

MAHEPÕLLUMAJANDUSE MÕJU ELURIKKUSELE

Lühendatult väljaandest “Organic Farming and Biodiversity. Policy options“

Väljaandja: IFOAM Organics Europe, 2021

Autorid: Nic Lampkin, Organic Policy, Business and Research Consultancy & Bruce Pearce, Fearann Consulting

Ülevaade põhineb neljal suuremal ülevaateuringul, mis viimastel aastatel on mahepõllumajanduse mõjust elurikkusele tehtud:

Lampkin, N. et al. (2015) The Role of Agroecology in Sustainable Intensification. Report for the Land Use Policy Group. Organic Research Centre, Elm Farm and Game & Wildlife Conservation Trust. Available at: <https://www.nature.scot/role-agroecologysustainable-intensification-lugg-report>

DEFRA (2018) Reviewing the Opportunities , Barriers and Constraints for Organic Management Techniques to Improve Sustainability of Conventional Farming. Final Project Report Prepared as part of Defra Project OF03111 Project, pp. 1–128. Available at: http://randd.defra.gov.uk/Document.aspx?Document=14421_Final_report_OF03101_OF03111.pdf

Dimambro, M. et al. (2018) Countryside Stewardship organic management and conversion options : A scoping study to establish a monitoring protocol . Literature review. CAWR, Coventry. Available at: https://pure.coventry.ac.uk/ws/portalfiles/portal/40416921/Dimambro_Rayns_Steiner_and_Carey_2018.pdf

Stein-Bachinger, B., Haub, A. and Gottwald, F. (2019) 'Biodiversität', in Sanders, J. and Hess, J. (eds) Leistungen des ökologischen Landbaus für Umwelt und Gesellschaft. Braunschweig: Thünen Institut, pp. 97–131. Available at: https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn060722.pdf

MAHEPÕLLUMAJANDUS JA ELURIKKUS

Mahepõllumajanduse puhul peetakse suurema elurikkuse põhjuseks sageli suuremat heterogeensust (sh kultuuride mitmekesisus, põlluservad ja metsamaad) terve mahetootmisüksuse, mitte niivõrd konkreetse põllu tasemel. Mahepõllumajandusettevõttes ei pruugi elurikkus aga päris alati olla suurem kui võrreldavas tavaettevõttes, sest teistel seda mõjutavatel teguritel, eelkõige maastikul, tundub olevat väga suur roll.

Stein-Bachingeri, Haubi, and Gottwaldi (2019) saksakeelne, peamiselt Kesk-Euroopale keskenduva ülevaateuuringu kokkuvõtte töö välja, et uuritud liigirühmades on võimalik selgelt näidata, kuidas mahepõllumajandus toetab elurikkust. Keskmised väärtused (mediaanid) olid mahepõllumaal kõrgemad nii liikide arvu (95%), umbrohu seemnepanga (61%) kui ka põlluservade taimestiku puhul (21%). Põllulindude liikide arv oli maheviljeluses 35% ja isendite arv 24% kõrgem (mediaanid). Tolmeldavate putukate puhul olid samad näitajad vastavalt 23% ja 26% kõrgemad. Mahetootmine andis 86% floora ja 49% fauna võrdluspaaridest ilmselge eelise. Tehtud liigituse põhjal oli mahepõllumajandusel negatiivne mõju ainult kahes katses 75st, kus seda täheldati 12 võrdluspaari puhul 312st. Tuleb märkida, et maastikstruktuuril on elurikkusele ja eelkõige faunale oluline mõju ning et see võib viljeluse mõju kaugelt üles kaaluda.“

Lampkin et al. (2015) vaatasid oma ülevaates küll agroökoloogia rolli jätkusuutlikus intensiivistamises laiemalt, kuid käsitlesid ka maheviljeluse ja agrometsandusega kaasnevat kasu elurikkusele. Nad järeldasid, „et agroökoloogiline lähenemine võib elurikkust ja ökosüsteemiteenuste väljundeid säilitada või suurendada, kusjuures õigesti kavandatud ja rakendatud agrometsanduse ja maheviljelussüsteemid annavad potentsiaalselt parema tulemuse kui integreeritud tootmine.“

Dimambro et al. (2018) jõudsid sarnastele järeldustele ja viitasid sama headele tulemustele: „Viimase 30 aasta uuringud on näidanud, et mahepõllumajandus üldiselt toetab elurikkust. Samas on mõnes uurimistöös täheldatud mitmetist mõju, eri taksonite ja liikide arvu suurenemisest kuni selle püsimise või vähenemiseni. Mahepõllumajanduse puhul peetakse suurema elurikkuse

põhjuseks sageli suuremat heterogeensust terve mahetootmisüksuse (sh kultuuride mitmekesisus, põlluservad ja metsamaad), mitte niivõrd konkreetse põllu tasemel. Samas ei pruugi maheettevõttes elurikkus päris alati ka olla suurem kui võrreldavas tavapõllumajanduslikus ettevõttes, sest teistel seda mõjutavatel teguritel, eelkõige maastikul, tundub olevat väga suur roll.“

Stein-Bachingeri et al. (2019) järelused on küll tehtud Kesk- ja Põhja-Euroopa põllumaade kohta, kuid pole põhjust arvata, et olukord mujal Euroopas oleks teistsugune. Autorid võtsid luubi alla suure hulga teadustöid, mis on viimase 30 aasta jooksul uurinud mahepõllumajanduse mõju elurikkusele. Mitmed mahe- ja tavapõllumajanduslike põllu- ja rohumaid võrdlevad uurimused Euroopas on näidanud, et mahepõllumajandusel on elurikkusele positiivne mõju (Azeez, 2000; Stolze et al., 2000; Bengtsson, Ahnström ja Weibull, 2005; Hole et al., 2005; Mondelaers, Aertsens ja van Huylbroeck, 2009; Rahmann, 2011; Tuck et al., 2014). See kehtib nii mullaelustiku (nt Niggli ja Bensch, 1996; Lori et al., 2017), taimestiku (nt Frieben, 1990; Hald, 1999; Rydberg ja Milberg, 2000; Frieben et al., 2012) ning väikeste maa peal elavate loomaliikide (nt Pfiffner ja Niggli, 1996; Feber et al., 1997; Brown, 1999; Pfiffner et al., 2001; Lichtenberg et al., 2017) kui ka linnuliikide arvu ja asustustiheduse puhul (nt Lokemoen ja Beiser, 1997; Chamberlain et al., 1999).

Autorid analüüsisid olemasolevaid andmeid ja mitmesuguste allikate võrdluspaare, tulemused on esitatud tabelis 1.

Tabel 1: Põllumajandustootmise mõju liikide ja/või isendite arvule nelja uuringu liigirühmades

Uurimus	Pffiffner (2001) n = 44 <1987-1995			Hole et al. (2005) n = 76 1982-2005			Bengtsson et al. (2005) n = 66 kuni 2002			Rahmann (2011) n = 343 1991-2011								
Möödik	Arvukus			Liikide arv			Arvukus ja liikide arv			Arvukus			Liikide arv			Elurikkus *		
Liigirühm	+=	-		+=	-		+=	-		+=	-		+=	-		+=	-	
Taimed							13	2	0	7		0	22		0	93	9	2
Selgroogsed																26	5	0
Linnud	5	0	0	2	0	0	7	2	0	12		0	3		0			
Imetajad							2	0	0									
Selgrootud																77	12	7
Lülijalgseid													21		7			
Ämblikulised	6	1	0	0	0	0	7	3	0	4		3						
Putukad	15	3	0	7	3	0	21	6	6	29		13						
Mulla-organismid	23	1	1	6	5	0	16	12	2	44		5	7		3	38	15	0
Kokku	49	5	1	15	8	0	66	25	8	96	0	21	53	0	10	131	24	2

* Liikide arvu tähistav mõiste. Tabelis on esitatud ainult vastavate liigirühmade tulemused. Mahepõllumajanduse puhul suurem (+), samaväärne (=) või väiksem (-) kui tavapõllumajanduses. Allikas: Stein-Bachinger et al. (2019)

Allolevates osades on maakasutuse ja liigirühmade alusel ülaltoodud andmed detailsemalt lahti seletatud.

PÕLLUMAA

Põlluumbrohtude kooslused

Enamik põlluumbrohtusid on üheaastased ja võimelised kiiresti (st nädalate, mitte kuudega) õitsema ja seemneid moodustama. Näiteid põlluumbrohtudest, mis moodustavad olulise osa meie põllumajanduspärandist: harilik nisulill (*Agrostemma githago*), rukkilill (*Centaurea cyanus*), põld-rusuvars (*Lithospermum arvense*), vārdmagun (*Papaver hybridum*) ja põld-lehmalill (*Vaccaria hispanica*). Kunagi olid need taimed nii levinud, et nendega tuli võidelda, kuid intensiivse põllumajanduse tulemusel on nii mõnigi neist täna haruldane ja väljasuremise äärel.

Mahepõllumajandusel, kus herbitsiidide ei kasuta, võib selle pärandi säilitamises olla seega oluline roll (AHDB, 2017).

Stein-Bachinger et al. (2019) toovad selgelt esile, et põllutaimestiku (umbrohtude) levik on alates 1950–1960ndatest aastatest vähenenud 95–99% ja seda eelkõige tavaviljelusega põldudel. Praegused taimekooslused on vaesunud, spetsialiseerunud taimi on oluliselt vähem ja neid liike, mis kipuvad olema herbitsiiditolerantsed, on suhteliselt rohkem. Need järeldused põhinevad 38 uurimuse ja kokku 110 võrdluspaari võrdleval analüüsil, mille tulemused näitasid mahe- ja tavapõllul kasvavate taimeliikide keskmistes näitajates väga suuri erinevusi. Mahe- ja tavaviljelussüsteemide võrdlemisel selgus, et kõige madalamate väärtuste puhul oli küll maheviljeluses keskmiselt 27% vähem umbrohuliike kui tavaviljeluses, kuid mediaanväärtus oli maheviljeluses 95% kõrgem kui tavapõllumajanduses. Suurte erinevuste tõttu andmetes on mediaanväärtusel ilmselt suurem kaal. Kõikide liikide lõikes oli maheviljeluses kokku 20–95% rohkem liike ja varieeruvus väiksem. Liikide koguarv oli mahepõllumajanduses alati suurem: selle mediaanväärtus võrreldes tavaviljelusega oli +66%.

Edasi vaadeldi 11 võrdluspaari põldude ja põlluservade erinevusi. Põllupealsete võrdluspaaride mediaanväärtus oli oluliselt kõrgem (+304%) kui vastav põlluservade näitaja (+94%). Seega mõjutas maheviljelus liikide arvu põllu piires rohkem kui põlluserval; mahetootmise näitaja oli kokkuvõttes tavatootmise omast alati märgatavalt suurem.

Kolmandas analüüsis oli 110 võrdluspaari, mille tulemused näitasid, et 86% juhtudest oli mahemaal kasvavate taimeliikide arv suurem; samuti olid kõikides uuringutes suuremad nii liikide koguarv kui ka isendite koguarv (keskmised ja koguväärtused).

Alla 20-protsendilise erinevusega võrdluspaaride väljajätmine uurimistöö järeldusi ei muuda.

Tabel 2. Maheviljelussüsteemi põllutaimestiku liikide arvu ja isendite arvukuse võrdlus tavapõllumajanduse näitajatega

			Uurimuste arv	Võrdluspaaride arv					
				+	=	-			
Põllutaimestik	Liikide arv	Keskmine	29	61 (44)	9 (0)	1 (0)			
		Kokku	11	16 (2)	0 (0)	0 (0)			
	Arvukus (isendite arv)	Keskmine	5	7 (3)	0 (0)	0 (0)			
		Kokku	2	4 (0)	0 (0)	0 (0)			
Põllumaa	Liikide arv	Keskmine	7	10 (6)	1 (0)	0 (0)			
		Kokku	1	1 (0)	0 (0)	0 (0)			
Põlluäär	Liikide arv	Keskmine	7	10 (5)	1 (0)	0 (0)			
		Kokku	1	1 (0)	0 (0)	0 (0)			
Putuktolmlejad	Liikide arv	Keskmine	4	8 (8)	0 (0)	0 (0)			
		Kokku	2	1 (0)	3 (0)	0 (0)			

+ Mahetootmises suurem liikide arv ja arvukus (oluline erinevus, st > + 20%)

= Mahetootmises sarnane liikide arv ja arvukus (ebaoluline erinevus, st +/- 20%)

- Mahetootmises väiksem liikide arv ja arvukus (oluline erinevus, st < - 20%)

() Sulgudes olevad arvud näitavad statistiliselt usaldusväärselt oluliste erinevustega võrdluspaare. Kui uuring ei sisaldanud statistilise usaldusväärsuse hinnangut, tehti liigitus protsendimäära piirväärtuste kaupa.

Allikas: Stein-Bachinger et al. (2019)

Põllutaimestiku analüüsis sai kinnitust varasemate ülevaateuuringute ja metaanalüüside järeldus, et võrreldes tavatootmisega on mahetootmisel põllutaimestikule positiivne mõju. Autorite sõnul võib selle põhjuseks olla nii herbitsiidide kasutamise keeld kui ka mineraalsetest lämmastikväetistest loobumine, aga ka üldine madalam toitainete tase ja taimede tihedus, mis loob vähem konkurentsivõimelistele liikidele soodsamad tingimused (Ponce et al., 2011). Mehhaaniline umbrohutõrje mõjutab taimestikku vähem kui herbitsiidide kasutamine (Wilhelm, 2016).

Armengot et al. (2013) näitasid oma uurimistöös, et erinevalt tavapõllumajanduses kasutatavatest herbitsiididest ei kahjustanud mahetootmise umbrohutõrje meetodid elurikkust. Analüüsitud uurimustest ainuke uurimistöö, kus ühe võrdluspaari keskmine liikide arv oli (alla 20-protsendise erinevusega võrdluspaare välja jättes) mahemaal väiksem ja mille avaldasid Knudsen et al. (2017), põhines Ungaris väga ulatusliku ja traditsioonilise kasutusega kultuurmaastikul tehtud katsel, kus ka tavaviljeluses taimekaitsevahendeid ei kasutatud, väetisi kasutati vähe ja külvikord nägi ette lühiajalisi rohumaid. Seega ei ole nimetatud uurimistöö võrreldav kaasaegse tavapõllumajanduse katsetega. Kõik ülejäänud võrdlused, mida Knudsen et al. (2017) oma töös teiste Euroopa riikide kohta tegid, näitasid selgelt, et mahepõllumajanduse tulemused olid paremad.

Olenevalt katse asukohast olid võrdlevate uuringute tulemused oluliselt erinevad, mis sai selgeks siis, kui samaaegselt uuriti nii põldudel kui ka põlluservades kasvavaid liike (nt Gabriel et al., 2010; Batáry et al., 2013). Batáry et al. (2012) tehtud katsetest selgus, et talinisu põldudel oli keskmine liikide koguarvu erinevus mahe- ja tavaviljeluse vahel põllu piires umbes 300% (mediaanväärtus), ületades põlluserva vastavat näitajat kolmekordselt. Sellest võib järeldada, et tavapõllumajanduses kasutatavad herbitsiidid ja väetised mõjutavad põlluääri vähem või et põlluservad pakuvad teatud nišši, kuhu herbitsiidide kasutamise mõju ei pruugi ulatuda või ulatub vähemal määral (van Elsen, 1989; Kohler, 2015). Ka mahemaal võib põlluservade liigirikkus olla suurem, sest seal ei tehta tavaliselt mehhaanilist umbrohutõrjet, muld on toitainevaesem, taimestik hõredam ja põllukultuur heidab varju ainult ühelt poolt. Lisaks võivad servaliigid ja kõrrelised olla levimisvõimelisemad ning spetsialiseerunud liigid kasvada kindlates kohades, nt kuival rohumaal (Gottwald, 2010). Rohkem kui 25 aastat tagasi läbi viidud katsetes näitas van Elsen (1994), et maheviljeluses võib põlluservade ja -pealne erinevus ühtlustuda ning et mõnel juhul võib tüüpilisi viljapõllul kasvavaid liike esineda sisemistel põlluservadel isegi rohkem.

Lampkini et al. (2015) avaldatud andmete kohaselt võib mahepõllumaal võrreldes tavaviljelusega kasvada 68–105% rohkem taimeliike ja isendite arvukus võib olla 74–153% suurem. Roschewitz et al. (2005) järeldasid, et kuna mahetootmisele on iseloomulik mitmekesisem seemnepank, võib mahepõlde pidada isetoimivateks taimekoosluseteks, mis ei sõltu piirkonna liikide hoidmisel ümbritsevatest elupaikadest tulenevast asustusest. Maheviljeluse positiivne mõju taimede

mitmekesisusele on seotud mahepõllumajanduspraktikate, sh herbitsiidide ja mineraalväetiste mittekasutamise, kogu maastiku hooldamise ja sagedasema segapõllumajanduse (taime- ja loomakasvatus integreeritud) viljelemisega (Hole et al., 2005).

Põldude seemnepank

Stein-Bachinger et al. (2019) kasutasid oma teadustöös põldude seemnepanka ehk põllumaade seemnevarusid käsitlevas osas viite uuringut, milles oli kokku 21 võrdluspaari. Mahetootmises oli keskmine liikide arv alati kõrgem. Mediaanväärtus oli 61% ja varieeruvus suhteliselt väike.

Hindamaks maheviljeluse positiivset mõju keskmisele liigirikkusele, kasutati 20-% künnist (s.t alla 20% erinevusega tulemusi ei arvestatud). Kahes võrdluspaaris puudusid viljelusviisist tulenevad erinevused. Keskmist isendite arvukust soodustas mahetootmine kõikides võrdluspaarides märkimisväärselt.

Seemnepanga analüüsi tulemused järgisid sama joont kui põlluumbrohtude kohta saadud andmed. Üldiselt on taimede puhul oluline silmas pidada, et teatud liikide puudumist ei pruugi põhjustada antud hetke tootmisviis. Liigilisele koosseisule on potentsiaalselt otsustav mõju sellistel teguritel nagu piirkondlik liigikogum, levimisvõime ja senised põllumaal toimunud arengud, nt intensiivsest tavatootmisest põhjustatud seemnevarude lõppemine (Rotchés-Ribalta et al., 2015; Lang et al., 2016). Ülemisi troofilisi tasandeid mõjutab põlluumbrohtude vähenemine väga, sest nad on toiduks ja elupaigaks elurikkust tagavatele loomaliikidele, nagu putukad, linnud ja imetajad (nt jänesed). Õitsevate taimede vähenemine mõjutab oluliselt ka tolmeldajaid. Liigirikkuse kahanemise põhjuseks on sageli just tavapõllumajanduslikud tootmisviisid, kus kasutatakse palju mineraalväetisi, on tihe kultuurtaimestik, külvikorras vähe liike ja tõhus seemnete puhastamine.

Hawes et al. (2010) võrdlesid oma uurimustöös Šotimaa idaosas integreeritud ja mahetootmisega põldudel nende piiresse jääva seemnepanga ja tärkava umbrohutaimestiku mitmekesisust ja rohkust ning leidsid, et üheks määravaks teguriks oli põllumajandustootmise intensiivsus, mis hõlmas põllumajanduskemikaalide kasutamist, taliviljade ja suviviljade kasvatamise vahetõrka ja

segapõllumajandust. Põllu piires oli kõige suurem liigirikkus mahemaadel, sest seal leidub rohkem umbrohtusid. Samas oli piirkonna ja maastiku tasandi liigirikkus suurem integreeritud ja tavatootmises, mille võib osaliselt panna nt ettevõtete eri põldudel kasvanud laiema kultuuride valiku arvele, eriti just integreeritud põllumajanduse puhul.

Põlluservad

Stein-Bachinger et al. (2019) hindasid kokku kaheksa uurimistöö ja 16 võrdluspaari tulemusi. Kõikidel juhtudel oli maheviljeluses keskmine liikide arv suurem ja selle mediaanväärtus võrreldes tavatootmisega 21% kõrgem. Arvestades 20% künnist (s.t alla 20% erinevusega tulemusi ei arvestatud) ja katsete statistilist usaldusväärsust, täheldati maheviljeluses keskmiselt suuremat liigirikust 71% juhtudest. Erinevus oli statistiliselt usaldusväärne 90% juhtudest. Ka ei täheldatud, et mahetootmine oleks avaldanud isendite arvukusele negatiivset mõju.

Võrreldes mahe- ja tavapõldude taimestikulisel erinevusi olid tulemused põllu servas veidi sarnasemad, kuid enamasti võis siiski täheldada mahetootmise olulist positiivset mõju.

Linnud

Stein-Bachingeri et al. (2019) linnustiku hinnang põhines 18 uurimisel ja 57 võrdluspaaril. Keskmine lindude liigirikkus ($n = 16$) jäi 9% ja 85% vahele ning selle mediaan oli 35%. Ka lindude isendite arvukus ($n = 20$) kõikus ja antud näitaja mediaan oli 24%. Ainult nelja võrdluspaari puhul oli liikide arv ja isendite arvukus suurem tavaviljelussüsteemis. Arvestades katsete statistilist usaldusväärsust ja 20% künnist (s.t alla 20% erinevusega tulemusi ei arvestatud) oli mahepõllumajanduses keskmine liikide arv ja liikide koguarv tavatootmise näitajatest kõrgem ca 70%-l juhtudest. Keskmise isendite arvukuse tulemused olid vastakamad ja maheviljeluse positiivset mõju täheldati pooltes võrdluspaarides.

Eraldi anti hinnang kuuete uurimusele, kus oli kokku 10 põldlõokese (*Alauda arvensis*) võrdluspaari. Ka põldlõokese puhul täheldati sama, kuid koguarvukuse tulemusi tõlgendades tuleb silmas pidada, et nii tehtud uurimuste kui võrdluspaaride arv on väike. Küll saab nentida, et ühegi võrdluspaari puhul ei täheldatud mahetootmisel olevat negatiivset mõju.

Mis puudutab lindudega seotud tulemusi, siis kinnitavad need varasemaid uuringuid ja metaanalüüse, mille kohaselt maheviljelus suurendab nii elurikkust kui ka isendite arvukust. Samas ei täheldatud 20% künnise rakendamisel osade võrdluspaaride puhul erinevusi liikide arvus. Antud tulemust võib selgitada sellega, et linnud on liikuv liigirühm: näiteks västrikud võivad toitu otsida 1000-meetrises raadiuses oma pesa asukohast (Südbeck et al., 2005). Seega võivad nad pesitseda põllul, kuid toituda hoopis ümberkaudsetel aladel, mistõttu ei ole intensiivpõllumajanduse otsene mõju niivõrd tuntav. Liikuvate, ruumi paindlikumalt kasutavate liikide puhul on maakasutussüsteemide võrdlemine metodoloogiliselt ka keerulisem kui paiksemate liikide puhul (nt püsitaimestik või väiksema tegevusraadiusega putukad).

Teine meetodikaga seotud probleemkoht on see, et mitmed metsloomaliigid kasutavad põllumajanduslikku maad elupaigana ainult osaliselt, kasutades ka erinevaid maastikuelemente, nagu hekid ja puudesalud. Mõned uuringud võtavad seda ka arvesse. Näiteks arvestasid maastikuelemente Gabriel et al. (2010), Batáry et al. (2010) ja Winqvist et al. (2012), kes kasutasid neid multifaktoriaalses analüüsis või võrdlesid andmeid teiste sarnase maastikuga põllumajandusettevõtetega. Samas on sellise lähenemise edukus ja „võrdsete“ tingimuste loomine eri linnuliikide spetsiifiliste elupaigavajaduste vaatenurgast kaheldav. Näiteks valisid Gabriel et al. (2010) uuritavad piirkonnad välja pärast 30 eri maastikuelemendi analüüsimist. Arutelu peatükis mainisid autorid sellegipoolest, et võrdlusaluste piirkondade linnustiku varieeruvus võis tuleneda maastikustruktuuri erisustest. Freemark ja Kirk (2001) pidasid linnupopulatsioonide erinevuste samaväärseteks põhjustajateks nii maastikustruktuuri (kohalik elupaik, nt hekkide, puistu osakaal, tali- ja suvivilja vahekord, rohumaa osakaal) kui ka põllumajanduslikku tootmisviisi (mahe- või tavapõllumajandus).

Vähestes uuringutes käsitletud põldlöökest tundub aga maheviljelus toetavat. Selle avamaa linnu peamine elupaik on põld. Kuna põldlööke eelistab suuremat maa-ala (Geiger, 2011, viidatud Winqvist et al., 2012 järgi), siis mõjutab maastikustruktuur teda vähem kui teisi põllulinde; samas on ta tundlikum tootmisviisi muutuste suhtes (Kragten ja de Snoo, 2008; Marja et al., 2014; Joest, 2018). Üldiselt võib seoses põllutaimestiku tulemustega öelda, et põldlööke ja teised põllulinnud reageerivad väga positiivselt umbrohurikkamale taimekooslustele (pesitsuspaigad ja putukate toitumisallikas), mida leiab just mahepõllumajandusest.

Lampkin et al. (2015) leidsid oma uurimistöös, et üldiselt on mahepõllumajandusel lindude liigirikkusele positiivne mõju, kuigi liigiti on ka erinevusi. Selle põhjuseks võib teatud määral olla mahetootmises kasutatav mehhaaniline umbrohutõrje (Geiger et al., 2010), aga osaliselt ka lindude suurus ja liikuvus ning elupaikadele spetsialiseerumine. Gabriel et al. (2010) tuvastasid aga, et tavatootmises oli mitmekesisus (eriti põllumaale spetsialiseerunud liikide hulgas) suurem kui samaväärsetel mahemaadel, hoolimata sealsest suuremast toiduhulgast (lüljalgsete arvukas, umbrohuseemned ja suurem koristusjääkide osakaal). Generalistide ja vareslaste asustustihedus oli samas mahetootmises suurem. Autorid järeldasid, et lindude arvukust ei mõjutanud mitte niivõrd põllumajanduslik tootmisviis, vaid eelkõige maastiku omadused, nt põllumaa ja loodusliku rohumaa osakaal või rohtsete põlluservade ja hekkide pikkus, mis samas sõltuvad osaliselt just põllumajanduslikust tootmistüübist.

Põldudel pesitsevaid linde uurinud Kragten ja de Snoo (2008) täheldasid, et mahemaal oli põldlõokese arvukus suurem, mis annab tunnistust sellest, et liik eelistab suvilja, mida tundub Ühendkuningriigis üldiselt leiduvat rohkem just mahepõldudel, kus umbrohu allasurumiseks kasutatakse külvikorda. Watson et al. (2006), kes keskendusid Inglismaa ja Wales'i mäestikualade põllumajandustootjatele, leidsid, et kokkuvõttes oli talvel mahemaade linnustiku asustustihedus märkimisväärselt kõrgem, eriti putuktoidulistest ja põllulindudest indikaatorliikide puhul. Maheviljelusele iseloomulikud pikad ja mitmekesised hekiribad pakuvad võrreldes tavatootmise ja eriti lihtsama maastikuga mitmesugustele linnuliikidele soodsamaid tingimusi (Batáry, Matthiesen and Tscharntke, 2010). Eriti kasulik on mahepõllumajandusest tulenev elupaiga suurem mitmekesisus selgrootutest toituvatele lindudele, sest see loob neile täiendavaid toiduresse (Smith et al., 2010). Šotimaal tehtud uuringus tõstsid McCracken ja Tallowin (2004) esile, kui oluline on kasvatada koos kõrrelistega teisi heintaimi ning tagada mitmesugune taimestiku kõrgus ja struktuur, et põllulindudel oleks toitumiseks piisavalt taimi ja selgrootuid. Maheviljeluses soodustab selliste tingimuste tekkimist tõik, et paljud tootjad eelistavad rajada mitmesuguste kultuuridega, sh liblikõieliste taimedega lühiajalisi rohumaid, kuigi selleks, et toitu jätkuvalt võimalikult pikaks ajaks, peab niitmist ja karjatamist eraldi planeerima. Lisaks ülalmainitule võib linnupopulatsioone mõjutada ka maheseemnete töötlemata jätmine (Roschewitz et al., 2005; Macfadyen, Gibson, Polaszek, et al., 2009; Macfadyen, Gibson, Raso, et al., 2009).

Putukad

Kokkuvõtte teaduslikest tõenditest mahepõllumajanduse ja putukate kohta (Lampkin et al., 2015) näitab, et mahetootmine tundub olevat eriti kasulik tolmeldavatele putukatele, nt liblikatele ja mesilastele (Rundlöf ja Smith, 2006; Clough et al., 2007; Feber et al., 2007; Holzschuh et al., 2007; Rundlöf, Bengtsson ja Smith, 2008; Gabriel et al., 2010; Hodgson et al., 2010), peegeldades ilmselt mahepõllumaadet ja poollooduslikel kooslustel õistaimede rohkemat esinemist (vt eespoolset osa taimede kohta).

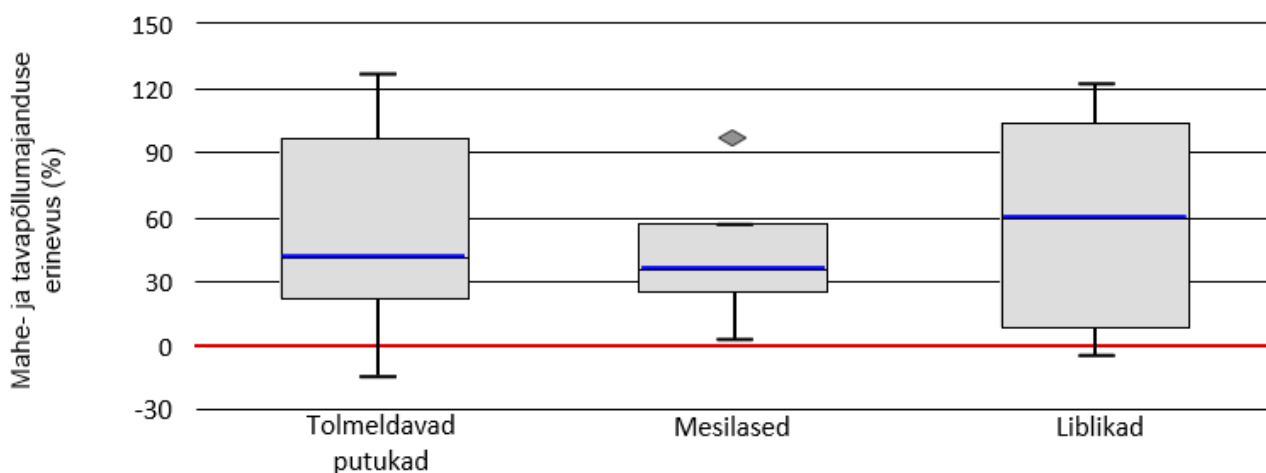
Mahepõllumajandus mõjutab positiivselt ka röövliikide taksoneid, sh ämblikulisi, herilasi ja jooksiklasi (Schmidt ja Tscharrntke, 2005; Holzschuh et al., 2007; Diekötter et al., 2010), mida seostatakse erinevate elupaikade mitmekesisemate toiduallikate, talvituspaikade olemasolu, elupaikade mitmekesisema struktuuri ja parema omavahelise ühendatusega.

Vaid mõnes üksikus uurimuses pole tootmisviisist tulenevaid erinevusi täheldatud või on leitud mahepõllumajandusel olevat negatiivne mõju, mis annab tunnistust taksonipõhisest varieeruvusest. Üksikutes uuringutes on leitud, et mahemaal oli jooksiklaste, lühitiiblaste, kahjurite ja parasitoidide asustustihedus väiksem (Bengtsson, Ahnström ja Weibull, 2005; Fuller et al., 2005; Clough et al., 2007). Jooksiklaste ja lühitiiblaste elupaigaeelistused on liigiti väga erinevad (Luff, 1996) ja mõned neist võivad eelistada elutingimusi, mida pakub tavaviljelussüsteem.

Macfadyen et al. (2009) leidsid, et mahepõllumajanduses oli kariloomadel rohkem eri liike parasiite; Crowder et al. (2010) täheldasid aga, et kahjuritõrje puhul oli määrav suurem looduslike vaenlaste populatsioon, olenemata liigirikkuselt. Loodusliku kahjuritõrje tulemused on väga varieeruvad (Roschewitz et al., 2005; Macfadyen, Gibson, Polaszek, et al., 2009; Macfadyen, Gibson, Raso, et al., 2009) ja seda võivad põhjustada nii multitroofilised vastasmõjud, mida toitumise kontekstis ei arvestata, kui ka keerukad seosed, mis olenevad nii peremeesorganismist kui ka kohalikest tingimustest ja maastikust (Holzschuh et al., 2007).

Stein-Bachinger et al. (2019) hindasid oma aruandes kokku 21 uurimust ja 108 võrdluspaari, kõrvutades mõningaid mahe- ja tavapõllumajanduslikes piirkondades esinevaid tolmeldavaid putukarühmi (looduslikud tolmeldajad, sh kimalased, meemesilased, liblikad, sirelased ja võrktiivalised). Kõikide putukate lõikes oli liikide arvu mediaan mahealadel 23% suurem. Miinimum- ja maksimumväärtused olid vastavalt -14% ja $+44\%$. Eraldi vaadelduna oli mesilaste (looduslike ja meemesilaste) puhul mediaan 30% kõrgem ning varieeruvus suur (-14% kuni $+592\%$). Liblikate hulgas oli mediaan 18% ja varieeruvus väärtuste skaalal oluliselt väiksem.

Keskmise liigirikkusega sarnase tulemuse andis 64 võrdluspaariga putukaliikide ja 35 võrdluspaariga mesilaste liikide keskmine isendite arvukus, mille mediaanid olid vastavalt 26 ja 27%. Looduslike ja meemesilaste rühmas varieerusid väärtused skaalal -44% kuni $+603\%$. Liblikate puhul (15 võrdluspaari) oli mediaan 59% ja variatsioon -15% kuni $+122\%$. Võrreldes keskmise liikide arvuga oli kõikide liigirühmade isendite arvukuse väärtustes suurem tulemuste varieeruvus.



Joonis 1: Tolmeldavate putukate keskmise isendite arvukuse suhteline erinevus mahe- ja tavapõllumajanduses

Positiivsed väärtused näitavad mahetootmise suuremat elurikkust (tavatootmine = 0%). Keskmine isendite arvukus tolmeldavate putukate ($n = 32$) ja eraldi mesilaste (looduslike ja meemesilaste, $n = 19$) ning liblikate ($n = 7$) puhul. Allikas: Stein-Bachinger et al. (2019)

Gabriel et al. (2010) analüüsisid oma uurimistöös 32 võrdluspaari ja sellel oli kogutulemusele oluline mõju. Ilma antud töö andmeteta oli isendite arvukuse mediaan mahetootmise puhul 16%

kõrgem ehk 42%. Muutus mõjutas eelkõige looduslike ja meemesilaste rühma; liblikate puhul mõju praktiliselt puudus. Märkimisväärne oli, et vaid kahe võrdluspaari kogutulemus oli negatiivne, kõigi teiste võrdluspaaride puhul oli mahepõllumajanduse keskmine isendite arv suurem kui tavapõllumajanduse vastav näitaja.

Stein-Bachinger et al. (2001) tõid oma uurimistöö lõppjärel dustes välja, et võttes arvesse katsete statistilist usaldusväärset ja 20%-list künnist, oli 41% võrdluspaarides maheviljeluse keskmine liigirikkus suurem ja ühelgi juhul polnud mahepõllumajandusel mingisugust negatiivset mõju. Keskmise isendite arvukuse seisukohalt oli 42% võrdluspaaris mahetootmisel positiivne, 17% võrdluspaaris negatiivne mõju. (Tabel 3). Samas negatiivset mõju oli täheldatud ainult ühes teadustöös (Gabriel et al., 2010).

Looduslike ja meemesilaste eraldiseisev hindamine andis liikide ja isendite arvukuse kohta sarnaseid tulemusi. Kui mitte arvestada andmeid, mille avaldasid Gabriel et al. (2010), puudus igasugune negatiivne mõju. Ka Gabriel et al. (2010) töös olid maheviljeluse väärtused tavatootmise omadest kõrgemad. Eraldi analüüs liblikate kohta näitas, et kokkuvõttes oli mahepõllumajandusel 73% võrdluspaari keskmisele isendite arvukusele positiivne mõju. Keskmist liikide arvu mõjutas mahepõllumajandus vähem. Üheksast võrdluspaarist nelja (44%) puhul oli mahetootmisel positiivne mõju. Viie võrdluspaari puhul eri tootmisviisidest tulenevat mõju ei täheldatud.

Tabel 3. Mahe- ja tavaviljeluses leitud tolmeldavate putukate liikide arvu ja isendite arvukuse võrdlus

			Uurimuste arv	Võrdluspaaride arv					
				+		=		-	
Tolmeldavad putukad	Liikide arv	Keskmine	18	15	(11)	22	(0)	0	(0)
		Kokku	5	6	(1)	1	(0)	0	(0)
	Arvukus (isendite arv)	Keskmine ^a	16	27	(13)	26	(0)	11	(0)
		Keskmine ^b	15	16	(13)	16	(0)	0	(0)
Looduslikud ja meemesilased	Liikide arv	Keskmine	10	9	(7)	12	(0)	0	(0)
		Kokku	1	2	(0)	0	(0)	0	(0)
	Arvukus (isendite arv)	Keskmine ^a	10	13	(7)	18	(0)	4	(0)
		Keskmine ^b	9	8	(7)	11	(0)	0	(0)
Liblikad	Liikide arv	Keskmine	6	4	(2)	5	(0)	0	(0)
		Kokku	1	0	(0)	1	(0)	0	(0)
	Arvukus (isendite arv)	Keskmine ^a	6	11	(4)	4	(0)		(0)
		Keskmine ^b	5	5	(4)	2	(0)		(0)

a Gabriel et al. (2010) andmed sealhulgas

b Gabriel et al. (2010) andmed välja arvatud

+ Mahetootmises suurem liikide arv ja arvukus (oluline erinevus, st > + 20%)

= Mahetootmises sarnane liikide arv ja arvukus (ebaoluline erinevus, st +/- 20%)

- Mahetootmises väiksem liikide arv ja arvukus (oluline erinevus, st < - 20%)

Sulgudes olevad arvud näitavad statistiliselt usaldusväärselt erinevate tulemustega võrdluspaare.

Kui uuring ei sisaldanud statistilise usaldusväärsuse hinnangut, tehti liigitus protsendimäära piirväärtuste kaupa. Allikas: Stein-Bachinger et al., 2019

Stein-Bachinger et al. (2019) tõestasid oma uurimistöös mahepõllumajanduse positiivset mõju valitud putukate elurikkusele ja isendite arvukusele, kinnitades nii varasemate teadustööde ja metaanalüüside järeldusi. Tuleb märkida, et ainult ühes 32 võrdluspaariga katses leiti 20%-list kõrvalekallet arvesse võttes (vt keskmist isendite arvukust a ja b) mahepõllumajanduses väiksem tulemus. Putukatega seotud väärtuste varieeruvuses mängisid olulist rolli looduslike ja meemesilaste kohta saadud tulemused. Ühest küljest peaks mahepõldude rikkalikum taimestik looduslikele mesilastele (sh kimalastele) sobima, teisalt aga sõltuvad nad avamaastikul suurel määral sobivate pesitsuspaikade olemasolust (nt Happe et al., 2017). Mitmed liigid vajavad kindlaid, nende jaoks sobivaid maastikuelemente. Kui vastavad elemendid puuduvad, ei saa eeldada ka tootmisviisist tulenevat märkimisväärset mõju, eriti keskmisele isendite arvukusele.

Muidu võiks maheviljeluse kohalik mõju olla väga suur. Holzschuh et al. (2008) leidsid, et suure hulga mahepõldudega ümbritsetud söötis põlluribadel oli erakmesilaste arvukus 60% ja kimalaste arvukus 150% kõrgem. Lisaks võeti vaatluse alla rida uurimustöid, mis on andnud seoses putukate mitmekesisusega erinevaid tulemusi. Power ja Stout (2011) said mahepõldude looduslike mesilaste puhul negatiivseid tulemusi, aga valim oli väga väike (8). Krauss et al. (2011), kes keskendusid põllu piiresse jäävatele aladele, analüüsisid suurt valimit ja said mahepõllumajandusega seoses positiivseid tulemusi.

Kokkuvõttes võib öelda, et mahepõllumajanduse mõju oli valitud putukate liigirühmadele väiksem kui taimestikule ning et selle varieeruvus oli suurem. Ilmselt tuleneb see asjaolust, et mitmed putukad sõltuvad maastikustruktuurist või ümbritsevatest biotoopidest, eriti paljunemis- ja talvitumisperioodil. Selle sõltuvuse tõttu võib majandusviiside roll olla väiksem (Pfiffner et al., 2001; Tscharntke et al., 2005; Holzschuh et al., 2007; Holzschuh, Steffan-Dewenter ja Tscharntke, 2010; Winqvist, Ahnström ja Bengtsson, 2012). Putukate arvukuse suur varieeruvus võib muuta standardiseeritud võrdlusuuringute läbiviimise keeruliseks, sest suurendab oluliselt putukate arvukusega seotud tulemuste dispersiooni. Samuti võivad tulemusi mõjutada eri uuringupiirkondade eriaegsed muutused.

ROHUMAA

Looduslik ja püsirohumaa

Rohumaadel pole mahetootmise mõju elurikkusele nii palju uuritud kui põldudel. Dimambro et al. (2018) leidsid oma uurimistöös, et tulemusi on raskem tõlgendada, kui mitte võtta arvesse kogu ettevõtet. Hole et al. (2015) täheldasid oma ülevaateuuringus, et taimekoosluste erinevused mahe- ja tavapõllumajanduslikel karjamaadel olid üldiselt väiksemad kui põldudel ning et loodusliku asustamise tulemusel toimuv muutumine mitmekesiseks rohumaaiks on aeglane ja ebakindel protsess olenemata tootmisviisist, eriti kui seemnepank ei sisalda praktiliselt üldse haruldasi liike. Teadusartiklites avaldatud andmete metaanalüüs tuvastas 19 rohumaa uurimust, kus täheldati mahetootmise suuremat elurikkust; viies uurimuses võrreldes tavatootmisega erinevusi ei leitud (Rahmann, 2011).

liri vabariigis läbi viidud uuring tasandike püsirohumaade kohta (vähemalt seitse aastat ilma kündmata ja külvita) vaatles kümmet mahe- ja tavapõllumajandusettevõtte võrdluspaari (Power ja Stout, 2011). Kokkuvõttes oli mahetootmises taimede liigirikkus oluliselt suurem kui tavatootmises. Samuti oli servaalade liigirikkus suurem kui keskosas.

Baierimaa püsirohumaadel tehtud võrdlevas uuringus oli maherohumaa taimeliikide arv veidi kõrgem kui ekstensiivsel rohumaal, mis oli omakorda veidi suurem intensiivse rohumaa vastavast näitajast. Kokku kaheksast maherohumaast oli taimeliikide arv tavatootmise vastavast keskmisest madalam ainult ühel maherohumaal, kus üleminek maheviljelusele oli toimunud vaid kolme aasta eest (Haas, Wetterich ja Köpke, 2001).

Batáry et al. (2013) uurisid nii putuktolmlevaid kui ka putukateta tolmlavaid heintaimi ja leidsid, et maheviljelus soodustab heinamaal (ja nisupõllul) nende taimede mitmekesisust ja kasvutihedust. Samuti tõid nad välja, et mahetootmine parandab putuktolmlevate taimede liigirikkust ja kasvutihedust.

Mullas elurikkuse osas on rohumaaadel saadud erinevaid katsetulemusi. Wales'i rohumaaade mulla kohta tehtud uuring (Yeates et al., 1997) näitas mahe- ja tavatootmise võrdlemisel ebahühtlast mõju. Bakterite ja seente fosfolipiidsete rasvhapete (PLFA) kogus moodustas umbes kolmandiku saadud PLFA hulgast. Suurim oli bakterite PLFA osakaal, mida tootmisviis suuresti ei mõjutanud (v.a. tolmljal pinnasel, kus mahetootmine suurendas sisaldust). Kõikide mullatüüpide puhul oli maheviljeluses seente PLFA sisaldus suurem. Ka loimurite (Tardigrada) ja lestade (Acari), aga ka nematoodide populatsioonid olid mahemaal arvukamad. Vihmauslaste populatsioonid olid kõikidel uuritud aladel mahetootmise puhul aga hoopis väiksemad.

Suuremahulises mükoriisaseente koosluste võrdluses hindasid Verbruggen et al. (2010) arbuskulaarse mükoriisa seente (AMF) koosluste ülesehitust 13 mahe- ja tavapõllu ja viie poolloodusliku rohumaa võrdluspaaris. Kõige AMF-rikkamad olid rohumaad ja mahemaa sisaldusnäitajad olid tavatootmise omadest märkimisväärselt kõrgemad. Mida rohkem oli möödunud aega maheviljelusele üleminekust, seda AMF-rikkam oli vastav muld. Võrreldes

tavapõllumajandusega sarnanesid mahepõldude AMF-kooslused rohkem rohumaade omadele kui tavapõldudele; samuti oli nende mitmekesisus eri väljadel suurem.

Külviga rajatud püsirohumaad

Mahetootmises pole kultuurrohumaade elurikkuse kohta palju uuringuid tehtud, aga mõned teadustööd siiski maheviljeluse mõju kohta on. Haas et al. (2001) uurisid Saksamaa rohumaid ja täheldasid, et kõikjal oli elurikkus väiksem kui 30–40 aastat tagasi. Samas oli mahe- ja ekstensiivse tavatootmise puhul taimeliikide arv veidi suurem kui intensiivselt majandatavatel püsirohumaadel. Keskmiselt oli mahemaadel 29,0 liiki, ekstensiivses tavatootmises 26,8 liiki ja intensiivses tavatootmises 24,6 liiki.

Lühiajaline rohumaa

Lühiajaline rohumaa on maa, kus erinevalt püsirohumaast kasvatatakse kõrrelisi, ristikut vms vaid ühe hooaja või piiratud aastate jooksul. Kui kaasaegses tavapõllumajanduses on lühiajalisi rohumaid vähe, siis maheviljeluses on neil oluline roll. Seetõttu on keeruline teha mahe- ja tavatootmise vahel otseseid võrdlusi ning andmed selle kohta on piiratud. Siiski arvatakse lühiajalistel rohumaadel olevat mitmeid kasutegureid, sh mullaviljakuse tõstmine, umbrohu allasurumine ja elurikkuse suurendamine. Lühiajalistel rohumaadel umbrohtude mõju uurinud Döring et al. (2017) leidsid, et mahepõllumajanduslikud lühiajalised rohumaad annavad põllumajandusettevõtte elurikkusesse arvestatava panuse. Uurimuses järeldati, et lühiajalised rohumaad toetavad mitmekesisust, sest loovad soodsa pinnase nii mitmetele kultuurtaimedele, mida muidu ei kasvatataks, kui ka erinevatele looduslikele taimeliikidele, mis omakorda suurendavad ettevõtte liigirikkust veelgi.

Oma ülevaateuuringus märkisid Hole et al. (2005), et lühiajaliste ristiku/kõrreliste rohumaade lisamine külvikorda oli peamine tegur, mille tulemusel tõusis oluliselt nende liblikaliikide isendite arvukus, kes pole kahjurid (Feber et al., 1997).

AIANDUS

Ka aiakultuuride elurikkust pole väga palju uuritud. Dimambro et al. (2018) töid oma ülevaateuuringus siiski välja mõned seosed.

Köögiljakasvatus

Eyre, Shotton and Leifert, (2008) tegid ülevaate uuringu Naffertoni faktoriaalsüsteemi katsetest, kus oli 128 katseala (24 x 12 m), pool neist mahe- ja pool tavamaa, mille väetise- ja pestitsiidikasutus oli erinev. Hinnati selgrootute aktiivsust viie kultuurigrupi, sh põllukultuuride, köögi- ja kaunviljade ning kõrreliste/ristiku puhul. Kultuurigrupi järgi oli võimalik tuvastada elustikurühmade aktiivsust. Mullaviljakust tagavatel tegevustel oli suurem mõju kui taimekaitsel, kusjuures mõni elustiku rühm oli tavapõllumajanduslikul maal aktiivsem kui mahemaal ja mõni aktiivsem just mahemaal. Madalmaades tehtud uuringus (Kragten et al., 2011), kus võrreldi 20 mahe- ja 20 tavaköögiljakasvatust, ei leitud, et maheviljelusel oleks soodsam mõju selgrootute arvukusele. Küll aga täheldati, et teatud mahekultuuride puhul oli eri taksonoomiliste rühmade isendeid rohkem: Carabidae (teravili ja kartul), Araneae (teravili), Staphylinidae (kartul), Formicidae (porgand) ja muud selgrootud (porgand). Uus-Meremaal tehtud mahe- ja tavaporgandikasvatuse uuringust (Berry et al., 1996) selgus, et mahemaal oli palju rohkem kiletiivalisi parasitoide, lühitiiblasti (Staphylinidae) ja võrktiivalisi (Neuroptera). Samas puudus mõju teistele taksonitele, nagu sirelased (Syrphidae). Ka ei olnud mahe- ja tavatootmises erinevusi ämblikuliste (Araneae) ega sadajalgsete (Chilopoda) arvukuses.

Puuviljakasvatus

Dimambro et al. (2018) tegid kokkuvõtte teaduskirjanduses leiduvatest andmetest mahe- ja tavapõllumajandusliku puuviljakasvatuse mõjust elurikkusele (tabel 4). Cerutti et al. (2011, viidatud Dimambro et al. (2018)) täheldasid järgmist: „Kuigi keskkonnaarvestuse metodoloogilisi aspekte toidutootmises on juba uuritud, pole keskkonnanäitajate kasutamine puuviljakasvatuses väga levinud ja parima meetoodika suhtes üksmeel puudub. Analüüsides on seni kasutatud väga erinevaid lähenemisi — seda nii andmete kogumise ja laiendamisega seotud küsimuste lahendamisel kui ka eesmärgi püstitamisel ja uuringu ulatuse kindlaksmääramisel.“ Dimambro et

al. (2018) käsutuses oli vähe puuviljakasvatusega seotud teaduskirjandust: autorid tuvastasid kokku ainult 13 uuringut, mis käsitlesid mitmeaastaseid kultuure (viljapuuaiad, viinamarjaistandused ja agrometsandus). Oma ülevaates viitasid autorid kaheteistkümnele juhule, kus mahepõllumajandus tõstis taimede mitmekesisust, ühel puhul polnud mingit muutust ja kahel korral tuvastati võrreldes tavatootmisega väiksem liigirikkus (Rahmann, 2011). Viidati ka uuringutele, kus oldi eri liigirühmade suhtes jõutud erinevatele järeldustele.

Viljapuuaias on oluline roll alustaimestikul, mille majandamiseks on mitmesuguseid lähenemisi: rohukamar kogu ala ulatuses, rohukamaraga reavahed, karjatamine või niitmine. Poola õuna- ja kirsipuuaiades tehtud uuringus täheldati, et mahetootmises oli umbrohtude mitmekesisus suurem kui tavatootmises. Selle põhjuseks loeti korduvat pinnalähedast mullaharimist ja herbitsiidide mittekasutamist, mis võimaldas mitmeaastastel umbrohtudel jõudsamalt kasvada. Umbrohtude liigilist koosseisu mõjutasid nii mullaharimisviisid kui ka keskkonnatingimused (Lisek and Sas-Paszt, 2015). Tšehhis läbiviidud uuringus leiti, et alustaimestiku liigirikkus oli maheõunaistandustes oluliselt suurem kui tavaõunaistandustes või integreeritud süsteemi puhul (Lososová et al., 2011).

Tabel 4. Kokkuvõtte viljapuuaiade elurikkusest, mahe- ja tavatootmise mõju võrdlus

Uuritud tunnus	Tootmistüüp	Pikaajaline uuring / aastaid	Mõju			Viide	
			Suurenemine	Erinev	Ei leitud		Vähennemine
Umbrohtude katvus	Viljapuuaiad (õun)	3				-	Meng <i>et al.</i> (2016)
Umbrohtude mitmekesisus	Viljapuuaiad (õun ja pirn)	4	+				Lisek ja Sas-Paszt (2015)
Liigirikkus	Viljapuuaiad (õun)	Ei	+				Lososová <i>et al.</i> (2014)
Elurikkus	Viinamarjaistandused	Ei		+/-			Puig-Montserrat <i>et al.</i> (2017)

Ämblikuliste arvukus, liigirikkus ja liigiline mitmekesisus	Viljapuuad (õun)	Ei		+/-			Im <i>et al.</i> (2015)
Sipelgate arvukus, liigirikkus ja toitumine koi vastsetest	Viljapuuad (õun)	Ei	+				Schurr (2017)
Maa peal elavate putukate indikaatoritaksonite mitmekesisus ja asustustihedus	Viljapuuad (õun)	Ei	+				Popov <i>et al.</i> (2017)
Tolmeldajate liigirikkus ja arvukus	Viljapuuad (õun)	Ei			x		Alins <i>et al.</i> (2016)
Ämblikuliste ja jooksiklaste bioloogiline mitmekesisus ja arvukus	Viinamarja-istandused	Ei		+/-			Caprio <i>et al.</i> (2015)
Sipelglaste arvukus ja isendite arv	Viinamarja-istandused	Ei	+				Masoni <i>et al.</i> (2017)
Rohutirtsulate, ämblikuliste ja taimede arvukus, liigirikkus ja koosluste struktuur	Viinamarja-istandused	Ei		+/-			Bruggisser, Schmidt-Entling ja Bacher (2010)
Rasvatihase järglaste arv hektari kohta	Viljapuuaiad (õun)	3	+				Bouvier <i>et al.</i> (2005)
Haudelindude arvukus, liigirikkus, mitmekesisus	Viljapuuaiad (õun)	3	+				Bouvier <i>et al.</i> (2011)
Lindude mitmekesisus	Viljapuuaiad (õun, ploom jne)	Ei	+				Genghini, Gellini ja Gustin (2006)
Lindude liigirikkus ja arvukus	Viljapuuad (õun)	Ei		+/-			Katayama (2016)
Haudelindude pesitsustihedus, Pesitsusedukus ja pesakoha valik	Viinamarja-istandused	Ei			x		Assandri <i>et al.</i> (2017)

Allikas: Dimambro *et al.* (2018)

Mahepõllumajanduslike viljapuuadade selgrootute mitmekesisuse uuringud on andnud vastakaid tulemusi. Miñarro *et al.* (2009) uurisid mahe- ja tavaõunakasvandusi, kus kasutati kolme erinevat reavahe majandamisviisi (põhumultš, mullaharimine ja herbitsiidid), et teha kindlaks tootmisviisi mõju maapinnal elavatele röövtoidulistele. Reavahe harimisviisi mõju oli viljelussüsteemi omast suurem. Multši kasutamisega vähenes loendatud röövtoiduliste koguarv; jooksiklasi oli vähem, lühitiiblasti rohkem. Sipelgate, ämblikute või kokku kõigi putukate liigirikust harimisviis oluliselt ei

mõjutanud, kuid herbitsiidikasutusega aladelt leiti rohkem jooksiklasi. Väetiste kasutamine mõjutas ainult lühitiiblaste liigirikkust, mis oli suurem väetatud aladel. Im et al. (2005) leidsid, et ämblikuliste arvukus (isendite koguarv) oli maheõunaaedades suurem kui tavatootmises; liigirikkuses ja liikide mitmekesisuses aga olulisi erinevusi ei täheldatud. Hispaanias läbi viidud uuringus vaadeldi õunapuid tolmeldavaid putukaid ega leitud märkimisväärset vastastikku mõju tootmisviisi (mahe- või tava-) ning tolmeldajate õite külastussageduse, viljade tekke ja viljas sisalduvate seemnete arvu vahel (Alins et al., 2016). Autorite sõnul võiks mõju puudust selgitada asjaolu, et õunapuuaiad olid võrreldes neid ümbritseva tavapõllumajandusliku tootmisega suhteliselt väikesed.

Dimambro et al. (2018) tegid kokkuvõtte õunaaedade linde käsitlevast teaduskirjandusest. Hollandi õunaaikatses täheldati maheviljeluse puhul suuremat röövikute arvukust kui integreeritud taimekaitsega puuviljaaedades, isegi siis kui rasvatihaste asustustihedust toetati pesakastide paigaldamisega (Mols and Visser, 2007): nimelt peetakse rasvatihast röövikute tõrje osaks. Prantsusmaal tehtud uurimistöö näitas, et sinitihase järglaste arv hektari kohta oli maheõunaaedades oluliselt kõrgem kui tavaviljeluslikes ja integreeritud taimekaitsega õunaaedades (Bouvier et al., 2005). Arvatavasti vähenes mittemahepõllumajanduslikus õunaaias pestitsiidide tagajärjel putukate arv, kellest sinitihane toitub. Teises Prantsusmaal tehtud katses leiti, et lindude arvukus, liigirikkus ja mitmekesisus olid kõige suuremad maheõunaaedades ning kõige väiksemad tavaõunaaedades; samuti seda, et kahjuritõrje strateegia mõjutas putuktoidulisi linde rohkem kui teratoidulisi (Bouvier et al., 2011), mis viitab taaskord saakputukate olemasolule kui tegurile. Sarnaseid tulemusi andis ka Jaapani katse, kus maheõunaaia liigirikkus oli suurem tavaõunaaia omast (Katayama, 2016); samas leidis maheaedades arvukamalt ainult putuktoidulisi linde, aga mitte teratoidulisi liike või omnivoore. Põhja-Itaalias tehtud katses (Genghini, Gellini ja Gustin, 2006), mis uuris mitmesuguseid puuviljaaedu (virsik, viinamari, kiivi, pirn, aprikoos, kirss, hurmaa ja ploom) ning viljelusviise (tava-, mahe- ja integreeritud taimekaitsega), nähti, et kõigi põllumajandussüsteemide puhul olid kõige levinumad teratoidulised linnuliigid. Putuktoidulisi liike oli üldiselt vähem, kuid nende arvukus oli suurem mahe- ja integreeritud põllumajanduses. Mahe- ja integreeritud viljeluses oli lindude mitmekesisus võrreldes tavatootmisega suurem. Autorite arvates oli nimetatud erinevuste peamiseks mõjutajaks valitud kahjuritõrjeviis, kuid teatud rolli võivad mängida ka põllumajandusettevõtte tüüp ja puuviljaia struktuur.

JÄRELDUSED

Nüüdseks on kogunenud piisavalt teaduslikke tõendeid selle kohta, et mahepõllumajandus soodustab elurikkust Euroopas. Enamik katsetest on läbi viidud parasvöötme põllumaadel, kuid järjest rohkem on uurimistöid ka rohumaade, köögiviljakasvatuse, Vahemeremaades oliivi- ja muude kultuuride kasvatuste kohta, mis kinnitavad alltoodud üldisi järeldusi:

- Võrreldes sarnaste mittemahepõllumajanduslike süsteemidega, suurendab mahepõllumajandus mitut tüüpi elupaikades ja põllumajandusettevõtetes nii isendite arvukust kui ka liigirikkust.
- Põllumaadel suureneb liikide elurikkus nii põllu piires (kultuuride sees) kui ka põlluservades ning mahetootmine suurendab liikide arvu 20–95% ja isendite arvukust 75–150%, kusjuures põllu piires on muutus kõige suurem.
- Samuti toetab maheviljelus mulla mikrobioloogilist mitmekesisust ning putuka- ja linnupopulatsioone. Põllumaadel on kõigi katsete lõikes tuvastatud keskmiselt 23% suurem putukate liigirikkus ja 30% suurem tolmeldajate liigirikkus.
- Rohumaadel on taimede ja mulla mikrobioloogilise mitmekesisuse erinevus väiksem, sest püsirohumaadel on mittemahepõllumajanduslik viljelus vähem intensiivne.
- Lühiajalistel rohumaadel, kus kasvavad enamasti kõrrelised/ristik või lutsern, võivad domineerida vähesed külvatud liigid, aga ka mittekülvatud liike on rohkem. Õige majandamise korral võivad õitsevad liblikõielised luua tolmeldajatele soodsad tingimused. Samuti on orgaanilise aine lisandumisel positiivne mõju nii mulla mikrobioloogilisele mitmekesisusele kui ka vihmaussidele.
- Niisamuti kui põllumaadel, on ka aianduses mitmekesisus suurem haritava ala keskel, aga lisaks ka puuviljaaedade alustaimestik, mis on soodus putuktoiduliste linnuliikidele.
- Vahemeremaade oliivi- ja viinamarjaistandustes on tehtud suhteliselt vähe uuringuid. Neist on olnud näha mõningast maheviljelusest tõusvat kasu, kuid ka maastiku olulist rolli.

Saadud tulemused toetavad üldiselt EL mahepõllumajanduse tegevuskava viidet, et keskmiselt on maheviljeluses 30% rohkem elurikkust. Kuna seni on keskendutud parasvöötme põllumajandusmaadele, tuleks lisaks uurida ka teisi maakasutusviise ja piirkondi, keskendudes rohkem sellele, kuidas soodsaid tingimusi luua ja toetada, ja anda see teadmine edasi põllumajandustootjatele, pakkudes neile nõustamist ja koolitust.

KUIDAS TOETAVAD MAHETOOTMISES KASUTATAVAD PRAKTIKAD UURINGUTE TULEMUSI?

Ühendkuningriigi (ÜK) keskkonna-, toidu- ja maaeluministeriumi juhitud uuringus (DEFRA, 2018) vaadati üle mahepõllumajanduse nõuetes mainitud praktikad ja nende mõju keskkonnavalastele tulemustele. Järeldustes tõsteti esile märkimisväärset keskkonnavalast kasu, mida võib tuua maheviljeluspraktikate kasutamine. Eriti kehtib see selliste näitajate puhul nagu mullakvaliteet, taastumatute energiaallikate ressursitõhusus ja elurikkus. Võrreldes tootmisviisiga, kus on kõrge sisendite ja väljundite tase, võivad mõned vaadeldud praktikatest saagikust vähendada, mille tulemuseks võib olla vähem positiivne keskkonnamõju tooteühiku kohta. Samas saadakse maheettevõtetes paremaid tulemusi, kui võrdlusi tehakse pinnaühiku kohta.

Mahepõllumajanduse Teadusuuringute Keskuse (ÜK, ORC)) meeskond vaatas maheviljelusnõuded üle ja kirjeldas koostöös spetsialistidega erinevaid praktikaid ja tehnikaid, andes neile seejärel keskkonnamõju, sh elurikkuse seisukohast hinnangu. Elurikkuse hindamise tulemused on näidatud tabelis 5. Kokkuvõttes hinnati mahepõllumajanduspraktikate potentsiaali mitmesuguste keskkonnatulemuste, sh elurikkuse parandamisel märkimisväärseks.

Tabel 5. Hinnang mahepõllumajanduse mõjule elurikkusele

Praktika	Mõju elurikkusele	
Segapõllumajandus	↑↑	Maaviljeluse ja karjakasvatusega tegelevate põllumajandusettevõtete koostöö, mis vähendab tänu sõnniku kasutamisele ja tootmise suuremale mitmekesisusele kunstväetiste kasutamist (Watson <i>et al.</i> , 2005; Rodrigues <i>et al.</i> , 2006; Wilkins, 2008; Scialabba ja Müller-Lindenlauf, 2010; Knox <i>et al.</i> , 2011; Lemaire <i>et al.</i> , 2014; Soussana ja Lemaire, 2014; Lampkin <i>et al.</i> , 2015 ; Smith, Williams ja Pearce, 2015; Altieri ja Nicholls, 2017)
Mitmekesisete külvikordade kasutamine	↑↑↑	Eri tüüpi kultuuride kasutamine, mis parandab tänu mitmekesisema ülesehitusega juurestikule ja väiksemale haiguste/kahjurite levikule mullastiku seisundit (Marcroft <i>et al.</i> , 2004; Ball <i>et al.</i> , 2005; Beckie, 2006; Smith <i>et al.</i> , 2008; Stobart, 2011; McDaniel, Tiemann ja Grandy, 2014; Gaudin <i>et al.</i> , 2015; Lynch ja Wojciechowski, 2015; Maltais-Landry ja Frossard, 2015; Preissel <i>et al.</i> , 2015; Venter, Jacobs ja Hawkins, 2016; Altieri ja Nicholls, 2017)
Sõnniku ja kompostiga väetamine	↑	NPK-väetiste asemel kohapeal toodetud sõnnik ja kompost (Smith <i>et al.</i> , 1998; Gunapala ja Scow, 1998; Chambers, Smith ja Pain, 2000; Sharpley ja Moyer, 2000; Fließbach ja Mäder, 2000; Blair <i>et al.</i> , 2006 ; Flavel ja Murphy, 2006; Rigolat <i>et al.</i> , 2010; MacLeod <i>et al.</i> , 2010; Hjorth <i>et al.</i> , 2011; Hartmann <i>et al.</i> , 2015a; Neher, Weicht ja Dunseith, 2015; Hijbeek <i>et al.</i> , 2018)

Mäletsejate söötmine peamiselt rohusöödaga	↑↑	Eeldab mäletsejate söötmist peamiselt rohusöödaga (nt ristik jt heintaimed), st kasutades vähem/minimaalselt teravilja- ja segasööta (Bailey <i>et al.</i> , 2003; Lee, Isenhardt ja Schultz, 2003; Nevens ja Reheul, 2003; Hancock ja Wilson, 2003; Parish ja Sotherton, 2004; Berry, Ogilvy ja Gardener, 2004; Ros, Klammer, <i>et al.</i> , 2006; Ros, Pascual, <i>et al.</i> , 2006; Carvell <i>et al.</i> , 2007; Tejada <i>et al.</i> , 2008; Wilkins, 2008; Smith, 2009; Tejada, Hernandez ja Garcia, 2009; Dougherty <i>et al.</i> , 2009; Borin <i>et al.</i> , 2010; Dalal <i>et al.</i> , 2010; Smith <i>et al.</i> , 2011; Diacono ja Montemurro, 2011; Tuomisto <i>et al.</i> , 2012a, 2012b; Soussana ja Lemaire, 2014; Van Zanten <i>et al.</i> , 2014; Smith, Williams ja Pearce, 2015; Benton <i>et al.</i> , 2017; Salou, Le Mouél ja van der Werf, 2017; DEFRA, 2017)
Mehhaaniline umbrohutõrje	↑↑	Umbrohutõrje pinnalähedase maaharimisega, sh vedrupii- või sõrmakkega ja reavahede harimisega (Dawson, Huggins ja Jones, 2008; Bajgai <i>et al.</i> , 2015; Crittenden <i>et al.</i> , 2015; Smith, Williams ja Pearce, 2015; Melander <i>et al.</i> , 2017; Pesticide Action Network, 2017)
Lühiajaliste rohumaade lisamine põllukülvikorda	↑↑	1–3-aastaste liblikõieliste või heintaimedega rohumaade kaasamine põllukülvikorda suurendab mulla viljakust ja bioloogilist aktiivsust. (Watson <i>et al.</i> , 2005; Wilkins, 2008; Knox <i>et al.</i> , 2011; Döring <i>et al.</i> , 2012; Moss ja Lutman, 2013; IBERS, 2014; Loaiza Puerta <i>et al.</i> , 2018; Sanders ja Hess, 2019)
Kahjurite looduslike vaenlaste soodustamine	↑↑↑	Põllumajandusettevõtte maa(de) eraldamine loodushoiule, sh looduslike alade rajamine/kaitsemine (nt putukahotellid, liigirikad põlluservad), et kahjuritõrje toimiks looduslike vaenlaste abil (Carlsson ja Huss-Danell, 2003; Hovi, Sundrum ja Thamsborg, 2003; Doyle ja Topp, 2004; Edwards, 2005; Eriksson <i>et al.</i> , 2005; Halberg <i>et al.</i> , 2010; Dekker <i>et al.</i> , 2012; Tuomisto <i>et al.</i> , 2012b; Lampkin <i>et al.</i> , 2015; Steinfeldt ja Hammershøj, 2015; Vogeler, Vibart ja Cichota, 2017)
Haljasjätmetest komposti kasutamine	↑	Maastikukujunduses ja aianduses tekkivad haljasjätmed toimivad põllumulla seisundiparandajana, vähendavad väetiste kasutamist, parandavad mulla tervist ning vähendavad prügilasse ladestamist (Leighty, 1938; Power, 1990; Latif <i>et al.</i> , 1992; Liebman ja Dyck, 1993; Nemecek <i>et al.</i> , 2008; Lassaletta <i>et al.</i> , 2014)
Loomadele aastaringse väljas viibimise võimaldamine, nii palju kui võimalik	*	Kariloomade aastaringne õues käimise võimalus, sh jalutusalad (Savory ja Butterfield, 1998; Smith, Williams ja Pearce, 2015; Garnett <i>et al.</i> , 2017; Muller <i>et al.</i> , 2017)
Mitmesuguste heintaimedega rohumaad	↑↑↑	Mitmesuguste liikide kasutamine rohumaal, nt ristik, lutsern, esparsett, liblikõielised, raihein, põldtimut, harilik kerahein, aruhein ja sigur (Storkey <i>et al.</i> , 2011; Döring <i>et al.</i> , 2012; Lampkin <i>et al.</i> , 2015)
Suurema liblikõieliste osakaaluga külvikorrad	*	On kaks peamist liblikõieliste rühma: kaunviljad ja mitmeaastased söödataimed. Käesolevas hinnangus keskenduti esimesele kategooriale, st külvikorras kasutatavatele kaunviljadele. (Lassaletta <i>et al.</i> , 2014; Voisin <i>et al.</i> , 2014; PGRO, 2017; Stagnari <i>et al.</i> , 2017)
Uuenduslikud söödataimed (nt sigur)	↑↑	Söödataimede, nagu lutsern, esparsett või sigur, lisamine loomakasvatusevõtte karjamaadele. (Marley <i>et al.</i> , 2006; Dawson, Huggins ja Jones, 2008)
Põllukultuuridele põldheina allakülvid	↑↑↑	Allakülvi tegemine põllukultuuri, enamasti teravilja külvamise ajal või järel, mis võimaldab allakülvatud taimedel kasvada siis, kui põhikultuuri pole (Watson <i>et al.</i> , 2005; Wilkins, 2008)

Tootmisviisi mõju hindamisel kasutati järgmist skaalat: Puudub: ~; Väike: ↑; Keskmine: ↑↑; Suur: ↑↑↑; Oleneb kontekstist/süsteemist: *. Allikas: DEFRA (2018)

Mahepõllumajanduse uurimisinstituut FiBL (Pfiffner and Balmer, 2011) tõi välja maheviljelussüsteemide suurema elurikkuse peamised põhjused:

- herbitsiidide jt sünteetiliste pestitsiidide mittekasutamine;
- väiksemate väetisekoguste ja rohkema orgaanilise väetise kasutamine;
- väiksem kariloomade loomkoormus;
- mitmekesisem, suure ristiku/kõrreliste osakaaluga külvikord;
- vähendatud maaharimine;
- suurem poollooduslike alade osakaal;
- suurem ökoalade osakaal;
- mitmekesisema struktuuriga ettevõtted.

Lisaks pole tänu väiksemale lämmastik- ja fosforväetiste kasutusele veeökosüsteemid nii suure eutrofeerumisest tuleneva surve ega lämmastikutundlikud liigid omakorda õhusaaste surve all.

SÜSTEEMI MITMEKESISUS / SEGAPÕLLUMAJANDUS

ORC tehtud ülevaade teaduskirjandusest (DEFRA, 2018) rõhutas olulist kasu, mida võib saavutada segapõllumajandust viljeledes e kui kombineerida edukalt taime- ja loomakasvatus. Eriti suur potentsiaal on sellel siis, kui kariloomade jaoks rajatakse lämmastikku siduvate liblikõieliste taimedega lühiajalisi rohumaid, see suurendab mullaviljakust ja elurikkust ning aitab võidelda kahjurite, haiguste ja umbrohtudega, vähendades samaaegselt sõltuvust mineraalsest lämmastikväetisest (Knox et al., 2011; Lemaire et al., 2014).

Ulber *et al.* (2009) märkisid, et mahetalude taimede liigirikkus tuleneb mitmest tegurist, nagu pikemad külvikorrad või herbitsiidide ja mineraalväetiste mittekasutamine. Lisaks rõhutasid autorid, et mittemahepõllumajanduslikus süsteemis ei piisa ainult ühe viljeluspraktika kasutuselevõtust: näiteks ainult külvikordade sisseseadmisest, nende katsetes see võtte üksinda taimede liigirikkust ei suurendanud.

Võrreldes tavapõllumajandusega on maheettevõtetes tavaliselt rohkem soodsaid elupaiku, nagu hekid, rohumaaribad põlluservades ja kraavide ääres, väikesed põllud jne. Norton *et al.* (2009) uurisid Inglismaa talusid ja täheldasid, et mahetalud asusid mitmekesisemas maastikus ning olid

väiksemad; et sealsed hekid olid kõrgemad, laiemad ja tihedamad, sest neid pügati harvemini; et seal kasutati heintaimedega külvikordi ning kombineeriti sagedamini taime- ja loomakasvatust. Mitmekesises maastikus olid maheettevõtete maaüksused ja majapidamised keerukama struktuuriga kui mittemahedates ettevõtetes. Sellest tulenevalt on tekkinud arutelu, kas eelise annab tootmistüüp või pigem elupaik, mis on tootmistüübist sõltumatu. Mõnes teadusuuringus, nt Chamberlaini *et al.* (2010) töös väidetakse, et maheviljeluse eelised, mida antud juhul täheldati põllulindude populatsioonides, tulenevad „peamiselt suuremast elupaikade heterogeensusest“, mitte maheviljelustavade. Kuid nagu nähtub alljärgnevalt, on mahetalude keerukus suurem isegi mitmekesises maastikul.

Mitmed uurimistööd, kus vaadeldi eri taksoneid, tõid välja, et maheviljelussüsteemide eelised on eriti suured lihtsamates põllumajandusmaastikes, kus maheettevõtted on võrreldes tavaettevõtetega nii ruumilises kui ka ajalises kontekstis mitmekesisemad (nt Clough *et al.*, 2007b; Boutin *et al.*, 2008; Batáry *et al.*, 2010). Lisaks leidsid aga Norton *et al.* (2009), et isegi mitmekesises maastikes olid mahetootmisüksuste maatükid ja majapidamised keerukamad kui mittemahepõllumajanduslikes üksustes. Mõned uurimused on näidanud ka seda, et mahetalud võivad mõjutada ümbritseva maastiku elurikkust, sest suure mahemaa osakaaluga piirkondades on ka tavaettevõtetes täheldatud suuremat mitmekesisust (nt Rundlöf *et al.*, 2008; Gabriel *et al.*, 2010; Hodgson *et al.*, 2010), viidates asjaolule, et liigid levivad naabruses asuvatele tavapõllumajanduslikele aladele.

Keerukamad ja mitmekesisemad süsteemid toetavad elurikkust, luues rohkem omavahel potentsiaalselt ühendatud elupaiku, mis on soodus nii maapealsele kui ka maa-alusele taimestikule ja loomastikule. Kui ettevõttes leidub samaaegselt erinevaid omavahel ruumiliselt eraldatud elupaiku, nt lisaks põllukultuuridele ka lühiajalisi õistaimedega rohumaid, liigirikkaid rohumaid, rohtseid põllupeenraid ja hekke, on igal ajahetkel korruga soodsad tingimused tolmeldajatele, põlluumbrohtudele, rohumaa loomastikule jne. Niimoodi luuakse elu- ja pelgupaiku ka kahjurite looduslikele vaenlastele, mis vähendab pestitsiidide kasutamist. Mitmekesisem süsteem pakub igasuguseid elupaiku kõikvõimalikele loomadele, sh lindudele, imetajatele ja mitmesugustele putukatele, sh tolmeldajatele.

KÜLVIKORD

Külvikord on mahepõllumajanduse nurgakivi ja vastavalt mahepõllumajandusnõuetele tuleb selle planeerimisel silmas pidada teatud põhimõtteid. Nende hulka kuuluvad toitainete kogumise ja tarbimise faaside vaheline tasakaal; liblikõieliste lisamine külvikorda, et varustada järgmisi kultuure lämmastikuga; mitmesuguse juurestruktuuriga taimede kasvatamine; piisava ajavahemiku jätmine ühesuguste kahjustajate ja haigustega liikide kasvatamisel. Umbrohutõrje eesmärgil kasvatatakse nii suvi- kui ka talikultuure.

Üleilmses mahe- ja tavapõllumajanduse külvikordade võrdluses, mis põhines Barbieri *et al.* (2017) poolt koostatud teaduskirjanduse metaanalüüsil ja mille võttis kokku Dimambro *et al.* (2018), jõuti järeldusele, et mahetootmise maakasutus erineb tavatootmise omast ning et selle keerukamad külvikorrad ilmselt parandavad agroökosüsteemis pakutavaid ökosüsteemiteenuseid. Peamised mahe- ja tavapõllumajanduse erinevused, mis uurimistöös tuvastati:

- sagedasem püüdekultuuride/vahekultuuride ja allakülvide kasutamine maheviljapõldudel;
- väiksem teraviljade osakaal;
- sagedam teravilja vaheldamine liblikõielistega;
- rohkem lämmastikku siduvaid kultuure, sh lühiajalisi rohumaid, kus kasvatatakse liblikõielisi ja teisi heintaimi;
- mitmekesisemad külvikorrad;
- pikema kestvusega külvikorrad.

Mahepõllumajanduslikul segapõllumajandusel ja külvikordadel, millel see põhineb, võib olla põllumajanduse elurikkuse suurendamisel oluline roll. Külvikorra eri etappides taime- ja loomakasvatuse kombineerimine, kasutades ära näiteks sõnnikut, kasvatades sööta ja/või karjatades loomi lühiajalisel rohumaal (liblikõielised/kõrrelised), on oluline osa paljude avalike keskkonnahüvede tagamisel; muuhulgas parandab see vee- ja mullakvaliteeti ning suurendab elurikkust. Tänu külvikordadele tekkiv suurem maastiku liigestatus toetab erinevate taksonite (taimed, putukad, väikeloomad ja linnud) arvukust, eelkõige seetõttu, et see tagab neile pideva taimestikuga ja ilma häiringuteta põllumaa (st rohumaa) olemasolu (Lemaire *et al.*, 2014).

Avalike keskkonnahüvede pakkumise kaalutlustel on oluline kasvatada mitmekesisust suurendavaid kultuure ja sorte ning erineva maapealse ja maa-aluse struktuuri ja biomassiga taimi. Külvikorras sisalduvate kultuuride arv koos sama kultuuri kordumise sagedusega võib mõjutada külvikorra poolt pakutavat keskkonnahüve. Ka erinevate liikide segude või vahekultuuride kasvatamine võib mõju suurendada. Venter *et al.* (2016) tõestasid, et mitmekesisemates külvikordades on mulla mikroobikooslus arvukam (+15,11%) ja mitmekesisem (+3,36%), mille põhjuseks võib pidada erinevaid orgaanilise aine sisendeid, aga ka mullastruktuuri ja elupaikade muutust. Olenevalt valitud kultuuridest ja vastavalt nende pakutud elupaikadele on võimalik toetada maapealset elurikkust. Eri aegadel õitsevad taimed võivad ligi meelitada erinevaid tolmeldajaid.

Samuti võib põllumajandussüsteemi elurikkust suurendada, kui kasvatada püsi- või lühiajalistel, karjatatavatel või mittekarjatatavatel rohumaadel eri liiki heintaimi. See parandab tõendatult mullastruktuuri, lämmastiku kättesaadavust, elurikkust, taimestikuga kaetust ja põuakindlust. Sellise lähenemisega väheneb rohumaade monokultuursus (Wilkinson, 2017). Erinevate liikide segus kasvatamine soodustab tolmeldajate aktiivsust kogu hooaja jooksul ja tagab lindudele suurema toiduvaliku. Looduslike taimede mitmekesisust erinevate liikidega rohumaad ei kahjusta (Zaralis *et al.*, 2016). Maheloomakasvatuseettevõtetes on selliste söödakultuuride nagu lutsern, esparsett ja sigur, lisamine karjamaasegudesse sagedane praktika. Uuenduslikud söödataimed võivad kasvada monokultuurina, kuid üldiselt kasvatatakse neid saagikuse, elurikkuse, ressursitõhususe ja mulla seisundi parandamise eesmärgil segus koos teiste taimedega (nt ristikutega, mis aitab parandada bioloogilise sidumise abil lämmastikuga varustatust). Lutsern aitab luua elupaiku mikroorganismidele ja selgrootutele, suurendades nii ettevõtte elurikkust (Veronesi, Huyghe and Delgado, 2006). Õistaimede rohkus ja pikemad õitsemisperioodid suurendavad nektari ja õietolmu kättesaadavust, parandades nii kimalaste liigirikkust ja suurendades tolmeldajate arvukust (Knight *et al.*, 2009; Potts *et al.*, 2009; Stanley, Knight ja Stout, 2013).

Lühiajalisi rohumaad võib rajada nii kultuuri külvamisega samal ajal kui ka pärast seda. Tavaliselt toimub lühiajalise rohumaad rajamine allakülvina, mistõttu seda on võimalik teha, kui põhikultuur veel kasvab ja see vähendab lühiajalise rohumaad külvamise eelset maaharimise vajadust. Allakülvina rajatud rohumaad pakuvad häid talvituspaiku paljudele putukatele. Täiskasvanud

putukad munevad ümberkaudsetele teraviljapõldudele ja nii on kesksuveks, linnupoegade koorumise ajaks palju vastseid, millest linnud saavad toituda (GWCT, 2018). Allakülviga suviõndrapõllul on nt täheldatud suuremat lülijalgsete arvukust, asustustihedust ja liigirikkust kui monokultuursetel põldudel (Huusela-Veistola ja Hyvönen, 2006). Soomes tehtud katse näitas, et põldudel, millel kasvas kõrreliste või kõrreliste ja punase ristiku allakülviga suviõnder, oli võrreldes suviõndra kontrollpõlluga rohkem ämblikulisi ja vähem kahjurputukaid; samas kui jooksiklaste arvukus oli sarnane (Fletcher, 2018).

Külvikorrad ja nendesse lisaks põllukultuuridele ka loomakasvatuseks vajalike heintaimede lisamine aitab mäletsejaid sööta peamiselt rohusöödaga. See võimaldab peamiselt rohusöödapõhist liha- ja piimatootmist, aidates vähendada kontserteeritud sööda koguseid. Samuti väheneb vajadus kunstlike sisendite, eriti väetise ja sisseostetud sööda järele. Rohumaade rajamine võib aidata säilitada või suurendada talu funktsionaalset liigirikkust (Wilkins, 2008), samas võib rohumaade aluse pinna väga suur laienemine tuua kaasa kaitsealuse või metsamaa osakaalu vähenemise (Basset-Mens ja Van Der Werf, 2005; Fischer *et al.*, 2014). Loomade ekstensiivne karjatamine võib rohumaade liigilisele mitmekesisusele olla soodsam kui taimede kasutamine siloks või multšiks (Lampkin *et al.*, 2015), kuid võib suurendada põllumajanduseks vajalikku pinda, piirates nii kaitsealuse või muu otstarbega maa saadavust (Green *et al.*, 2005).

Lisaks segapõllumajanduse ruumilisele mitmekesisusele annab külvikordade kasutamine sellele ka ajalise mõõtme. Külvikorra rakendamisega kaasneb üldiselt mitmekesisem kultuuride valik ja lühiajaliste rohumaade olemasolu. Mitmekesisemad kultuurid ja rohumaad toetavad taimestiku ja loomastiku liigirikkuse tõusu nii põllul, rohumaal kui ka mullas. Mitmeliigilised külvikorras olevad lühiajalised rohumaad soodustavad taimestiku liigirikkust, vähendavad samas vajamineva sünteetilise väetise hulka ja suurendavad mulla elustiku aktiivsust. Kultuuride väiksem saagikus võimaldab kasvada põlluumbrohtudel, mida intensiivpõllumajandusest üldiselt ei leia. Tänu külvikordadele võib vastava ettevõtte või maastiku piires leida eri ajahetkedel eriilmelisi elupaiku, mis on soodsad liikuvamate liikide, nagu lindude, imetajate ja mitmesuguste putukate, elurikkusele.

PÕLLUMAJANDUSKEMIKAALIDE VÄLTIMINE

Mullaviljakus

Sünteetiliste lämmastik- või fosforväetiste kasutamisel on elurikkusele otsene negatiivne mõju, mida maheviljelus aitab ära hoida.

Nimetatud mõju hulka kuuluvad:

- lämmastikutundlike liikide pärssimine, mida osaliselt põhjustab lämmastikule hästi reageerivate liikidepoolne konkurents;
- vee-elupaikade eutrofeerumine ja vetikate vohamine, mida tekitab nitraatide leostumine, mullaerosiooni põhjustatud fosforikadu ning sõnniku ja läga laotamise äravool;
- toitainete kuhjumine, mulla hapestumine ja orgaanilise aine vähenemine (mis mõjutab eelkõige vihmausse ja mükoriisat).

Mahetootmises kasutatav ainulaadne lähenemine mullaviljakuse soodustamiseks ja majandamiseks, mida mittemahepõllumajanduslikes ettevõtetes ei kohta, keelab sünteetilised lämmastikväetised ja kasutab keerukamaid külvikordi (vt eespool), mis põhinevad peamiselt liblikõieliste/kõrreliste lühiajalistel rohumaadel ja täiendaval sõnniku kasutamisel. Liblikõieliste ja muude heintaimedega rohumaade kaasamine põllukülvikorda tõstab mulla viljakust ja mulla bioloogilist aktiivsust, suurendab selle orgaanilise aine sisaldust, aitab ennetada haigusi, tõrjuda umbrohte, soodustada ettevõtte elurikkust ning tugevdada kultuuride ja loomade tervist. Rohumaade liigirikkus aitab suurendada putukate, väikloomade ja lindude elurikkust (Weibull, Östman ja Granqvist, 2003).

Mullaviljakuse parandamisel on oluline roll kohapeal toodetud või sisse ostetud sõnnikul ja kompostil. Litterick et al. (2004) defineerivad komposti järgmiselt: „tahkeid osakesi sisaldav, kompostimise teel saadud puhastatud ja stabiliseeritud orgaaniline aine, mis avaldab mulda andmisel ja/või taimedega koos kasutamisel soodsat mõju“. Põllumajanduslikus tootmises on komposti kasutamine tuntud praktika, kuid tähelepanu peab pöörama toitainete bilansile ja reguleerima väetiste kasutust vastavalt vajadusele.

Sõnniku ja komposti kasutamisega taastatakse mullas taime- ja loomakasvatustoodanguga ära viidud mikro- ja makrotoitainete hulka ning suurendatakse orgaanilise aine sisaldust. Sõnniku ja komposti eelis on selliste mikrotoitainete sisaldus, mida keemilistes väetistes ei leidu. Pikaajalises välikatsetes, kus võrreldi sõnniku või komposti kasutamisega külvikordi kunstväetisi kasutavate süsteemidega, leiti orgaaniliste väetistega mullast erinevaid mikroobide kooslusi. Mahesõnniku kasutamine suurendas mullas leiduvate mikroorganismide sisaldust ja vähendas nende ühetaolisust (Hartmann et al., 2015b).

Mullaviljakust suurendavate liblikõieliste taimedega rohumaade, haljasväetiste, sõnniku ja komposti kasutamisega kaob vajadus kasutada sünteetilisi väetisi. Nimetatud meetodid suurendavad mulla bioloogilist aktiivsust, sest annavad sellele vajalikku energiat ja toitaineid, mis võimaldab kasvada mitmetel umbrohu- ja taimeliikidel, mida väetist intensiivselt kasutavast tootmisest ei leia. Eri liiki õistaimedega rohumaad tagavad tolmeldavatele putukatele vajaliku toiduallika, mida õige majandamise korral on võimalik teha kättesaadavaks kevadest sügiseni.

Umbrohutõrje

Tavapõllumajanduse herbitsiidikasutus võib suuresti välistada igasugused mittekultuurtaimed (mitte ainult umbrohud). See vähendab seemnete levimist, mis on toiduallikaks nii lindudele kui ka imetajatele, aga ohustab ka haruldaste taimeliikide ellujäämist.

Mahetootmises on sünteetilised herbitsiidid keelatud, nii et umbrohutõrjeks kasutatakse külvikorda (vt eespool) või mehhaanilisi meetodeid, kasutades umbrohtude eemaldamiseks põllukultuuride vahelt näiteks püükkide ja/või harjastega äkkeid. Umbrohtusid üldiselt päris ära ei hävitata, tagades nii haruldaste ja mitmesuguste looduslike liikide säilimise, aga ka lindude ja imetajate toiduvaru. Kuna tõenäosus, et mehhaanilise umbrohutõrje meetodid võiksid umbrohtusid täielikult likvideerida, on kaduvväike, toetatakse nii taime- ja loomaliikide suuremat mitmekesisust. Teatud taimestiku liigirikkus garanteerib nende säilimise põllul, pakkudes bioloogilist mitmekesisust ning elupaiku kasuritele / kahjurite looduslikele vaenlastele, mis omakorda tagab piisava toiduvaru lindudele. Samuti välistab see tühimike teket ja soodustab

mükoriisaseente populatsioonide arengut (Melander *et al.*, 2017; Pesticide Action Network, 2017).

Kahjurite, haiguste ja parasiitide tõrje

Süntheetiliste putukatõrjevahendite märkimisväärset mõju mitte ainult sihtorganismidele, vaid ka teistele liikidele on aastakümneid laialdaselt dokumenteeritud. Mõju võib olla otsene, juhul kui tegemist pole piisavalt selektiivse tootega, või kaudne, kui ettenägematult tõrjutakse mõne muu liigi, nt kasulike putukate või lindude peremeesorganismi või toiduallikat. Pelgupaikade loomine põlluservade ja mitmekesise taimestikuga vaheeribade, aga ka muude maastikuelementide, nagu puude ja hekkide abil, kujutab endast passiivset biotõrjet, sest soodustab kahjurite looduslike vaenlaste mitmekesisust ja arvukust.

Ka seenhaiguste tõrjeks pestitsiidide kasutamine on mahepõllumajanduses rangelt piiratud, kuigi teatud fungitsiidid, nagu keskkonda kahjustavad vaseühendid, on lubatud. Vaske tarvitatakse peamiselt vilja- ja viinapuudel ning kartulil, aga kuigi selle kasutamine on lubatud, võib seda teha väga piiratud mahu. Järjest liigutakse maheviljeluses kasutatava vase vähendamise ja täieliku keelustamise suunas (IFOAM EG, 2018). Nende väheste kultuuride puhul, mis vaseühendeid vajavad, käib märkimisväärne teadustöö alternatiivsete seenhaiguste tõrjevahendite leidmiseks.

Loomakasvatuses parasiiditõrjeks anthelmintikumide kasutamise vähendamisel on positiivne mõju sõnnikumardika liigirikkkusele ja arvukusele (Hutton ja Giller, 2003; Tonelli, Verdú ja Zunino, 2017). Mahepõllumajanduses on piiratud tingimustel lubatud nii anthelmintikumide kui ka teatud profülaktiliste veterinaarravimite kasutus. Parasiiditõrjet tehakse karjatamise rotatsiooni abil, toetudes peamiselt hästi läbi mõeldud karjatamisele ja puhastele karjamaadele. On näiteid selle kohta, et parasiiditõrjes on abi olnud alternatiivsetest söödakultuuridest, nagu harilik nõiahammas *Lotus corniculatus* ja harilik sigur *Chichorium intybus* (Marley *et al.*, 2003).

MAASTIK

Keskkonda ja elusloodust toetavad alad (nt mitmekesise taimestikuga vaheeribad, hekid, rohtsed põlluservad, agrometsandus) soodustavad põllumajandusmaastikus kahjurite looduslike vaenlaste levikut, vähendades sellega vajadust pestitsiidide järele ja toetades keskkonnateenuseid, nagu mullakaitse, erosiooni vähendamine ja toitainete säilitamine. Ökoloogilise infrastruktuuri mõjutamisega soodustatakse elu- ja liigirikkust, pakkudes mitmesugustele selgrootutele, lindudele ja imetajatele elupaiku ja toiduallikaid ning suurendades kasurite arvu (Smith et al., 2011). Kui külvata põlluservale taimi, millest linnuliigid saavad toituda, kompenseerib see tavaviljeluses põldude keskel herbitsiidide kasutamise tagajärjel tekkinud vähest mitmekesisust. Mitmekesised servaalad tagavad lindudele ka talvise toiduvaru, mis on elulise tähtsusega, sest siis on muude toiduallikate kättesaadavus piiratud (Williams, Audsley ja Sandars, 2006). Söödapõldude puhul on leitud 100 korda suuremat põllulindude arvukust ja märkimisväärselt kõrgemat liigirikkust kui ümbritsevate põldude elupaikades (Parish ja Sotherton, 2004). Õietolmu- ja nektaririkaste liikide segude külvamine põlluservadele võib oluliselt tõsta kimalaste arvukust (Carvell et al., 2007).

Mahepõllumajandus annab olulise maastikulise eelise. Kuna mahepõllud on üldiselt väiksemad, on nende vahel rohkem põlluservi (rohtseid põlluservi, hekke jne) ja see toetab elupaikade loomise abil elurikkust. Mitmed liigid vajavad teatud kindlaid ja looduslähedasi maastikuelemente. Kui sellised elemendid maastikus puuduvad, ei saa ka eeldada, et tootmisviisi mõju võiks olla märkimisväärne. Vastasel korral võiks maheviljeluse kohalik mõju olla väga suur. Gabriel et al. (2010) näitasid oma uurimistöös, et maastik ei mõjuta mitte ainult liikuvamaid liike (linde, imetajaid, putukaid), vaid et ka taimestikule võib nii ettevõttel kui ka maastikul olla oluline mõju.

Selles osas kirjeldatud praktikad, sh põllumajandust toetavate maastikuelementide kaasamine, annavad tunnistust sellest, et mitmekesine maakasutus võib aidata lahendada põllumajanduse ja elurikkuse vahelisi vastuolusid (Tschardt et al., 2012; Fischer et al., 2014; Finch et al., 2020). Kuigi on selge, et looduskeskkonna taastamine ja häiringuta looduslike elupaikade olemasolu on paljudele taimedele ja loomadele vajalik, on mitmeid liike, sh põllulinnud ja looduslikud põllulilled, mis on põllumajandusmaaga kohanenud ja neid mõjutaks maakasutuse muutmine negatiivselt. Elurikkuse säilitamisega seotud eesmärkide täitmiseks võib lisaks looduskeskkonna taastamisele

vaja minna ka muid lähenemisviise. Selles kontekstis on väheintensiivsel, mitmekesise maakasutusega põllumajandusel, nagu seda on maheviljelus, võtmetähtsus.

JÄRELDUSED

Mahepõllumajandus soodustab elurikkust tänu sellele, et seal kehtivad nõuded keelavad teatud võtete kasutamise, näiteks sünteetilise lämmastikväetiste ja pestitsiidide kasutamise, aga ka tänu agroökoloogilistele võtetele, mida mahetootja nende keeldude tõttu saagikuse suurendamiseks kasutab.

Põllumajanduskemikaalide täielik vältimine või sammsammuline vähendamine toetab elurikkust, sest väldib/vähendab:

- herbitsiidide ja teiste pestitsiidide otsest mürgist mõju nende sihtgruppi mitte kuuluvatele liikidele;
- herbitsiidide ja teiste pestitsiidide kaudset mõju putukate, lindude ja muude olendite toiduallikatele ja elupaikadele;
- toitainete liigse kasutamise mõju mulla ökosüsteemidele, sh sünteetiliste lämmastikväetiste kasutamisest tulenevat orgaanilise aine kadu ja mulla hapestumist või fosfaatide põhjustatud mükoriisa kadu;
- põllumajanduslikult maalt tulenevast nitraatide leostumisest ja fosfori ärakandest põhjustatud mõju;
- lämmastikuühendite, sh loomakasvatusest eralduva ammoniaagi sadenemisest põhjustatud mõju tundlikele elupaikadele ja lämmastikku vähe taluvatele liikidele;
- teatud anthelmintikumide kasutamisest põhjustatud mõju loomade väljaheiteid asustavatele putukatele;
- põllumajandustoodangust ja -sisenditest pärit heitest tulenevat kliimamuutuste mõju elurikkusele ning mullas sisalduva süsiniku kadumist.

Kui vältida täielikult enamikku eelmainitud sisenditest, on selle kasutegur oluliselt suurem kui võib loota sellest, et tavatootmises suurendatakse sisendite kasutamise tõhusust 10–20%. Samas

kahaneb sisendite vähendamisega ka saagikus, nii et toodanguühiku kohta võib saadav kasu olla väiksem kui pinnaühiku kohta.

Teatud võtete ja sisendite vältimine ei ole ainus mahepõllumajanduse eelis, vaid elurikkust toetavad erinevad võtmetähtsusega praktikad, sh:

- segapõllumajandus, mis hõlmab nii taimekasvatust, puistuid kui ka kariloomi;
- mitmekesisemad ja keerukamad külvikorrad ja viljelussüsteemid;
- lämmastikku siduvad liblikõielised taimed, mis õige majandamise korral toetavad tolmeldajaid;
- geneetiline heterogeensus (eri sortide segud, populatsioonid ja rahvaselektioonsordid) ning kahjuri- ja haigustõrjet toetav geneetiline mitmekesisus;
- kahjurite looduslikele vaenlastele soodsad pelgupaigad ja muud maastikuelemendid (passiivne bioloogiline kahjuritõrje);
- põldude väiksem pindala, mis suurendab maastiku liigestatust;
- pelgupaigarikka, erosiooni tõkestava ja mullaviljakust säilitava keeruka alustaimestikuga puistud ja põõsastud;
- kultuuride eri aegadel külvamine, millega tõrjutakse umbrohte ja toetatakse põllulinde;
- orgaanilise aine, lühiajaliste rohumaade ja haljasväetise kasutamine mullaviljakuse suurendamiseks, varustades mulla ökosüsteeme energiarikaste süsinikuallikatega;
- vähendatud harimine ja väiksem harimissügavus mulla kaitseks;
- mitmesuguste liikide kombineerimine rohumaasegudes, sh liblikõielised ja uuenduslikud söödataimed.
- rohumaapõhine loomakasutus, kus karjatamine ja vähendatud loomkoormus suurendavad rohumaade elurikkust.

Kuigi ükski eelnimetatud võtetest ei ole rangelt mahepõllumajanduslik, tekib elurikkust toetavate praktikate süsteemipõhisel kombineerimisel sünergia, mis võimaldab positiivset mõju suurendada. Mahepõllumajanduse praktikad ja neist tulenev kasu elurikkusele on hea näide sellest, kuidas maad mitmel otstarbel efektiivselt kasutada, selle asemel et vastandada üksteisele saagikust maksimeerivat, kuid liigivaest intensiivpõllumajandust ja looduskaitsealust maad.

KASUTATUD KIRJANDUS

AHDB (2017) The Encyclopaedia of Arable Weeds. Kenilworth. Available at:

<https://cereals.ahdb.org.uk/media/1117908/G47-Theencyclopaedia-of-arable-weeds-2015-branding-.pdf>.

Alins, G. et al. (2016) 'Abundance and richness of pollinators in organic versus conventional apple orchards.', Ecofruit. 17th International Conference on Organic Fruit-Growing: Proceedings, 15-17 February 2016, Hohenheim, Germany, pp. 266–267.

Armengot, L. et al. (2013) 'Weed harrowing in organically grown cereal crops avoids yield losses without reducing weed diversity', *Agronomy for Sustainable Development*, 33(2), pp. 405–411. doi: 10.1007/s13593-012-0107-8.

Assandri, G. et al. (2017) 'Nest density, nest-site selection, and breeding success of birds in vineyards: Management implications for conservation in a highly intensive farming system', *Biological Conservation*, 205, pp. 23–33. doi: 10.1016/j.biocon.2016.11.020.

Azeez, G. (2000) The biodiversity benefits of organic farming., Soil Association Policy Report. Bristol. doi:10.1079/9780851997407.0077.

Barbieri, P., Pellerin, S. and Nesme, T. (2017) 'Comparing crop rotations between organic and conventional farming', *Scientific Reports*, 7(1), pp. 1–10. doi: 10.1038/s41598-017-14271-6.

Basset-Mens, C. and Van Der Werf, H. M. G. (2005) 'Scenario-based environmental assessment of farming systems: The case of pig production in France', *Agriculture, Ecosystems and Environment*. doi: 10.1016/j.agee.2004.05.007.

Batáry, P. et al. (2012) 'Responses of plant, insect and spider biodiversity to local and landscape scale management intensity in cereal crops and grasslands', *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 146(1), pp. 130–136. doi: 10.1016/j.agee.2011.10.018.

Batáry, P. et al. (2013) 'Organic Farming Favours Insect-Pollinated over Non-Insect Pollinated Forbs in Meadows and Wheat Fields', *PLoS ONE*, 8(1), pp. 1–7. doi: 10.1371/journal.pone.0054818.

Batáry, P., Matthiesen, T. and Tscharrntke, T. (2010) 'Landscape-moderated importance of hedges in conserving farmland bird diversity of organic vs. conventional croplands and grasslands', *Biological Conservation*, 143(9), pp. 2020–2027. doi: 10.1016/j.biocon.2010.05.005.

Beckie, H. J. (2006) 'Herbicide-Resistant Weeds: Management Tactics and Practices', *Weed Technology*, 20(3), pp. 793–814. doi: 10.1614/WT-05-084R1.1.

Bengtsson, J., Ahnström, J. and Weibull, A. C. (2005) 'The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance: A metaanalysis', *Journal of Applied Ecology*, 42(2), pp. 261–269. doi: 10.1111/j.1365-2664.2005.01005.x.

Berry, N. A. et al. (1996) 'New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science Abundance and diversity of beneficial arthropods in conventional and "organic" carrot crops in New Zealand', *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 24(4), pp. 307–313. doi: 10.1080/01140671.1996.9513967.

Boutin, C., Baril, A. and Martin, P. A. (2008) 'Plant diversity in crop fields and woody hedgerows of organic and conventional farms in contrasting landscapes', *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 123(1–3), pp. 185–193. doi: 10.1016/j.agee.2007.05.010.

Bouvier, J.-C. et al. (2005) 'Effects of apple orchard management strategies on the great tit (*Parus major*) in southeastern France', *Environmental Toxicology and Chemistry*, 24(11), pp. 2846–2852. doi: <https://doi.org/10.1897/04-588R1.1>

Bouvier, J.-C. et al. (2011) 'Apple orchard pest control strategies affect bird communities in southeastern France', *Environmental Toxicology and Chemistry*, 30(1), pp. 212–219. doi: <https://doi.org/10.1002/etc.377>

Brown, R. W. (1999) 'Margin/field interfaces and small mammals', *Aspects of Applied Biology*, 54(54), pp. 203–206.

Bruggisser, O. T., Schmidt-Entling, M. H. and Bacher, S. (2010) 'Effects of vineyard management on biodiversity at three trophic levels', *Biological Conservation*, 143(6), pp. 1521–1528. doi: 10.1016/j.biocon.2010.03.034.

- Caprio, E. et al. (2015) 'Organic versus conventional systems in viticulture: Comparative effects on spiders and carabids in vineyards and adjacent forests', *Agricultural Systems*, 136, pp. 61–69. doi: 10.1016/j.agsy.2015.02.009.
- Carvell, C. et al. (2007) 'Comparing the efficacy of agri-environment schemes to enhance bumble bee abundance and diversity on arable field margins', *Journal of Applied Ecology*, 44(1), pp. 29–40. doi: 10.1111/j.1365-2664.2006.01249.x.
- Cerutti, A. K. et al. (2011) 'A review of studies applying environmental impact assessment methods on fruit production systems', *Journal of Environmental Management*. Academic Press, pp. 2277–2286. doi: 10.1016/j.jenvman.2011.04.018.
- Chamberlain, D. E. et al. (2010) 'Does organic farming benefit farmland birds in winter?', *Biology Letters*, 6(1), pp. 82–84. doi: 10.1098/rsbl.2009.0643.
- Chamberlain, D. E., Wilson, J. D. and Fuller, R. J. (1999) 'A comparison of bird populations on organic and conventional farm systems in southern Britain', *Biological Conservation*, 88(3), pp. 307–320. doi: 10.1016/S0006-3207(98)00124-4.
- Clough, Y. et al. (2007) 'Alpha and beta diversity of arthropods and plants in organically and conventionally managed wheat fields', *Journal of Applied Ecology*, 44(4), pp. 804–812. doi: 10.1111/j.1365-2664.2007.01294.x.
- <https://read.organicseurope.bio/publication/organic-farming-and-biodiversity/> ORGANIC FARMING AND BIODIVERSITY — 52
- Clough, Y., Kruess, A. and Tschardt, T. (2007) 'Local and landscape factors in differently managed arable fields affect the insect herbivore community of a non-crop plant species', *Journal of Applied Ecology*, 44(1), pp. 22–28. doi: 10.1111/j.1365-2664.2006.01239.x.
- Crowder, D. W. et al. (2010) 'LETTERS Organic agriculture promotes evenness and natural pest control', *Nature*, 466(1). doi: 10.1038/nature09183.
- DEFRA (2018) Reviewing the Opportunities, Barriers and Constraints for Organic Management Techniques to Improve Sustainability of Conventional Farming. Final Project Report Prepared as part of Defra Project OF03111 Project, pp. 1–128. Available at: http://randd.defra.gov.uk/Document.aspx?Document=14421_Final_report_OF03101_OF03111.pdf
- Diekötter, T. et al. (2010) 'Landscape and management effects on structure and function of soil arthropod communities in winter wheat', *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 137(1–2), pp. 108–112. doi: 10.1016/j.agee.2010.01.008.
- Dimambro, M. et al. (2018) Countryside Stewardship organic management and conversion options: A scoping study to establish a monitoring protocol. Literature review. CAWR, Coventry. Available at: https://pure.coventry.ac.uk/ws/portalfiles/portal/40416921/Dimambro_Rayns_Steiner_and_Carey_2018.pdf
- Döring, T. F. et al. (2017) 'Weeds in Organic Fertility-Building Leys: Aspects of Species Richness and Weed Management', *Organic Farming*; Vol 3, Issue 1 (2017). Available at: <http://www.librelloph.com/organicfarming/article/view/of-3.1.51>
- van Elsen, T. (1989) 'Ackerwildkraut-Gesellschaften herbizidfreier Ackerränder und des herbizidbehandelten Bestandesinneren im Vergleich', *Tuevenia*, 9, pp. 75–105. <https://read.organicseurope.bio/publication/organic-farming-and-biodiversity/> ORGANIC FARMING AND BIODIVERSITY — 53
- van Elsen, T. (1994) Die Fluktuation von Ackerwildkraut-Gesellschaften und ihre Beeinflussung durch van Elsen T (1994) Fruchtfolge und Bodenbearbeitungs-Zeitpunkt. Universität Kassel.
- Eyre, M. D., Shotton, P. N. and Leifert, C. (2008) 'Crop Type and Management Effects on Ground Beetle Species (Coleoptera, Carabidae) Activity in an Extensive Plot Trial', in Neuhoff, D. et al. (eds) *Cultivating the Future Based on Science*. Proceedings of the Second Scientific Conference of the International Society of Organic Agriculture Research (ISO FAR). Modena: ISO FAR.
- Feber, R. E. et al. (1997) 'The effects of organic farming on pest and non-pest butterfly abundance', *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 64(2), pp. 133–139. doi: 10.1016/S0167-8809(97)00031-5.
- Feber, R. E. et al. (2007) 'A comparison of butterfly populations on organically and conventionally managed farmland', *Journal of Zoology*, 273(1), pp. 30–39. doi: 10.1111/j.1469-7998.2007.00296.x.

- Finch, T. et al. (2020) 'Optimising nature conservation outcomes for a given region-wide level of food production', *Journal of Applied Ecology*, 57, pp. 985-994. doi: 10.1111/1365-2664.13594
- Fischer, J. et al. (2014) 'Land sparing versus land sharing: Moving forward', *Conservation Letters*. doi: 10.1111/conl.12084.
- Fletcher, K. (2018) Getting the best out of under-sown cereals, *The Scottish Farmer*. Available at: <https://www.thescottishfarmer.co.uk/arable/16159538.getting-best-under-sown-cereals/> (Accessed: 7 February 2021).
- Friebe, B. (1990) 'Bedeutung des Organischen Landbaus für den Erhalt von Ackerwildkräutern', *Natur und Landschaft*, 65, pp. 379–382.
- Friebe, B. et al. (2012) 'Aufwertung der Agrarlandschaft durch ökologischen Landbau. Teil 1.', *Naturschutz und Landschaftsplanung*, 44, pp. 108–114.
- Fuller, R. J. et al. (2005) 'Benefits of organic farming to biodiversity vary among taxa', *Biology Letters*, 1(4), pp. 431–434. doi: 10.1098/rsbl.2005.0357.
- Gabriel, D. et al. (2010) 'Scale matters: The impact of organic farming on biodiversity at different spatial scales', *Ecology Letters*, 13(7), pp. 858–869. doi: 10.1111/j.1461-0248.2010.01481.x.
- Geiger, F. et al. (2010) 'Landscape composition influences farm management effects on farmland birds in winter: A pan-European approach', *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 139(4), pp. 571–577. doi: 10.1016/j.agee.2010.09.018.
- Geiger, F. (2011) Agricultural intensification and farmland birds. S.n. Available at: <https://edepot.wur.nl/157843>
- Genghini, M., Gellini, S. and Gustin, M. (2006) 'Organic and integrated agriculture: The effects on bird communities in orchard farms in northern Italy', *Biodiversity and Conservation*, 15(9), pp. 3077–3094. doi: 10.1007/s10531-005-5400-2.
- Gottwald, F. (2010) 'Segetalflora', in Stein-Bachinger, K., Fuchs, S., and Gottwald, F. (eds) *Optimierung des ökologischen Landbaus 'Naturschutzhof Brodowin'*, pp. 98–105.
- Green, R. E. et al. (2005) 'Farming and the fate of wild nature', *Science*. doi: 10.1126/science.1106049.
- Haas, G., Wetterich, F. and Köpke, U. (2001) 'Comparing intensive, extensified and organic grassland farming in southern Germany by process life cycle assessment', *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 83(1–2), pp. 43–53. doi: 10.1016/S0167-8809(00)00160-2.
- Hald, A. B. (1999) 'Weed vegetation (wild flora) of long established organic versus conventional cereal fields in Denmark', *Annals of Applied Biology*, 134(3), pp. 307–314. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1999.tb05269.x>
- Hallmann, C. A. et al. (2017) 'More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas', *PLoS ONE*, 12(10). doi: 10.1371/journal.pone.0185809.
- Happe, A.-K. et al. (2018) 'Small-scale agricultural landscapes and organic management support wild bee communities of cereal field boundaries', *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 254, pp. 92–98. doi: 10.1016/j.agee.2017.11.019.
- Hartmann, M. et al. (2015b) 'Distinct soil microbial diversity under long-term organic and conventional farming', *ISME Journal*. doi: 10.1038/ismej.2014.210.
- Hawes, C. et al. (2010) 'Arable plant communities as indicators of farming practice', *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 138(1–2), pp. 17–26. doi: 10.1016/j.agee.2010.03.010.
- Hodgson, J. A. et al. (2010) 'Comparing organic farming and land sparing: optimizing yield and butterfly populations at a landscape scale', *Ecology Letters*, 13(11), pp. 1358–1367. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2010.01528.x>
- Holzschuh, A. et al. (2007) 'Diversity of flower-visiting bees in cereal fields: Effects of farming system, landscape composition and regional context', *Journal of Applied Ecology*, 44(1), pp. 41–49. doi: 10.1111/j.1365-2664.2006.01259.x.
- Holzschuh, A., Steffan-Dewenter, I. and Tscharntke, T. (2008) 'Agricultural landscapes with organic crops support higher pollinator diversity', *Oikos*, 117(3), pp. 354–361. doi: <https://doi.org/10.1111/j.2007.0030-1299.16303.x>

- Holzschuh, A., Steffan-Dewenter, I. and Tschardtke, T. (2010) 'How do landscape composition and configuration, organic farming and fallow strips affect the diversity of bees, wasps and their parasitoids?', *Journal of Animal Ecology*, 79(2), pp. 491–500. doi: 10.1111/j.1365-2656.2009.01642.x.
- Hutton, S. A. and Giller, P. S. (2003) 'The effects of the intensification of agriculture on northern temperate dung beetle communities', *Journal of Applied Ecology*, 40(6), pp. 994–1007. doi: 10.1111/j.1365-2664.2003.00863.x.
- Huusela-Veistola, E. and Hyvönen, T. (2006) 'Rotational fallows in support of functional biodiversity', in Rossing, W. A., Eggenschwiler, L., and Poehling, H.-M. (eds) *Landscape Management for Functional Biodiversity*, pp. 61–64. Available at: <http://jukuri.luke.fi/handle/10024/462315>
- IFOAM EG (2018) Strategy for the minimisation of copper in organic farming in Europe. Brussels. Available at: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:1991R2092:20080514:EN:PDF>
- Im, J. S. et al. (2015) 'Comparison of community structure and diversity of epigeal spiders between conventional and organic apple orchards', *tptp*. 1:/9/d2b. A.kvoarielaabslceh aotl:a r.com/Article?code=302288.
- Joest, R. (2018) 'Wie wirksam sind Vertragsnaturschutzmaßnahmen für Feldvögel? Untersuchungen an Feldlerchenfenstern, extensivierten Getreideäckern und Ackerbrachen in der Hellwegbörde (NRW)', *Vogelwelt*, 138, pp. 109–121.
- Katayama, N. (2016) 'Bird diversity and abundance in organic and conventional apple orchards in northern Japan', Nature Publishing Group. doi: 10.1038/srep34210.
- Knight, M. E. et al. (2009) 'Bumblebee nest density and the scale of available forage in arable landscapes', *Insect Conservation and Diversity*. doi: 10.1111/j.1752-4598.2009.00049.x.
- Knox, O. G. G. et al. (2011) 'Revisiting the Multiple Benefits of Historical Crop Rotations within Contemporary UK Agricultural Systems', *Journal of Sustainable Agriculture*, 35(2), pp. 163–179. doi: 10.1080/10440046.2011.539128.
- Knudsen, M. T. et al. (2017) 'Characterization factors for land use impacts on biodiversity in life cycle assessment based on direct measures of plant species richness in European farmland in the "Temperate Broadleaf and Mixed Forest" biome', *Science of the Total Environment*, 580(December 2016), pp. 358–366. doi: 10.1016/j.scitotenv.2016.11.172.
- Kohler, P. (2015) *Verbreitung und Zusammensetzung der Segetalflora im Naturpark Barnim*. Hochschule für Nachhaltige Entwicklung (HNE).
- Kragten, S. et al. (2011) 'Abundance of invertebrate prey for birds on organic and conventional arable farms in the Netherlands', *Bird Conservation International*, 21, pp. 1–11. doi: 10.1017/S0959270910000079.
- Kragten, S. and de Snoo, G. R. (2008) 'Field-breeding birds on organic and conventional arable farms in the Netherlands', *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 126(3–4), pp. 270–274. doi: 10.1016/j.agee.2008.02.006.
- Krauss, J., Gallenberger, I. and Steffan-Dewenter, I. (2011) 'Decreased Functional Diversity and Biological Pest Control in Conventional Compared to Organic Crop Fields', *PLoS ONE*, 6(5), p. 19502. doi: 10.1371/journal.pone.0019502.
- Lampkin, N. et al. (2015) *The Role of Agroecology in Sustainable Intensification*. Report for the Land Use Policy Group. Organic Research Centre, Elm Farm and Game & Wildlife Conservation Trust. Available at: <https://www.nature.scot/role-agroecologysustainable-intensification-lupg-report>
- Lang, M. et al. (2016) 'Reintroduction of rare arable plants by seed transfer. What are the optimal sowing rates?', *Ecology and Evolution*, 6(15), pp. 5506–5516. doi: 10.1002/ece3.2303.
- Lemaire, G. et al. (2014) 'Integrated crop–livestock systems: Strategies to achieve synergy between agricultural production and environmental quality', *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 190, pp. 4–8. doi: 10.1016/j.agee.2013.08.009.
- Lichtenberg, E. M. et al. (2017) 'A global synthesis of the effects of diversified farming systems on arthropod diversity within <https://read.organicseurope.bio/publication/organic-farming-and-biodiversity/> ORGANIC FARMING AND BIODIVERSITY — 57 fields and across agricultural landscapes', *Global Change Biology*, 23(11), pp. 4946–4957. doi: <https://doi.org/10.1111/gcb.13714>

- Lisek, J. and Sas-Paszt, L. (2015) 'Biodiversity of Weed Communities in Organic and Conventional Orchards', *Journal of Horticultural Research*, 23(1), pp. 39–48. doi: 10.2478/johr-2015-0006.
- Litterick, A. M. et al. (2004) 'The role of uncomposted materials, composts, manures, and compost extracts in reducing pest and disease incidence and severity in sustainable temperate agricultural and horticultural crop production – A review', *Critical Reviews in Plant Sciences*. doi: 10.1080/07352680490886815.
- Lokemoen, J. T. and Beiser, J. A. (1997) 'Bird use and nesting in conventional, minimum-tillage, and organic cropland', *Journal of Wildlife Management*, 61(3), pp. 644–655. doi: 10.2307/3802172.
- Lori, M. et al. (2017) 'Organic farming enhances soil microbial abundance and activity—A meta-analysis and meta-Regression', *PLoS ONE*. doi: 10.1371/journal.pone.0180442.
- Lososová, Z. et al. (2011) 'Organic, integrated and conventional management in apple orchards: Effect on plant species composition, richness and diversity', *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 59(5), pp. 151–158. doi: 10.11118/actaun201159050151.
- Luff, M. L. (1996) 'Use of Carabids as environmental indicators in grasslands and cereals', *Annales Zoologici Fennici*, 33(1), pp. 185–195.
- Macfadyen, S., Gibson, R., Polaszek, A., et al. (2009) 'Do differences in food web structure between organic and conventional farms affect the ecosystem service of pest control?', *Ecology Letters*, 12(3), pp. 229–238. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2008.01279.x>
- Macfadyen, S., Gibson, R., Raso, L., et al. (2009) 'Parasitoid control of aphids in organic and conventional farming systems', *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 133(1–2), pp. 14–18. doi: 10.1016/j.agee.2009.04.012.
- Marja, R. et al. (2014) 'Environmentally friendly management as an intermediate strategy between organic and conventional agriculture to support biodiversity', *Biological Conservation*, 178, pp. 146–154. doi: 10.1016/j.biocon.2014.08.005.
- Marley, C. L. et al. (2003) 'The effect of birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus*) and chicory (*Cichorium intybus*) on parasite intensities and performance of lambs naturally infected with helminth parasites.', *Veterinary parasitology*, 112(1–2), pp. 147–155. doi: 10.1016/s0304-4017(02)00412-0. <https://read.organicseurope.bio/publication/organic-farming-and-biodiversity/> ORGANIC FARMING AND BIODIVERSITY — 58
- Masoni, A. et al. (2017) 'Management matters: A comparison of ant assemblages in organic and conventional vineyards', *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 246, pp. 175–183. doi: 10.1016/j.agee.2017.05.036.
- McCracken, D. I. and Tallowin, J. R. (2004) 'Swards and structure: The interactions between farming practices and bird food resources in lowland grasslands', *Ibis*, 146(SUPPL. 2), pp. 108–114. doi: 10.1111/j.1474-919X.2004.00360.x.
- Melander, B. et al. (2017) 'Non-Chemical Weed Management', in Hatcher, P. E. and Froud-Williams, R. J. (eds) *Weed Research: Expanding Horizons*. 527, Team Acres.: Wiley, pp. 245–270. Available at: <https://edepot.wur.nl/459013>
- Meng, J. et al. (2016) 'Biodiversity management of organic orchard enhances both ecological and economic profitability', *PeerJ*, 4, p. e2137. doi: 10.7717/peerj.2137.
- Miñarro, M. et al. (2009) 'Organic versus conventional management in an apple orchard: effects of fertilization and tree-row management on ground-dwelling predaceous arthropods', *Agricultural and Forest Entomology*, 11(2), pp. 133–142. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1461-9563.2008.00403.x>.
- Mols, C. M. M. and Visser, M. E. (2007) 'Great Tits (*Parus major*) Reduce Caterpillar Damage in Commercial Apple Orchards', *PLoS ONE*, 2(2), p. 202. doi: 10.1371/journal.pone.0000202.
- Mondelaers, K., Aertsens, J. and van Huylenbroeck, G. (2009) 'A meta-analysis of the differences in environmental impacts between organic and conventional farming', *British Food Journal*, 111(10), pp. 1098–1119. doi: 10.1108/00070700910992925.
- Niggli, U. and Bensson, J.-M. (1996) 'Landbausysteme im Langzeitversuch.', *Lebendige Erde*, 3, pp. 185–189. <https://read.organicseurope.bio/publication/organic-farming-and-biodiversity/> ORGANIC FARMING AND BIODIVERSITY — 59

- Norton, L. et al. (2009) 'Consequences of organic and non-organic farming practices for field, farm and landscape complexity', *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 129(1–3), pp. 221–227. doi: 10.1016/j.agee.2008.09.002.
- Parish, D. M. B. and Sotherton, N. W. (2004) 'Game crops and threatened farmland songbirds in Scotland: A step towards halting population declines?', *Bird Study*, 51(2), pp. 107–112. doi: 10.1080/00063650409461341.
- Pesticide Action Network (2017) *Alternative methods in weed management to the use of glyphospahte and other herbicides*. Brussels. Available at: file:///C:/Users/youhe/Downloads/kdoc_o_00042_01.pdf.
- Pfiffner, L. et al. (2001) 'Contributions of Organic Farming to a Sustainable Environment.', in *Organic Food and Farming. Towards Partnership and Action in Europe*. 10-11 May 2001. Copenhagen, pp. 115–123. Available at: <https://orgprints.org/2943/1/pfiffner-2001-proceedings-copenhagen.pdf>
- Pfiffner, L. and Balmer, O. (2011) *Organic agriculture and biodiversity*. FiBL Factsheet 1584. Frick. Available at: <https://www.fibl.org/fileadmin/documents/shop/1548-biodiversity.pdf>
- Pfiffner, L. and Niggli, U. (1996) 'Effects of Bio-dynamic, Organic and Conventional Farming on Ground Beetles (Col.Carabidae) and Other Epigaeic Arthropods in Winter Wheat', *Biological Agriculture & Horticulture*, 12(4), pp. 353–364. doi: 10.1080/01448765.1996.9754758.
- Popov, V. et al. (2018) 'Causal relationship between biodiversity of insect population and agro-management in organic and conventional apple orchard', *Organic Agriculture*, 8(4), pp. 355–370. doi: 10.1007/s13165-017-0202-x.
- Potts, S. G. et al. (2009) 'Enhancing pollinator biodiversity in intensive grasslands', *Journal of Applied Ecology*. doi: 10.1111/j.1365-2664.2009.01609.x.
- Power, E. F. and Stout, J. C. (2011) 'Organic dairy farming: impacts on insect–flower interaction networks and pollination', *Journal of Applied Ecology*, 48(3), pp. 561–569. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2010.01949.x>
- Puig-Montserrat, X. et al. (2017) 'Effects of organic and conventional crop management on vineyard biodiversity', *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 243(April), pp. 19–26. doi: 10.1016/j.agee.2017.04.005.
- Rahmann, G. (2011) 'Biodiversity and Organic farming: What do we know?', *Landbauforschung Volkenrode*, 61, pp. 189–208.
- Roschewitz, I. et al. (2005) 'The effects of landscape complexity on arable weed species diversity in organic and conventional farming', *Journal of Applied Ecology*, 42(5), pp. 873–882. doi: 10.1111/j.1365-2664.2005.01072.x.
- Rotchés-Ribalta, R. et al. (2015) 'Which conditions determine the presence of rare weeds in arable fields?', *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 203, pp. 55–61. doi: 10.1016/j.agee.2015.01.022.
- Rundlöf, M., Bengtsson, J. and Smith, H. G. (2008) 'Local and landscape effects of organic farming on butterfly species richness and abundance', *Journal of Applied Ecology*, 45(3), pp. 813–820. doi: 10.1111/j.1365-2664.2007.01448.x.
- Rundlöf, M. and Smith, H. G. (2006) 'The effect of organic farming on butterfly diversity depends on landscape context', *Journal of Applied Ecology*, 43(6), pp. 1121–1127. doi: 10.1111/j.1365-2664.2006.01233.x.
- Rydberg, N. T. and Milberg, P. (2000) 'A survey of weeds in organic farming in Sweden', *Biological Agriculture and Horticulture*, 18(2), pp. 175–185. doi: 10.1080/01448765.2000.9754878.
- Sanders, J. and Hess, J. (eds) (2019) *Leistungen des ökologischen Landbaus für Umwelt und Gesellschaft*. 2. überarbeitete und ergänzte Auflage., Thünen Report 65. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut. doi: 10.3220/REP1576488624000.
- Schmidt, M. H. and Tschardtke, T. (2005) 'The role of perennial habitats for Central European farmland spiders', *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 105(1–2), pp. 235–242. doi: 10.1016/j.agee.2004.03.009.
- Schurr, H. R. (2017) *Not Just a Label: synergies and tradeoffs between social and ecological resilience in organic and conventional Michigan apple orchards*, *Jurnal Sains dan Seni ITS*. University of Michigan. Available at: https://deepblue.lib.umich.edu/bitstream/handle/2027.42/136557/Schurr_Hailey_Thesis_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Smith, H. G. et al. (2010) 'Consequences of organic farming and landscape heterogeneity for species richness and abundance of farmland birds', *Oecologia*, 162(4), pp. 1071–1079. doi: 10.1007/s00442-010-1588-2.

- Smith, J. et al. (2011) 'Organic Farming and Biodiversity: A review of the literature', (February). Available at: http://www.organiccentrewales.org.uk/uploads/biodiversity_review_2011.pdf
- Smith, R. G. et al. (2008) 'Effects of Crop Diversity on Agroecosystem Function: Crop Yield Response', *Ecosystems*, 11, pp. 355–366. doi: 10.1007/s10021-008-9124-5.
- Stanley, D. A., Knight, M. E. and Stout, J. C. (2013) 'Ecological Variation in Response to Mass-Flowering Oilseed Rape and Surrounding Landscape Composition by Members of a Cryptic Bumblebee Complex', *PLoS ONE*. doi: 10.1371/journal.pone.0065516.
- Stein-Bachinger, B., Haub, A. and Gottwald, F. (2019) 'Biodiversität', in Sanders, J. and Hess, J. (eds) *Leistungen des ökologischen Landbaus für Umwelt und Gesellschaft*. Braunschweig: Thünen Institut, pp. 97–131. Available at: https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn060722.pdf
- Stolze, M. et al. (2000) *The Environmental Impacts of Organic Farming in Europe, Organic Farming in Europe: Economics and Policy Volume 6*. Available at: http://orgprints.org/8400/1/Organic_Farming_in_Europe_Volume06_The_Environmental_Impacts_of_Organic_Farming_in_Europe.pdf
- Tonelli, M., Verdú, J. R. and Zunino, M. E. (2017) 'Effects of grazing intensity and the use of veterinary medical products on dung beetle biodiversity in the sub-mountainous landscape of Central Italy', *PeerJ*, 2017(1), p. e2780. doi: 10.7717/peerj.2780.
- Tscharntke, T. et al. (2005) 'Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity – Ecosystem service management', *Ecology Letters*, 8(8), pp. 857–874. doi: 10.1111/j.1461-0248.2005.00782.x.
- Tscharntke, T. et al. (2012) Global food security, biodiversity conservation and the future of agricultural intensification. *Biological Conservation* 151, 53–59. doi: 10.1016/j.biocon.2012.01.068
- Tuck, S. L. et al. (2014) 'Land-use intensity and the effects of organic farming on biodiversity: A hierarchical meta-analysis', *Journal of Applied Ecology*, 51(3), pp. 746–755. doi: 10.1111/1365-2664.12219.
<https://read.organicseurope.bio/publication/organic-farming-and-biodiversity/> ORGANIC FARMING AND BIODIVERSITY — 62
- Ulber, L. et al. (2009) 'An on-farm approach to investigate the impact of diversified crop rotations on weed species richness and composition in winter wheat', *Weed Research*, 49(5), pp. 534–543. doi: 10.1111/j.1365-3180.2009.00722.x.
- Venter, Z. S., Jacobs, K. and Hawkins, H. J. (2016) 'The impact of crop rotation on soil microbial diversity: A meta-analysis', *Pedobiologia*. Elsevier GmbH, pp. 215–223. doi: 10.1016/j.pedobi.2016.04.001.
- Verbruggen, E. et al. (2010) 'Positive effects of organic farming on below-ground mutualists: Large-scale comparison of mycorrhizal fungal communities in agricultural soils', *New Phytologist*, 186(4), pp. 968–979. doi: 10.1111/j.1469-8137.2010.03230.x.
- Veronesi, F., Huyghe, C. and Delgado, I. (2006) 'Lucerne Breeding in Europe : Results and Research Strategies for Future Developments', *Pastos 2006*, (2), pp. 143–157.
- Watson, C. A. et al. (2006) 'Can organic farming deliver natural heritage goals in the {UK} uplands?', *Aspects of Applied Biology*, (79), pp. 5–8.
- Weibull, A. C., Östman, Ö. and Granqvist, Å. (2003) 'Species richness in agroecosystems: The effect of landscape, habitat and farm management', *Biodiversity and Conservation*. doi: 10.1023/A:1023617117780.
- Wilhelm, B. (2016) 'Funktionen und Regulierung von Ackerwildkräutern', in Freyer, B. (ed.) *Ökologischer Landbau: Grundlagen, Wissensstand und Herausforderungen*. Bern, pp. 486–503.
- Wilkins, R. J. (2008) 'Eco-efficient approaches to land management: A case for increased integration of crop and animal production systems', *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363(1491), pp. 517–525. doi: 10.1098/rstb.2007.2167.
- Wilkinson, I. (2017) Diverse swards, diverse benefits. Presentation by Cotswolds Seeds.

Williams, A. G., Audsley, E. and Sandars, D. L. (2006) Determining the environmental burdens and resource use in the production of agricultural and horticultural commodities. Main report., Main Report. Defra Research Project IS0205. Bedford: Cranfield University and Defra. Available on www.silsoe.cranfield.ac.uk, and www.defra.gov.uk.

Winqvist, C., Ahnström, J. and Bengtsson, J. (2012) 'Effects of organic farming on biodiversity and ecosystem services: taking landscape complexity into account', *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1249(1), pp. 191–203. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2011.06413.x>

Yeates, G. W. et al. (1997) 'Faunal and Microbial Diversity in Three Welsh Grassland Soils Under Conventional and Organic <https://read.organicseurope.bio/publication/organic-farming-and-biodiversity/> ORGANIC FARMING AND BIODIVERSITY — 63 Management Regimes', *The Journal of Applied Ecology*, 34(2), p. 453. doi: 10.2307/2404890.

Zaralis, K. et al. (2016) Technical Note 3: Use of diverse swards and 'mob grazing' for forage production. Newbury, UK. Available at: <http://farmadvice.solidairy.eu/>

Tõlge: Mahepõllumajanduse Koostöökogu

Materjali tõlkimist toetas Euroopa Maaelu Arengu Põllumajandusfond (EAFRD) „Teadmussiirde programm põllumajanduse, toidu ja maamajanduse valdkonnas“ raames.



Euroopa Maaelu Arengu
Põllumajandusfond:
Euroopa investeeringud
maapiirkondadesse