

PLAST Í ÍSLENSKUM LANDBÚNAÐI

Leiðir og kostnaður við að draga úr notkun heyrúlluplasts

nóvember 2020

Ráðgjafarmiðstöð landbúnaðarins

Verkefni styrkt af Framleiðnisjóði landbúnaðarins

Plast í íslenskum landbúnaði: Leiðir og kostnaður til að draga úr notkun heyrúlluplasts

Skýrsla þessi er unnin með styrk frá Framleiðnisjóði landbúnaðarins.

Óheimilt er að afrita skýrsluna á nokkurn hátt nema með leyfi rétthafa.

© Ráðgjafarmiðstöð landbúnaðarins, Reykjavík, Ísland, 2020

Starfshópur:

Berglind Ósk Alfreðsdóttir

Ditte Clausen, verkefnastjóri

Eiríkur Loftsson

Kristján Óttar Eymundsson

Sigurður Guðmundsson

Sigtryggur Veigar Herbertsson

EFNISYFIRLIT

EFNISYFIRLIT	3
TÖFLUSKRÁ	4
MYNDASKRÁ	4
1 Inngangur	5
2 Plastnotkun í íslenskum landbúnaði	6
2.1 Áhrif plasts á landbúnað.....	6
2.2 Landbúnaðarplast í hringrásarhagkerfinu	7
2.3 Endurvinnsla heyrúlluplasts	8
2.3.1 Pure North Recycling	10
2.3.2 Úrvinnslusjóður	10
2.3.3 Endurvinnsla og litir heyrúlluplasts.....	10
3 Aðferðir við heyöflun og geymslu	13
3.1 Heyrúllur	13
3.2 Pylsur	16
3.3 Bjúga	17
3.4 Útistæður.....	18
3.5 Flatgryfjur	20
3.6 Þurrhey	23
3.7 Heyturnar.....	24
4 Reiknilíkan plastnotkunar og raunkostnaðar heyöflunaraðferða	28
4.1 Gerð og forsendur reiknilíkansins	28
4.1.1 Gerð	28
4.1.2 Forsendur	28
4.2 Niðurstöður reiknilíkansins	30
4.2.1 Plastnotkun við ólíkar heyöflunaraðferðir	30
4.2.2 Kúabú - niðurstöður viðmiðunarbús	30
4.2.3 Sauðfjárþú – niðurstöður viðmiðunarbús	31
4.2.4 Áhrif plastsverðs og byggingastyrkja á hagkvæmni aðferða.....	32
5 Lokaorð	34
HEIMILDASKRÁ	36

TÖFLUSKRÁ

Tafla 1: Plastnotkun á Íslandi 2016-2019 (Úrvinnslusjóður, munnleg heimild, 30.10.2020).....	8
Tafla 2: Örlög heyrúlluplasts eftir notkun á Íslandi 2017-2019 (Úrvinnslusjóður, munnleg heimild, 30.10.2020).....	9
Tafla 3: Kostir og gallar ólíkra heyvinnsluaðferða	27
Tafla 4: Forsendur notaðar við gerð reiknilíkansins.	29
Tafla 5: Árlegur kostnaður gróffóðuröflunar og geymslu, kr./kg þ.e. (fyrir 65 mjólkurkúr ásamt kvígum í uppeldi. Plastsparnaður miðar við plastnotkun við rúllugerð	31
Tafla 6: Árlegur kostnaður vegna gróffóðuröflunar og geymslu, kr./kg þ.e. (fyrir 700 vetrarfóðraðar kindur). Plastsparnaður miðast við plastnotkun við rúllugerð.....	32
Tafla 7: Hagkvæmasta heyöflunaraðferðin fyrir kúabú miðað við hækkandi plastverð og opinbera byggingastyrki.....	32
Tafla 8: Hagkvæmasta heyöflunaraðferðin fyrir sauðfjárbú miðað við hækkandi plastverð og opinbera byggingastyrki.....	33

MYNDASKRÁ

Mynd 1: Söfnun á fjölbreyttum litum á notuðu heyrúlluplasti (Hörður Kristjánsson, 2018).....	11
Mynd 2 : Rúllusamstæða sem pressar hey í rúllur og notar belgplast í stað rúllunets.....	14
Mynd 3: Vélbúnaður sem pakkar heyrúllum í flangar pylsur (Apple Farm Service inc., e.d).	16
Mynd 4: Vélbúnaður sem treður heyi og korni í bjúgu (Eurobagging, e.d).	17
Mynd 5: Útistæða á Íslandi	19
Mynd 6: Flatgryfja undir þaki byggð á áttunda áratugnum	20
Mynd 7: Nýleg flatgryfja úr steiptum einingum	20
Mynd 8: Um 2 metra há íslensk flatgryfja.	22
Mynd 9: Um 4 metra há sænsk flatgryfja.	22
Mynd 10: Kanadískir heytarnar.	24
Mynd 11: Inn í kanadískum heytarni með hliðarlosunarbúnaði.	25
Mynd 12: Heytarnar í byggingu í Kanada.	26
Mynd 13: Fóðurtap heyöflunaraðferða (Barnes et al., 2007).....	28
Mynd 14: Fóðurtap eftir rakastigi (Barnes et al., 2007).	29
Mynd 15: Niðurstöður reiknilíkansins, áætluð plastnotkun ólíkra heyvinnsluaðferða (g/kg þ.e.).....	30

1 Inngangur

Áætlað er að í landbúnaði heimsins séu árlega notaðar 6,5 milljónir tonna af plasti, til samanburðar var heimsnotkunin árið 1950 1,3 milljónir tonna (Plastic Europe, 2018). Á næstu tuttugu árum er áætlað að plastnotkun heimsins tvöfaldist, m.a. vegna aukins mannfjölda (Ellen MacArthur Foundation, 2016). 3,4% af öllu plasti sem framleitt er í heiminum er í dag notað í landbúnaði (Plastic Europe, 2019). Á Íslandi eru á hverju ári flutt inn 1500-1800 tonn af heyrúlluplasti (Úrvinnslusjóður, munnleg heimild, 2.10.2019) og eru þá ótaldar aðrar plastumbúðir sem falla til í landbúnaði. Plast hefur stuðlað að miklum framförum í búnaðarháttum, m.a. aukið gæði og heimtur afurða. Þrátt fyrir þessi jákvæðu áhrif plasts stendur heimurinn einnig frammi fyrir mikilli áskorun þar sem framleiðsla, notkun og förgun þess er ekki sjálfbær. Þrátt fyrir að landbúnaðurinn sé ekki stærsti notandi þess þá hefur hann fjölmarga möguleika til þess að vinna að og koma með lausnir sem stuðla að virku hringrásarhagkerfi.

Mikið hefur verið fjallað um áhrif plastmengunar á lífríki sjávar en áhrif plasts á landbúnað og landbúnaðarland hafa lítið verið skoðuð. Nýlegar rannsóknir benda til þess að plastmengun sé mikil bæði í landbúnaðarlandi og búfénaði. Plastnotkun í íslenskum landbúnaði hefur ekki verið mikið könnuð en markmiðið með þessu verkefni er að skoða leiðir til þess að draga úr henni með lausunum sem falla að hringrásarhagkerfinu.

Búskapur er heyskapur og nauðsynlegt að bændur geti viðhaldið gæðum lands, búfjár og afurða í því augnamiði að finna heyöflunaraðferðir sem draga úr plastnotkun. Meginmarkmið verkefnisins var að þróa reiknilíkan sem sýnir fram á magn plasts (g/kg þ.e.) og kostnað við ólíkar heyöflunaraðferðir. Með reiknilíkaninu skapast vettvangur til þess að bera saman kostnað við heyöflunaraðferðir með ólíkri plastnotkun. Skýrsla þessi er þríþætt. Í fyrsta hluta er plastnotkun landbúnaðarins skoðuð og möguleikar tengdir henni innan hringrásarhagkerfisins. Í öðrum hluta er gerð grein fyrir helstu heyvinnsluaðferðum sem notaðar eru við gerð reiknilíkansins. Í þriðja hluta er reiknilíkanið kynnt, niðurstöður þess og varpað ljósi á helstu sviðsmyndir og þær heyöflunaraðferðir sem geta minnkað notkun heyrúlluplasts. Að lokum eru niðurstöðurnar dregnar saman í lokaorðum.

2 Plastnotkun í íslenskum landbúnaði

2.1 Áhrif plasts á landbúnað

Í dag eru 3,4% alls plasts sem framleitt er í heiminum notuð í evrópskum landbúnaði (Plastic Europe, 2019). Plast hefur stuðlað að miklum framförum í búnaðarháttum og er notað í margvíslegum tilgangi. Hægt er að skipta plasti í landbúnaði í grófum dráttum í tvo flokka, annars vegar einnota plast og hins vegar margnota. Í fyrri flokkinn falla margs konar filmur og dúkar sem eru notaðir í landbúnaði, t.d. heyrúlluplast, stæðuplast og jarðvegsdúkar. Helstu hlutverk þeirra er að hækka jarðvegshitastig, bæta nýtingu vatns, draga úr vexti illgresis, til að pakka inn heyi og korni við uppskeru og sem umbúðir. Í þeim seinni, margnota landbúnaðarplasti, er þykkara og sterkara plast sem er notað við byggingu gróðurhúsa, í vatnskerfi og net sem notuð eru til að vernda gróður t.d. fyrir fuglum (Beriot, 2020).

Áhrif plastmengunar á lífríki sjávar hafa verið mikið til umfjöllunar en áhrif á landbúnaðarland hafa minna verið skoðuð. Nýlegar rannsóknir (Machado et al., 2107; Horten et al., 2017) hafa sýnt fram á mjög há gildi örplasts í landbúnaðarlandi og að örplastmengun geti verið 4-23 sinnum meiri á landi en í höfum. Áhrif plasts á efnafræðilega eiginleika jarðvegs hafa mjög lítið verið rannsökuð en rannsóknir Jiang et al. (2017) og Machado et al. (2018) benda til þess að örplast dragi úr þéttleika jarðvegs, vatnsheldni, holurýmd og vatnsleiðni. Samspil örplasts við jarðvegsörverur er að mestu ókannað en rannsókn Quin et al. (2018) sýndi að leifar af plastfilmu breytti samsetningu á samfélagi jarðvegsörvera. Þar er einnig bent á að þessi breytta samsetning geti haft áhrif á niðurbrot lífrænna efna þar sem áhrifanna geti gætt hjá þeim örverum sem tengjast kolefnis- og niturhringrásum jarðarinnar. Plastleifar geta haft neikvæð áhrif á plöntuvöxt, þá sérstaklega á vöxt rótarkerfisins. Einnig getur örplast farið í gegnum rótarkerfið inn í frumur og vefi plantna (Bosker et al., 2019; Chae & An, 2020). Auk þessa getur plast flækst í landbúnaðarvélum eða plöntuafurðum sem þarf þá aukavinnu við að hreinsa. Nýlega birtist frétt í Noregi um að plast hafi fundist í maga helmings sláturgripa (Landbruk 24, 2018).

Magn örplasts í kjötvörum hefur ekki verið mikið rannsakað en Cox et al. (2019) hafa tekið saman fyrri rannsóknir um örplast m.a. í fiski, skelfiski, sykri, salti, neysluvatni og bjór. Áætluðu þau að dagleg neysla örplasts sé frá 39.000 til 52.000 agnir á einstakling á ári. Í umfjöllun National Geographic og The Guardian um rannsóknina kemur fram að það vanti upplýsingar um fjölmargar fæðutegundir, þ.m.t. kjötvörur, mjólkurvörur og brauð, og líkur séu til þess að það sé mikið örplast í þessum matvörum (Gibbens, 2019; Carrington, 2019).

2.2 Landbúnaðarplast í hringrásarhagkerfinu

Plast er fjölhæft efnasamband en framleiðsla þess byggir á notkun dýrmætra og óendurnýjanlegra náttúruauðlinda. Fyrir hvert tonn af plasti sem er framleitt eru notuð um 1,8 tonn af olíu og 185 lítrar af vatni fara í hvert framleitt kíló. Árið 2050 er áætlað að plastframleiðsla taki um 15% af árlegum kolefniskvóta heimsins, verði framleiðsla og notkun með óbreyttum hætti samfara auknum mannfjölda. Plast er mjög stöðugt efnasamband og það tekur upp að 500 árum að brotna niður. Því hefur það skaðleg áhrif á líffjölbreytileika þar sem notkun þess hefur í för með sér mikinn úrgang og leka örplasts út í umhverfið. Helstu ástæður þessa eru mikil notkun á einnota plasti, ófullnægjandi meðhöndlun úrgangsplasts, lágt endurvinnsluhlutfall og niðurbrot stærri eininga í örplast (Greyer, Jambeck & Law, 2017). Framleiðslu-, notkunar og förgunarferli plasts er og hefur verið línulegt, þ.e. óendurnýjanlegar auðlindir og önnur hráefni eru notuð til þess að framleiða vörur sem enda svo í óafturkræfu förgunarferli.

Hringrásarhagkerfi er hagkerfi sem miðar að því að hráefni og vörur séu notaðar eins lengi og mögulega er hægt. Notkun auðlinda og myndun úrgangs er takmörkuð í hringrásarhagkerfi. Í hringrásarhagkerfi er allt lífskeið vöru og hráefna sem næst lokaðri hringrás. Það byggir á því að hönnun og framleiðsla vöru sé með þeim hætti að mögulegt sé að lengja líftíma vörunnar með endurnotkun, að hægt sé að gera við hana þegar hún bilar og að hún sé hæf til endurvinnslu að líftíma loknum. Þegar honum er lokið tekur við nýr hringur þar sem varan er endurunninn þannig að hún verði að hráefni fyrir nýja vöru sem fer svo aftur í gegnum hringrásarhagkerfið. Plast er þeim eiginleikum gætt að vera endurvinnanlegt og því mikilvægt að leita leiða að farsælli vegferð þess innan hringrásarhagkerfisins. Þegar ákvarðanir eru teknar um farvegi innan þess og aðrar mögulegar lausnir þess er mikilvægt að hafa í huga að þær byggi á sjálfbærni alls lífsferils vörunnar frekar en að huga eingöngu að nýtingu hráfnisins eftir að lífferli lýkur (Ellen Mac Arthur Foundation, e.d.a). Ellen MacArthur Foundation (e.d.b) hefur sett fram framtíðarsýn plasts í hringrásarhagkerfinu: 1) Minnka plastnotkun og taka fyrir óþarfa notkun þess með nýsköpun og endurhönnun ferla þar sem það er notað. 2) Leggja áherslu á margnota umbúðir til þess að draga úr þörf fyrir einnota. 3) Allar plastumbúðir verði 100% endurnýtanlegar, endurvinnanlegar eða niðurbrotanlegar. 4) Að allar plastumbúðir verði í raun endurnýttar, endurunnar eða niðurbrotnar. 5) Plastnotkun gangi ekki á endanlegar auðlindir. 6) Allar plastumbúðir séu án hættulegra efna og ógni ekki heilsu, öryggi eða réttindum fólks.

Fyrsta skref tengt plasti frá landbúnaði í hringrásarhagkerfi er að minnka þörf fyrir það og notkun þess. Í nýlegri samantekt Beriot (2020) fyrir vinnuhóp EIP-AGRI (Agriculture and Innovation) kemur fram að ekki hafa verið gerðar samantektir eða rannsóknir þar sem bornar eru saman vinnsluáðferðir með og án plastics, þá sérstaklega sem snýr að ræktunaraðferðum. Hann leggur áherslu á að skoðað sé hvaða aðferðir minnka notkun á plasti en draga ekki úr framleiðni, einnig hvaða nýsköpun og fjárhagsstuðning bændur þurfi til þess að innleiða breytingarnar. Þegar ekki er hægt að sleppa notkun plasticsins þarf að leggja áherslu á að hámarka nýtingu og endingu þess, m.a. með því að velja margnota og þykkari filmur. Plast sem er notað í landbúnaði er mjög endurvinnanlegt, þar sem það er oftast einsleitt í samsetningu og er framleitt í miklu magni. Lífferilsgreining Gu et al. (2017) sýnir að endurvinnsla á landbúnaðarplasti sé yfirburða kostur fyrir umhverfið. Niðurstöður Hou et al. (2018) tengdar plastfilmum eru sambærilegar, þ.e. að endurvinnsla sé betri kostur en orkubrennsla og urðun, sérstaklega þar sem hægt er að nota plastefnin aftur í stað þess að framleiða nýtt með tilheyrandi notkun á óafturkræfum hráefnum.

2.3 Endurvinnsla heyrúlluplasts

Árlega eru flutt inn um 1.500 til 1.800 tonn af heyrúlluplasti, og eru þá ótaldar aðrar plastumbúðir sem falla til í landbúnaði, þ.m.t. umbúðir utan af áburði, fóðri og varnarefnum og stæðuplasti. Einungis er hægt að fá uppgefið magn af heyrúlluplasti, af þeirri plastvöru sem notuð er og fellur til í landbúnaði. Í töflu 1 hér að neðan eru teknar saman helstu tölur um plastnotkun á Íslandi. Til samanburðar eru innfluttar plastumbúðir, plast framleitt innanlands og plastflöskur sem fæst skilagjald fyrir. Sérstaklega verður að hafa í huga að í þessum tölum er ekki annað plast eða hlutir úr plasti, þ.m.t. leikföng, eldhúsáhöld o.fl. Af þessum fyrrnefndu flokkum er heyrúlluplast um 10 prósent af því plasti sem notað er á Íslandi.

Tafla 1: Plastnotkun á Íslandi 2016-2019 (Úrvinnslusjóður, munnleg heimild, 30.10.2020)

Magn í tonnum	2016	2017	2018	2019
Heyrúlluplast, innfl.	1.497	1.801	1.682	1.721
Plastumbúðir, innfl.+ innanlandsframl.	11.552	13.082	14.924	13.906
Plastflöskur, skilagjald	1.977	2.047	1.912	1.866
Samtals	15.026	16.930	18.518	17.493

Samkvæmt mengunarvarnarreglugerð er með öllu óheimilt að urða plast eða brenna heima á bæjum. Heyrúlluplast er endurvinnanlegt en til að plastið geti farið í endurvinnslu skiptir meðhöndlun notenda og geymsla á því eftir notkun höfuðmáli. Gámaþjónustan (2019) hefur

gefið út leiðbeiningar um flokkun og frágang á heyrúlluplasti. Ef ekki er gengið vel um plastið, það óhreint og með aðskotahlutum, er það ekki endurvinnanlegt og lendir þá með almennum úrgangi sem er urðaður. Heyrúlluplast sem er hreint er hæft til endurvinnslu. Undanfarið hefur stærstur hluti heyrúlluplastsins verið sendur erlendis til endurvinnslu en íslenskt fyrirtæki, Pure North Recycling, hefur nú hafið endurvinnslu á íslensku plasti og sérhæft sig í heyrúlluplasti.

**Tafla 2: Örlög heyrúlluplasts eftir notkun á Íslandi 2017-2019
(Úrvinnslusjóður, munnleg heimild, 30.10.2020)**

Magn í tonnum *	2017	2018	2019
Endurrunnið erlendis	1.324	1.941	1.913
Endurrunnið innanlands	703	735	
Endurrunnið í perlur innanlands			172
Urðun	3	42	157
Förgun	2	3	9
Annað (vatn og óhreinindi)			450
Samtals	2.032	2.721	2.701

**Þess skal geta að töluvert magn af vatni og óhreinindum kemur inn á söfnunar- og endurvinnslustöðvar með heyrúlluplasti. Magnið sem er skráð sem endurrunnið innanlands inniheldur óhreinindi og vatn en endurrunnið í perlur er fullunnið án óhreininda og vatns (Úrvinnslusjóður, munnleg heimild, 30.10.2020).*

Í töflu 2 hér að ofan eru tekin saman örlög heyrúlluplasts eftir notkun á Íslandi á árunum 2017 til 2019. Samkvæmt tölum Úrvinnslusjóðs (munnleg heimild, 30.10.2020) voru um 700 tonn af heyrúlluplasti endurunnin á Íslandi, á árunum 2016 til 2018. Gögnin benda til þess að meirihluti heyrúlluplastsins fari í endurvinnslu erlendis. Ekki er hægt að bera saman tölurnar í töflu 1 og töflu 2 þar sem töluvert magn af vatni og óhreinindum kemur inn á söfnunar- og endurvinnslustöðvar með heyrúlluplastinu. Ekki er hægt að hreinsa óhreint plast í öllum tilfellum og er það þá óhæft til endurvinnslu og lendir það í urðun eða förgun. Athyglisvert er að árið 2019 eru 166 tonn af heyrúlluplasti urðuð eða fargað og enda þar með sinn lífsferil með tilheyrandi umhverfis- og loftslagsskaða. Hjá Úrvinnslusjóði voru um 450 tonn af því sem inn kom skráð sem annað árið 2019, en það magn var óhreinindi og vatn, en þetta ár var sá hluti skráður sérstaklega í fyrsta sinn. Árið 2019 er líka fyrsta árið þar sem heyrúlluplast sem var endurrunnið innanlands í perlur og flögur var skráð og er það án óhreininda og vatns.

2.3.1 Pure North Recycling

Fyrirtækið Pure North Recycling er eina íslenska fyrirtækið sem sérhæfir sig í endurvinnslu á heyrúlluplasti og öðru plasti. Heyrúlluplast er flokkað í annars vegar hvítt og hins vegar litað og úr því eru búnar til plastperlur, sem er hægt að endurvinna við plastframleiðslu. Fyrirtækið er að auka framleiðslugetu sína og samkvæmt Áslaugu Huldu Jónsdóttur gæti fyrirtækið tekið á móti öllu heyrúlluplasti sem fellur til á Íslandi. Framleiðsluárið 2017/2018 voru endurunnin um 500 tonn af heyrúlluplasti hjá Pure North Recycling en samkvæmt töflu 1 voru flutt inn um 1.500-1.800 tonn. Eins og áður kom fram er aðeins hægt að endurvinna hreint heyrúlluplast, en verkfræðistofan Efla mat árið 2019 að um 69% af því rúlluplasti sem kom inn hjá Pure North Recycling væru óhreinindi og vatn. Óhreinu heyrúlluplasti og rúlluneti sem kemur inn verður fargað (Áslaug Hulda Jónsdóttir Pure North Recycling, munnleg heimild, 26.10.2020). Pure North Recycling getur einnig endurunnið harðplast s.s. plastbakka, tunnur, fötur o.s.frv. Samkvæmt lífsferilsgreiningu sem unnin var fyrir fyrirtækið af ReSource International (2019), kemur í ljós að það að endurvinna hér heima það plast sem fellur til hérlendis, stuðli að umhverfislegum sparnaði. Einnig er bent á það í greiningunni að umhverfissparnaður sé í því að flytja plast frá Evrópu til endurvinnslu á Íslandi.

2.3.2 Úrvinnslusjóður

Úrvinnslusjóði var komið á fót með lögum nr. 162/2002 um úrvinnslugjald. Markmið laganna er að skapa hagræn skilyrði fyrir endurnotkun og endurnýtingu úrgangs í þeim tilgangi að draga úr magni úrgangs sem fer til endanlegrar förgunar og tryggja viðeigandi förgun spilliefna. Úrvinnslugjald er lagt á hvert kg af plasti sem notað er utan um heyrúllur. Þessu gjaldi er ætlað að standa straum af meðhöndlun plastsins og endurnýtingu eftir að það hefur þjónað upphaflegum tilgangi sínum. Ólíkt er á milli sveitarfélaga og landshluta hvernig staðið er að söfnun og meðhöndlun plastsins eftir notkun. Vísbendingar eru um að núverandi kerfi skili ekki tilætluðum árangri þar sem hvatarnir liggja í þá átt að flutningsfyrirtækin fái úrvinnslugjaldið og sendi plastið úr landi þar sem óvíst er um afdrif þess, þ.e. hvort það raunverulega verði endurunnið, fargað eða sent í orkuvinnslu og vandamálinu þannig ýtt yfir á aðrar þjóðir (Sigurður Halldórsson Pure North Recycling, munnleg heimild, 13. nóvember 2020).

2.3.3 Endurvinnsla og litir heyrúlluplasts

Heyrúlluplast er hægt að fá í ýmsum litum, m.a. hvítu, bleiku, grænu og svörtu, hjá söluaðilum þess á Íslandi. Við endurvinnslu á plasti skiptir hráefnið sem endurunnið er máli, en þrátt fyrir

að fjölliðurnar í heyrúlluplastinu séu einsleitar eru oft mikil óhreinindi og vatn í því. Lykillinn að farsælli endurvinnslu er góður frágangur og flokkun plasticsins eftir notkun. Flokkun og meðhöndlun heyrúlluplasts er ekki samræmd á Íslandi og fer það því eftir sveitarfélögum og samningum þeirra við flutningsaðila í hvaða ferli plastið lendir. Eitt af því sem skiptir máli við endurvinnslu plastics og möguleika þess til endurnotkunar innan hringrásarhagkerfisins er liturinn á filmunum. Hvítt heyrúlluplast á mestan endurvinnslu- og endurnotkunarmöguleikann. Mest eftirspurn er á mörkuðum eftir endurunnum hvítum plastperlum þar sem liturinn getur verið takmarkandi í framhaldslífi. Erfitt getur verið að selja svart plast úr landi til endurvinnslu og því lendir það frekar í urðun (Flokka ehf., 23.10.2020, munnleg heimild). Í óformlegri könnun við gerð þessarar skýrslu kom í ljós að verðmunur ólíkra lita heyrúlluplasts er ekki mikill. Þó er svart plast oftast ódýrara en hvítt, en í flestum tilfellum er verðmunurinn innan við 5%. Það fer eftir söluaðilum og landshlutum hvaða litir eru vinsælastir, mest er tekið af hvítu og grænu plasti.



Mynd 1: Söfnun á fjölbreyttum litum á notuðu heyrúlluplasti (Hörður Kristjánsson, 2018).

Í grein Grétars Einarssonar (1993) kemur fram að töluverðar umræður hafi átt sér stað um hvaða litur henti best út frá verkunarlegum sjónarmiðum en engar einhlítar niðurstöður liggja fyrir úr þeim tilraunum sem þá höfðu verið gerðar. Hann nefnir að kosturinn við hvíta litinn sé að það verði minni hitasveiflur í rúllunum þar sem hann kasti betur frá sér sólageislum. Dökkt plast, nefnir hann, geti við það að standa úti í sólarljósi þar sem sólargeislun er meiri en hér á landi, hitnað þannig að lögin bráðni saman og myndi samfelldan hjúp og gegnumstreymi súrefnis verði þar af leiðandi minna. Í írskri rannsókn McEniry, Forristal &

O'Kiley (2011) kemur fram að í mildum veðurskilyrðum með lítilli sólargeislun, þ.e. írsku veðri, hafi litur filmunnar lítil áhrif á gæði heysins eða skilyrði fyrir vöxt myglu. Einnig segir að fuglar sæki síður í glærar filmur en svartar.

3 Aðferðir við heyöflun og geymslu

Með heyöflun eða heyskap er ekki einungis verið að vísa til hversu mikilla eða góðra heyja tekst að afla yfir heyskapartímanna heldur einnig hvernig tekst til við að varðveita magn og gæði ári til árs og þar með nauðsynlegar fyrningar til lengri tíma með fóðuröryggi og hagkvæmni í huga (Þórarinn Lárússon, 2014).

Í þessum kafla verða skoðaðar sjö aðferðir við öflun og geymslu heys sem sumar hverjar geta dregið úr notkun plasts eða komið í veg fyrir notkun þess. Aðferðirnar eru heyrúllur, pylsur, bjúgu, útistæður, flatgryfjur, þurrhey og heyturarnar. Í samantekt um aðferðirnar verða m.a. skoðaðir kostir og gallar þeirra, plastnotkun og gæði. Orð Þórarins Lárússonar, sem birtust í Bændablaðinu, og vitnað er til hér að ofan eru góður vegvísir inn í kaflann. Þau lýsa með hnitmiðuðum hætti markmiðum heyöflunar þar sem aðalmarkmiðið er að framleiða úrvalsfóður fyrir skepnur. Í þeim aðferðum sem skoðaðar verða hér á eftir er forverkun, við slátt og þurrk mjög svipuð, en breytileiki er á þurrkstigi heysins við hirðingu eftir aðferðum. Það er góð þumalfingursregla að því lengri tíma sem heyið er á velli því meira verður næringarefnatapið frá slætti að hirðingu. Til að umfjöllunin um aðferðirnar verði með sambærilegum hætti er gert ráð fyrir því að vandað sé til verka og því verði gæði heyjanna mikil hvaða aðferð sem notuð er. Í lok kaflans, í töflu 3, eru teknir saman helstu kostir og ókostir aðferðanna.

3.1 Heyrúllur

Heyrúllur eru mest notaða heyöflunaraðferðin á Íslandi, en árið 2019 voru um 95% af heyfeng á landinu verkuð í heyrúllur eða plashjúpaða rúllubagga (Hagstofa Íslands, 2020). Í heyrúllunum verður loftfirrð gerjun sem myndar gott fóður. Rúllutæknin hélt innreið sína á Íslandi á níunda áratug síðustu aldar, og náði strax mikilli útbreiðslu (Bjarni Guðmundsson, 2013).

Það er ekki að ástæðulausu að aðferðin hefur náð miklum vinsældum þar sem kostir hennar eru margvíslegir. Helsta ber að nefna að aðferðin er ekki mannaflsfrek, hún er öruggari í rýsjóttri tíð og sveigjanleg þegar kemur að slætti og auðvelt er að flokka hey eftir gæðum í geymslu (Gård & Djurhålsen, e.d.). Þar sem rúllur eru meðfærilegar er einfalt að flytja þær um styttri eða lengri leiðir og það hefur nýst vel þegar heyskortur kemur upp, hérlendis eða erlendis. Þá eru rúllur einnig mjög hentugar fyrir þéttbýlisbúa með hross eða kindur sem háðir eru því að fá hey úr sveitum landsins.



Mynd 2 : Rúllusamstæða sem pressar hey í rúllur og notar belgplast í stað rúllunets.

Vel er hægt að gera úrvalsfóður með heyrúllum og ef rétt er staðið að þökkun og geymslu þá geymast þær vel og fyrningar nýtast ágætlega sem fóður. Eftir forþurrkun upp í ca. 45-55% þurrefni er heyið pressað í rúllur og pakkað í 0,025 mm þykka plastfilmu (Coblentz & Akins, 2018). Við þökkunina eru aðalega notaðar tvær aðferðir. Annars vegar rúllusamstæður sem bæði pressa rúllunum saman og pakkar þeim í plast, sambærilegar og á mynd 2. Hins vegar rúlluvélar sem pressa rúllunum saman og í kjölfarið kemur þökkunarvél sem pakkar þeim í plathjúpinn.

Vafningafjöldi plasts á rúllum/böggum er mikilvægt atriði fyrir heyverkun, gæði og geymsluþol heysins. Rannsóknir hafa leitt í ljós að lítil munur er á að vefja fjórfalt eða sexfalt. Aðeins meira tap virðist vera á næringarefnum og meltanlegu þurrefni við ferfalt plast miðað við sexfalt (Bjarni Guðmundsson & Björn Þorsteinsson, 2002; McEniry et al., 2011).

Í samantekt Conbletz og Akins (2018) er talað um að best sé að nota sex- til áttfalda þökkun ef rúllunet er notað í kringum belginn. Ef plastið er þykkara en fjórfalt er minna um skemmdir af völdum grasstráa sem stingast í plastið. Gatist plastið aukast líkur á næringarefnatapi og skemmdum (McEniry et al., 2011; Conbletz & Akins, 2018). Flestir íslenskir bændur hafa filmuhjúpinn sexfaldan með 50% skörun (Bjarni Guðmundsson, 2013). Til að fullnýta eðliseiginleika plastsins þarf að vera um 55-70% strekking (Bjarni Guðmundsson, 2013). Á Íslandi er aðallega notað rúllunet utan um belginn. Netið er plastefni sem er urðað. Til eru vélar sem geta sett belgplast í stað nets, það á að spara plastnotkunina

við pökkun, en með því að nota belgplast mætti fækka vafningafjölda úr sex niður í fjóra án þess að það hafi neikvæð áhrif á geymslu og heygæði og þar með minnka plastnotkun og kostnað (Tabacco et al., 2013; Conblentz og Akins, 2018). Belgplast má endurvinna líkt og rúlluplast (Flokka ehf., munnleg heimild, 26.10.2020).

Til eru aðferðir til þess að minnka plastnotkun, t.d. með þrívíddarpökkun sem minnkar magn á hverja rúllu með því að plasta minna á endanna sem við venjulega pökkun eru með margfalt magn miðað við það sem fer á belginn.

Algengast er að geyma plasthjúpaðar rúllur úti í stæðum nálægt útihúsum eða þar sem þær eru gefnar. Keyra skal rúllum heim fljótlega eftir pökkun (Mickan et al., 2004; McEniry et al., 2011) og ekki vera að hreyfa þær meira en nauðsynlega þarf til að minnka næringarefnatap vegna aðkomu súrefnis við tilfærslu (McEniry et al., 2011). Rúllunum eru raðað upp þannig að þeim er staflað hverri ofan á aðra. Vafningafjöldinn er mestur á endanum og staflaðar rúllur halda betur laginu með því að stafla þeim upp á endann. Þegar rúllur breytast í laginu opnast líka aðgangur fyrir súrefni og þar af leiðandi tapast næringarefni og geymsluþolið minnkar. Fuglar eiga það til að setjast á rúllur og þá eru þær betur varðar ef að þeim eru staflað upp á endann. Rúllum með undir 30% þurrefni ætti ekki að stafla, rúllum með 30-40% þurrefni má stafla í tvær hæðir og ef þurrefnið er yfir 40% má stafla í þrjár hæðir (Gård & Djurhåsen, n.d.). Íslenskir bændur stafla rúllum oftast á hlið þar sem að hægt er að nota einfaldari hleðslutæki, líkt og keflagreip, en ef staflað er á enda (Bjarni Guðmundsson, 2013).

Gott er að rúllurnar séu staðsettar í góði skjóli til að þær verði síður fyrir veðrun og ásókn skaðvalda eins og fugla o.fl. en þó helst ekki uppi við tré þar sem fuglar halda til (Bjarni Guðmundsson, 2013; Conblentz og Akins, 2018). Við rannsókn kom í ljós að plast á rúllum sem sett er belgplast á við bindingu, skemmist minna en plast á netbundnum rúllum. Þar af leiðandi eykst geymsluþolið ef notað er belgplast (Tabacco et al., 2013).

Aðeins þarf að útbúa gott malarplan fyrir heyfeng í stað dýrra bygginga og þegar rúlluheyskapur hélt innreið sína urðu til tækifæri til þess að nýta nú óþarfar þurrheyslögur undir skepnur og segja má að þessi verkunaraðferð hafi einnig gefið bændum tækifæri til að stækka bú sín á hagkvæman hátt sem margir nýttu.

Þrátt fyrir margvíslega kosti rúlluheyskapar er hann ekki gallalaus. Mikil plastnotkun fylgir aðferðinni með tilheyrandi umhverfismengun, vinnuaðstaða við gjafar er oft erfið þar sem skera þarf plast af og sækja rúllurnar í öllum veðrum, verkið getur verið tímafrekt sérstaklega á snjóþungum svæðum, meiri umferð og þyngri er um tún en með öðrum aðferðum með tilheyrandi jarðvegsþjöppun og skemmdum, mikill þungi færast á framdekk dráttarvéla

og ætla má að miklar skemmdir geti orðið á túnum ef það fer saman við mikla bleytu í túnum. Þá eru umbúðirnar viðkvæmar fyrir skemmdum sérstaklega við flutninga og auðvelt er að gata þær ef óvarlega er farið.

3.2 Pylsur

Til þess að minnka plastnotkun hafa framleiðendur landbúnaðartækja boðið upp á að pakka saman rúllum enda í enda. Þannig minnkar plastnotkun mikið en hægt er að halda í flesta kosti rúlluheyskaparins. Þessi tækni hefur ekki rutt sér til rúms á Íslandi.



Mynd 3: Vélbúnaður sem pakkar heyrúllum í flangar pylsur (Apple Farm Service inc., e.d).

Í stað þess að pakka einni og einni rúllu er heyinu pakkað með sérstakri mótunar- og þjöppunarvél sem þrýstir rúllunum hverri á eftir annarri í eins konar pylsu eins og sýnt er á mynd 3, hér að ofan. Þessi aðferð er notað víða um heim og hefur reynst bændum vel. Öll vinna fyrir pökkun er eins og við hefðbundna rúlluaðferð og því er ekki fjallað sérstaklega um hana hér. Við pökkun er notast við sams konar plastfilmu (0,025 mm) og notað er í hefðbundnum rúlluheyskap.

Helstu kostir við að pakka rúllum í flangar pylsur eru tímasparnaður og 43% minni plastnotkun (Shinners et al., 2009). Plastsparnaðurinn felst í því að endarnir eru ekki plastaðir en það getur verið kostur að loka endarúllum þar sem vélin gerir það ekki. Kostur er að hægt er að skipta heyinu í pylsur eftir heygæðum og geta þannig gengið að því heyi sem þarf hverju sinni. Mælt er með að þekja pylsurnar með netadúk til að forðast að fuglar og önnur dýr gati plastið (Gård & Djurhåsen, e.d). Pylsur gætu verið skárri kostur fyrir tómsbundabændur eða hestamenn og líka fyrir hesthúshverfi þar sem mögulegt væri að samnýta eina vél og geyma

hey sameiginlega. Rúllur virðast geymast jafn vel í pylsum og í hefðbundnum rúllum. Ekkert bendir til að það sé verra með tilliti til gæða og geymsluþols að pakka rúllum í pylsur en með plastböggðuðum heyrúllum. Það sem virðist hafa mest áhrif á næringarefnatap er þurrefnið í heyinu við þökkun (Shinners et al., 2011).

Helsti ókostur við pylsuna má segja að sé plastnotkun, sem er þó töluvert minni en í hefðbundnum rúllum. Erlendis eru pylsurnar oftast staðsettar úti á tünnum. Líklega væri betra við íslenskar aðstæður að búa til plan til að minnka rask á jarðvegi við opnun. Þegar búið er að pakka í pylsur er ekki auðvelt að færa rúllurnar til án þess að opna þær og því henta þær ekki endilega fyrir þá sem þurfa að flytja rúllur langa vegalengd. Þó er hægt að binda rúllur og keyra þær á geymslustað og síðan pakka og geyma þær nálægt gjafasvæði. Það getur verið áskorun að finna pláss fyrir margar rúllur án þess að gera vinnuna í kringum gjafir erfiðari.

3.3 Bjúga

Önnur aðferð við að geyma hey í pylsum er að troða lausu heyi í ílanga poka (bjúgu). Þessi aðferð hefur orðið vinsæl víða um heim og með réttri aðferð er hægt að búa til hágæða gróffóður. Hægt er að geyma hey, maís og korn í bjúgum sem gerir aðferðina fjölhæfari en pylsurnar sem fjallað er um fyrir ofan. Þessi aðferð er lítið notuð á Íslandi.



Mynd 4: Vélbúnaður sem treður heyi og korni í bjúgu (Eurobagging, e.d).

Helsti kostur bjúgans er að það sameinar hluta af sveigjanleika rúllunnar og verkun heys í flatgryfjum. Þá er átt við að aðeins þarf að búa til gott plan fyrir bjúgun en maður fær svipað hey og úr flatgryfjum, án þess að þurfa að eyða löngum tíma í að troða og loka vel sem er lykilatriði í flytgryfju- og stæðuverkun. Þar að auki er ekki sama fallhætta og í flatgryfjum

(Wacek-Driver, 2016). Stálið í pokanum er ekki eins efnismikið og í flatgryfjum og auðvelt er að stilla lengdina eftir óskum og þörfum. Því má ætla að pokaaðferðin henti vel fyrir minni og stærri búskap (Gård & Djurhålsen, e.d.).

Hey í bjúgum er verkað eins og í gryfjum sem þýðir að þurrefnisinnihaldið er yfirleitt minna en í rúllum. Mikilvægt er að heyið sé saxað og ekki of þurr (30-45% þurrefni) til að tryggja góða þjöppun og hindra aðgengi súrefnis, sem stuðlar að góðri verkun og gæðum heysins (Gård & Djurhålsen, e.d.; Wacek-Driver, 2016). Þegar verið er að troða þarf að nota heyhleðsluvagn og losa beint á færiband eða losa á steypu plani og moka í mótunarvélinu, mynd 4, þannig að aðferðin krefst aðeins meiri mannafla en pylsugerð en minni en í flatgryfjuheyskap. Plastið sem er notað í pokann er oftast um 0,2-0,3 mm þykkt (Gård & Djurhålsen, e.d), þannig er það er töluvert þykkara en heyrúlluplast sem er aðeins 0,025 mm. Eins og í flatgryfjum þarf að passa upp á að gefa úr bjúganu á ákveðnum hraða, mælt er með að taka um 15-20 cm á dag (Gård & Djurhålsen, e.d.) en fer það líka eftir ummáli pokans og árstíma (Wacek-Driver, 2016).

Það þarf ekki sérútbúið plan fyrir bjúgu og má leggja þau á þurran jarðveg. Raunin er þó sú að best er að leggja þau á steyp eða malbikað plan, sem er kostnaður sem þarf að reikna með við þessa aðferð (Wacek-Driver, 2016).

Með bjúgunum fylgja líka ókostir. Helsti ókostur þeirra er plastnotkunin en hún er þó minni en við pökkun í rúllur. Samkvæmt einum framleiðanda mótunarvéla er hægt að spara um 50% plastsins miðað við hefðbundnar rúllur. Það er einnig afar mikilvægt að sá sem vinnur við mótunarvélinu kunni vel á hana, því það er kúnst að fylla bjúgað án þess að pokinn rifni en á sama tíma að ná eins mikilli þjöppun og hægt er. Svo þarf reglulega að leita að götum á pokanum og laga ef á við til að tryggja gæði heysins. Til að forðast skemmdir af völdum fugla og annarra dýra er best að nota netyfirbreiðslu. Þar sem snjóþungt er geta skapast erfðar aðstæður við gjafir á veturna og þarf að skipuleggja staðsetningu út frá reynslu af snjósöfnun og vindáttum (Wacek-Driver, 2016).

3.4 Útistæður

Hey í stæðum er ýmist sett á gras, plast, möl eða það sem er best, steyp eða malbikað plan, best er að hafa fast undir og tryggja frárennsli eins og í flatgryfjum. Eins og í flatgryfjum er þjöppun og lokun stæðu aðalatriðið við heyverkunina, en það má búast við að þjöppunin verði



Mynd 5: Útistæða á Íslandi

ekki eins góð í stæðum og í flatgryfjum (Barnes et al., 2007; Bjarni Guðmundsson, 2013). Yfirborð flatgryfju og stæðu er minna en á rúllum og því má spara töluvert magn af plasti. (Bjarni Guðmundsson, 2013). Yfirborð stæðu, á hvert kíló þurrefnis, er örlítið stærra en á flatgryfjum. Í flatgryfju og stæðu má blanda hey frá mismunandi tünnum og þannig skapa einhvers konar fódurblöndu ef heyið er skorið jafnt niður gegnum lögin við gjafir (Gård & Djurhålsen, e.d). Við verkun í flatgryfjum og stæðum þarf fleiri menn við heyskap en t.d. við bjúgna- og pylsuverkun og þörf er fyrir að stilla af afköst sláttar við heimkeyrslu og þjöppun (Bjarni Guðmundson, 2013).

Við verkun í útistæðum er meiri sveigjanleiki, þegar kemur að gripafjölda, þar sem hægt er að breyta stærð þeirra eftir þörfum og stæður eru frekar ódýr kostur. Þar sem er notast við stæður getur orðið rask á jarðveginum í votviðri ef drenið frá svæðinu er ekki nægilegt. Þetta getur valdið jarðvegsmengun í heyinu og gert gjafir erfiðar (Gård & Djurhålsen, e.d.; Mickan et al., 2004).

3.5 Flatgryfjur

Flatgryfjur hafa verið notaðar í áratugi á Íslandi. Á áttunda áratug seinustu aldar var töluvert algengt að byggðar væru flatgryfjur til að skipta þurrheysgerð út fyrir votheysverkun, þar sem erfitt gat verið að þurrka hey eins og t.d. í Vestur-Húnavatnssýslu, á Ströndum og Vestfjörðum. Þessar gryfjur voru með steypu gólfi og gryfjuveggjum og með létrri yfirbyggingu ofan á steypu gryfjuveggina (sjá mynd 6). Með tilkomu rúllutækninnar og breytingum á búskaparháttum hefur notkun á stórum hluta af þessum gryfjum verið hætt en þó eru einhverjar enn í notkun og er þá búið að nota sumar þeirra í yfir 40 ár. Heyverkun í flatgryfju getur hentað búum þar sem eru fleiri en fimmtíu nautgripir á fódrum, en það er skilyrði að tekið sé jafnt og þétt úr gryfjunni þannig að súrefni nái ekki að komast inn í gryfjuna og skemma heyið áður en það er gefið (Gård & Djurhålsen, e.d).



Mynd 6: Flatgryfja undir þaki byggð á áttunda áratugnum



Mynd 7: Nýleg flatgryfja úr steypum einingum

Undanfarin ár hafa nokkrar gryfjur verið byggðar á þann hátt að fluttar hafa verið inn forsmíðaðar veggeiningar frá Evrópu, sem komið er fyrir á góðu plani, eins og sést á mynd 7. Með þessum einingum eru myndaðar gryfjur sem eru opnar í báða enda og hægt að keyra í gegnum þær. Einingunum er raðað upp á vönduðu frostfríu plani og eftir að lokið er við að koma þeim fyrir er gengið frá dreni og gólfi (plani) sem getur verið gert með malbiki, steypu eða forsteypnum flekum sem mögulegt er að fá frá framleiðendum veggeininganna. Til að tryggja sem besta verkun og gott aðgengi að gryfjunum á öllum árstímum er mjög mikilvægt að ganga varanlega frá yfirborði jarðvegsins í gryfjunum.

Veggeiningarnar fást í mismunandi hæðum en af samtölum við einn innflytjanda (Benedikt Hjaltason) er mælt með 2 metra hæð vegna hagkvæmni í flutningi, slysaheittu og losunar. Til að vel takist til við uppbyggingu á gryfjum þarf að skoða vel alla þætti sem snúa að notkun á gryfjunum með tillit til búskapar á hverju býli fyrir sig. Helstu þættir sem taka þarf tillit til í upphafi eru:

1. Stærð gryfjunnar þ.e. breidd og hæð taki mið af gjafahraða.
2. Afköst við hirðingu er þáttur sem þarf að skoða því best er að fylla á hverja gryfju í einni lotu.
3. Hæð á veggeiningum hefur áhrif á kostnað.
 - a. Fjöldi steyptra eininga sem þarf ræðst af hæð þeirra.
 - b. Stærð byggingarsvæðis sem þarf undir gryfjurnar ræðst af hæð veggja.
 - c. Fjöldi gryfja miðað við hirðingarhraða ræðst af hæð veggja.
 - d. Stærð á opnu stáli ræðst af hæð veggja og breidd á gryfju.
 - e. Stærð á svæði sem þarf að ganga frá eftir hirðingu og taka af við gjafir ræðst af hæð veggja.
 - f. Möguleikar á yfirborðsfrágangi á plani þ.e.a.s. er malbik valkostur eða er nauðsynlegt að steypa. Hvert er fermetraverðið í endanlegum frágangi á yfirborði á plani (þarf að lágmarka yfirborðsfermetra á plani til að halda kostnaði niðri.

Þessa þætti þarf að skoða vel við endanlega útfærslu á opnum flatgryfjum til að þær heppnist vel og notkun þeirra henti þeirri notkun sem fyrirhuguð er.



Mynd 8: Um 2 metra há íslensk flatgryfja.



Mynd 9: Um 4 metra há sænsk flatgryfja.

Gryfjur eru mismunandi að stærð, líkt og sést á myndum 8 og 9 hér að ofan, og sumir nota plast meðfram veggjunum og aðrir ekki. Eftir forþurrkun upp í $> 35\%$ þurrefni er heyinu þjappað í gryfjurnar. Aðalatriðið við flatgryfju- og stæðuverkun er þjöppunin og frágangurinn, til að tryggja góða verkun og geymslu. Oftast er notað tvöfalt stæðuplast, 0,125-0,150 mm þykkt við lokun flatgryfju og stæðu. Eins er mælt með að nota vakumplast (0,040 mm plastfilma) undir stæðuplastinu (Gård & Djurhälsen, e.d.; Mickan et al., 2004). Margir bændur nota oftast stæðuplastið 2-3 ár áður en það er sett í endurvinnslu eða urðun. Á markaðnum er nú stæðuplast með innbyggða vakumfilmu og lítið súrefnisgegndræni og er það aðeins 80 μm þykkt. Rannsókn á hefðbundnu stæðuplasti notuðu með vakumplasti og kombiplasti sýndi að kombiplastið hefur ekki neikvæð áhrif á heygæði. Því má minnka plastnotkunina í flatgryfjum með því að nota kombiplast og líklegast munu fleiri framleiðendur setja kombiplast á markað í framtíðinni (Hauge et al., 2018). Ekki hefur tekist að fá upplýsingar um hvort að þetta plast sé endurvinnanlegt en það er líklegt. Fjölnotadúkur á flatgryfjur er alger nýjung hérlendis, en honum er rúllað upp með tæknibúnaði og síðan má nota hann aftur.

Gjafir úr flatgryfjum eru framkvæmdar með skerum sem settir eru á dráttarvél eða aðra vinnuvél. Þessum skerum er stungið inn í heystálið og skornir kubbar úr heyinu sem síðan eru keyrðir inn í hús og gefið úr þeim. Gjafir úr gryfjum krefjast traktors eða vinnuvélar til að ná í heyið sem er sambærilegt við rúllugjafir, jafnframt þarf að opna gryfjuna með því að taka plastið ofan af þeim hluta heysins sem gefið er hverju sinni. Þar sem allra veðra er von á Íslandi geta komið upp vandamál og erfiðleikar við að nálgast hey úr opnum gryfjum sérstaklega þar sem er vindasamt og þar sem snjóar mikið geta gjafir orðið tafsamar og erfiðar. Gjafir úr gryfjum að vetrarlagi geta því verið erfiðari en að nálgast rúllur þar sem rúllur eru teknar að húsi eða inn í hús áður en plast er tekið af þeim og gefur sú aðferð því möguleika á að haga flutningi þeirra eftir veðri þ.e. að nálgast rúllur og hafa þær tiltækar á góðum stað ef von er á vondum veðrum. Það eru meiri takmarkanir á því við að nálgast hey úr stæðum sökum þess að þegar búið er að skera heyið þá er það um leið óvarið fyrir súrefni og þarf að gefast sem fyrst eftir losun. Gjafir úr eldri yfirbyggðum gryfjum eru framkvæmdar á sama hátt en þar fer vinnan öll fram innandyra og er því óháð veðri en krefst alltaf vélavinnu.

3.6 Þurrhey

Þurrhey var aðalheyskapaðferðin hér á landi fyrr á tímum og þróuðust geymsluáðferðir og verkun þurrheys með tækniþróun landbúnaðarins í að byggðar voru þurrheyshlöður með súgþurrkunarkerfum. Verkun á þurrheysi í hlöður var ráðandi heyskapaðferð á Íslandi þar til rúlluheyskapaðferðin tók við. Geymsla á þurrheysi krefst byggingar á hlöðum til að skýla heyforðanum fyrir veðri og vindum. Hlöður eru tiltölulega einfaldar byggingar og geta verið byggðar sem létt burðargrind sem klædd er með jární, óeinangruð og á lágmarks grunni. Til að tryggja góða verkun á heyinu þá er nauðsynlegt að hafa súgþurrkunarkerfi í hlöðum. Mögulegt er að tækjavæða hirðingu í þurrheyshlöður þannig að fylling þeirra sé sjálfvirk. Við gjafir er möguleiki á að nota krabba eða skera heyið með heyskerum á svipaðan hátt og gert er við gjafir úr gryfjum.

Súgþurrkun heys byggir á vélknúnum blásara sem blæs lofti inn í loftkerfi (súgþurrkunarkerfi) á gólfi hlöðu og áfram upp í gegnum heystæðuna í hlöðunni og fullþurrkar heyið. Yfirleitt er heyið forþurrkað meira en til rúlluverkunar, að ekki sé minnst á votheysverkun og þarf að blása í stæðuna frá fyrstu hirðingu og allt þar til liðnir eru 4-5 sólarhringar frá síðustu hirðingu. Þar á eftir þarf blásarinn að ganga þá daga sem loftraki er lægstur og góð regla er að kveikja reglulega á honum. Ýmist er hægt að blása úpphituðu eða upphituðu lofti í heyið. Ef loftið er ekki upphitað þarf að varast að blása þegar rakt er í lofti úti, svo útiraki berist ekki í heyið. Mikill kostur við þurrheysverkun er að ekki er notað plast,

en aðferðin getur hins vegar verið kostnaðarsöm vegna súgurrkunarinnar, óhagræðis við gjafir og fjárfestingar í húsnæði. Jarðvegshiti og vatnsaflvirkjun geta lækkað kostnað við súgurrkun (Bjarni Guðmundsson, 2013).

3.7 Heyturnar

Heyturnar eru ekki nýjung fyrir Íslendinga en segja má að blómatíð þeirra hafi verið um miðja 20. öldina, en á fyrri hluta níunda áratugarins voru einnig settir upp þó nokkuð margir slíkir. Aðeins örfáir eru í notkun í dag. Til voru tvær útfærslur af turnunum, annars vegar með botnlosun eða topplosun. Báðar aðferðirnar höfðu sína kosti og galla, topplosun var hægvirki og vegna breytileika í heyfeng þá fór það fyrst út sem fór síðast inn, sem hentaði sjaldan. Með botnlosun þá fór það fyrst út sem fór fyrst inn en þessi búnaður var mjög óöruggur og gjarn á að bila eða stíflast.



Mynd 10: Kanadískir heyturnar.

Mikil þróun hefur verið í losunarbúnaði erlendis og t.d. í Kanada þar sem mikið er um turna eru nýjustu turnar þannig útbúnir að blásið er út um lúgur á hlið sem gefur aukin afköst í losun og mikið meira öryggi (sjá mynd 11). Í Kanada eru turnarnir hafðir með lúgum alla leið neðan frá jörð og upp úr til að losa heyið úr þeim. Þessi göt eru með 1,2 m millibili og þarf bóndinn að fara upp í turninn þegar yfirborð heysins lækkar og færa losunartúðuna neðar. Þessi hönnun gerir turnana öruggari því hættan á að það myndist súrefnisskortur neðst í turninum er nánast engin en það var eitt af vandamálunum við eldri turna, þetta gerir allt eftirlit

mun auðveldara. Annað sem þessi hönnun gerir er að ekki þarf öfluga blásara til að blása heyinu upp við losun, afkastagetan ákvarðast af gjafabúnaði þar sem slíkur búnaður getur losað allt að 400 kg/mínútu.



Mynd 11: Inn í kanadískum heyturni með hliðarlosunarbúnaði.

Ekkert plast er notað við þessa aðferð við heyverkun en stofnkostnaðurinn er mikill og nauðsynlegt er að horfa á svona fjárfestingu til langs tíma. Aðalókosturinn við turnana er að ekki er þjappað í turnum og takmarkast fyllingarhraðinn af stærð turna, þ.e.a.s. að við hirðingu í turnana þarf að gefa heyinu tíma til að síga milli áfyllinga. Því þarf að samstillast slátt við fyllingarhraða. Hins vegar þarf minni mannskap við fyllingu heyturna en við heyverkun í stæðu og flatgryfju (Gård & Djurhålsen, e.d). Einn af stærri kostunum við turnana er að þegar heyið er komið í þá er einfalt og tiltölulega ódýrt að gera gjafir alsjálfvirkar og heyið fer þá til skepnanna án þess að mannhönd komi þar nálægt, þannig er hægt að fjölga gjafatímum og stýra gjöfum og bæta við steinefnum og kjarnfóðri sem leiðir til mikils vinnusparnaðar. Þegar hægt er að gera gjafir tíðari og nákvæmari hefur það sýnt sig í nokkurri nyttaukningu og betri umferð í mjaltþjónafjósum.

Við verkun í turna reynist tap næringarefna lítið, sérstaklega ef hægt er að taka úr þeim 6 cm á dag og það má setja heyið í turn við 45—55% þurrefni (Mickan et al., 2004) sem er svipað og hey sem er í hefðbundnum rúllum hérlendis í dag. Hægt er að setja aðeins blautara hey (30-35%) í toppinn (Gård & Djurhålsen, e.d.)

Bygging turna er frábrugðin hefðbundnum byggingum að því leyti að stuðst er við skriðmót sjá mynd 12. Byggingarhraði stýrist að miklu leyti af tækjabúnaði og reynslu þeirra sem að verkinu koma. Ætla má að með réttum búnaði og mannskap að afköst við byggingu sé

um 5 metrar á dag miðað við tíu tíma vinnudag hjá þremur starfsmönnum. Hægt væri að styðjast við sömu teikningu alls staðar á landinu fyrir utan að á svæðum með aukinni jarðvirkni þarf öflugri sökkla. Turnarnir eru byggðir ofan á öflugum sökkli, neðst í þá er sett mól sem drenar í burtu umframvökva frá heyinu, ofan á mölina eru settir nokkrir cm af hálmi til þess að bóndinn viti þegar búið er úr turninum áður en losunarbúnaðurinn nær til malar í botni. Veggirnir eru 15 cm þykkir og báraðir að utan til að misfellur sjáist síður.

Helstu þættir sem taka þarf tillit til í upphafi:

Stærð turna þ.e. breidd og hæð taki mið af gjafahraða.

Fjöldi turna, ákvarðast af nokkrum þáttum, en ætla má að lágmarks fjöldi séu 2-3 turnar, miðað við að hægt sé að blanda saman heyi úr mismunandi turnum fyrir ólíka gjafahópa.

Afköst við hirðingu er takmarkandi þáttur sem þarf að skoða því fylling fer fram í nokkrum lotum



Mynd 12: Heyturnar í byggingu í Kanada.

Tafla 3: Kostir og gallar ólíkra heyvinnsluaðferða

Heyöflunaraðferð	Kostir	Ókostir
Heyrúllur	Sveigjanleiki í heyöflun og við gjafir. Afköst við heyöflun mikil. Vegalengdir eru ekki takmarkandi. Auðvelt aðgengi að plasti. Fjárbinding í byggingum er engin/lítill.	Mikil plastnotkun og möguleg umhverfismengun. Gjafir eru vinnufrekar. Mikil umferð á túnum og möguleg jarðvegsþjöppun. Vinnuaðstaða getur verið slæm. Mikil veðuráhrif á rúllurnar.
Pylsur og Bjúgu	Sveigjanleiki í heyöflun og við gjafir (t.d. útigangur). Afköst við heyöflun mikil. Fjárbinding í byggingum er engin/lítill.	Mikil plastnotkun og möguleg umhverfismengun. Gjafir eru vinnufrekar. Mikil umferð á túnum og möguleg jarðvegsþjöppun. Vinnuaðstaða getur verið slæm. Sérþekkingu þarf á mótunarvél við bjúgnagerð.
Útistæður (án veggja)	Lítill plastnotkun. Fjárbinding í byggingum lítil.	Gjafir eru vinnufrekar Vinnuaðstaða getur verið slæm og veður haft áhrif á hana. Vinnulag getur verið vandasamt. Næringarefnatap verður meira.
Flatgryfjur	Lítill plastnotkun. Afköst við heyöflun mikil. Geymsluþol er gott.	Vinnulag er vandasamt. Gjafir eru vinnufrekar. Fjárbinding í byggingum er mikil. Veðráttta hefur áhrif á vinnuaðstæður.
Þurrhey	Takmörkuð vélanotkun að vetri. Engin plastnotkun.	Veður hefur áhrif á heyskap. Rafmagnskostnaður við súgþurrkun. Aðferðin er vinnufrek.
Heyturnar	Eina leiðin til þess að sjálfvirknivæða gjafir frá geymslu og lítill viðbótarkostnaður við það. Takmörkuð vélanotkun að vetri. Engin plastnotkun.	Erfitt er að gefa útigangi. Ekki mögulegt að selja heyið. Mikil fjárbinding í byggingum. Tún þurfa að vera einsleit.

4 Reiknilíkan plastnotkunar og raunkostnaðar heyöflunaraðferða

4.1 Gerð og forsendur reiknilíkansins

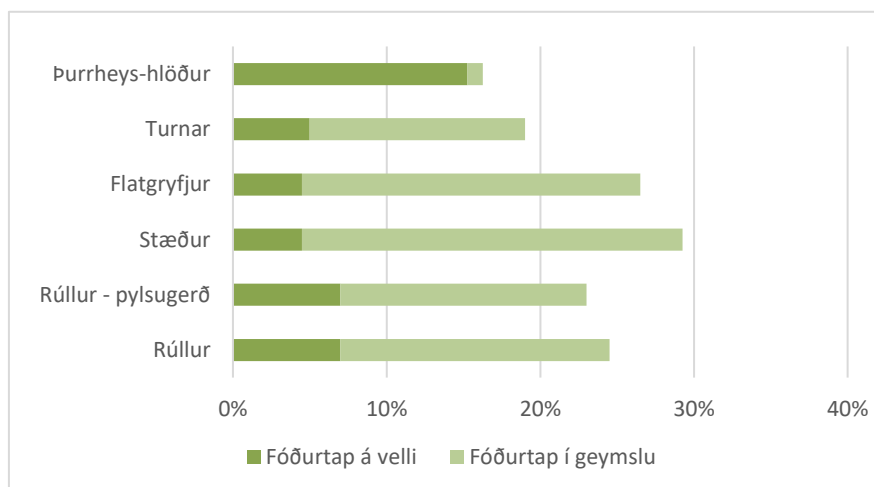
4.1.1 Gerð

Markmið verkefnisins var að þróa reiknilíkan sem sýnir fram á plastnotkun og raunkostnað við ólíkar heyöflunaraðferðir. Settar voru fram sex heyöflunaraðferðir sem lýst er í 3. kafla hér að framan, þ.e. heyrúllur, pylsur og/eða bjúgu, útistæður, flatgryfjur, þurrheyshlöður og heyturarnar. Reiknilíkanið var unnið og sett upp í MS Excel. Ástæðan fyrir því að Excel var notað er gott aðgengi að forritinu og notendaviðmótið er þægilegt sem gerir það auðvelt fyrir notendur að nota líkanið.

4.1.2 Forsendur

Við gerð reiknilíkansins þurfti að finna og meta þær forsendur sem notaðar eru í útreikninga reiknilíkansins. Einhverjar byggja á reynslu ráðunauta RML en aðrar koma t.d. úr viðmiðunargildum frá sjóðum. Í töflu 4, hér að neðan eru teknar saman helstu forsendur sem notaðar voru við gerð líkansins.

Breytileiki getur verið mikill á milli búa þegar kemur að gróffóðurkostnaði en miðað er við að allt hafi heppnast vel í ræktun og verkun, og að búvélakostnaður sé eðlilegur. Fóðuröflunarkostnaður byggir á mörgum breytum og reynslu ráðunauta. Tímakaup var til að mynda sótt úr viðmiðunartaxta Jöfnunarsjóðs sveitarfélaga vegna vatnsveituframkvæmda á lögbýlum í dreifbýli. Varðandi uppskerumagn á hektara var gert ráð fyrir að það væri 20% meira hjá kúabónda en sauðfjárbónda. Ræktunarkostnaður er því, að sama skapi, lægri hjá sauðfjárbóndanum. Kostnaður við fyllingar og gjafir miðast við að heyið sé komið inn í gripahús.

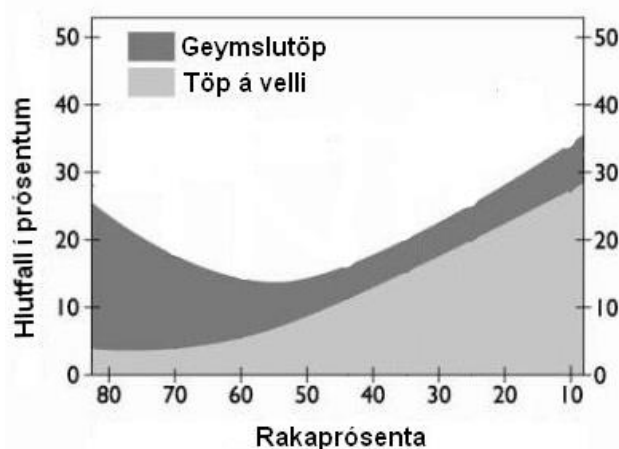


Mynd 13: Fóðurtap heyöflunaraðferða (Barnes et al., 2007).

Geymslukostnaður tengdur rúllum og stæðum án veggja kemur til vegna vinnu við að koma upp plönnum og viðhaldi þeirra. Enginn geymslukostnaður er reiknaður fyrir pylsur og bjúgur þar sem að gert er ráð fyrir að þær séu geymdar úti. Vegna mismunandi fódurtaps eftir heyvinnsluaðferðum, sem sjá má á myndum 13 og 14, var ræktunarkostnaðurinn og áburðardreifingin reiknuð á hektara. Eftir því sem tapið eykst, þá eykst kostnaður við ræktun, áburð og heyöflun. Fódurtap er nátengt þurrkstigi heyfungs, en mikil þurrkun eykur tap á velli en mjög blautur heyfengur tapar mest í geymslu eins og sjá má á myndinni (Barnes et al., 2007). Þar sem nokkur breytileiki er í fódurtapi á milli heyöflunaraðferða þá hefur það nokkur áhrif á niðurstöður útreikninga.

Tafla 4: Forsendur notaðar við gerð reiknilíkansins.

	Kúabú	Sauðfjárbú
Helstu forsendur		
Tímakaup (kr)	3.881	3.881
Uppskerumagn af hektara (kg þe/ha)	4.700	3.750
Fóðurþarfir (kg þ.e.)	260.000	168.000
Ræktunartíðni (%)	10%	10%
Breytilegar forsendur		
Fjöldi turna	3	2
Hæð turna (m)	16	15
Þvermál turna (m)	7	7
Flatarmál í flatgryfjum (m ²)	503	325
Hæð á flatgryfjum (m)	3	3



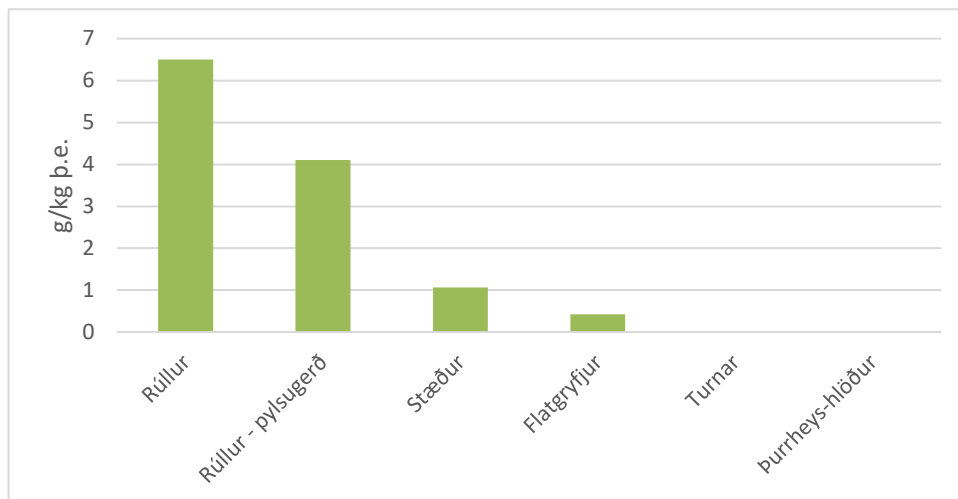
Mynd 14: Fódurtap eftir rakastigi (Barnes et al., 2007).

4.2 Niðurstöður reiknilíkansins

Hér fyrir neðan verða helstu niðurstöður reiknilíkansins kynntar. Niðurstöðunum er skipt niður í fjóra flokka. Í þeim fyrsta er sett fram heildarplastnotkun ólíkra heyöflunaraðferða. Í öðrum eru settar fram niðurstöður fyrir sauðfjárbú og kúabú. Í þriðja flokknum eru settar fram sviðsmyndir sem sýna fram á hvaða áhrif plastverð og byggingastyrkir hafa á hagkvæmni hverrar aðferðar.

4.2.1 Plastnotkun við ólíkar heyöflunaraðferðir

Niðurstöður úr útreikningi á áætlaðri plastnotkun mismunandi heyöflunaraðferða í reiknilíkaninu leiddi í ljós að í rúlluheyskap er notað mest plast eða 6,5 g/kg þ.e. Aðrar aðferðir þurfa minna, hægt er að spara allt að 90% plastsins miðað við rúlluverkun ef notast er við flatgrýfjur (0,6 g/kg þ.e.) sjá mynd 15. Turnar og þurrheyshlöður krefjast ekki plastnotkunar. Til þess að bera saman plastnotkun á sambærilegan hátt á milli aðferða er nauðsynlegt að notast við kíló þurrefnis fódurs þar sem þurrefnisinnhald hefur mikil áhrif á þyngd fódurs.



Mynd 15: Niðurstöður reiknilíkansins, áætluð plastnotkun ólíkra heyvinnsluaðferða (g/kg þ.e.)

4.2.2 Kúabú - niðurstöður viðmiðunarbús

Viðmiðunarkúabúið var valið út frá því sem talið var að yrði líklegasta stærð kúabúa næsta áratuginn. Miðað er við 65 mjólkurkúr ásamt kvígum í uppeldi. Einn mjaltþjónn á að geta sinnt þessari bústærð með ágætum. Niðurstöður eru sýndar í töflu 5 hér að neðan. Breytileiki árlegs gróffóðurskostnaðar þessa viðmiðunarbús er frá 36,8 – 43,1 kr./kg þ.e. eða 9,6 – 11,2 milljónir króna á ári. Ódýrasta leiðin til fóduröflunar reyndist að verka í stæður með veggjum en með þeirri aðferð er hægt að nota aðeins 10% af því plasti sem hefðbundinn rúlluheyskapur þarfnast. Við það að breyta um heyöflunaraðferð getur þetta bú minnkað plastnotkun um rúm 1,5 tonn á

ársgrundvelli (1.527 kg) Ekki munar miklu í kostnaði við að heyja í rúllur eða stæður með veggjum, aðeins 1%. Þegar horft er til plastlausra lausna þá er þurrheitið einfaldlega of dýrt og er það vinnan við heyöflun, gjafir og fyllingu hlöðunnar sem gerir útslagið. Lágur kostnaður við áfyllingu og gjafir í turnum er áberandi og aðeins munar 4% á kostnaði við fóðuröflun í turna samanborið við flatgryfjur

Tafla 5: Árlegur kostnaður gróffóðuröflunar og geymslu, kr./kg þ.e. (fyrir 65 mjólkurkúr ásamt kvígum í uppeldi. Plastsparnaður miðar við plastnotkun við rúllugerð

	Rúllur	Rúllur - pylsugerð	Stæður	Flatgryfjur	Turnar	Þurrheys- hlöður
Ræktunarkostnaður	8,7	8,5	9,3	9,0	8,2	8,0
Tilbúinn áburður	9,5	9,3	10,1	9,7	8,9	8,6
Áburðardreifing	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Heyöflun	5,3	5,2	6,0	5,0	5,3	7,4
Fylling og gjafir	8,9	11,9	10,2	6,7	1,6	12,3
Plast og net	2,9	1,9	0,6	0,5		
Geymslukostnaður	0,3		0,8	4,4	13,0	5,3
Samtals kr./kg þ.e.:	37,1	38,4	38,5	36,8	38,5	43,1
Stofnkostnaður	<i>1.038.947</i>	<i>0</i>	<i>2.465.647</i>	<i>15.670.196</i>	<i>41.050.929</i>	<i>19.131.103</i>
Plastsparnaður í kg	<i>0</i>	<i>666</i>	<i>1.415</i>	<i>1.527</i>	<i>1.691</i>	<i>1.691</i>

4.2.3 Sauðfjárþú – niðurstöður viðmiðunarþús

Notast var við bústærðina 700 vetrarfóðraðar kindur til að reikna út frá. Þegar sauðfjárþúið er skoðað (sjá töflu 6) þá er breytileikinn frá 38,4 – 45,6 kr./kg þ.e. eða 6,4 – 7,7 milljónir króna. Ódýrasta leiðin til fóðuröflunar er að rúlla á hefðbundinn hátt. Hér munar reyndar litlu, aðeins er 2% meiri kostnaður við að minnka plast um 10% eða fara í stæður með veggjum. Samkvæmt þessu er lítill kostnaðarmunur á heyöflunaraðferðum og lágur kostnaður við áfyllingu og gjafir í turnum er áberandi, sjá töflu 6, hér að neðan.

Tafla 6: Árlegur kostnaður vegna gróffóðuröflunar og geymslu, kr./kg þ.e. (fyrir 700 vetrarfóðraðar kindur). Plastsparnaður miðast við plastnotkun við rúllugerð.

	Rúllur	Rúllur -	Stæður	Flatgryfjur	Turnar	Þurrheys- hlöður
	pylsugerð					
Ræktunarkostnaður	6,4	6,2	6,8	6,6	6,0	5,8
Tilbúinn áburður	11,9	11,6	12,7	12,2	11,1	10,8
Áburðardreifing	2,0	2,0	2,1	2,0	2,0	2,0
Heyöflun	6,0	5,9	6,7	5,7	6,0	8,1
Fylling og gjafir	8,9	11,9	10,2	6,7	1,6	12,7
Plast og net	2,9	1,9	0,6	0,5		
Geymslukostnaður	0,4		0,8	5,4	13,1	6,1
Samtals kr./kg þ.e.:	38,4	39,7	39,8	39,1	39,9	45,6
Plastsparnaður í kg	0	430	914	987	1.093	1.093

4.2.4 Áhrif plastsverðs og byggingastyrkja á hagkvæmni aðferða

Settar voru upp 25 sviðmyndir fyrir hvort bú fyrir sig til að kanna hvaða áhrif plastverð (óbreytt, 50, 100, 150 og 200% hækkun) og byggingastyrkir (engir, 10, 20, 30 og 40%) hefðu á hagkvæmni hvernar heygeymsluaðferðar.

Sviðsmyndir fyrir kúabú

Verð á plasti hefur lítil áhrif á hvaða heygeymsluaðferð er hagkvæmust. Flatgryfjur eru ódýrasta heyöflunaraðferðin þar til styrkupp hæð til byggingar nær 20%. Ef bændur eru styrktir um 20% af byggingarkostnaði þá eru turnar hagkvæmasti kosturinn. Við þá styrkupp hæð er ríkissjóður að greiða í byggingarstyrk 249 kr. á hvert sparað kg af plasti samkvæmt reiknilíkani. Tafla 7 sýnir hagkvæmni heyöflunaraðferða fyrir kúabú miðað við hækkandi plastverð og opinbera byggingastyrki.

Tafla 7: Hagkvæmasta heyöflunaraðferðin fyrir kúabú miðað við hækkandi plastverð og opinbera byggingastyrki

		Styrkir (hlutfall af byggingakostnaði)				
		0%	10%	20%	30%	40%
Verðhækkun á plasti	0%	Flatgryfjur	Flatgryfjur	Turnar	Turnar	Turnar
	50%	Flatgryfjur	Flatgryfjur	Turnar	Turnar	Turnar
	100%	Flatgryfjur	Flatgryfjur	Turnar	Turnar	Turnar
	150%	Flatgryfjur	Flatgryfjur	Turnar	Turnar	Turnar
	200%	Flatgryfjur	Turnar	Turnar	Turnar	Turnar

Sviðsmyndir fyrir sauðfjárbú

Svipaðar niðurstöður eru fyrir sauðfjárbúið, rúllurnar eru hagkvæmasti kosturinn þar til plastverð hefur hækkað um 50%, þá verða flatgryfjur hagkvæmasti kosturinn. Þegar styrkupp hæð til bygginga er kominn upp í 20% þá verða turnarnir hagkvæmasti kosturinn. Tafla 8 sýnir hagkvæmni heyöflunaraðferða fyrir kúabú miðað við hækkandi plastverð og opinbera byggingastyrki.

Tafla 8: Hagkvæmasta heyöflunaraðferðin fyrir sauðfjárbú miðað við hækkandi plastverð og opinbera byggingastyrki

		Styrkir (hlutfall af byggingakostnaði)				
		0%	10%	20%	30%	40%
Verðhækkun á plasti	0%	Rúllur	Rúllur	Turnar	Turnar	Turnar
	50%	Flatgryfjur	Turnar	Turnar	Turnar	Turnar
	100%	Flatgryfjur	Turnar	Turnar	Turnar	Turnar
	150%	Flatgryfjur	Turnar	Turnar	Turnar	Turnar
	200%	Flatgryfjur	Turnar	Turnar	Turnar	Turnar

5 Lokaorð

Í íslenskum landbúnaði fellur til mikið af einnota heyrúlluplasti en verkun heys í rúlluböggum er vinsælasta heyöflunaraðferðin hér á landi. Plast hefur, bæði framleiðsla þess, notkun og förgun, mikil neikvæð áhrif á umhverfið. Nýjar rannsóknir segja að það hafi ekki einungis áhrif á lífríki sjávar heldur mikil áhrif á landbúnaðarland og búvörur. Í framtíðarsýn Ellen McArthur Foundation um plast í hringrásarhagkerfinu á að vera í forgrunni að taka fyrir óþarfa og einnota notkun þess með nýsköpun og endurhönnun ferla þar sem það er notað. Til að hefja vegferð landbúnaðarplasts í hringrásarhagkerfinu var markmið þessarar skýrslu að skoða mögulegar leiðir og kostnað við að draga úr notkun heyrúlluplasts með því að taka upp aðrar aðferðir við heyöflun. Búið var til reiknilíkan sem sýnir magn plasts sem notað er og kostnað við ólíkar aðferðir. Helstu niðurstöður reiknilíkansins sýna að lítil munur er á langtímakostnaði við mismunandi heyöflunaraðferðir, en stofnkostnaður við plastlausar aðferðir eða lausnir getur verið töluverður, þá sérstaklega við heyturana.

Flatgryfjur eru ákjósanlegur kostur fyrir heyöflun og eru tiltölulega hagkvæmar í byggingu miðað við aðrar heygeymslur og eru algeng heyöflunaraðferð í Evrópu. Fyrir viðmiðunarkúabúið eru flatgryfjur hagkvæmastar, þrátt fyrir að ekki komi til opinber styrkur út á slíkar byggingar. Þar sem heyið er hirt í lögum í gryfjurnar er hægt að ná þverskurði af öllu heyinu í einu, sem getur verið ákveðinn kostur. Það þýðir að skepnurnar geta fengið nokkurn veginn sama fóðrið allan gjafatímann. Hirðing í flatgryfjur er mannaflsfræk og kallar á mjög vönduð vinnubrögð. Losun og þá aðallega vinna við að taka plast af gryfjum er oft erfiðisvinna. sem þarf að vinna í öllum veðrum. Einnig er fallhætta þegar búið er að skera stálið og verið er að taka plastið af og setja það á. Með notkun þeirra er hægt að minnka plastnotkun um allt að 90% samanborið við rúlluverkun.

Engin plastnotkun er við heyöflun í turna. Í Kanada hafa þeir notið aukinna vinsælda þar sem bændur voru styrktir til þess að sjálfvirknivæða bú sín vegna aukinnar samkeppni frá Bandaríkjunum. En einnig telja þeir turnana hentuga í miklum frostum þegar erfitt er að gangsetja dráttarvélar og vinna með plast sem getur verið klakabrynjað. Það að sækja hey í plastgeymslur kallar á notkun dráttarvéla og vinnu úti við. Minnsta vinnan er við gjafir úr turnum sem getur nýst til að gera gjafir alsjálfrákar. Turnum getur fylgt ákveðið vandamál þegar kemur að því að fódra mismunandi hópa. Geldar kýr og gripir í uppeldi þurfa öðruvísi fóður en mjólkandi kýr. Ef ráðist verður í breytingar sem þessar er ljóst að það krefst góðrar bústjórnar og e.t.v. þarf hluti heyfengsins að pakkast í plast til að mæta þörfum allra gripa.

Kostir heyrúlla eru ótvíræðir og íslenskir bændur hafa komið sér upp góðu verklagi og búnaði til að stunda þá heyöflunaraðferð. Meiri líkur eru til þess að stærrí bú tileinki sér aðrar aðferðir en heyrúllur, þar sem að kostnaður við koma sér upp byggingum og búnaði er töluverður. Niðurstöður reiknilíkansins sýndu fram á að fyrir viðmiðunarsauðfjárbúið er hagkvæmasti kosturinn er að verka hey í rúllum pökkuðum í plast.

Framtíðarsýn Ellen McArthur Foundation í hringrásarhagkerfinu er sú að þegar ekki er hægt að komast hjá notkun plasts verði lögð áhersla á að endurvinnna það þannig að hin óafturkræfu hráefni sem notuð eru glattist ekki í urðun eða í brennslu. Í öðrum kafla þessarar skýrslu er fjallað um mikilvægi endurvinnslu. Vísbendingar eru um að núverandi kerfi hafi ekki nógu sterka hvata til þess að hráefni skili sér til endurvinnslu og einungis eru hvatar til þess að greiða fyrir heyrúlluplastið sjálft.

Miðað við núverandi framleiðsluáætlað er ekki fyrirsjáanlegt að rúlluverkun muni dragast saman í nánustu framtíð, þar sem sveigjanleiki aðferðarinnar er mikill og verklagið þekkt. Fyrir þá sem standa á tímamótum og þurfa að endurnýja rúllutækjabúnað sinn er vert að skoða aðrar lausnir sem leiða til minni plastnotkunar. Mikill breytileiki er í fóðurþörf á milli búna. Því eru bændur hvattir til að leita til ráðunauta RML um hvaða aðferð hentar hverju sinni.

Til þess að flýta fyrir því að minnka eða í einhverjum tilfellum að hætta að nota plast við að geyma hey þarf að fara í átak með bændum og styrkja framkvæmdir með einhverjum hætti hvort sem það yrðu beinir fjárstyrkir eða á formi einhverra ívilnana. Breytingar á fóðurtækni gefa einnig þann möguleika að auka sjálfvirkni við gjafir sem getur aukið afurðir og fært atvinnugreinina inn í fjórðu iðnbyltinguna.

HEIMILDASKRÁ

- Apple Farm Service Inc. (n.d.). Anderson. Sótt af: <https://applefarmservice.com/equipment-brands/anderson>
- Barnes, R.F., Nelson, C.J., Moore, K.J. og Collins, M (ritstjórarar). *The science of grassland agriculture 6. útg. Volume 2*. Útgefandi: Wiley.
- Beriot, N. (2020). *Reducing the plastic footprint of agriculture*. Sótt af: https://ec.europa.eu/eip/agriculture/sites/agri-eip/files/eip-agri_fg41_plastic_footprint_starting_paper_2020_en.pdf
- Bjarni Guðmundsson. (2013). *Heyverkun*. Hvanneyri: Landbúnaðarháskóli Íslands.
- Bjarni Guðmundsson og Björn Þorsteinsson (2002). Geymsla heys í rúllum – áhrif þurrkstigs, hjúpþykktar og húsgeymslu á verkun heysins og varðveislu fóðurefnanna. *Icel. Agr. Sci.* 15, 51-59.
- Bosker, T. Bouwman L.J., Brun N.R., Behrens P. og Vijver M.G. (2019). Microplastics accumulate on pores in seed capsule and delay germination and root growth of the terrestrial vascular plant *Lepidium sativum*. *Chemosphere*, 226, 774-781. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.03.163>
- Chae, Y. og An Y-J. (2018). Current research trends on plastic pollution and ecological impacts on the soil ecosystem: A review. *Environmental Pollution* 240, 387-95. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.05.008>
- Coblentz, W.K. og Akins, M.S. (2018) Silage review: Recent advances and future technologies for baled silages. *Journal of dairy science*, 101(5), 4075-4092. doi: 10.3168/jds.2017-13708.
- Cox, K. D., Covernton G.A., Hailey L.D., Dower J.F., Juanes F. og Dudas S.E. (2019). Human Consumption of Microplastics. *Environmental Science & Technology*, 53 (12), 7068-74. Doi: <https://doi.org/10.1021/acs.est.9b01517>
- Carrington, D. (2019, 5. júní). People eat at least 50,000 plastic particles a year, study finds. Sótt af: <https://www.theguardian.com/environment/2019/jun/05/people-eat-at-least-50000-plastic-particles-a-year-study-finds>.
- Ellen MacArthur Foundation. (2016). *The New Plastic Economy: Rethinking the future of plastics*. Sótt af: https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/news/New-Plastics-Economy_Background-to-Key-Statistics_19022016v2.pdf
- Ellen MacArthur Foundation (e.d.a). What is a circular economy? Sótt af: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/concept>
- Ellen MacArthur Foundation. (e.d.b). New Plastics Economy: A circular economy for plastic in which it never becomes waste.
- Eurobagging. (e.d.). Flexible storage in bags. Sótt af: <https://www.eurobagging.com/en/>

- Geyer, R., Jambeck, J. R. and Law, K. L. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, 3(7). doi: 10.1126/sciadv.1700782
- Gámabjónustan. (2019). *Leiðbeiningar um flokkun og frágang á heyrúlluplasti*. Reykjavík: Höfundar.
- Gibbens, S. (2019, 5. júní). You eat thousands of bits of plastic every year. Sótt af: <https://www.nationalgeographic.com/environment/2019/06/you-eat-thousands-of-bits-of-plastic-every-year/>
- Gu, F., Guo J., Zhang W., Summer P.A. og Hall P. (2017). From waste plastics to industrial raw materials: A life cycle assessment of mechanical plastic recycling practice based on a real-world case study. *Science of the Total Environment*, 601-602, 1192-1207. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.05.278>
- Grétar Einarsson (1993). *Rúlluplast prófanir -notkun – afdrif*. Sótt af: <http://landbunadur.is/landbunadur/wgsamvef.nsf/key2/index.html>
- Gård & Djurhålsen (e.d.). *Lagring och hantering av ensilage*. Sótt af: <https://www.gardochdjurhalsan.se/wp-content/uploads/2015/08/ftm-2-lagring-o-hantering-av-ensilage.pdf>
- Hagstofa Íslands (2020). Uppskera og afurðir frá 1977. Sótt af: https://px.hagstofa.is/pxis/pxweb/is/Atvinnuvegir/Atvinnuvegir__landbunadur__landbufe/LAN10103.px
- Hauge, R.J, Hansen, N., Kjeldsen, A.M. og Thøgersen, R. (2018). *Tyndere og tættre ensileringsfolie gav lige så goå ensilagekvalitet*. Landbrugsinfo, SEGES.
- Hou, P., Xu Y., Taiebat, M., Lastoskie C., Miller S.A. og Xu M. (2018). Life cycle assessment of end-of-life treatments for plastic film waste. *Journal of Cleaner Production*, 201, 1052-1060. doi: 10.1016/j.jclepro.2018.07.278
- Horton, A. A., Walton, A., Spurgeon, P. J., Lahive, E. and Svendsen, C. (2017). Microplastics in fresh water and terrestrial environments - evaluating the current understanding to identify the knowledge gaps and future research priorities. *Science of the Total Environment*, 586(15), 127-141. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.190>
- Hörður Kristinsson. (2018, 1. Júní). Bændur standa sig vel í skilum á heyrúlluplasti. Sótt af: <https://www.bbl.is/frettir/baendur-standa-sig-vel-i-skilum-a-heyrulluplasti>
- Jiang, X, Chen H., Liao Y., Ye Z., Li M. og Kolbucar G. (2019). Ecotoxicity and genotoxicity of polystyrene microplastics on higher plant *Vicia Faba*. *Environ Pollut.*, 250, 831-838. doi: 10.1016/j.envpol.2019.04.055
- Landbruk 24. (2018, 25. apríl). Halvparten av storfe som slaktes har plast i magen. Sótt af: <https://landbruk24.no/halvparten-av-storfe-som-slaktes-har-plast-i-magen/>
- Lög um úrvinnslugjald nr. 162/2002.

- Machado, A., Kloas, W., Zarfl, C., Hempel, S. & Rilling, M. C. (2018) Microplastics as an emerging threat to terrestrial ecosystems. *Global Change Biology*, 24(4), 1405-1416. doi: <https://doi.org/10.1111/gcb.14020>
- McEniry, J., Forristal, P.D. og O'Kiely, P. (2011). Gas composition of baled grass silage as influenced by the amount, stretch, colour and type of plastic stretch-film used to wrap the bales, and by the frequency of bale handling. *Grass and Forage Science*, 66 (2), 277-289. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2011.00788.x>
- Mickan, F.J, Martin, M.D og Piltz, J.W. (2004). Silage Storage. Í Kaiser, A.G. et al. (ritstjórar). *Successful silage* (bls. 217-252). Ástralía: Dairy Australia and Noew South Wales department and primary industries.
- Plastic Europe. (2019). *Plastics- the Facts 2019. An analysis of European plastic production, demand and waste data*. Sótt af: https://www.plasticseurope.org/application/files/9715/7129/9584/FINAL_web_version_Plastics_the_facts2019_14102019.pdf
- Plastic Europe. (2018). *Plastics- the Facts 2018*. Sótt af: https://www.plasticseurope.org/application/files/6315/4510/9658/Plastics_the_facts_2018_AF_web.pdf
- Qian H., Zhang M., Liu G., Lu T., Qu Q., Du B., og Pan X. (2018). Effects of Soil Residual Plastic Film on Soil Microbial Community Structure and Fertility. *Water Air & Soil Pollut*, 229. Doi: 10.1007/s11270-018-3916-9
- Reglugerð um úrvinnslugjald nr. 1124/2005.
- ReSource International. (2019). *Samanburðar lífsferilsgreining plastendurvinnslu Pure North*. Kópavogur: Höfundar.
- Shinners, K.J., Huenink, B.M., Muck, R.E. og Albrecht, K.A. (2009). Storage characteristics of large round and square alfalfa bales: low-moisture wrapped bales. *American society and biological engineers* 52(2), 401-407. doi: 10.13031/2013.26824
- Tabacco, E., Bisaglia, C., Chion, A.R. og Borreani, G. (2013). Assessing the effect of securing bales with polyethylene film or netting on the fermentation profiles, fungal load, and plastic consumption in baled silage of grass-legume mixtures. *Applied engineering in agriculture* 29(5), 795-804. doi: 10.13031/aea.29.10076
- Wacek-Driver, C. (2016, 23. mars). Silage bags remain popular as a storage option. Sótt af: <https://hayandforage.com/article-616-Silage-bags-remain-popular--as-a-storage-option.html>
- Þórarinn Lárusson. (2014, 16. október 2014). Stöðnun í heyöflun og afleiðingar. Sótt af: <https://www.bbl.is/skodun/lesendabasin/stodnun-i-heyoflun-og-afleiding>