57. Paberi - ja paberitoodete tootmises tekkinud plastijätmed Belgias, Saksamaal, Hispaanias, Itaalias, Luksemburgis, Hollandis, Austrias, Portugaalias



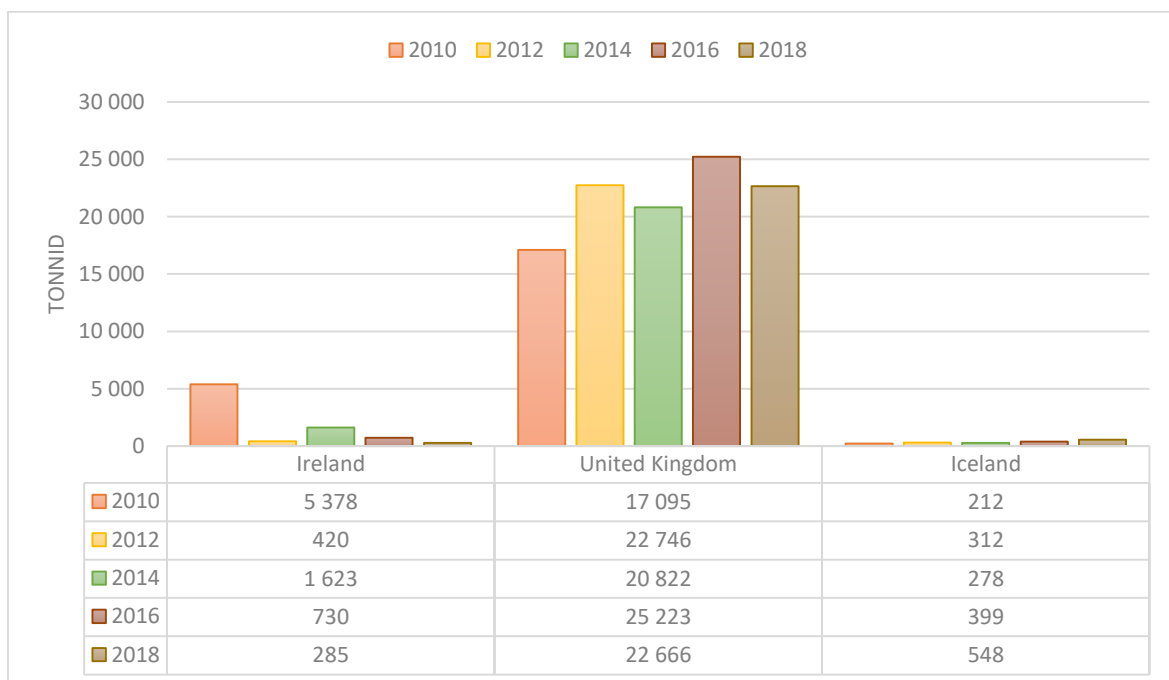
Tabel 6.58. Paberi - ja paberitoodete tootmises tekkinud plastijätmed Tšehhis, Horvaatias, Ungaris, Poolas, Sloveenias, Slovakkias



Tabel 6.59. Paberi - ja paberitoodete tootmises tekkinud plastijätmed Bulgaarias, Kreekas, Küproses, Maltas, Rumeenias, Serbias, Montenegros



Tabel 6.60. Paberi - ja paberitoodete tootmises tekkinud plastijäätmed Iirimaal, Suurbritannias, Islandis

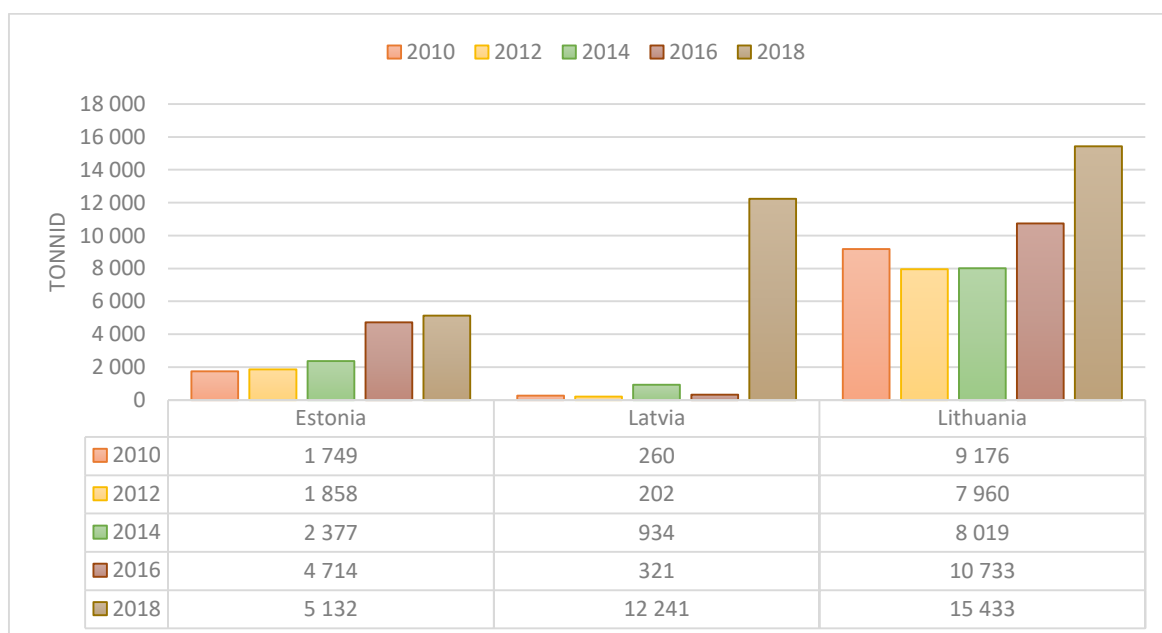


LISA 11

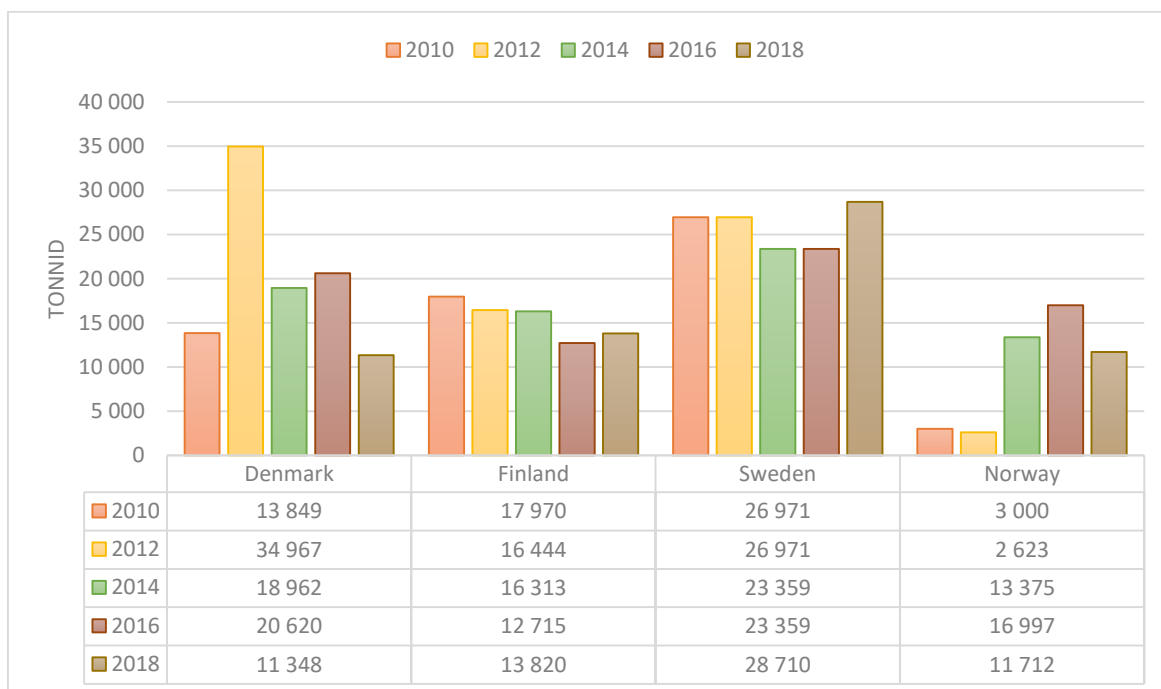
Keemiliste, farmaatsia -, kummi - ja plasttoodete tootmises tekkinud plastijäätmed

Keemiliste, farmaatsia -, kummi - ja plasttoodete tootmises tekkinud plastijäätmete vaheladustatud kogus Eestis 3 383 ja Lätis 11 981 tonni võrra suurenes 2018 a.-ni võrreldes 2010 a. (Tabel 6.61). Taanis plastijäätmete kogus 23 619 tonni võrra vähenes 2018 a.-ni võrreldes 2012 a. (Tabel 6.62). Itaalias plastijäätmete kogus 66 866 tonni võrra suurenes 2018 a.-ni võrreldes 2010 a. (Tabel 6.63). Poolas aga plastijäätmete kogus 66 900 tonni võrra vähenes 2018 a.-ni võrreldes 2014 a. (Tabel 6.64). Rumeenias plastijäätmete kogus 18 998 tonni võrra vähenes suurenes 2012 a.-ni võrreldes 2010 a. kuid 25 784 tonni võrra suurenes 2018 a.-ni võrreldes 2012 a. (Tabel 6.65). Suurbritannias plastijäätmete kogumaht 2018 a. suurenes 148 347 tonnini (Tabel 6.66).

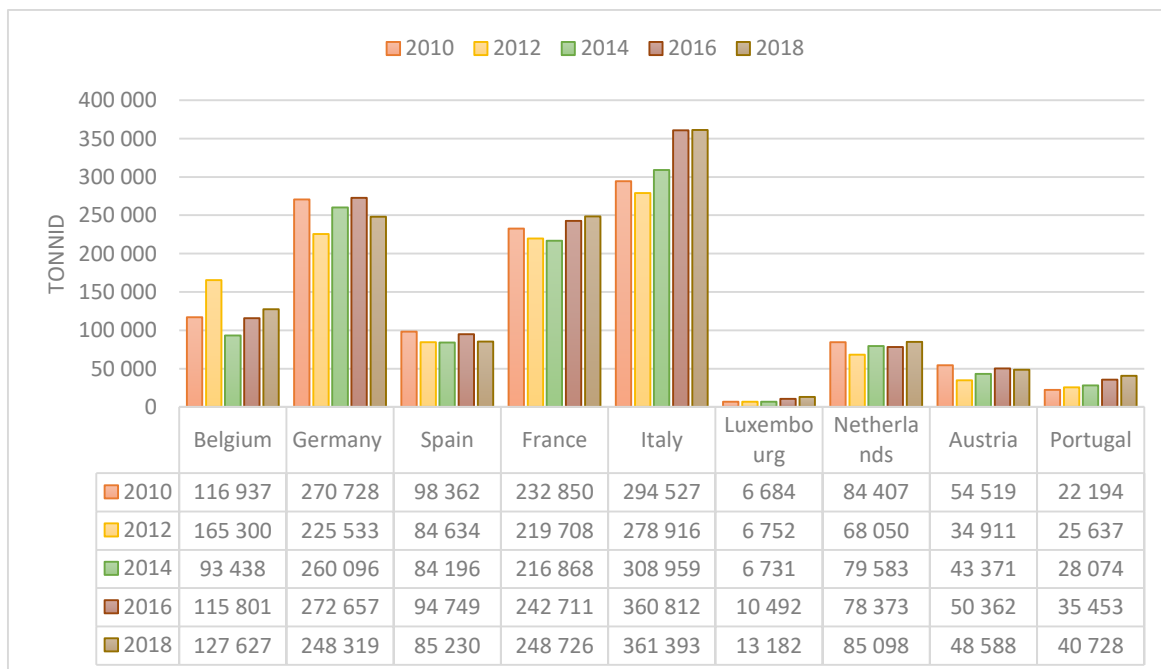
Tabel 6.61. Keemiliste, farmaatsia -, kummi - ja plasttoodete tootmises tekkinud plastijäätmed Eestis, Lätis, Leedus



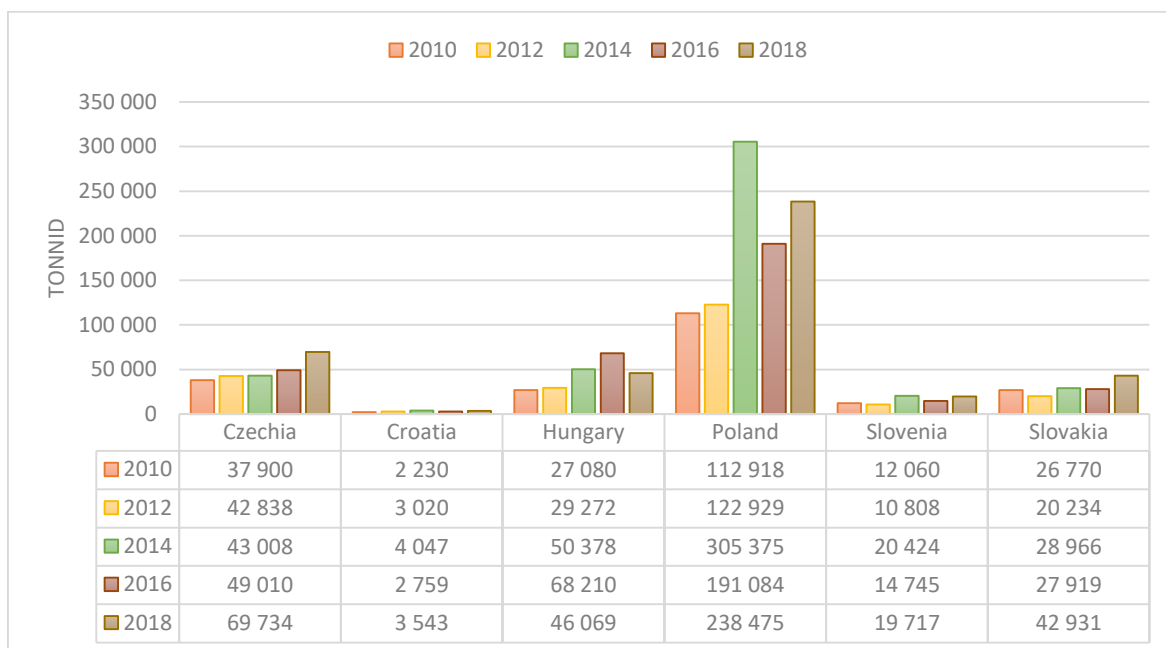
Tabel 6.62. Keemiliste, farmaatsia -, kummi - ja plasttoodete tootmises tekkinud plastijätmed Taanis, Soomes, Rootsis, Norras



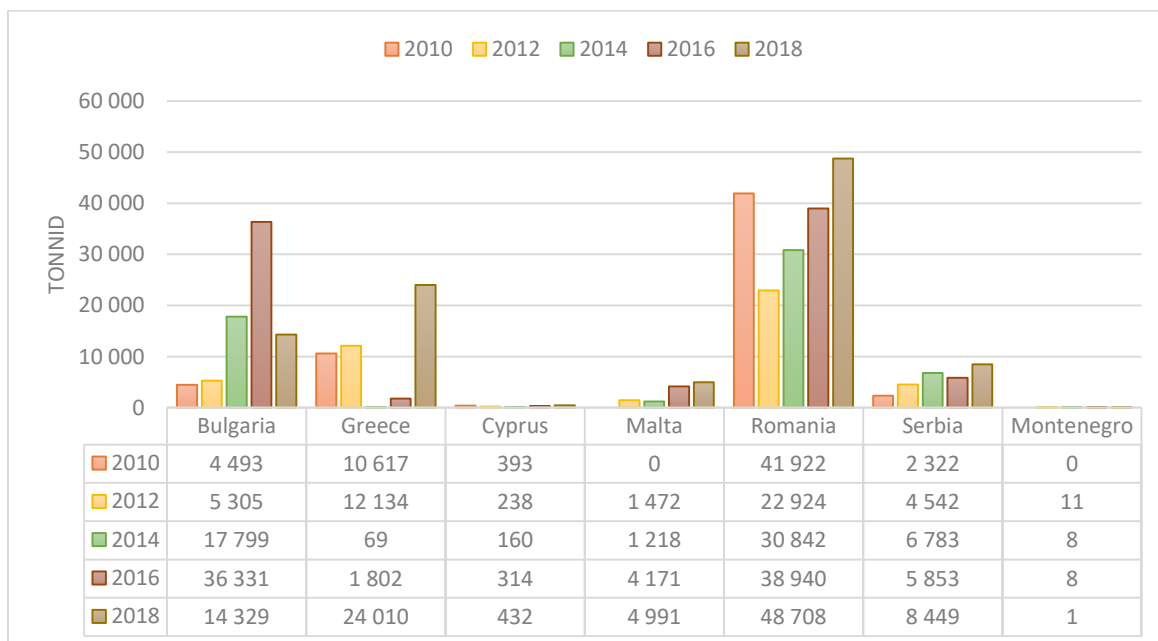
Tabel 6.63. Keemiliste, farmaatsia -, kummi - ja plasttoodete tootmises tekkinud plastijätmed Belgias, Saksamaal, Hispaanias, Itaalias, Luksemburgis, Hollandis, Austrias, Portugaalias



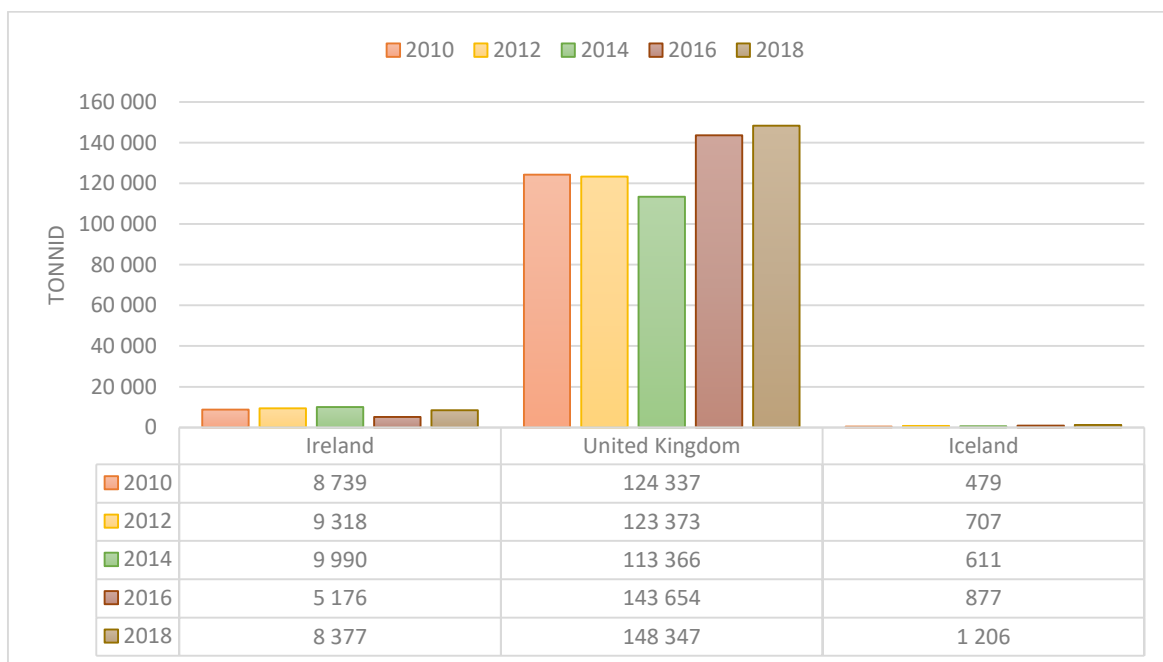
Tabel 6.64. Keemiliste, farmaatsia -, kummi - ja plasttoodete tootmises tekkinud plastijätmed Tšehhis, Horvaatias, Ungaris, Poolas, Sloveenias, Slovakkias



Tabel 6.65. Keemiliste, farmaatsia -, kummi - ja plasttoodete tootmises tekkinud plastijätmed Bulgaarias, Kreekas, Küproses, Maltas, Rumeenias, Serbias, Montenegros



Tabel 6.66. Keemiliste, farmaatsia -, kummi - ja plasttoodete tootmises tekkinud plastijätmed Iirimaa, Suurbritannias, Islandis

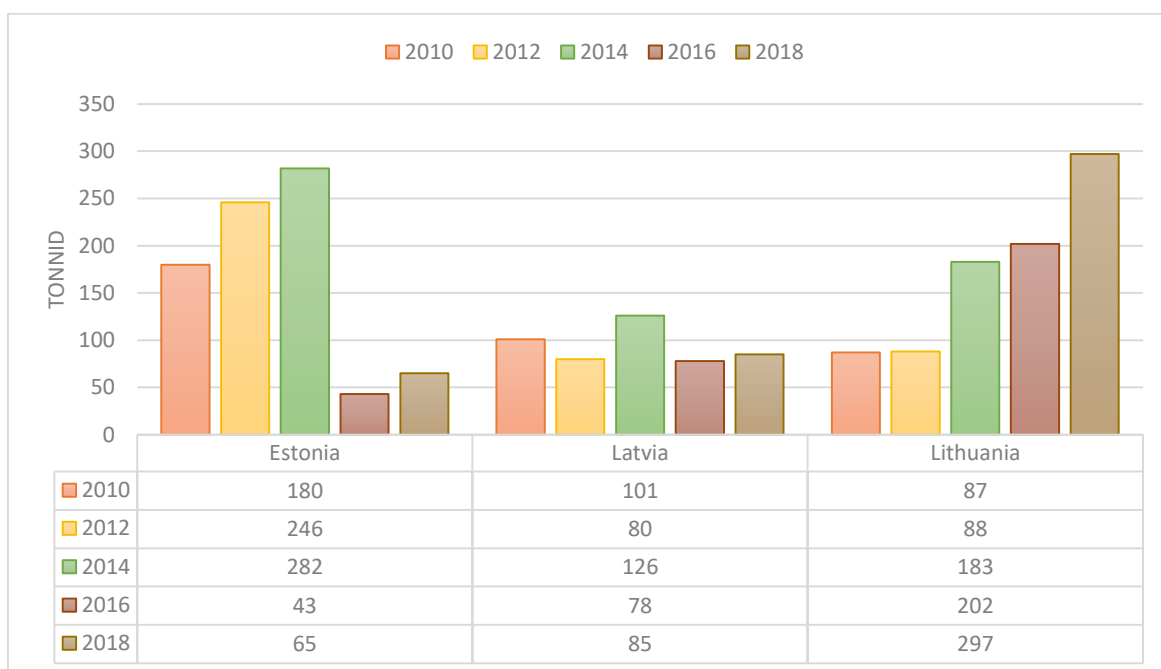


LISA 12

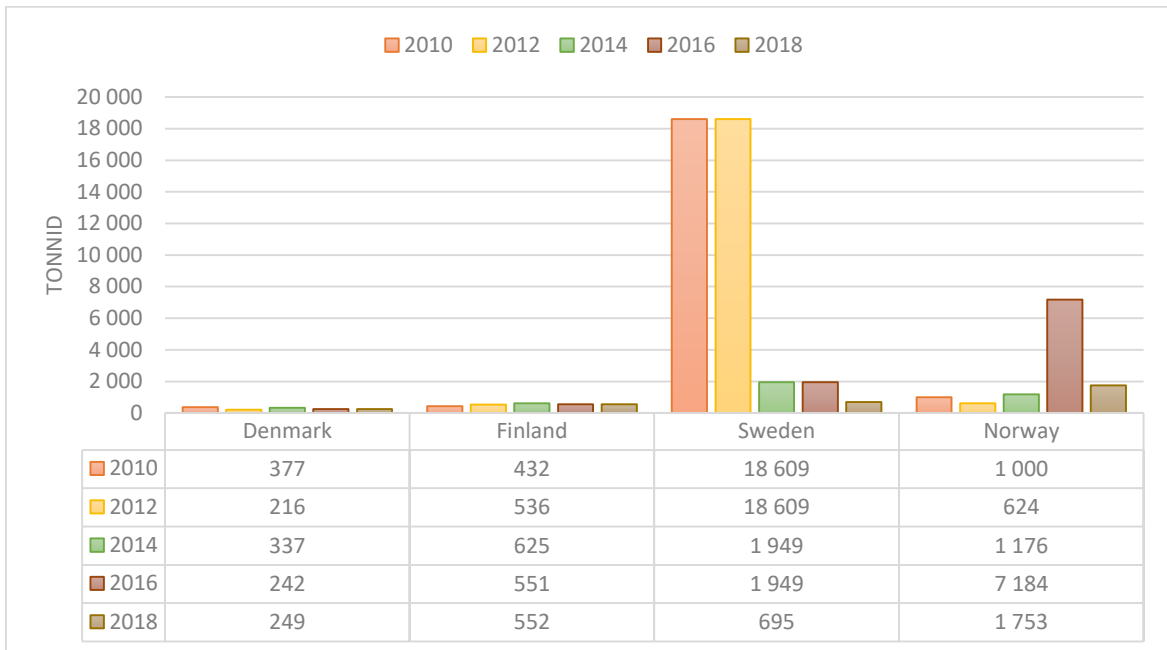
Muude mittemetalliliste mineraaltoodete tootmises tekkinud plastijäätmed

Muude mittemetalliliste mineraaltoodete tootmises tekkinud plastijäätmete vaheladustatud kogus Eestis 115 tonni võrra vähenes 2018 a.-ni võrreldes 2010 a. Leedus aga 210 tonni võrra suurenes 2018 a.-ni võrreldes 2010 a. (Tabel 6.67). Rootsis plastijäätmete kogus 17 914 tonni võrra vähenes 2018 a.-ni võrreldes 2010 a. (Tabel 6.68) kuid Saksamaal 73 728 (Tabel 6.69) tonni võrra suurenes 2018 a.-ni võrreldes 2012 a. Poolas plastijäätmete kogus 8 311 tonni võrra suurenes 2016 a.-ni võrreldes 2010 a. kuid 4 013 tonni võrra vähenes 2018 a.-ni võrreldes 2016 a. (Tabel 6.70). Kreekas 476 tonni võrra suurenes 2018 a.-ni võrreldes 2010 a. (Tabel 6.71). Suurbritannias plastijäätmete kogus 695 tonni võrra vähenes 2018 a.-ni võrreldes 2016 a. (Tabel 6.72).

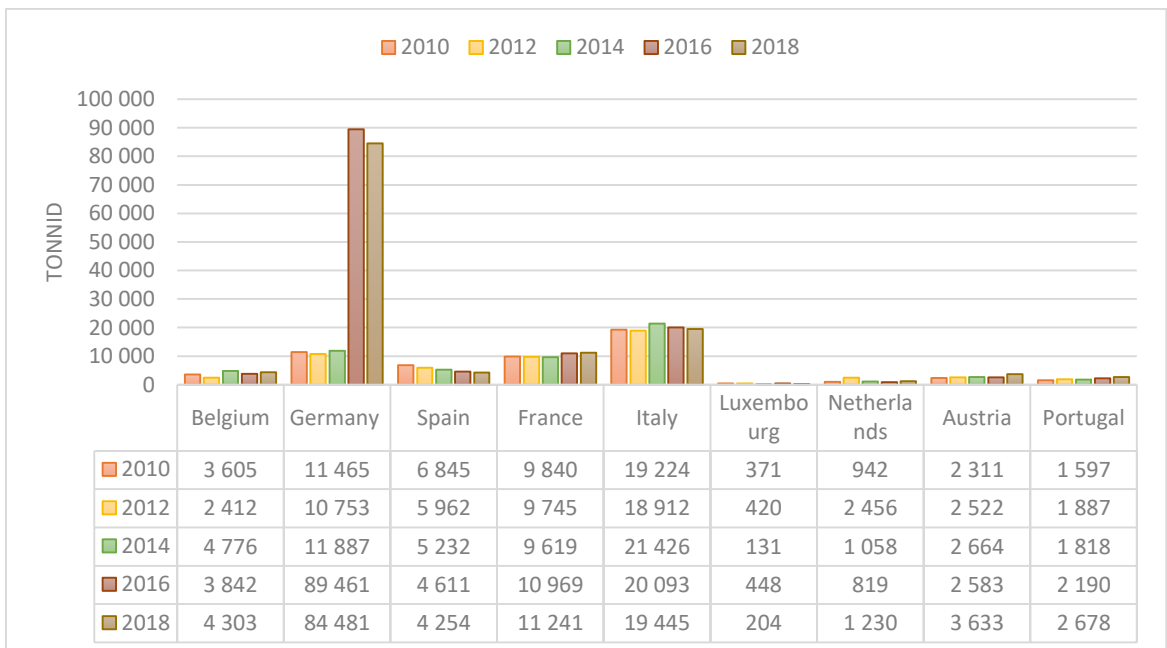
Tabel 6.67. Muude mittemetalliliste mineraaltoodete tootmises tekkinud plastijäätmed Eestis, Lätis, Leedus



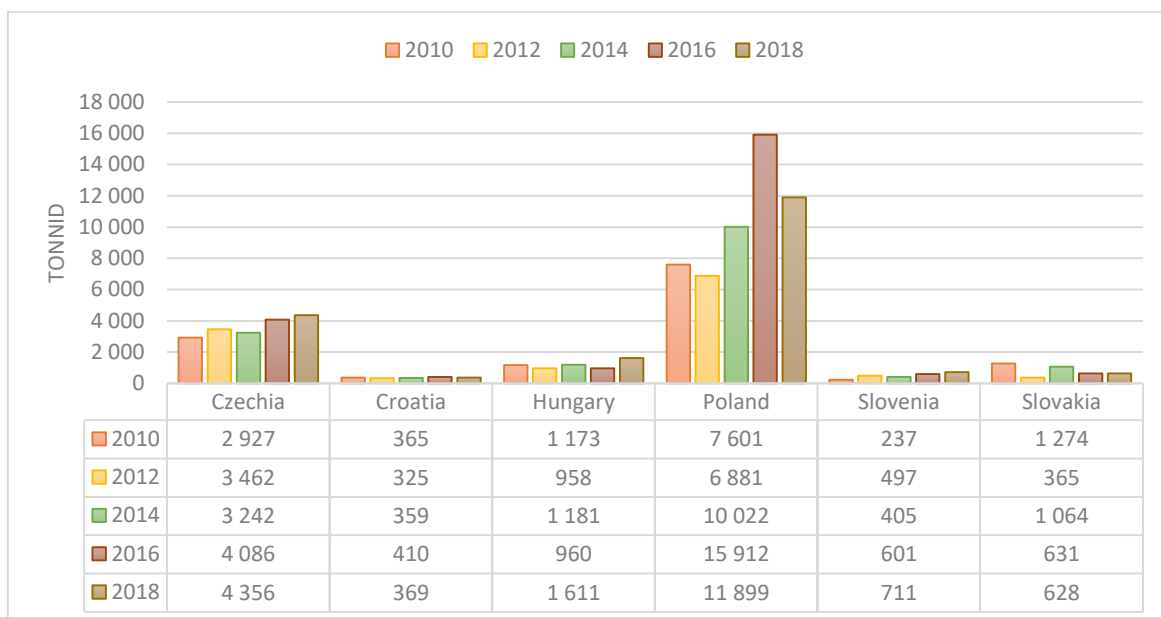
Tabel 6.68. Muude mittemetalliliste mineraaltoodete tootmises tekkinud plastijätmed Taanis, Soomes, Rootsis, Norras



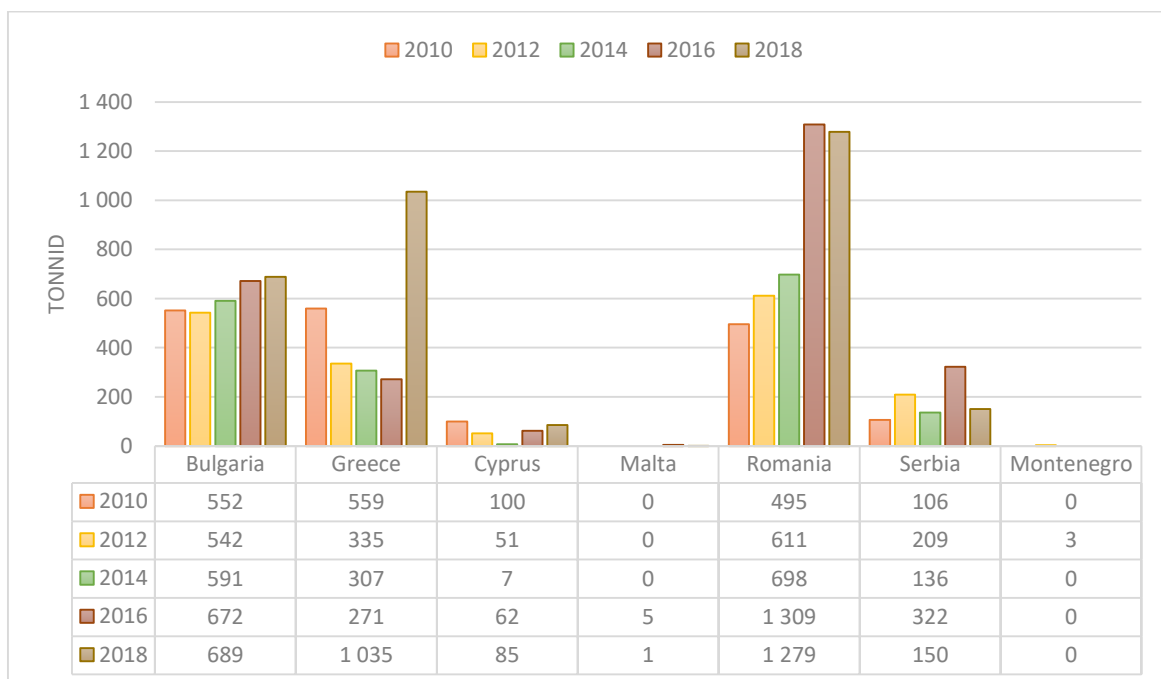
Tabel 6.69. Muude mittemetalliliste mineraaltoodete tootmises tekkinud plastijätmed Belgias, Saksamaal, Hispaanias, Itaalias, Luksemburgis, Hollandis, Austrias, Portugaalias



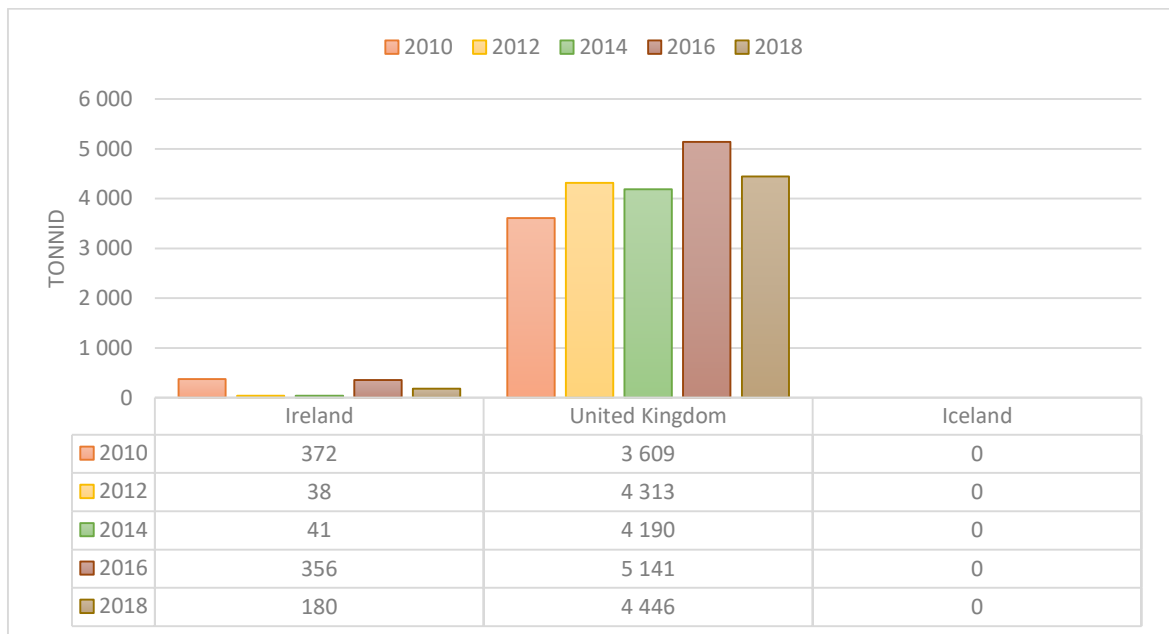
Tabel 6.70. Muude mittemetalliliste mineraaltoodete tootmises tekkinud plastijäätmed Tšehhis, Horvaatias, Ungaris, Poolas, Sloveenias, Slovakkias



Tabel 6.71. Muude mittemetalliliste mineraaltoodete tootmises tekkinud plastijäätmed Bulgaarias, Kreekas, Küproses, Maltas, Rumeenias, Serbias, Montenegro



Tabel 6.72. Muude mittemetalliliste mineraaltoodete tootmises tekkinud plastijäätmed Iirimaal, Suurbritannias, Islandis

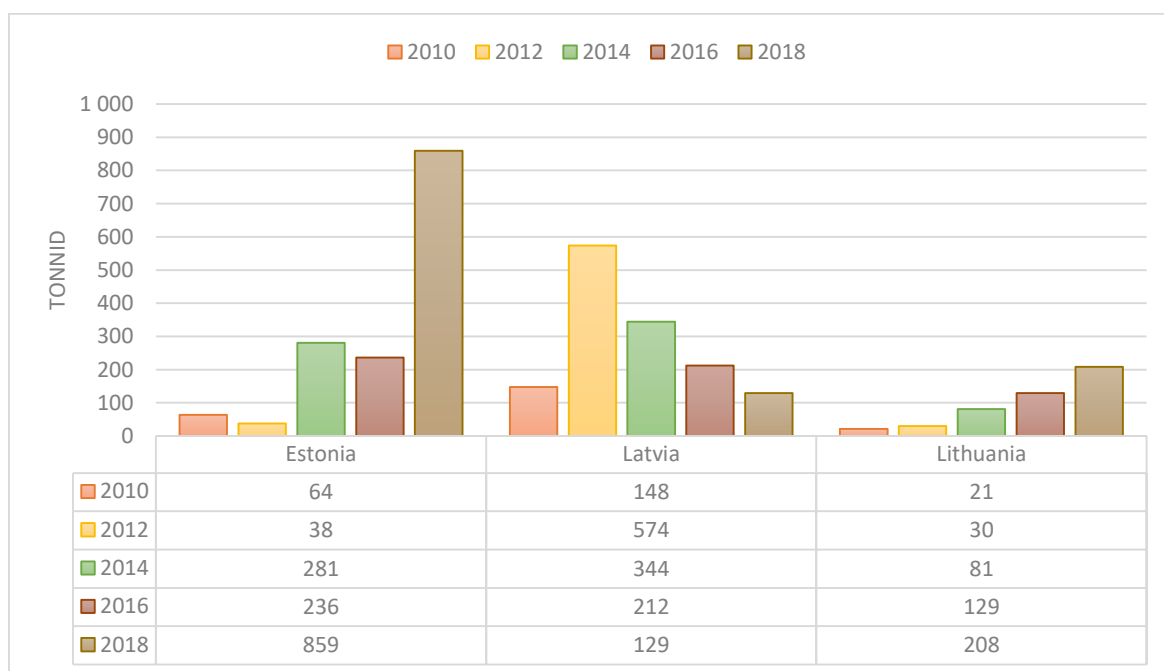


LISA 13

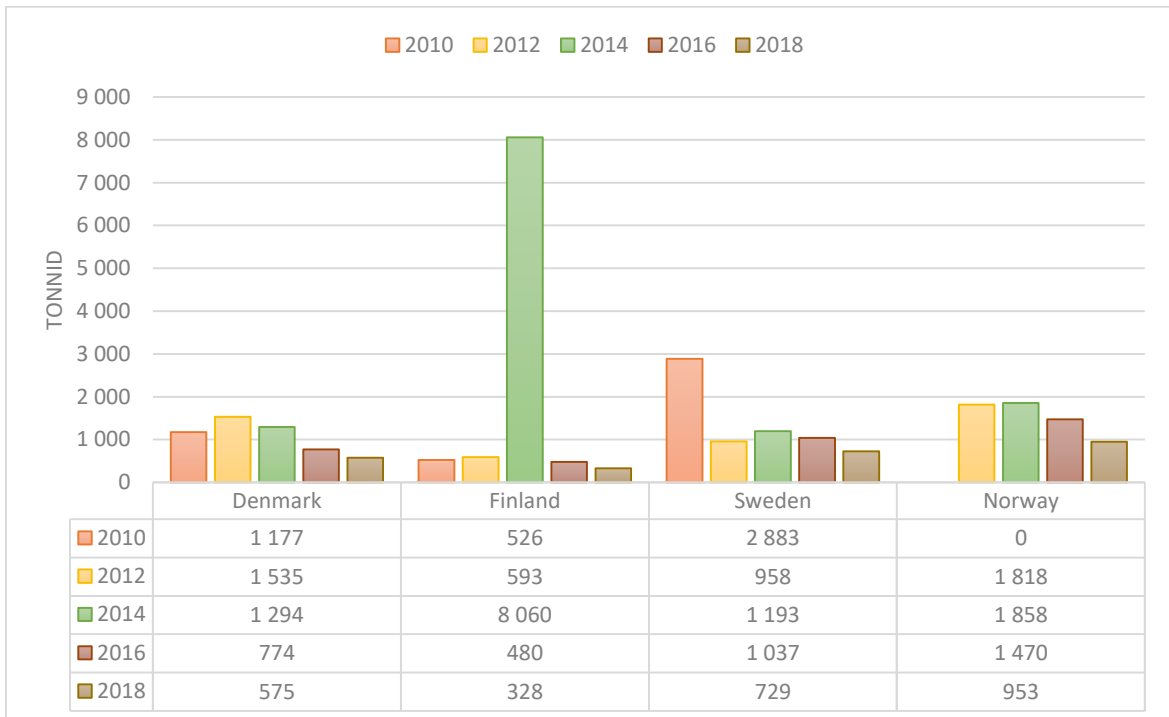
Metallide ja metalltoodete tootmises tekkinud plastijäätmed (v.a masinad ja seadmed)

Metallide ja metalltoodete tootmises tekkinud plastijäätmete vaheladustatud kogus Eestis 795 tonni võrra suurenes 2018 a.-ni võrreldes 2010 a. Lätis 445 tonni võrra vähenes 2018 a.-ni võrreldes 2012 a. (Tabel 6.73). Aastatel 2010 – 2014 a. Soomes tekkinud plastijäätmete 8 060 tonni kogumahuga, kuid 7 732 tonni võrra vähenes 2018 a.-ni võrreldes 2014 a. (Tabel 6.74). Saksamaal 27 324 (Tabel 6.75) ja Poolas 15 821 (Tabel 6.76) tonni võrra suurenes 2018 a.-ni võrreldes 2010 a. Rumeenias plastijäätmete kogus 10 688 tonni võrra vähenes 2018 a.-ni võrreldes 2010 a. (Tabel 6.77). Suurbritannias 26 920 tonni võrra suhteliselt vähenes 2018 a.-ni võrreldes 2016 a. (Tabel 6.78).

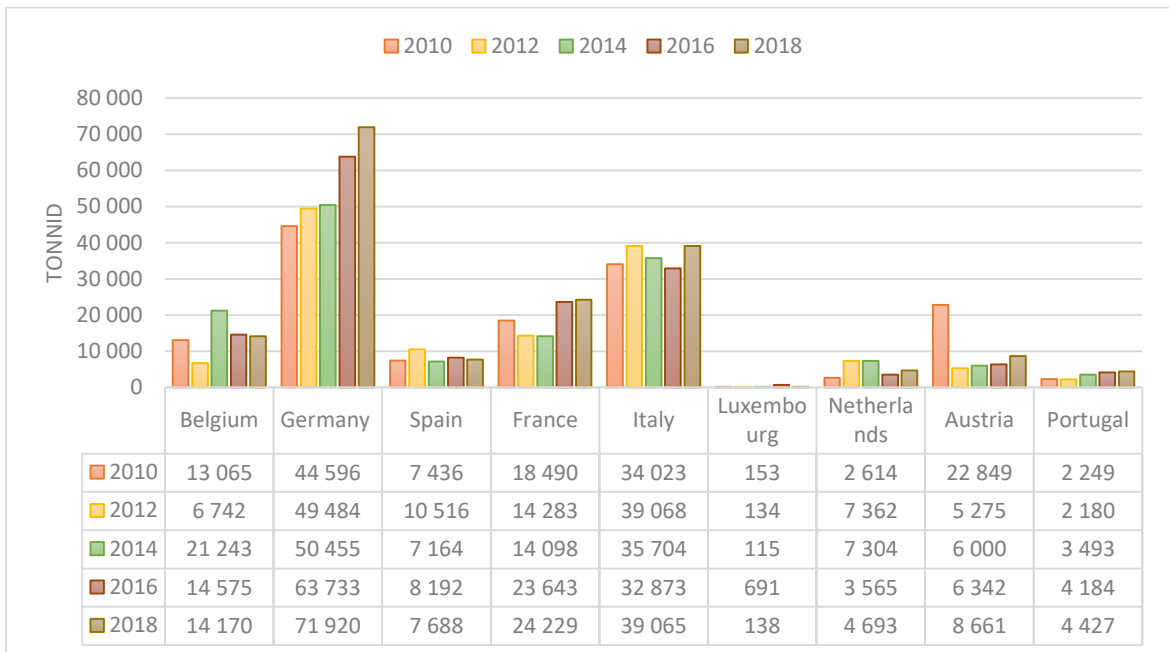
Tabel 6.73. Metallide ja metalltoodete tootmises tekkinud plastijäätmed Eestis, Lätis, Leedus



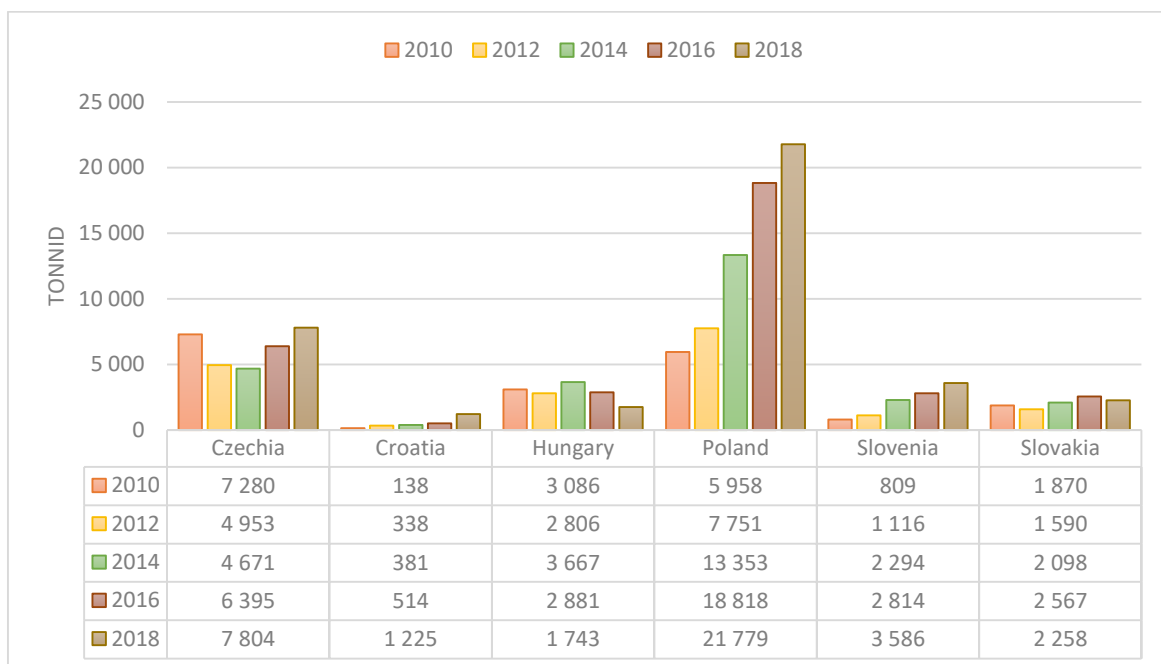
Tabel 6.74. Metallide ja metalltoodete tootmises tekkinud plastijätmed Taanis, Soomes, Rootsis, Norras



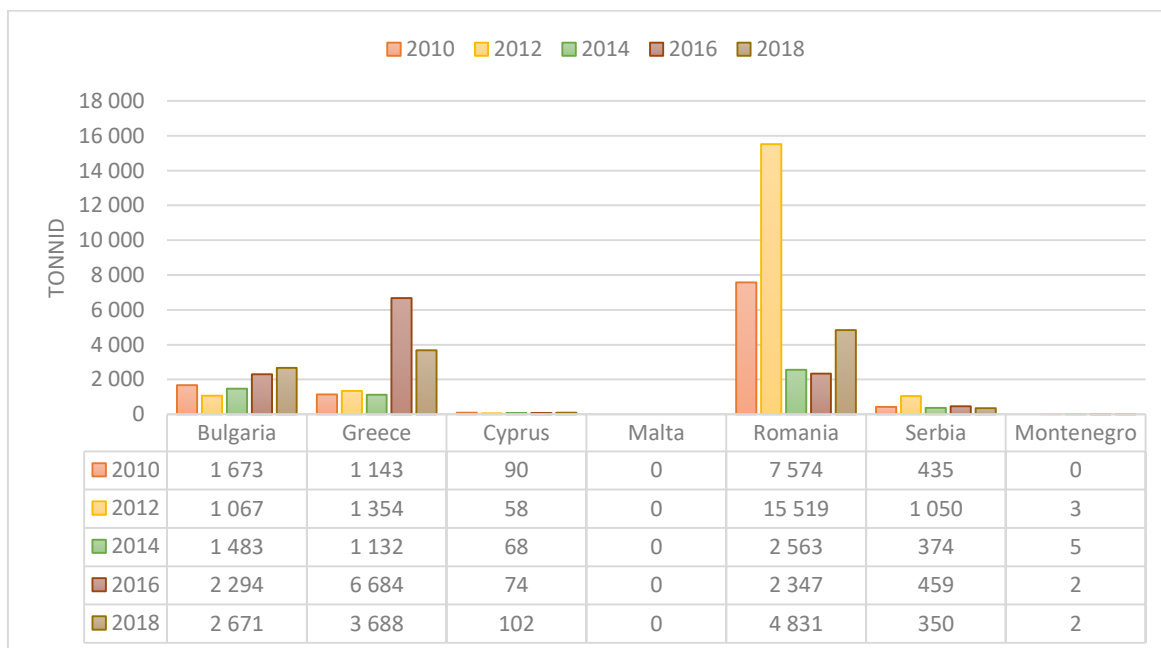
Tabel 6.75. Metallide ja metalltoodete tootmises tekkinud plastijätmed Belgias, Saksamaal, Hispaanias, Itaalias, Luksemburgis, Hollandis, Austrias, Portugaalias



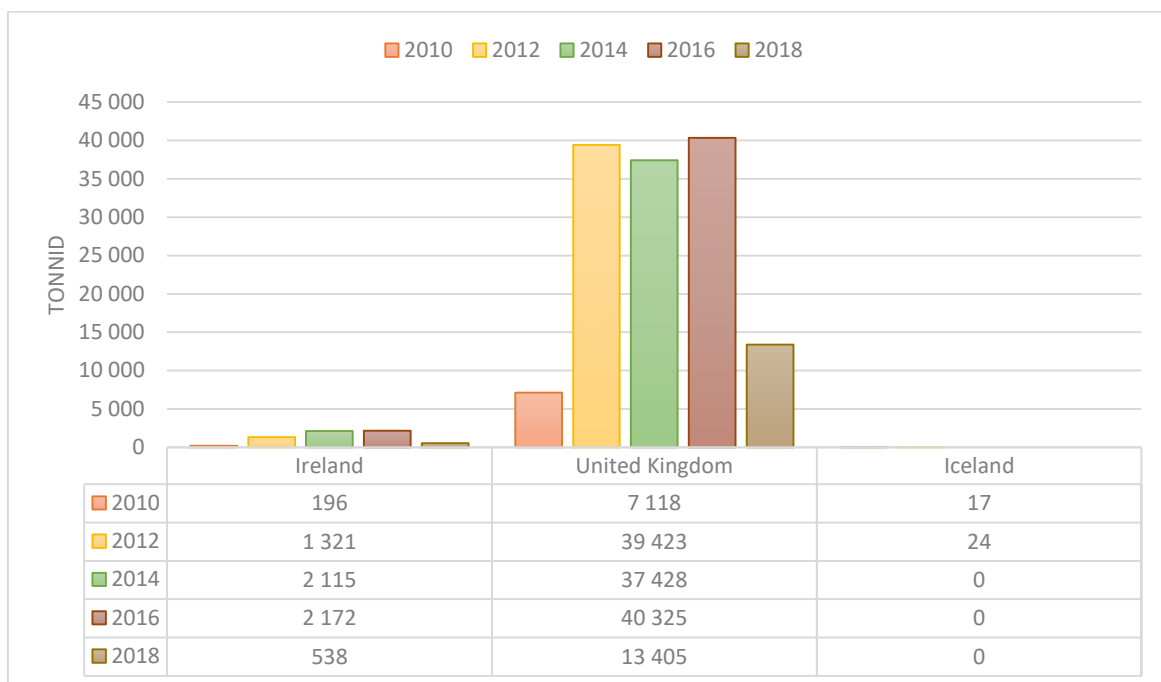
Tabel 6.76. Metallide ja metalltoodete tootmises tekkinud plastijätmed Tšehhis, Horvaatias, Ungaris, Poolas, Sloveenias, Slovakkias



Tabel 6.77. Metallide ja metalltoodete tootmises tekkinud plastijätmed Bulgaarias, Kreekas, Küproses, Maltas, Rumeenias, Serbias, Montenegros



Tabel 6.78. Metallide ja metalltoodete tootmises tekkinud plastijäätmed Iirimaal, Suurbritannias, Islandis

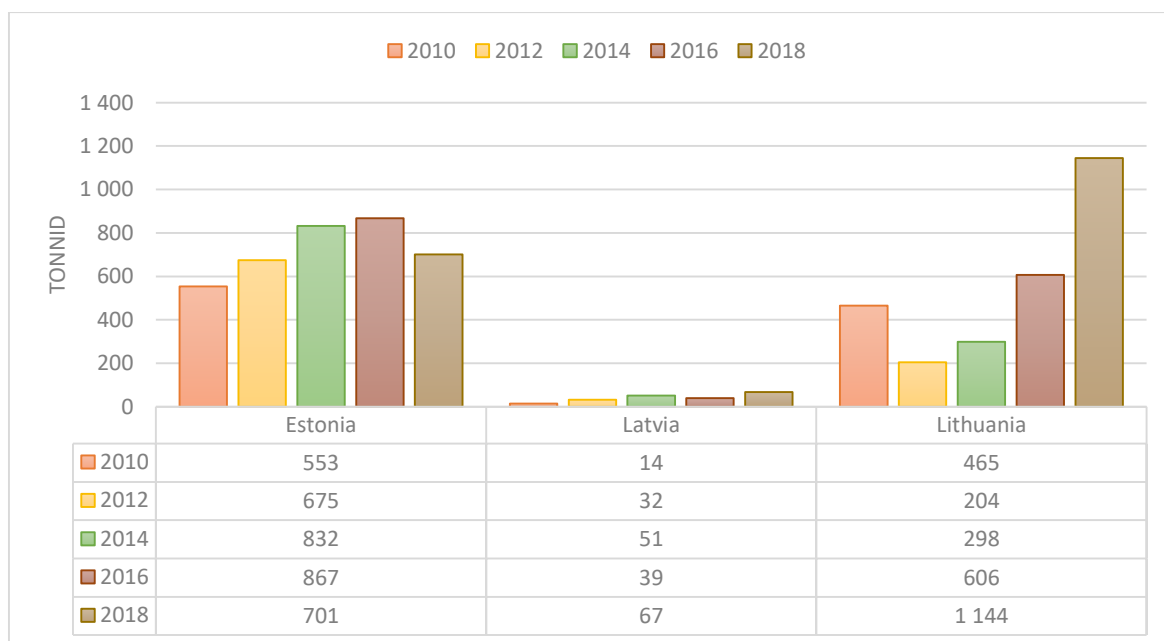


LISA 14

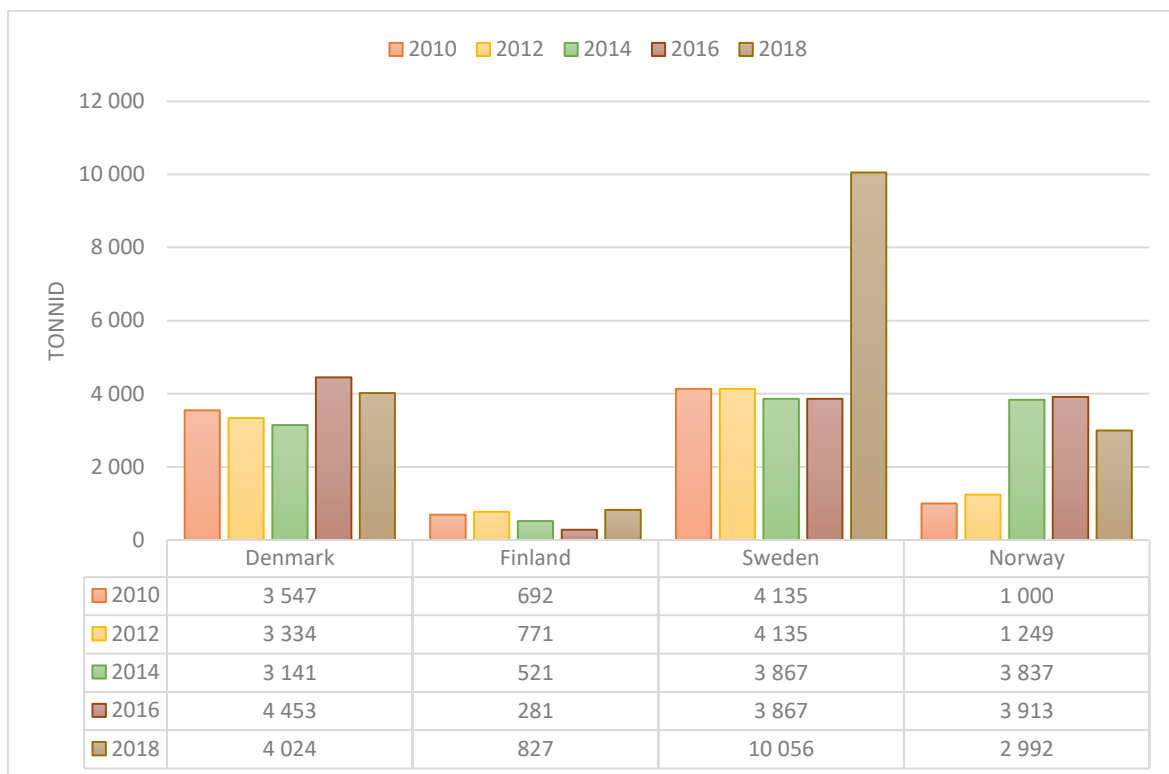
Arvuti-, elektroonika- ja optikatoodete, elektriseadmete, mootorsõidukite ja muude transpordivahendite tootmises tekkinud plastijäätmed

Arvuti-, elektroonika- ja optikatoodete, elektriseadmete, mootorsõidukite ja muude transpordivahendite tootmises tekkinud plastijäätmete vaheladustatud kogus Eestis 314 tonni võrra suurenes 2016 a.-ni võrreldes 2010 a. kuid 166 tonni võrra vähenes 2018 a.-ni võrreldes 2016. (Tabel 6.79). Leedus plastijäätmete kogus 940 tonni võrra suurenes 2018 a.-ni võrreldes 2012 a. (Tabel 6.79). Rootsis plastijäätmete kogumaht suurenes 10 056 tonnini (Tabel 6.80). Saksamaal aastatel 2010 - 2018 a. plastijäätmete kogumaht suurenes 121 174 tonnini (Tabel 6.81). Poolas plastijäätmete kogus 291 554 tonni võrra vähenes 2018 a.-ni võrreldes 2010 a. (Tabel 6.82). Rumeenias 16 569 tonni võrra suurenes 2018 a.-ni võrreldes 2012 a. (Tabel 6.83). Suurbritannias plastijäätmete kogumaht 2018 a. suurenes 38 054 tonnini (Tabel 6.84).

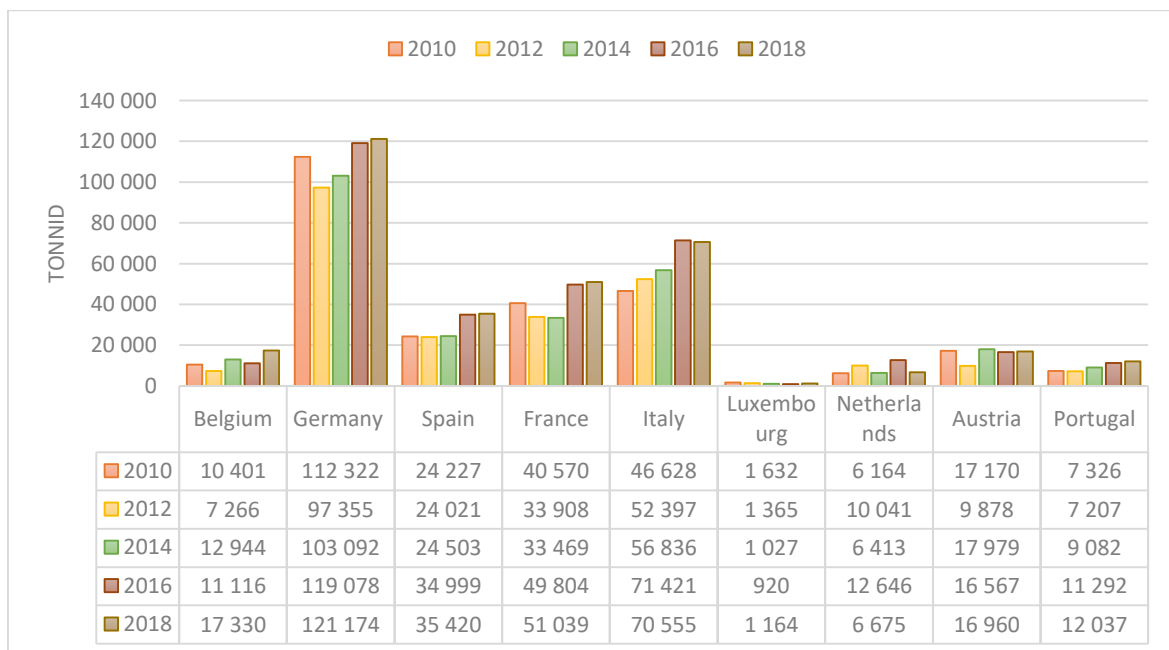
Tabel 6.79. Arvuti-, elektroonika- ja optikatoodete, elektriseadmete, mootorsõidukite ja muude transpordivahendite tootmises tekkinud plastijäätmed Eestis, Lätis, Leedus



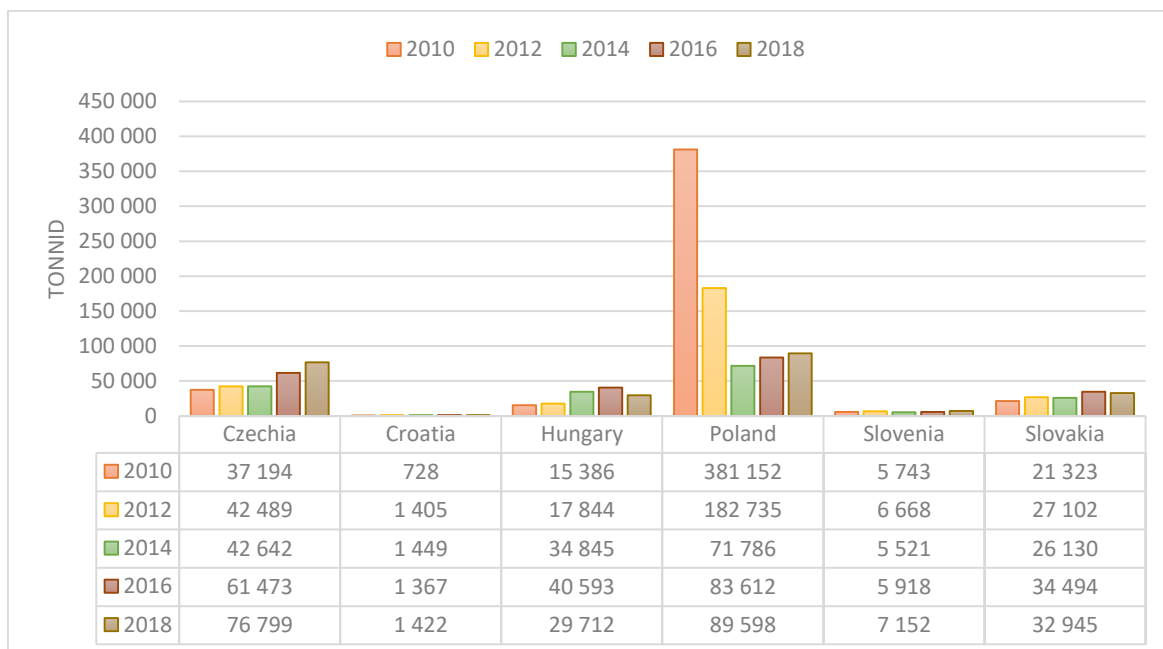
Tabel 6.80. Arvuti-, elektroonika- ja optikatoodete, elektriseadmete, mootorsõidukite ja muude transpordivahendite tootmises tekkinud plastijätmed Taanis, Soomes, Rootsis, Norras



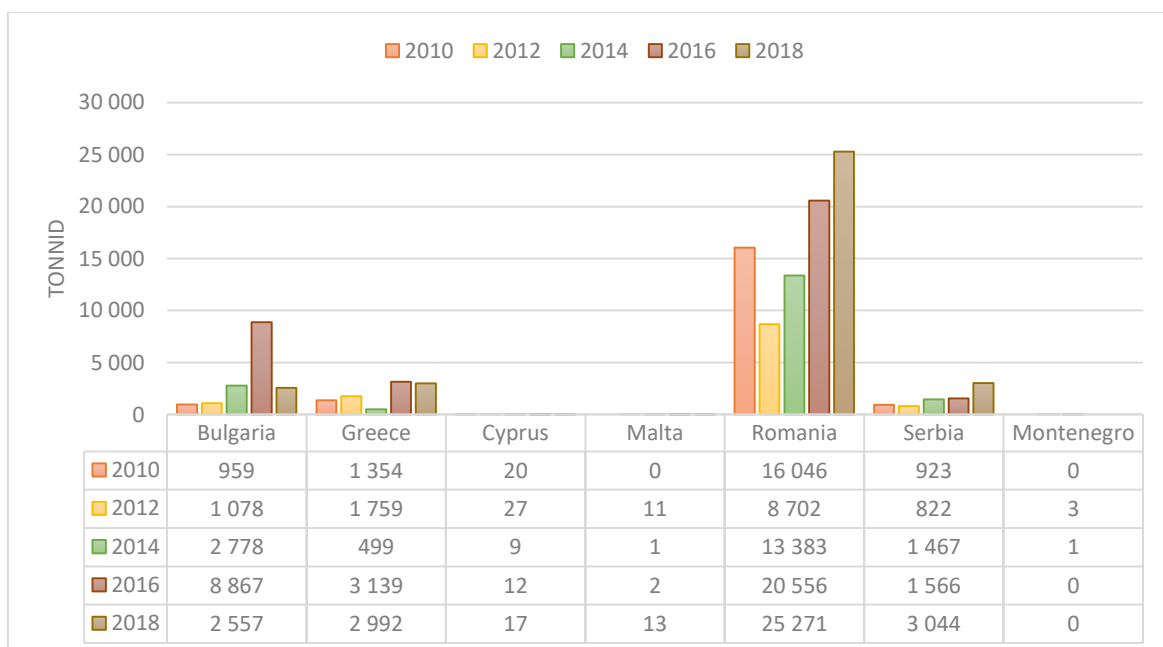
Tabel 6.81. Arvuti-, elektroonika- ja optikatoodete, elektriseadmete, mootorsõidukite ja muude transpordivahendite tootmises tekkinud plastijätmed Belgias, Saksamaal, Hispaanias, Itaalias, Luksemburgis, Hollandis, Austrias, Portugaalias



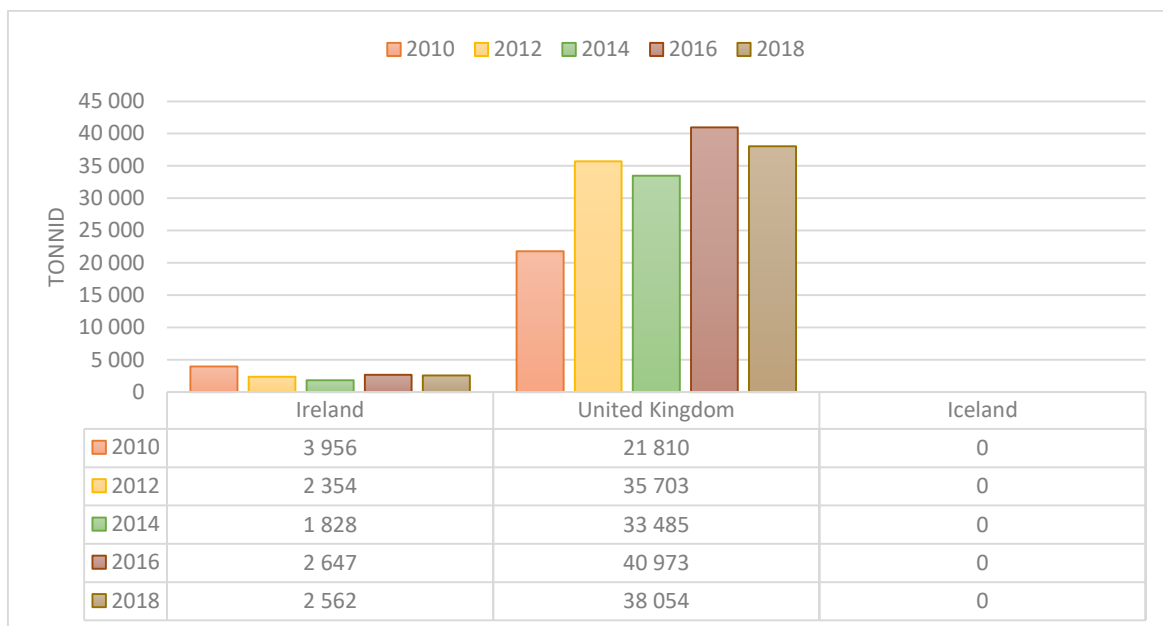
Tabel 6.82. Arvuti-, elektroonika- ja optikatoodete, elektriseadmete, mootorsõidukite ja muude transpordivahendite tootmises tekkinud plastijäätmed Tšehhis, Horvaatias, Ungaris, Poolas, Sloveenias, Slovakkias



Tabel 6.83. Arvuti-, elektroonika- ja optikatoodete, elektriseadmete, mootorsõidukite ja muude transpordivahendite tootmises tekkinud plastijäätmed Bulgaarias, Kreekas, Küproses, Maltas, Rumeenias, Serbias, Montenegros



Tabel 6.84. Arvuti-, elektroonika- ja optikatoodete, elektriseadmete, mootorsõidukite ja muude transpordivahendite tootmises tekkinud plastijäätmed Iirimaal, Suurbritannias, Islandis

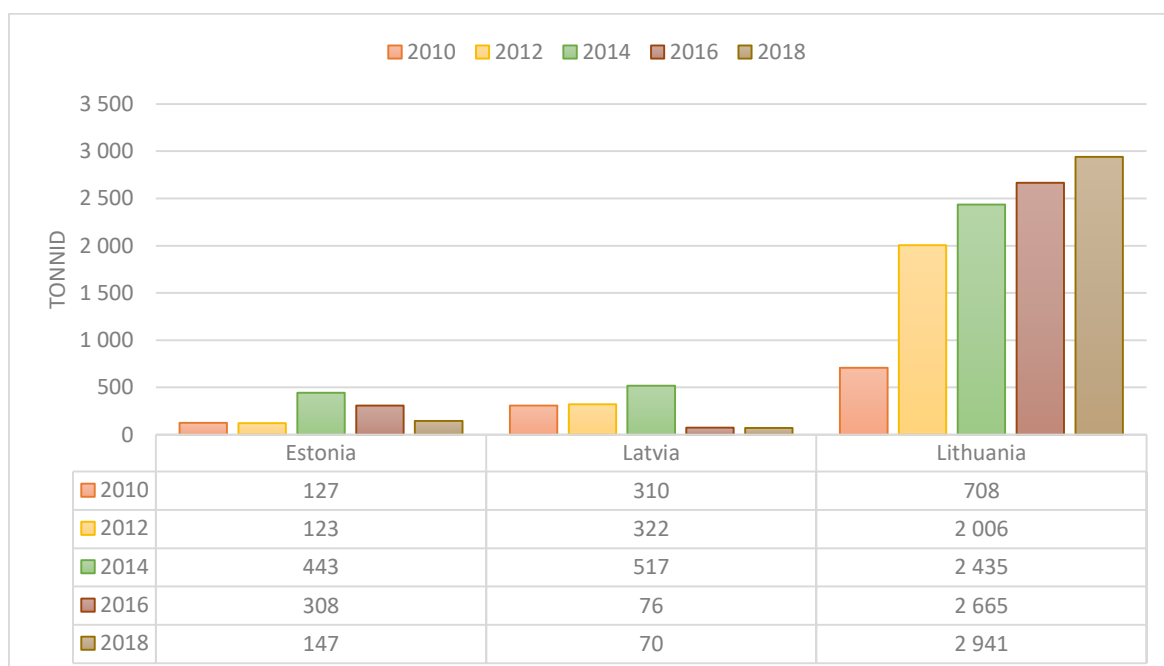


LISA 15

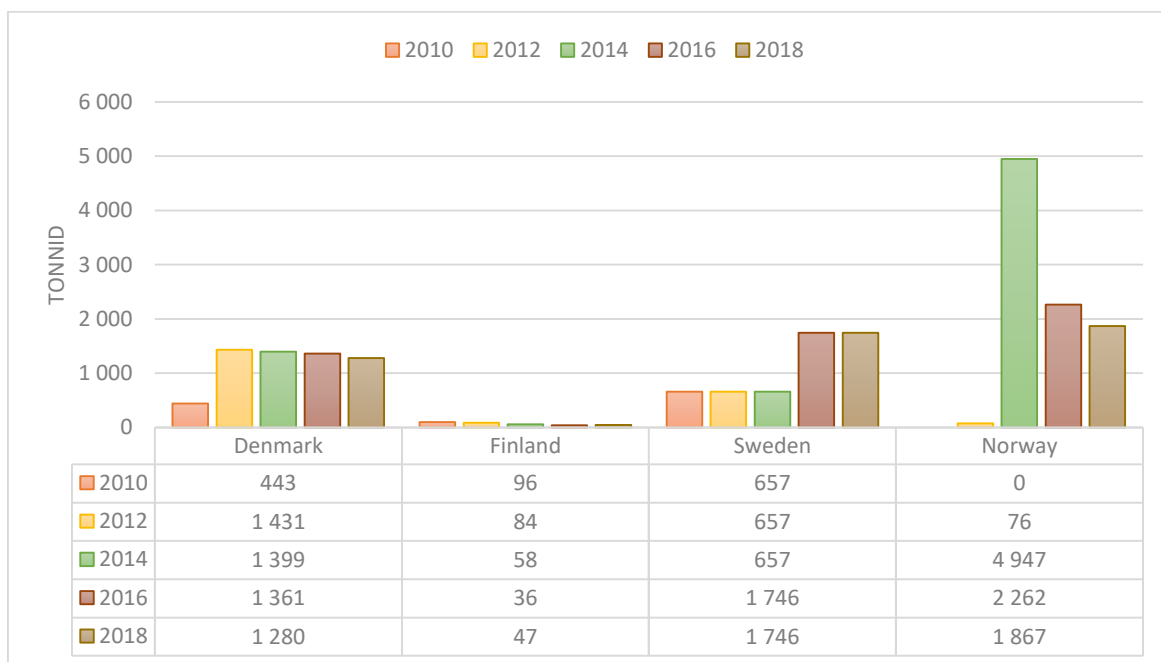
Mööbli tootmine; ehted, muusikariistad, mänguasjad; masinate ja seadmete remondis ja paigaldamises tekkinud plastijäätmed

Mööbli tootmine; ehted, muusikariistad, mänguasjad; masinate ja seadmete remondis ja paigaldamises tekkinud plastijäätmete vaheladustatud kogus Leedus 2 233 tonni võrra suurenes 2018 a.-ni võrreldes 2010 a. (Tabel 6.85). Norras 4 871 tonni võrra suurenes 2014 a.-ni võrreldes 2010 a. kuid 3 080 tonni võrra vähenes 2018 a.-ni võrreldes 2014 a. (Tabel 6.86). Aastatel 2010 - 2018 a. Saksamaal suurenes plastijäätmete kogumaht 37 499 tonnini (Tabel 6.87). Poolas 8 365 tonni võrra suurenes 2018 a.-ni võrreldes 2010 a. kuid Slovakkias 13 108 tonni võrra vähenes 2018 a.-ni võrreldes 2010 a. (Tabel 6.88). Rumeenias 1 125 (Tabel 6.89) ja Iirimaal 12 997 (Tabel 6.90) tonni võrra suurenes 2018 a.-ni võrreldes 2010 a.

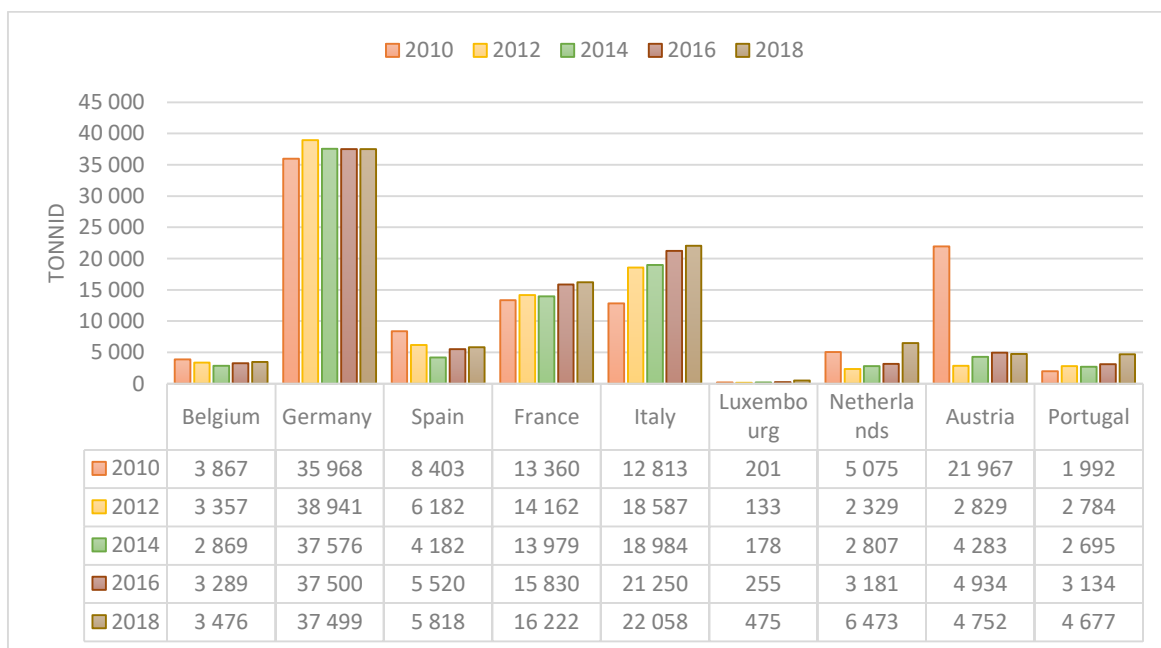
Tabel 6.85. Mööbli tootmine; ehted, muusikariistad, mänguasjad; masinate ja seadmete remondis ja paigaldamises tekkinud plastijäätmed Eestis, Lätis, Leedus



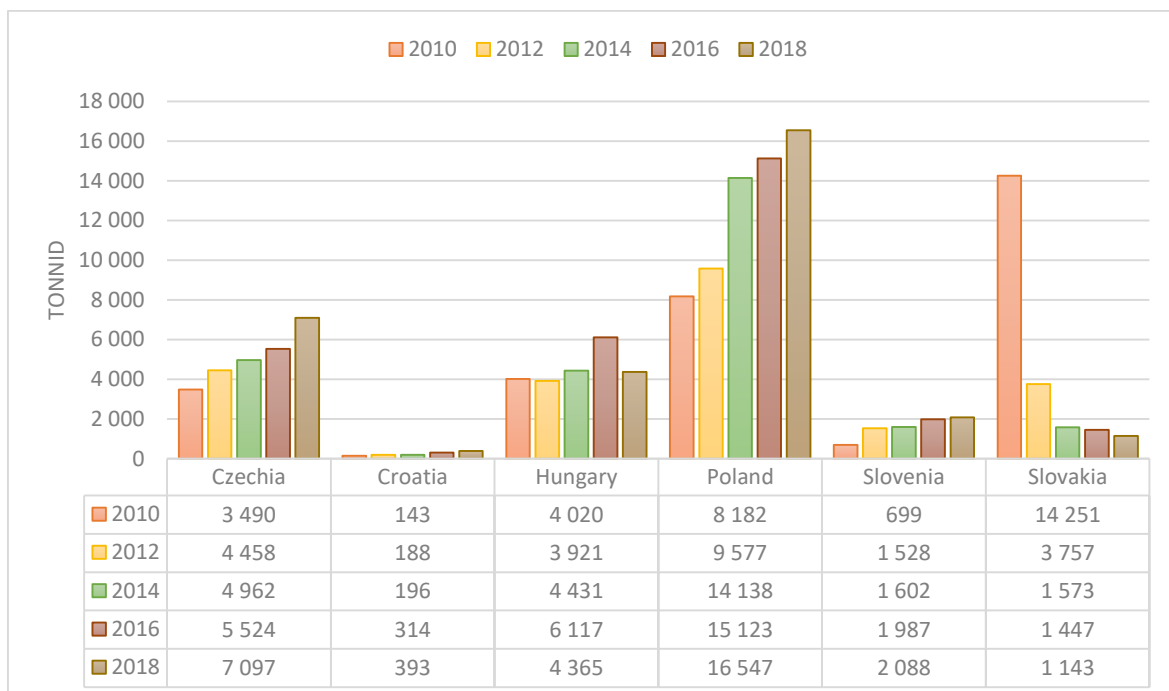
Tabel 6.86. Mööbli tootmine; ehted, muusikariistad, mänguasjad; masinate ja seadmete remondis ja paigaldamises tekkinud plastijäätmed Taanis, Soomes, Rootsis, Norras



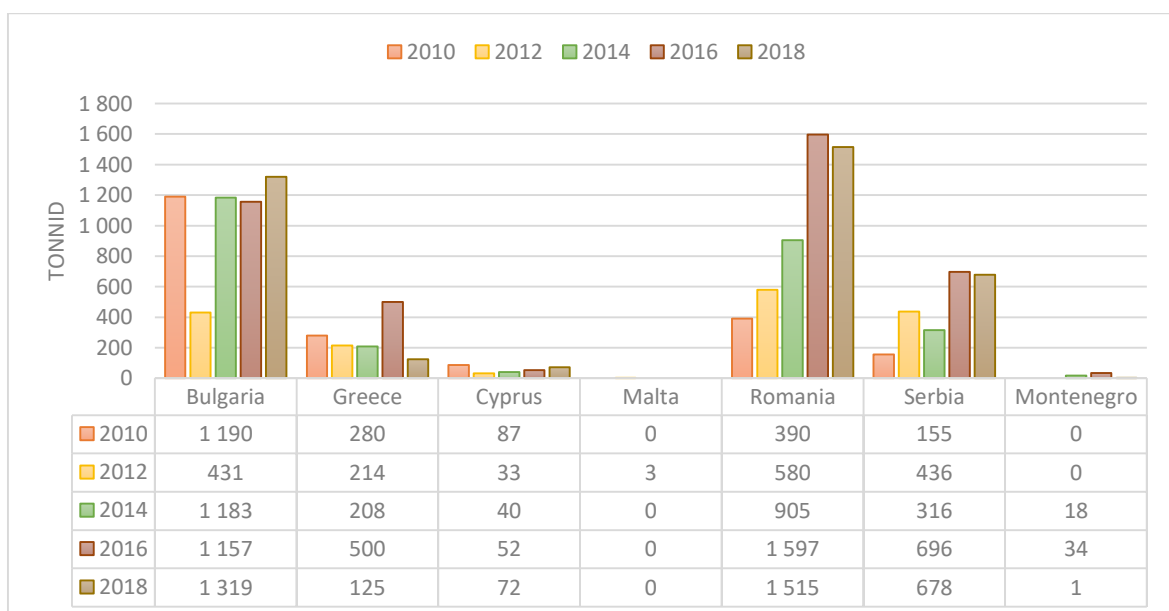
Tabel 6.87. Mööbli tootmine; ehted, muusikariistad, mänguasjad; masinate ja seadmete remondis ja paigaldamises tekkinud plastijäätmed Belgias, Saksamaal, Hispaanias, Itaalias, Luksemburgis, Hollandis, Austrias, Portugaalias



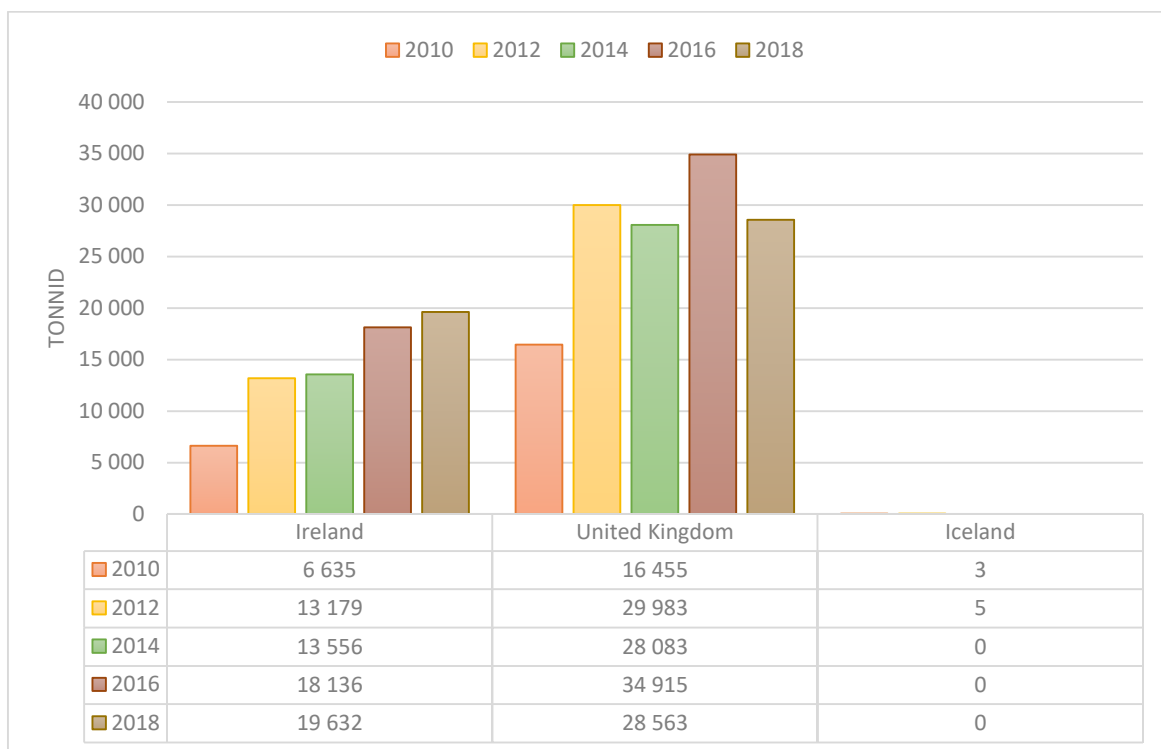
Tabel 6.88. Mööbli tootmine; ehted, muusikariistad, mänguasjad; masinate ja seadmete remondis ja paigaldamises tekkinud plastijätmed Tšehhis, Horvaatias, Ungaris, Poolas, Sloveenias, Slovakkias



Tabel 6.89. Mööbli tootmine; ehted, muusikariistad, mänguasjad; masinate ja seadmete remondis ja paigaldamises tekkinud plastijätmed Bulgaarias, Kreekas, Küproses, Maltas, Rumeenias, Serbias, Montenegros



Tabel 6.90. Mööbli tootmine; ehted, muusikariistad, mänguasjad; masinate ja seadmete remondis ja paigaldamises tekkinud plastijäätmed Iirimaal, Suurbritannias, Islandis

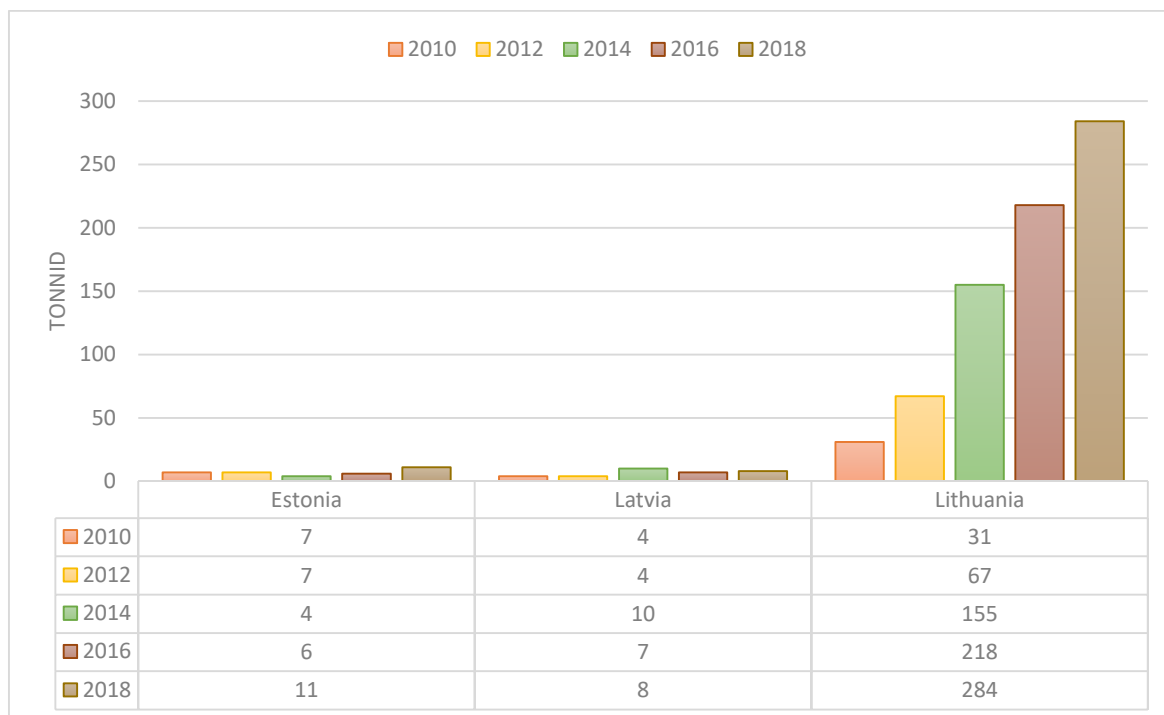


LISA 16

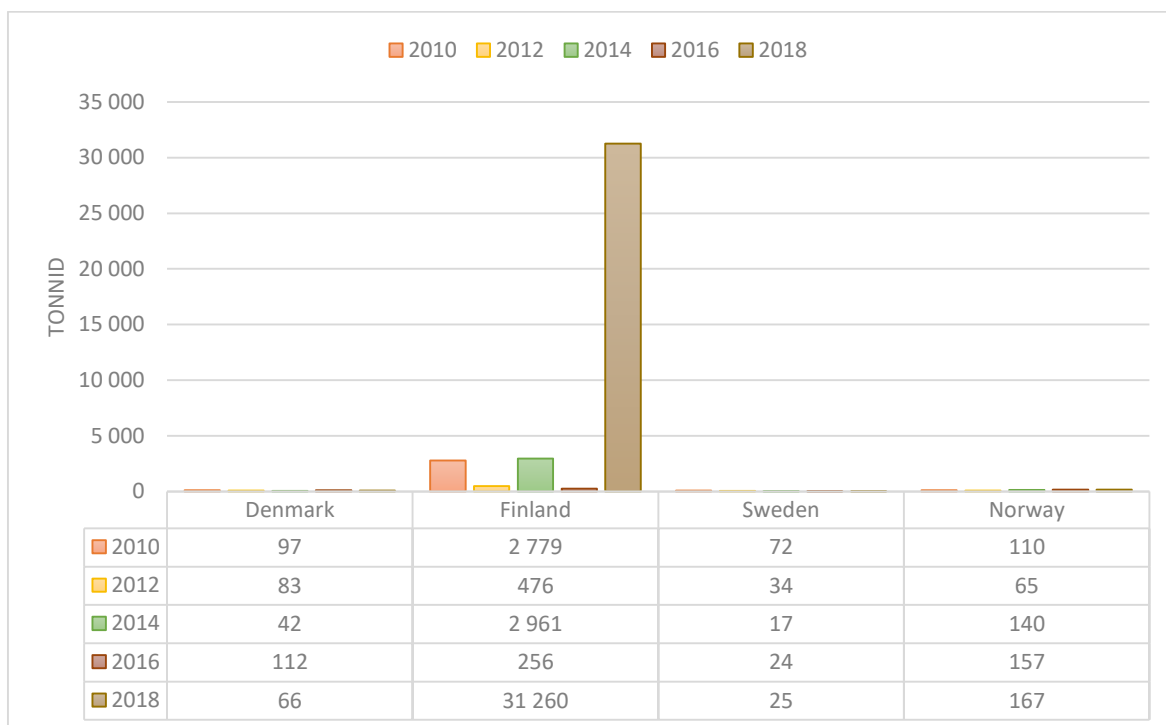
Elektri -, gaasi -, auru - ja kliimaseadmetes tekkinud plastijäätmed

Elektri -, gaasi -, auru - ja kliimaseadmetes tekkinud plastijäätmete vaheladustatud kogus Leedus 253 (Tabel 6.91) ja Soomes 28 281 (Tabel 6.92) tonni võrra suurenes 2018 a.-ni võrreldes 2010 a. Itaalias 5 165 tonni võrra suurenes 2018 a.-ni võrreldes 2016 a. (Tabel 6.93). Poolas plastijäätmete kogus 1 613 tonni võrra vähenes 2018 a.-ni võrreldes 2014 a. (Tabel 6.94) ning Kreekas 1 037 tonni vähenes 2018 a.-ni võrreldes 2014 a. (Tabel 6.95). Suurbritannias plastijäätmete kogus 1 203 võrra suurenes 2018 a.-ni võrreldes 2010 a. (Tabel 6.96).

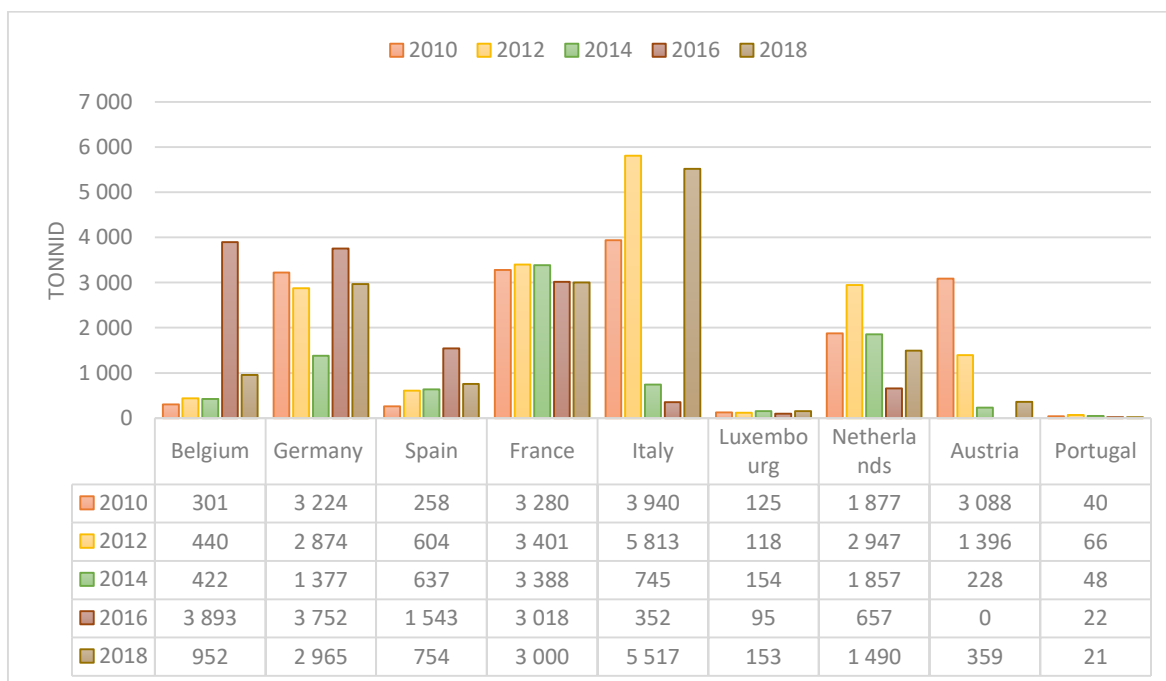
Tabel 6.91. Elektri -, gaasi -, auru - ja kliimaseadmetes tekkinud plastijäätmed Eestis, Lätis, Leedus



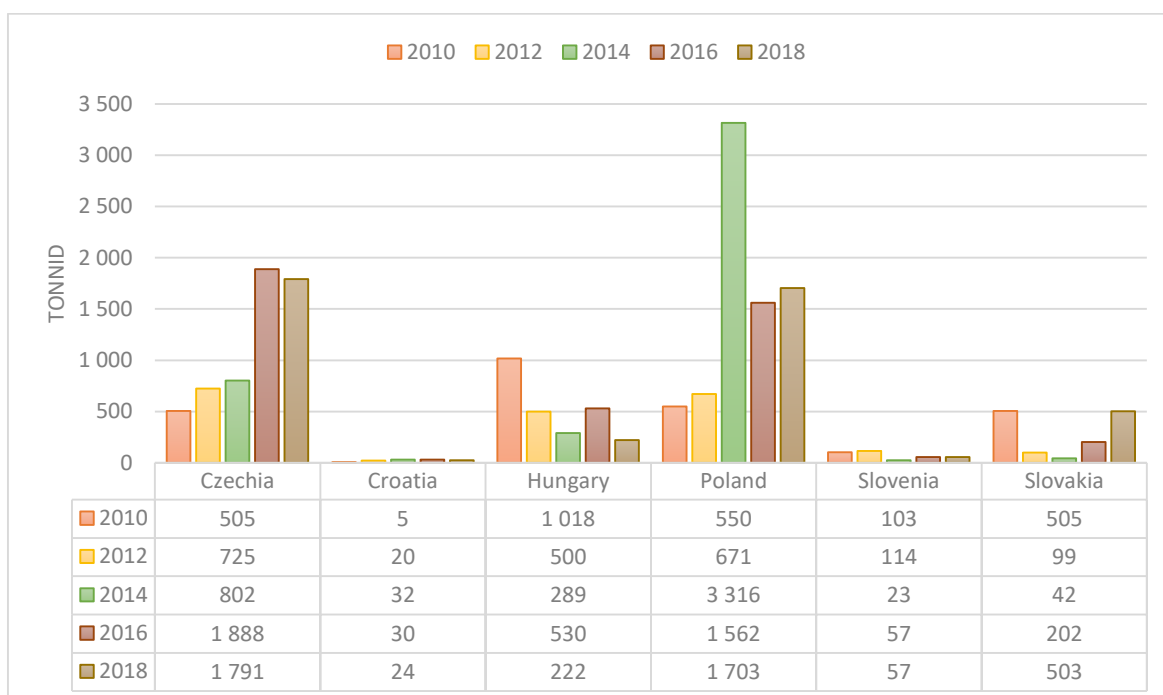
Tabel 6.92. Elektri -, gaasi -, auru - ja kliimaseadmetes tekkinud plastijätmed Taanis, Soomes, Rootsis, Norras



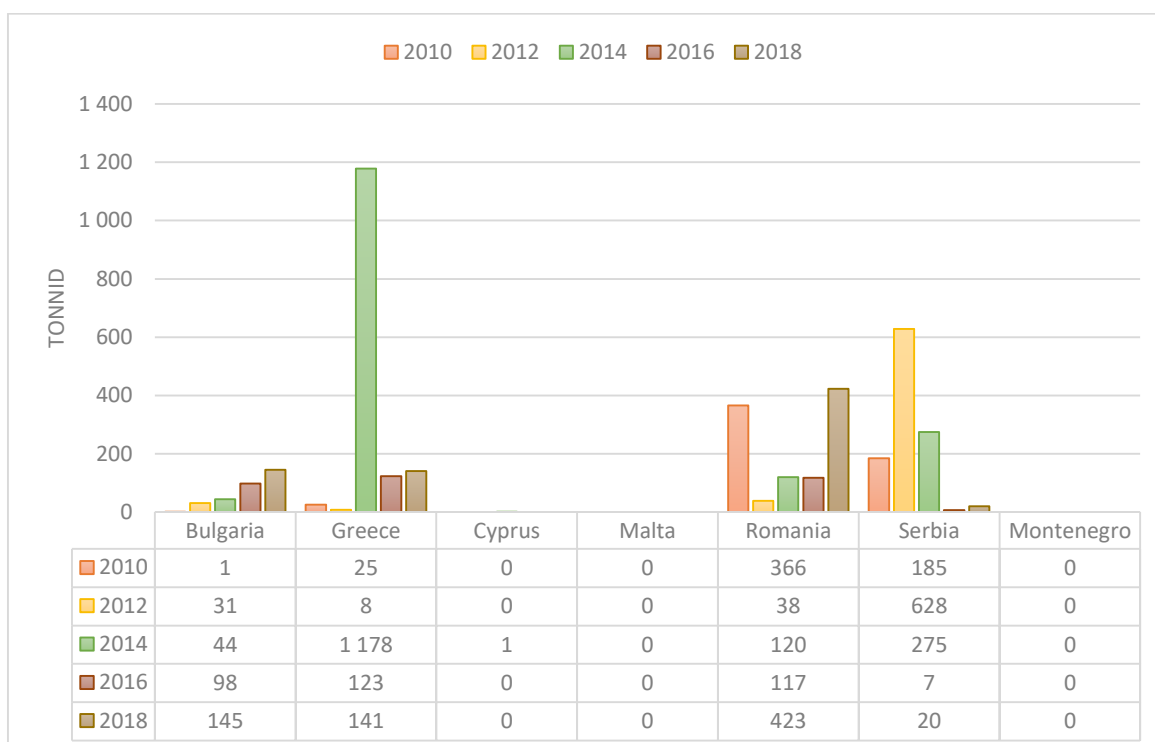
Tabel 6.93. Elektri -, gaasi -, auru - ja kliimaseadmetes tekkinud plastijätmed Belgias, Saksamaal, Hispaanias, Itaalias, Luksemburgis, Hollandis, Austrias, Portugaalias



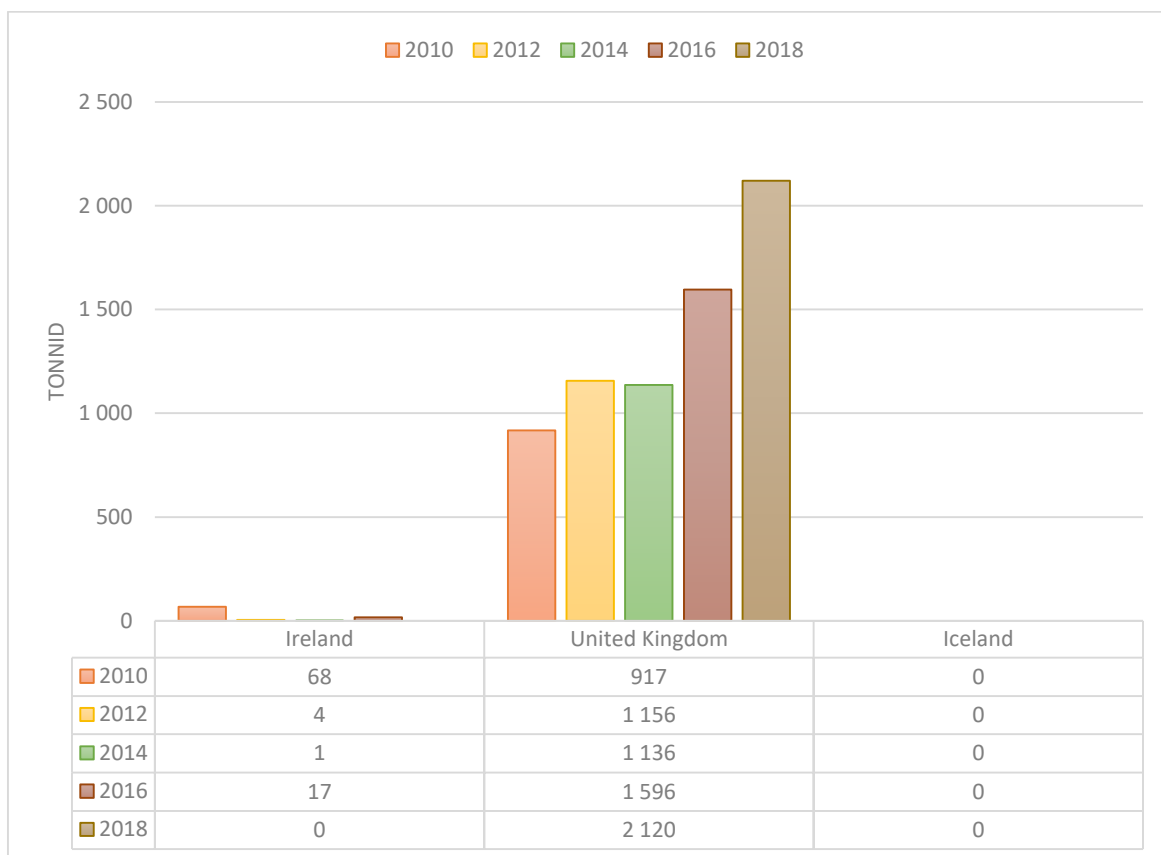
Tabel 6.94. Elektri -, gaasi -, auru - ja kliimaseadmetes tekkinud plastijätmed Tšehhis, Horvaatias, Ungaris, Poolas, Sloveenias, Slovakkias



Tabel 6.95. Elektri -, gaasi -, auru - ja kliimaseadmetes tekkinud plastijätmed Bulgaarias, Kreekas, Küproses, Maltas, Rumeenias, Serbias, Montenegros



Tabel 6.96. Elektri -, gaasi -, auru - ja kliimaseadmetes tekkinud plastijätmed Iirimaal, Suurbritannias, Islandis

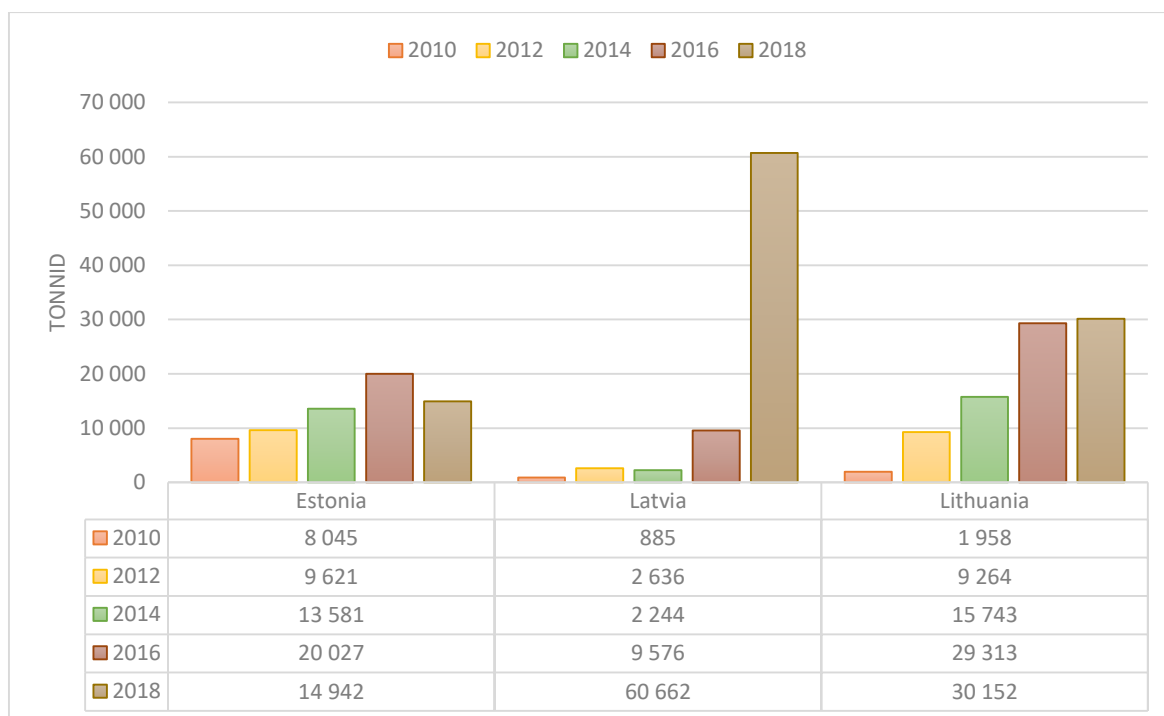


LISA 17

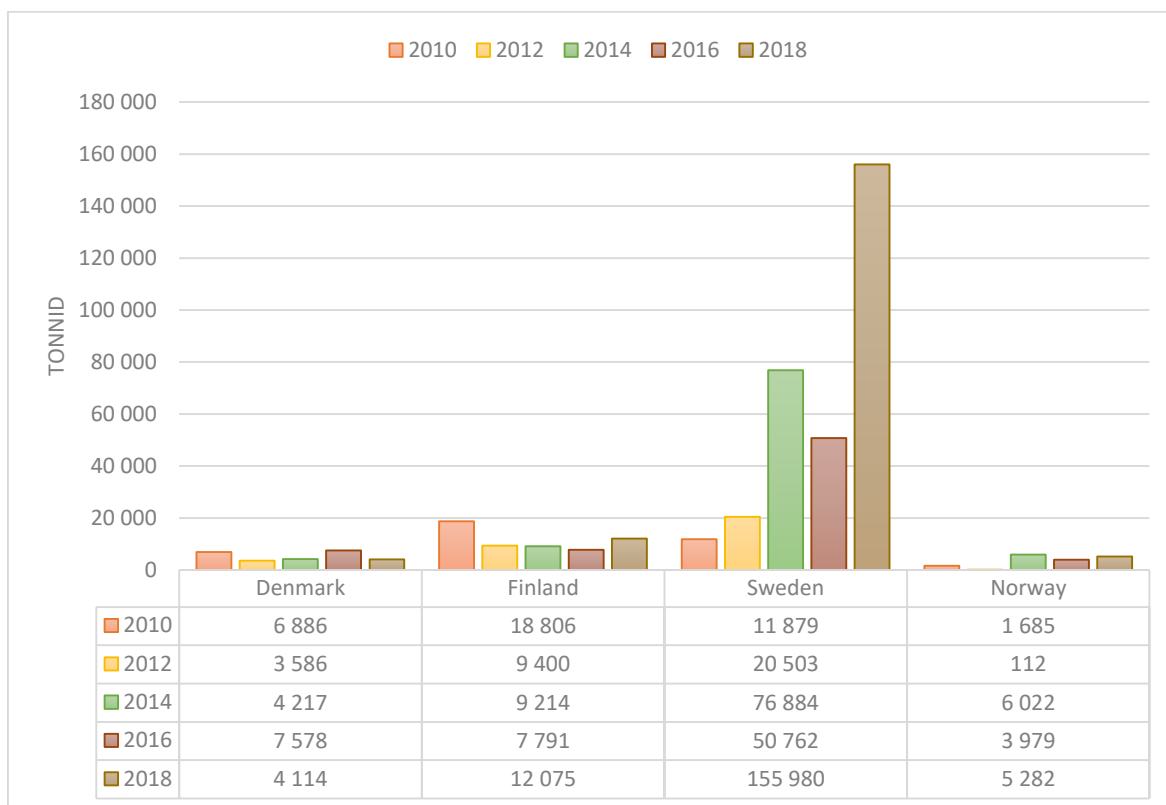
Veevarustuses; kanalisatsioonis, jäätmekäitluses tekkinud plastijäätmed

Veevarustuses; kanalisatsioonis, jäätmekäitluses tekkinud plastijäätmete vaheladustatud kogus Eestis 6 897 -, Lätis 59 777 - ja Leedus 28 194 tonni võrra suurenes 2018 a.-ni võrreldes 2010 a. (Tabel 6.97). Rootsis plastijäätmete kogus 144 101 tonni võrra suurenes 2018 a.-ni võrreldes 2010 a. (Tabel 6.98). Itaalias aastatel 2010 – 2018 a. plastijäätmete kogus suurenes 1 960 64 tonnini (Tabel 6.99). Poolas 424 111 tonni võrra suurenes 2018 a.-ni võrreldes 2010 a. (Tabel 6.100). Rumeenias 118 337 tonni võrra vähenes 2018 a.-ni võrreldes 2014 a. (Tabel 6.101). Suurbritannias plastijäätmete kogus 397 511 tonni võrra suurenes 2018 a.-ni võrreldes 2014 a. (Tabel 6.102).

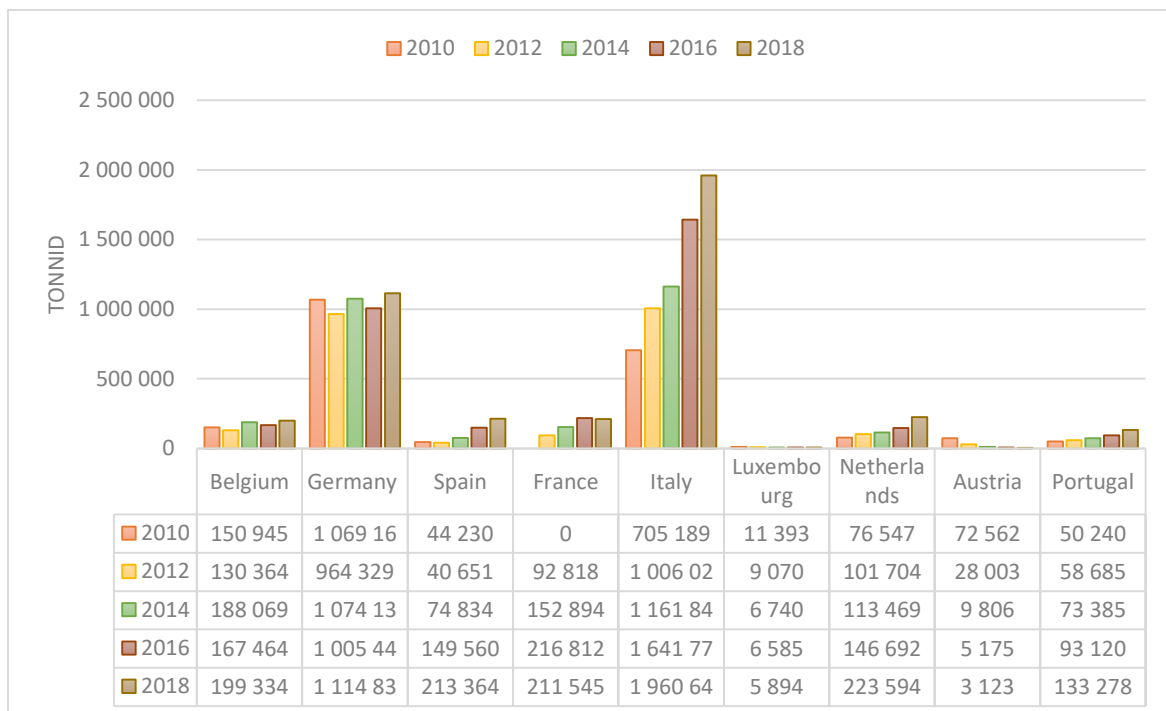
Tabel 6.97. Veevarustuses; kanalisatsioonis, jäätmekäitluses tekkinud plastijäätmed Eestis, Lätis, Leedus



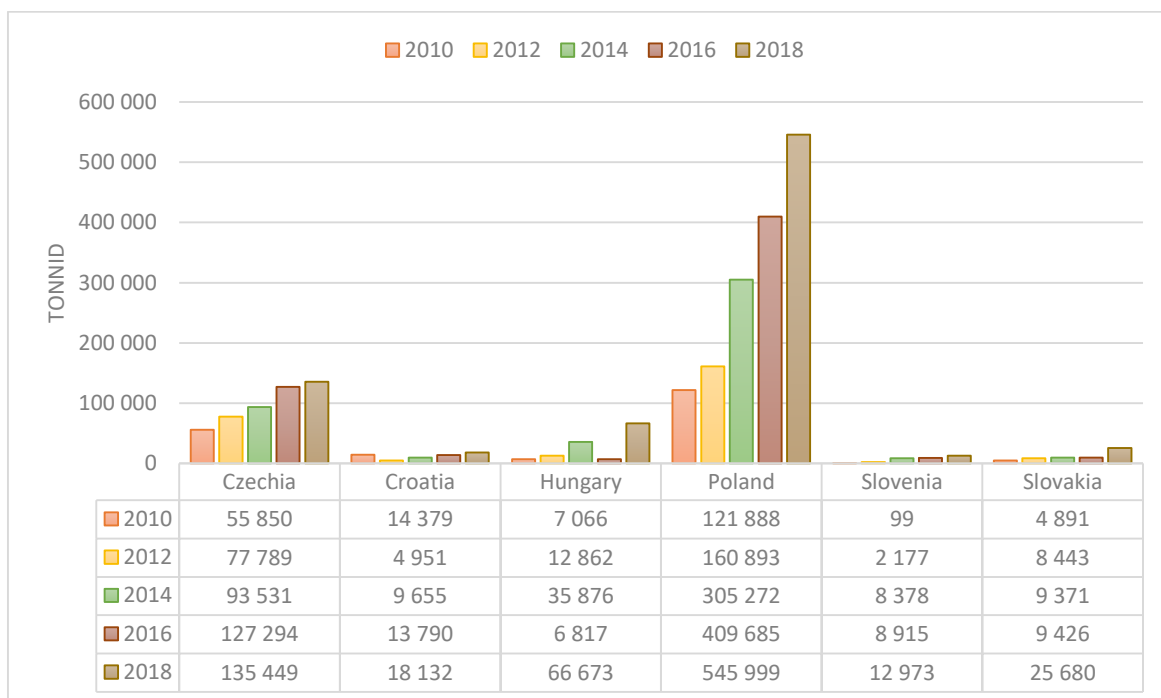
Tabel 6.98. Veevarustuses; kanalisatsioonis, jäätmekäitluses tekkinud plastijätmed Taanis, Soomes, Rootsis, Norras



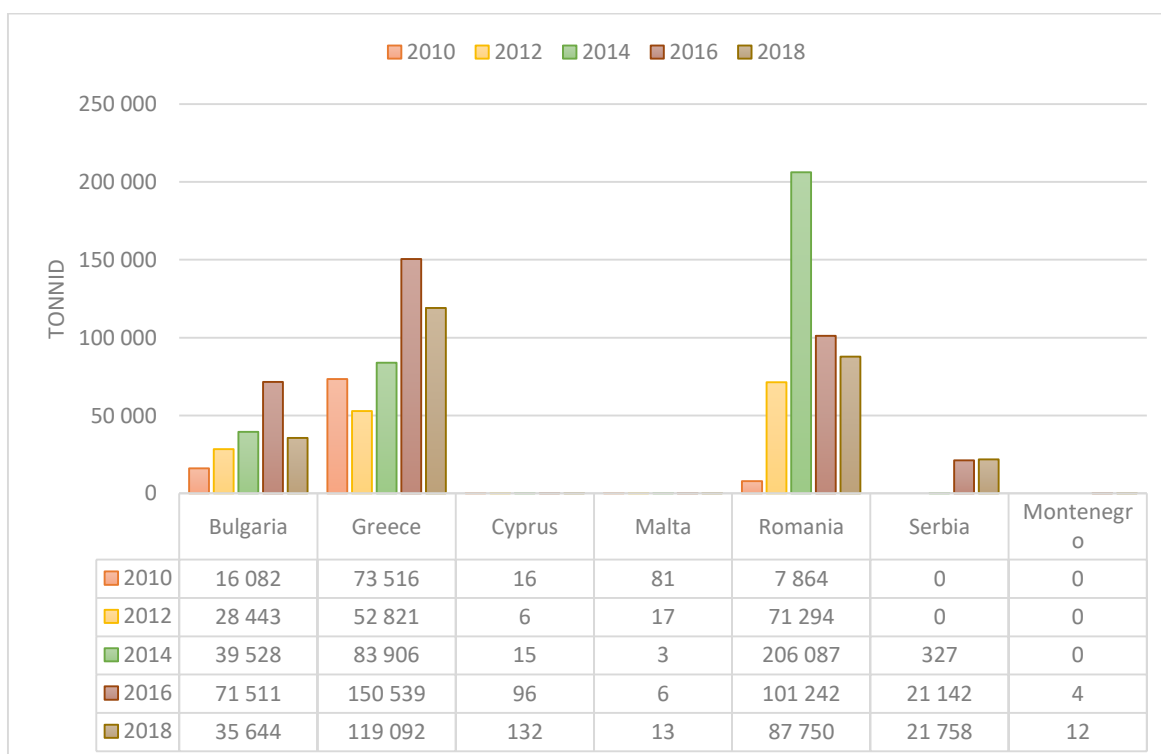
Tabel 6.99. Veevarustuses; kanalisatsioonis, jäätmekäitluses tekkinud plastijätmed Belgias, Saksamaal, Hispaanias, Itaalias, Luksemburgis, Hollandis, Austrias, Portugaalias



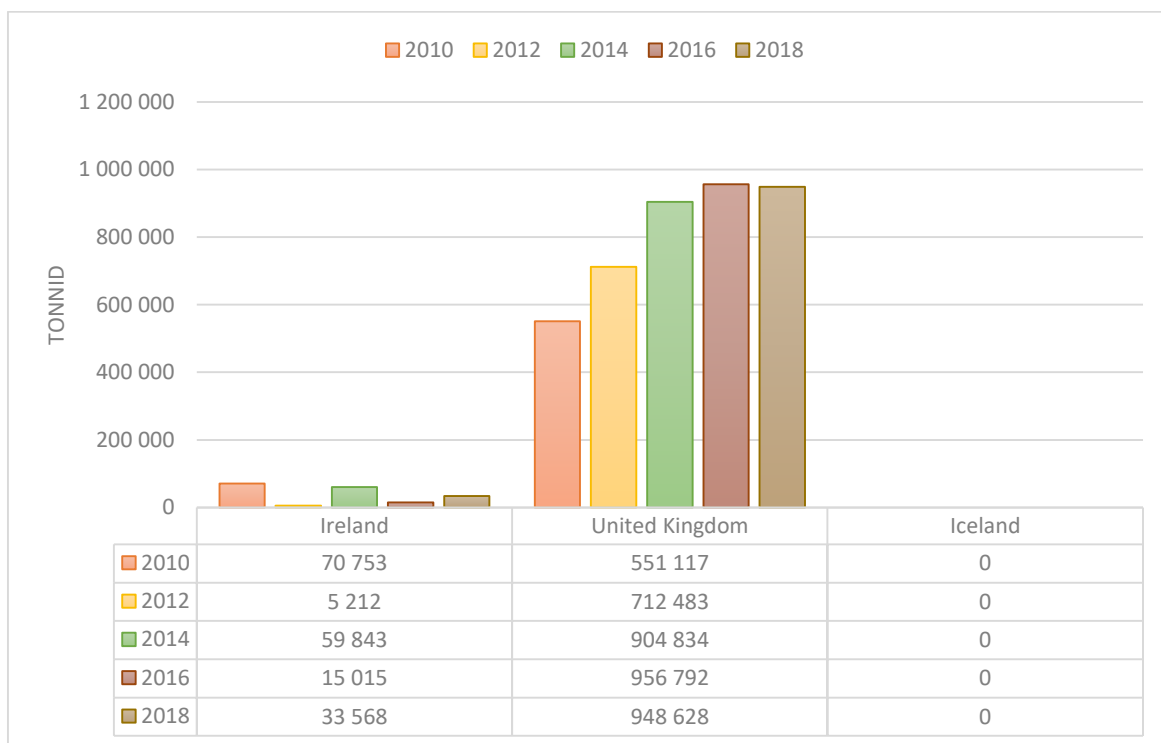
Tabel 6.100. Veevarustuses; kanalisatsioonis, jäätmekäitluses tekkinud plastijäätmed Tšehhis, Horvaatias, Ungaris, Poolas, Sloveenias, Slovakkias



Tabel 6.101. Veevarustuses; kanalisatsioonis, jäätmekäitluses tekkinud plastijäätmed Bulgaarias, Kreekas, Küproses, Maltas, Rumeenias, Serbias, Montenegros



Tabel 6.102. Veevarustuses; kanalisatsioonis, jäätmekäitluses tekkinud plastijäätmed Iirimaa, Suurbritannias, Islandis

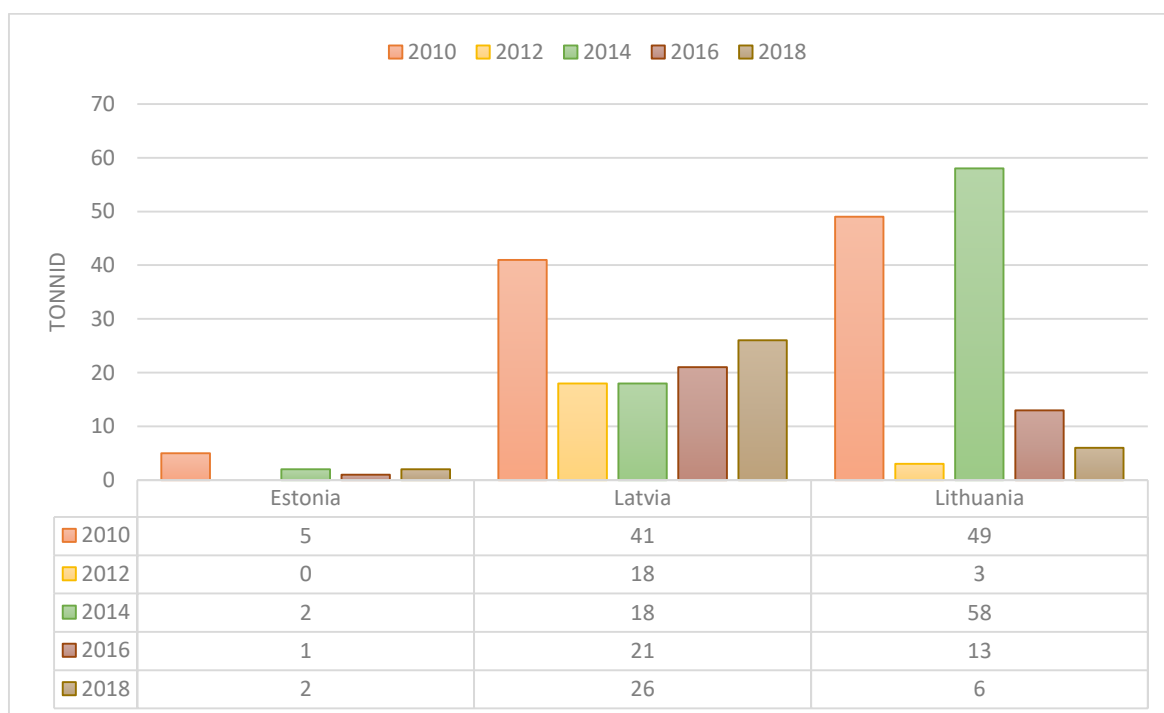


LISA 18

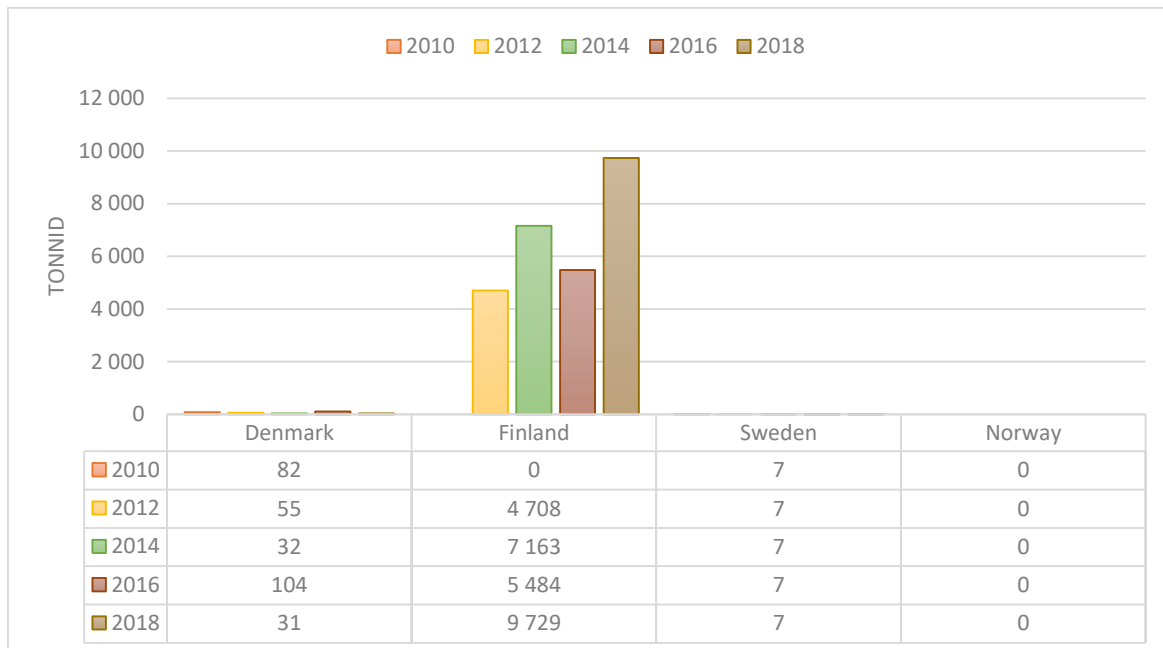
Vee kogumises, käitlemises ja tarnimine; kanalisatsioon; puhastustegevus ja muud jäätmekäitlusteenustes tekkinud plastijäätmed

Vee kogumises, käitlemises ja tarnimine; kanalisatsioon; puhastustegevus ja muud jäätmekäitlusteenustes tekkinud plastijäätmete vaheladustatud kogus Lätis 15 ja Leedus 43 tonni võrra vähenes 2018 a.-ni võrreldes 2010 a. (Tabel 6.103). Soomes plastijäätmete kogus 5 021 tonni võrra vähenes 2018 a.-ni võrreldes 2010 a. (Tabel 6.104). Itaalias 3 824 tonni võrra ka vähenes 2018 a.-ni võrreldes 2010 a. (Tabel 6.105) kuid Poolas 12 106 tonni võrra suurenes 2018 a.-ni võrreldes 2010 a. (Tabel 6.106). Bulgaarias plastijäätmete kogumaht aastatel 2010 -2018 a. suurenes 10 042 tonnini (Tabel 6.107). Iirimaal 2010 a. plastijäätmete kogumaht oli 9 051 tonni, 2018 a.-ni saavutati plastijäätmete kogus nulli (Tabel 6.108).

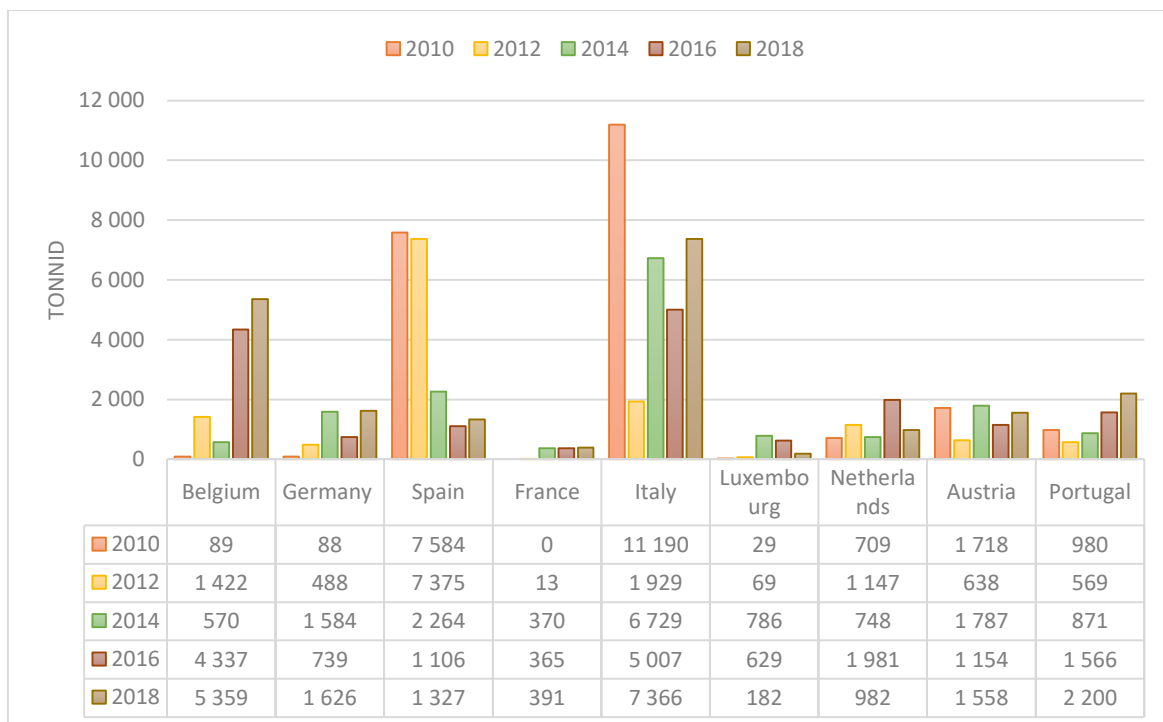
Tabel 6.103. Vee kogumises, käitlemises ja tarnimine; kanalisatsioon; puhastustegevus ja muud jäätmekäitlusteenustes tekkinud plastijäätmed Eestis, Lätis, Leedus



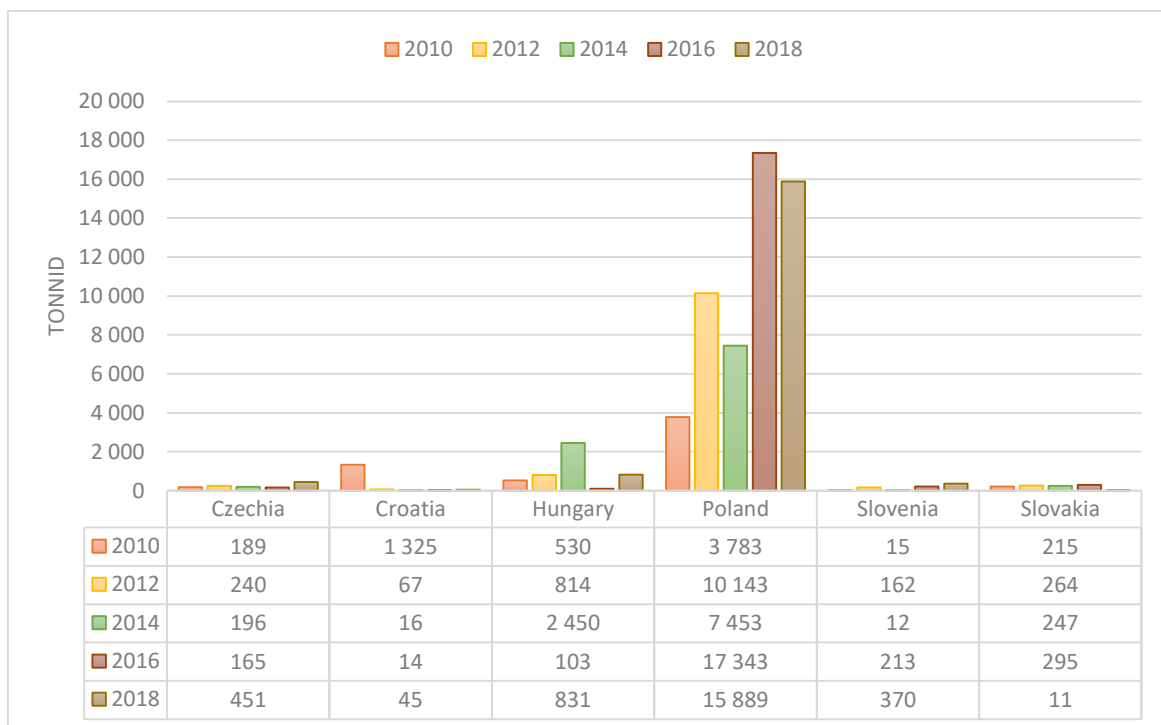
Tabel 6.104. Vee kogumises, käitlemises ja tarnimine; kanalisatsioon; puhastustegevus ja muud jäätmekäitlusteenustes tekkinud plastijätmed Taanis, Soomes, Rootsis, Norras



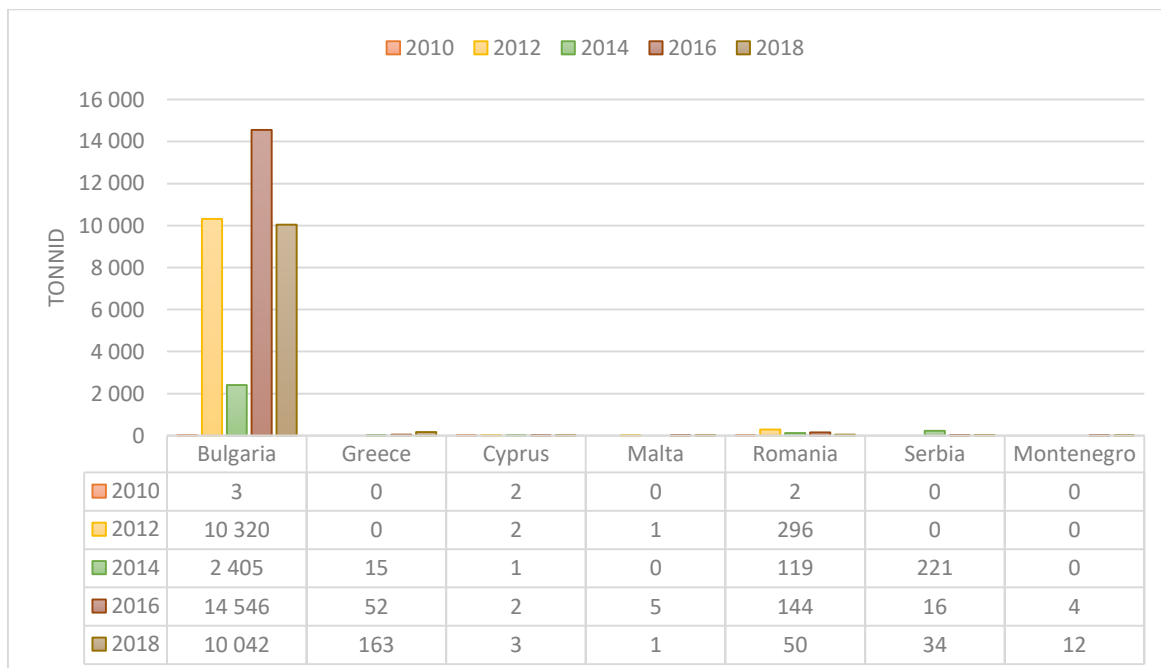
Tabel 6.105. Vee kogumises, käitlemises ja tarnimine; kanalisatsioon; puhastustegevus ja muud jäätmekäitlusteenustes tekkinud plastijätmed Belgias, Saksamaal, Hispaanias, Itaalias, Luksemburgis, Hollandis, Austrias, Portugaalias



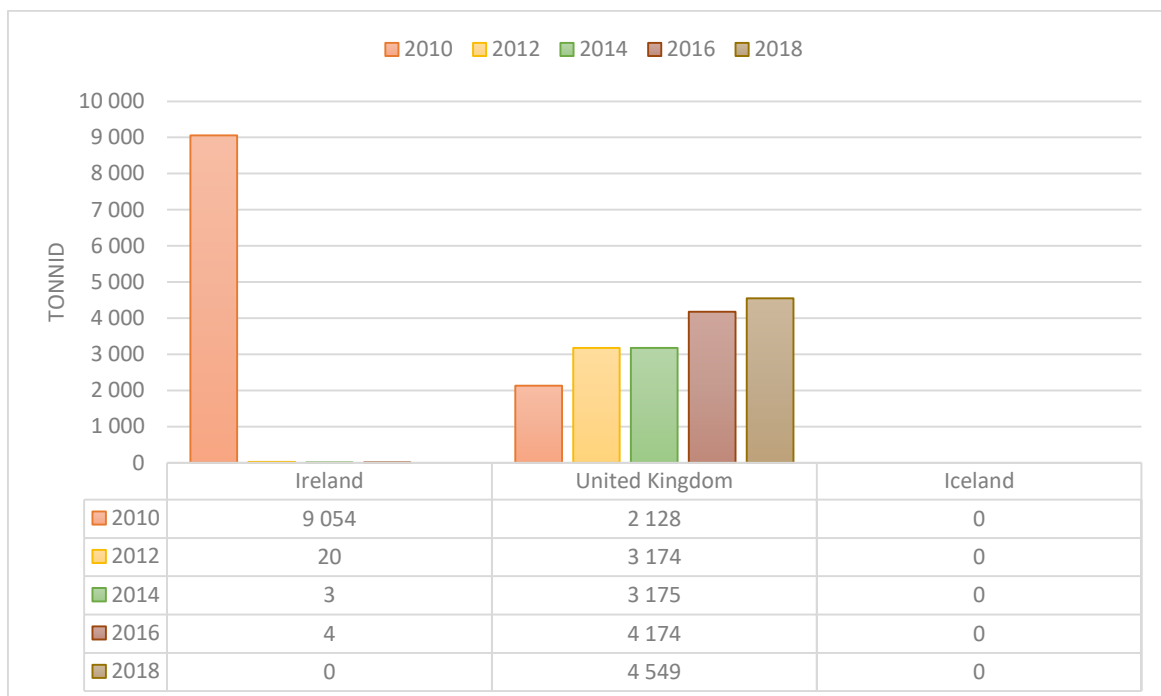
Tabel 6.106. Vee kogumises, käitlemises ja tarnimine; kanalisatsioon; puhastustegevus ja muud jäätmekäitlusteenustes tekkinud plastijätmed Tšehhis, Horvaatias, Ungaris, Poolas, Sloveenias, Slovakkias



Tabel 6.107. Vee kogumises, käitlemises ja tarnimine; kanalisatsioon; puhastustegevus ja muud jäätmekäitlusteenustes tekkinud plastijätmed Bulgaarias, Kreekas, Küproses, Maltas, Rumeenias, Serbias, Montenegros



Tabel 6.108. Vee kogumises, käitlemises ja tarnimine; kanalisatsioon; puhastustegevus ja muud jäätmekäitlusteenustes tekkinud plastijätmed Iirimaal, Suurbritannias, Islandis

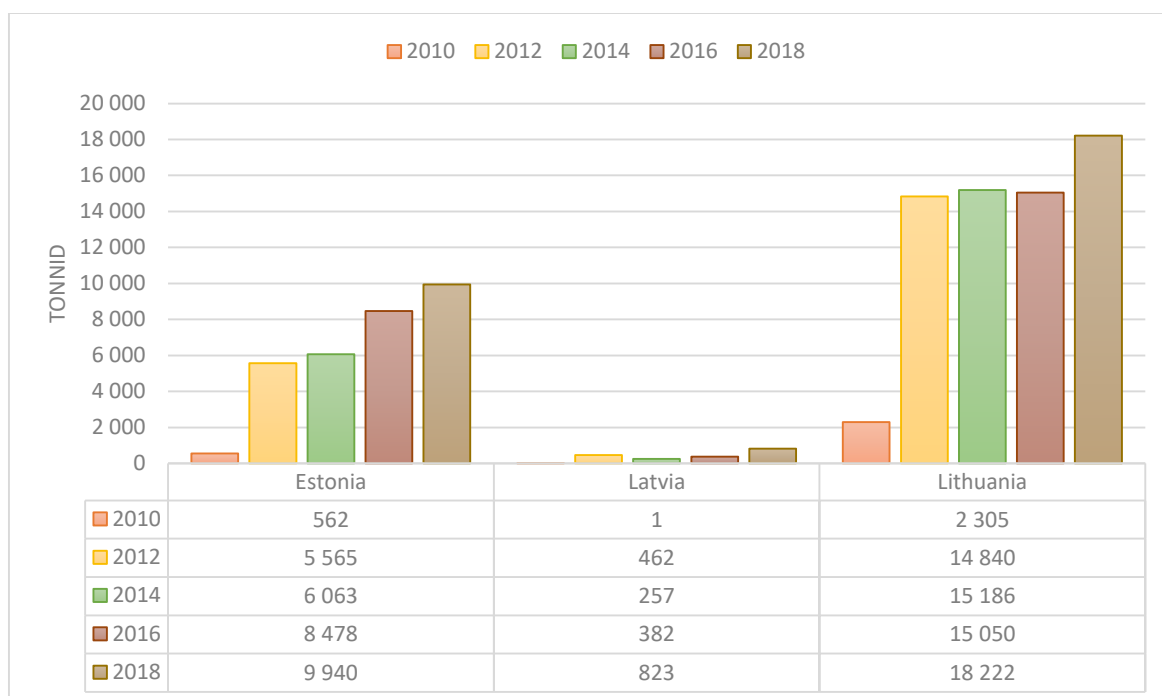


LISA 19

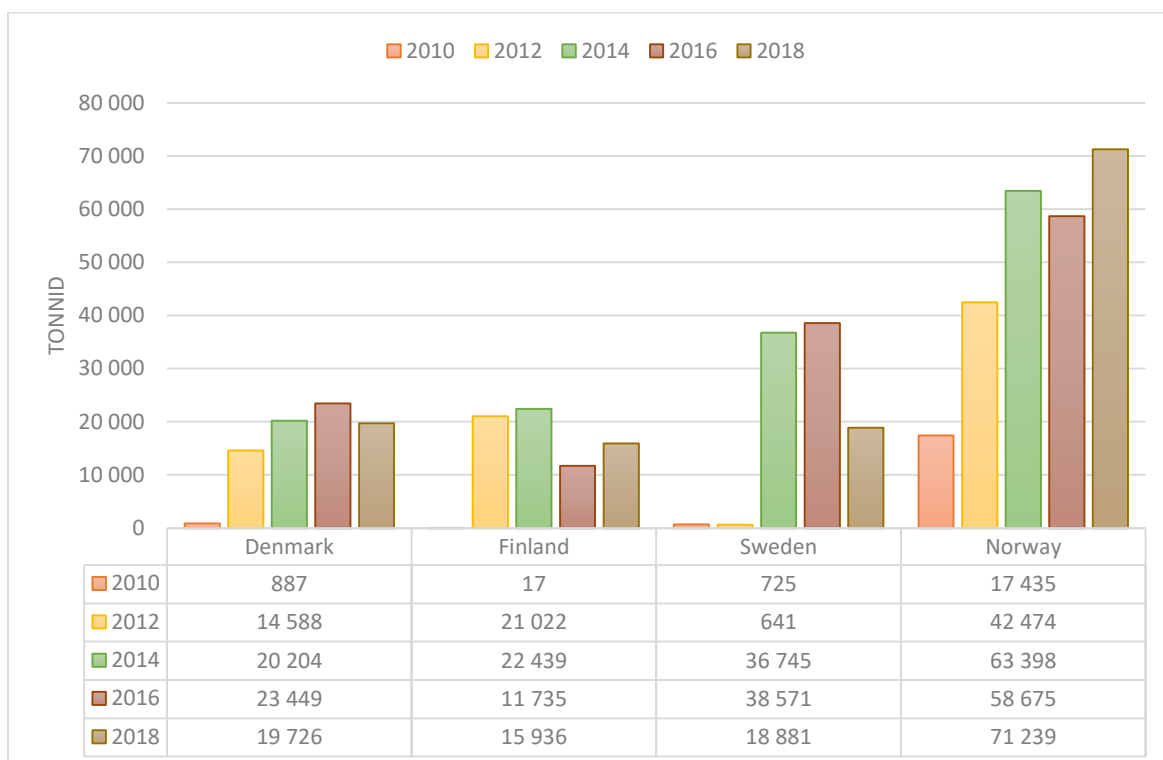
Teenustes tekkinud plastijäätmed (v.a jäätmete hulginüük)

Teenustes tekkinud plastijäätmete vaheladustatud kogus Eestis 9 378 -ja Leedus 15 917 tonni võrra suurenes 2018 a.-ni võrreldes 2010 a. (Tabel 6.109). Norras plastijäätmete kogus 15 917 tonni võrra ka suurenes 2018 a.-ni võrreldes 2010 a. (Tabel 6.110). Hispaanias 622 652 tonni võrra vähenes 2018 a.-ni võrreldes 2010 a. (Tabel 6.111). Poolas aga 404 293 tonni võrra suurenes (Tabel 6.112). Kreekas aastatel 2010 – 2016 a. plastijäätmete kogus suurenes 84 020 tonnini, kuid 64 867 tonni võrra 2018 a.-ni vähenes (Tabel 6.107). Suurbritannias plastijäätmete kogumaht 2018 a.-ni suurenes 760 109 tonnini (Tabel 6.114).

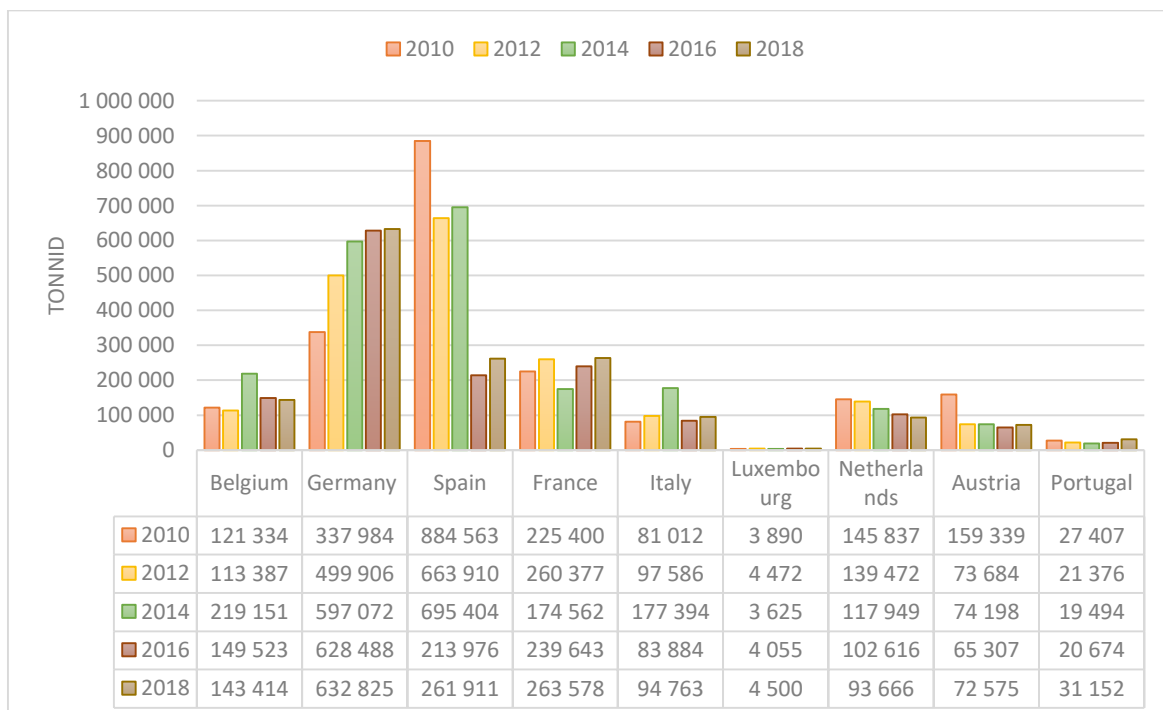
Tabel 6.109. Teenustes tekkinud plastijäätmed Eestis, Lätis, Leedus



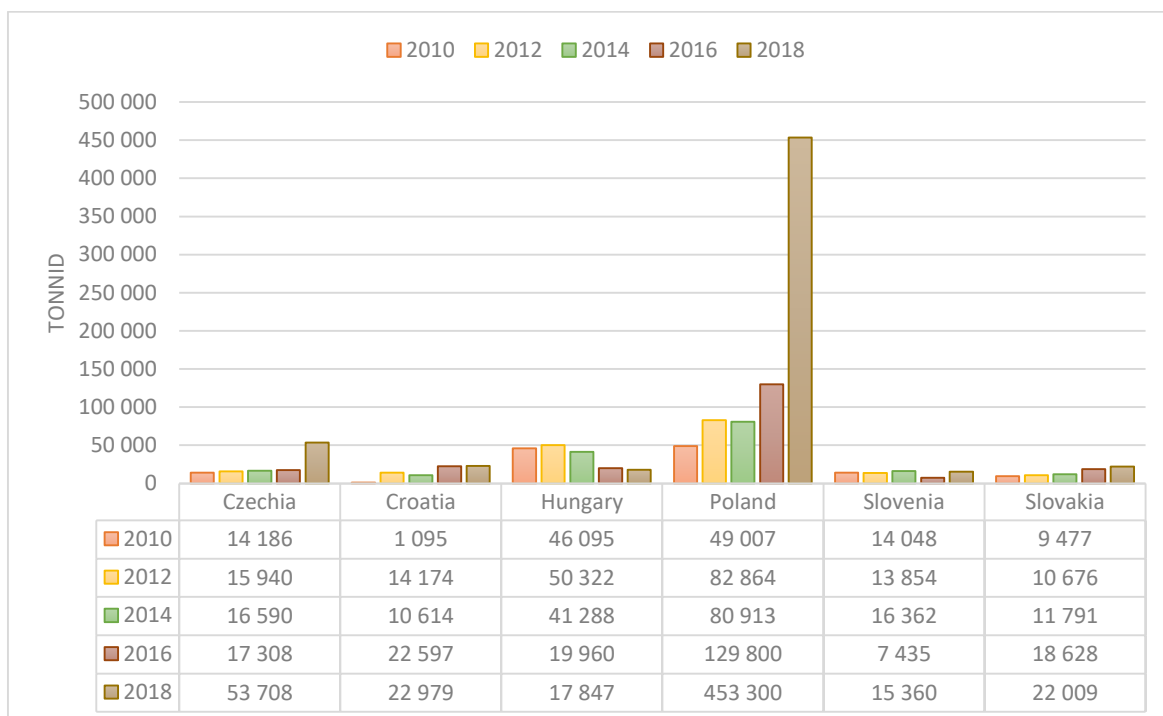
Tabel 6.110. Teenustes tekkinud plastijätmed Taanis, Soomes, Rootsis, Norras



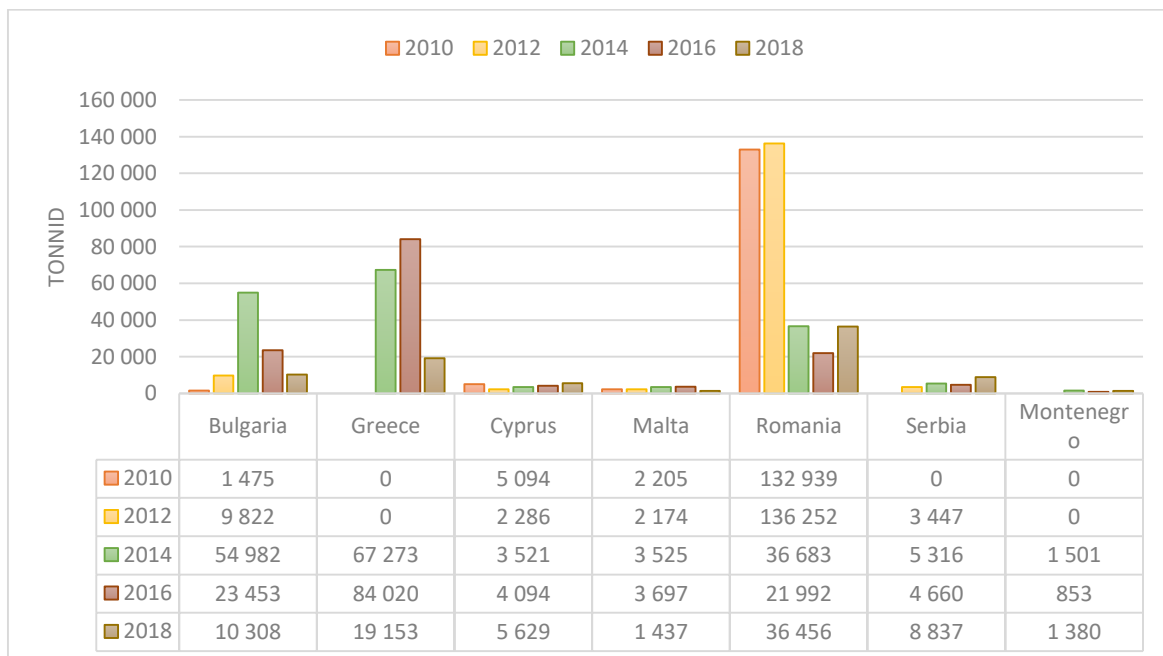
Tabel 6.111. Teenustes tekkinud plastijätmed Belgias, Saksamaal, Hispaanias, Itaalias, Luksemburgis, Hollandis, Austrias, Portugaalias



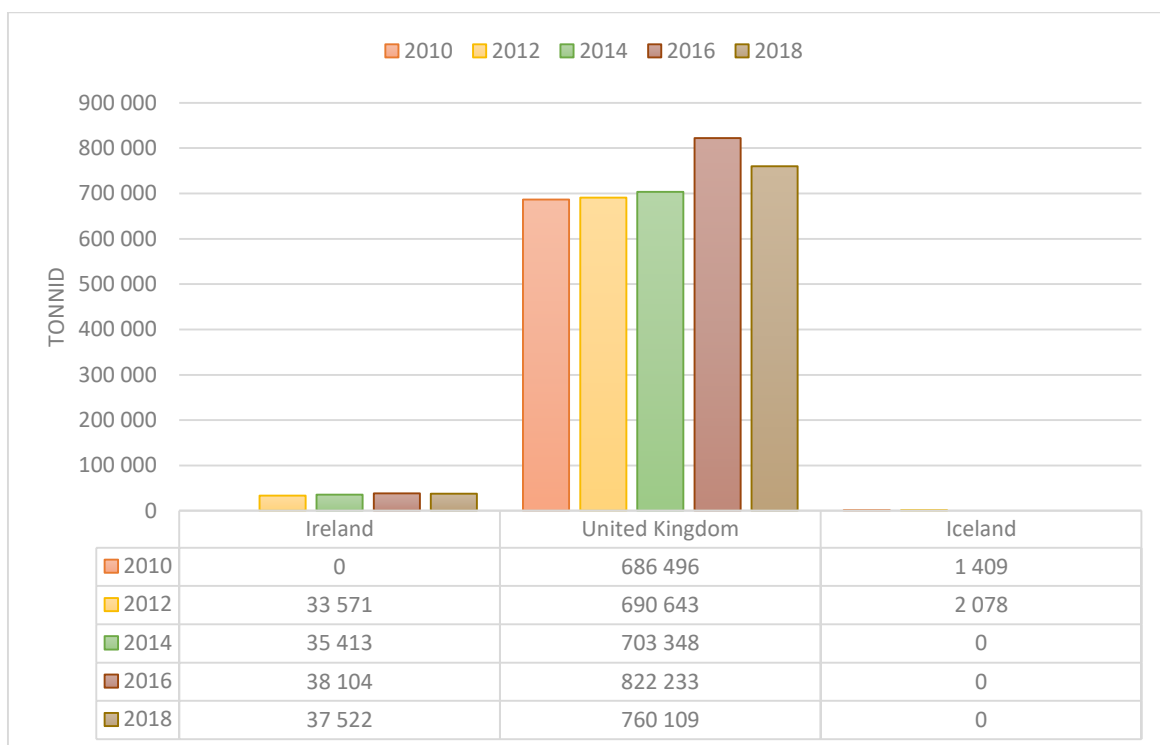
Tabel 6.112. Teenustes tekkinud plastijäätmed Tšehhis, Horvaatias, Ungaris, Poolas, Sloveenias, Slovakkias



Tabel 6.113. Teenustes tekkinud plastijäätmed Bulgaarias, Kreekas, Küproses, Maltas, Rumeenias, Serbias, Montenegros



Tabel 6.114. Teenustes tekkinud plastijäätmed Iirimaal, Suurbritannias, Islandis

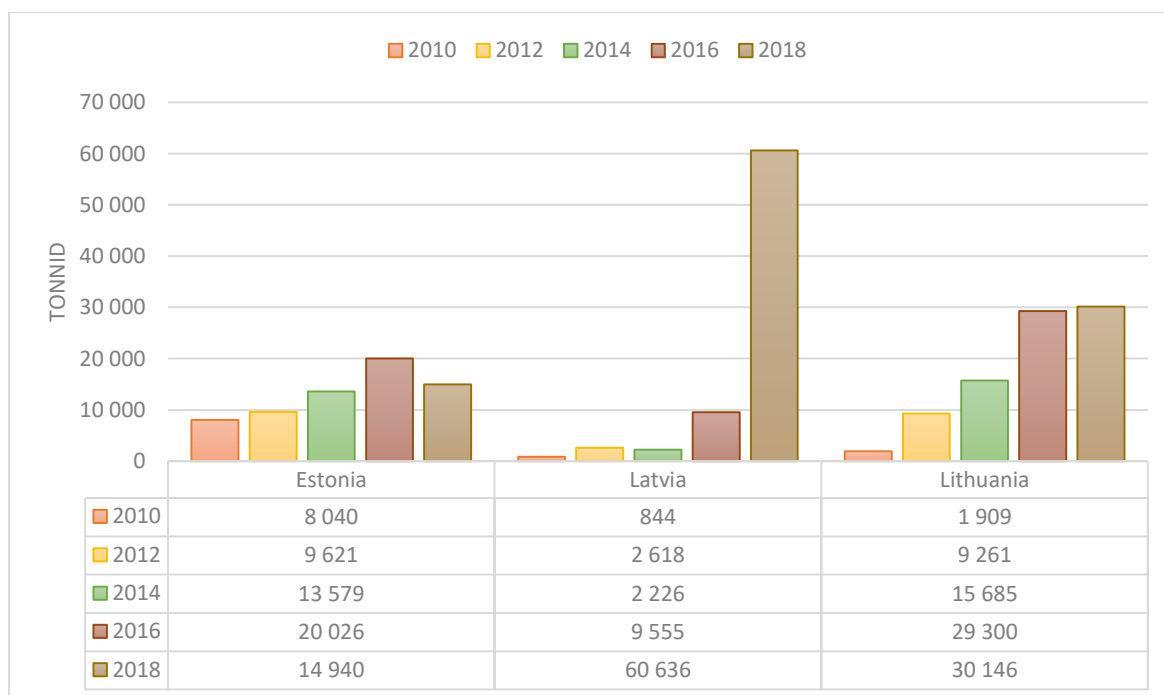


LISA 20

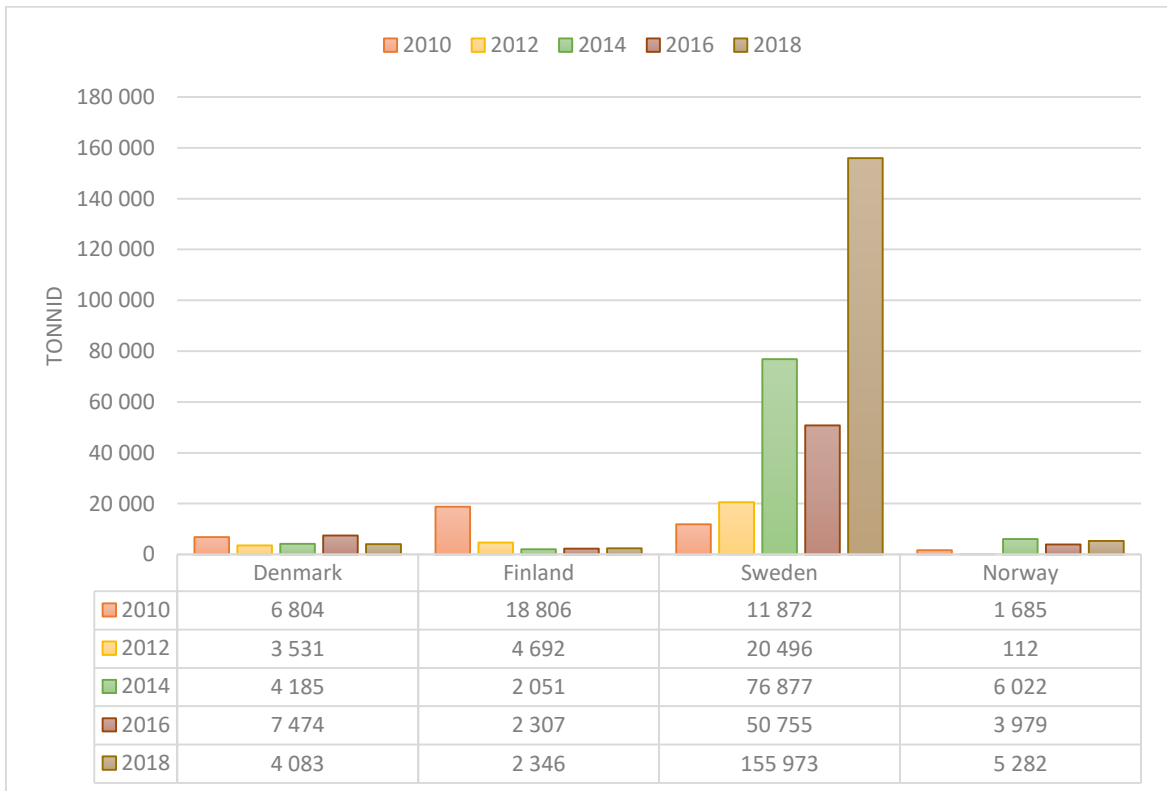
Jäätmete kogumine, töötlemine ja kõrvaldamine; materjalide taaskasutamine

Eestis plastijäätmete kogumine, töötlemine ja kõrvaldamine koguses 5 086 tonni võrra vähenes 2018 a.-ni võrreldes 2016 a. (Tabel 6.115). Lätis koguses 60 636 tonni suurenes plastijäätmete kogumine, töötlemine ja kõrvaldamine 2018 a.-ni. Leedus koguses 28 237 tonni võrra suurenes 2018 a.-ni võrreldes 2010 a. (Tabel 115). Ka Rootsis koguses 155 973 tonni (Tabel 6.116) ja Itaalias koguses 1 953 28 tonni 2018 a.-ni suurenes (Tabel 6.117). Poolas koguses 412 005 tonni võrra suurenes 2018 a.-ni võrreldes 2010 a. (Tabel 6.118). Rumeenias koguses 118 268 tonni võrra vähenes 2018 a.-ni võrreldes 2014 a. (Tabel 6.119). Suurbritannias koguses 395 089 tonni võrra suurenes 2018 a.-ni võrreldes 2010 a. (Tabel 6.120).

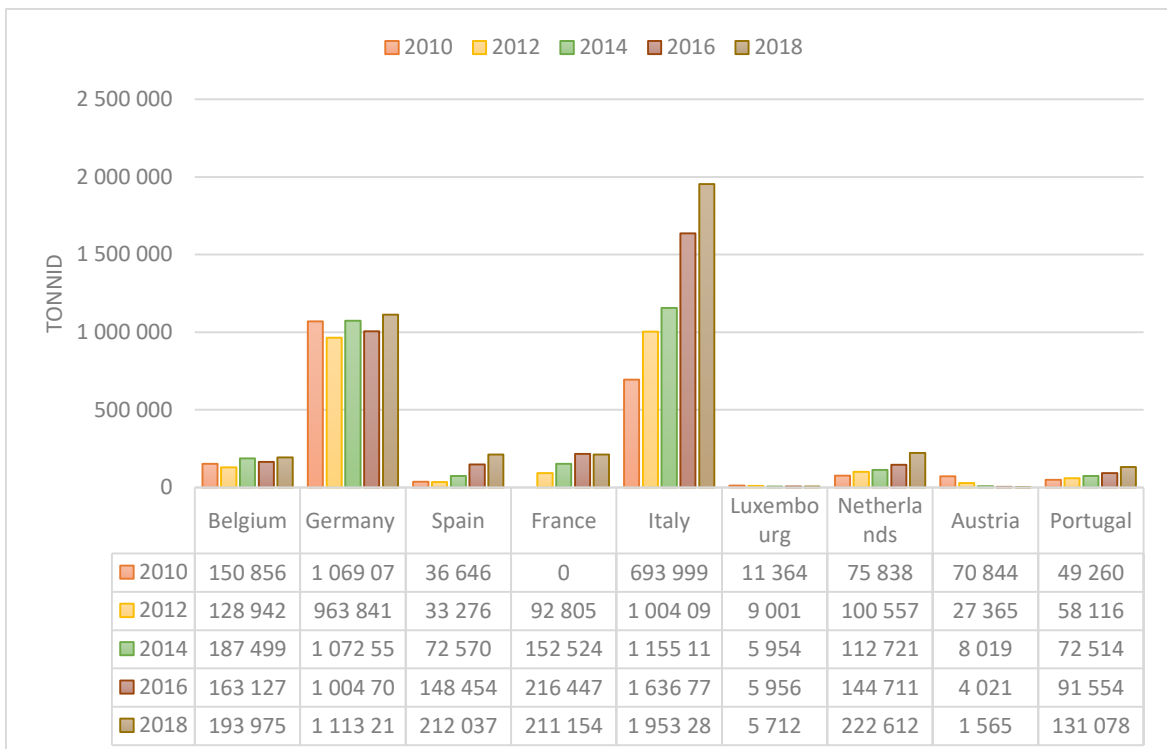
Tabel 6.115. Jäätmete kogumine, töötlemine ja kõrvaldamine; materjalide taaskasutamine Eestis, Lätis, Leedus



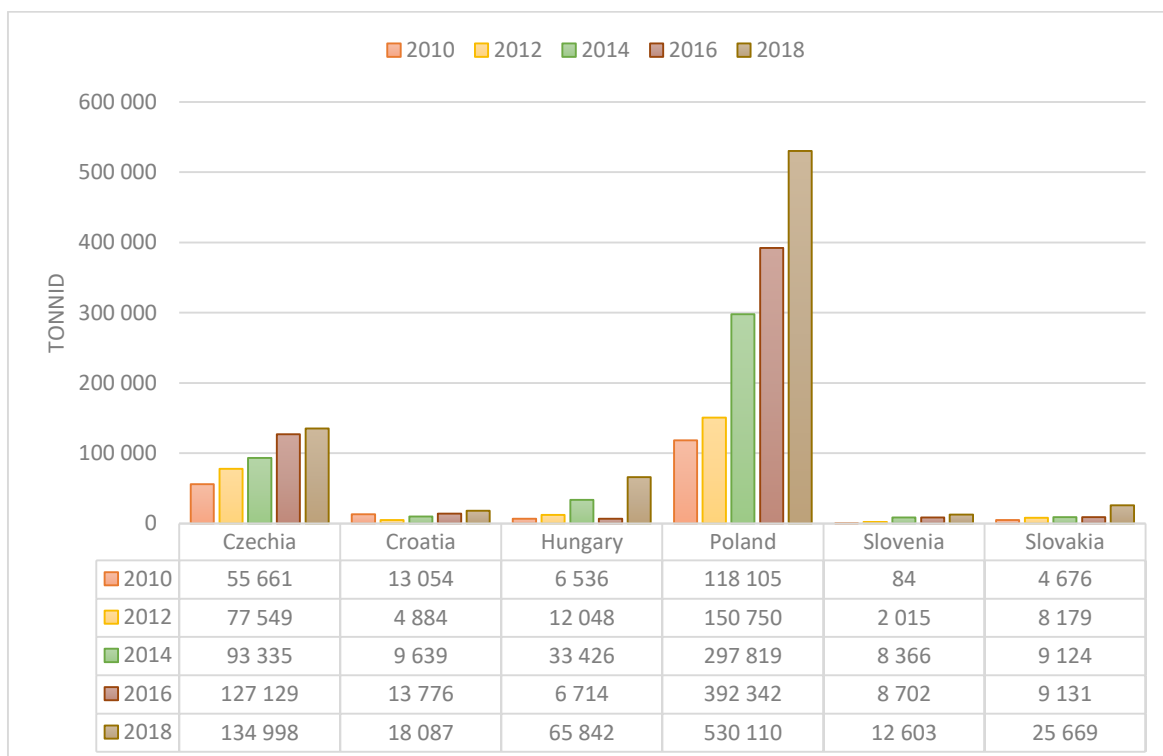
Tabel 6.116. Jäätmete kogumine, töötlemine ja kõrvaldamine; materjalide taaskasutamine Taanis, Soomes, Rootsis, Norras



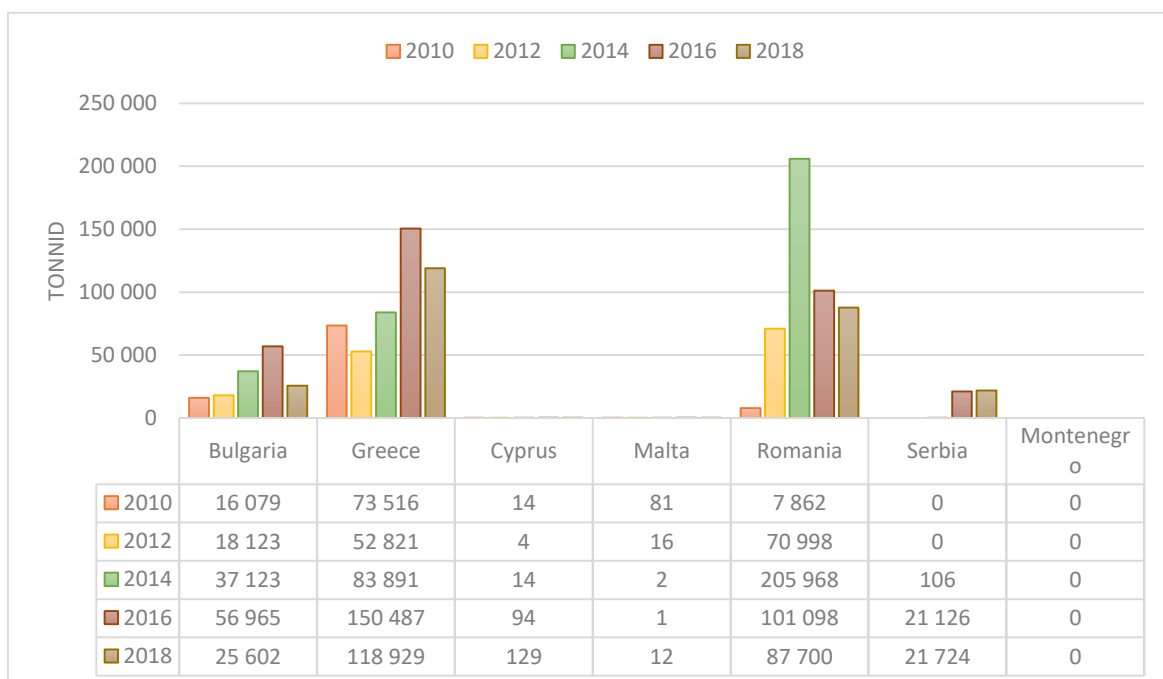
Tabel 6.117. Jäätmete kogumine, töötlemine ja kõrvaldamine; materjalide taaskasutamine Belgias, Saksamaal, Hispaanias, Itaalias, Luksemburgis, Hollandis, Austrias, Portugaalias



Tabel 6.118. Jäätmete kogumine, töötlemine ja kõrvaldamine; materjalide taaskasutamine Tšehhis, Horvaatias, Ungaris, Poolas, Sloveenias, Slovakkias



Tabel 6.119. Jäätmete kogumine, töötlemine ja kõrvaldamine; materjalide taaskasutamine Bulgaarias, Kreekas, Küproses, Maltas, Rumeenias, Serbias, Montenegros



Tabel 6.120. Jäätmete kogumine, töötlemine ja kõrvaldamine; materjalide taaskasutamine Iirimaal, Suurbritannias, Islandis

