



Kuidas panna põlluandmed tööle? Enne mõõda, siis majanda

Juurpõhjuse analüüs ja kolm aastat katseid

Kerttu Tammik – Maaelu Teadmuskus

Olivier de Schaetzen – Gens



Kaasrahastanud
Euroopa Liit

Miks?

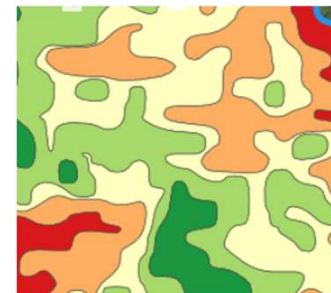
Kolm küsimust, mida tõenäoliselt iga põllumees küsib – ja millele vähesed oskavad vastata.

- Katsed 600 ha põllumaal
- Kolm hooaega, 2026–2029
- Täna: plaan, esimesed mõõtmised ja esimesed järeldused

1

Millised on ettevõtte piiravad tegurid?

Millised põllud ja tsoonid kaotavad saaki – ja kas põhjus on keemia, struktuur, bioloogia, vesi või majandamine? Igaühel on oma lahendus ja oma hind.



2

Kas saaksin väiksema kuluga sama saagi?

Väeta taime siis, kui ta toitaineid omastab, väiksemate kogustena, ja ära maksa selle eest, mida ta ei kasuta.



3

Kas mulla seisund paraneb?

Mõõdetud samades märgitud punktides, samal viisil, igal aastal – mõõda, ära arva



Sümptomitest juurpõhjusteni

Nõrgal tsoonil võib olla mitu põhjust ja igaüks vajab eri lahendust.

Diagnoos enne ravi.

- Sama lähenemine igal põllul varjab tegelikke piiranguid
- Tööta tsoonide, mitte põldude kaupa
- Järjesta probleemid nende hinna järgi

Millal mõni majandamistsoon alatoodab?

Millal?	Millele see tavaliselt viitab	Mida kõigepealt kontrollida
Ainult märgadel aastatel	Kuivendus, struktuur, liigniiskus	Hallid või roostes laigud; vesi seisab tiheda kihi peal
Ainult kuivadel aastatel	Pinnapealne juurestik, nõrk veehoiuvõime	Kus juured peatuvad; tihes
Igal aastal	Mullatüüp, pH või püsiv keemiline probleem	Künnikihi sügavus, kivid, aluskihi pH
Juhuslikult, ilmaga seoseta	Majandamine: ajastus, tehnika liikumine, vahelejäädud töökõigud	Laotuskaardid, sõidulogid, külvikuupäevad

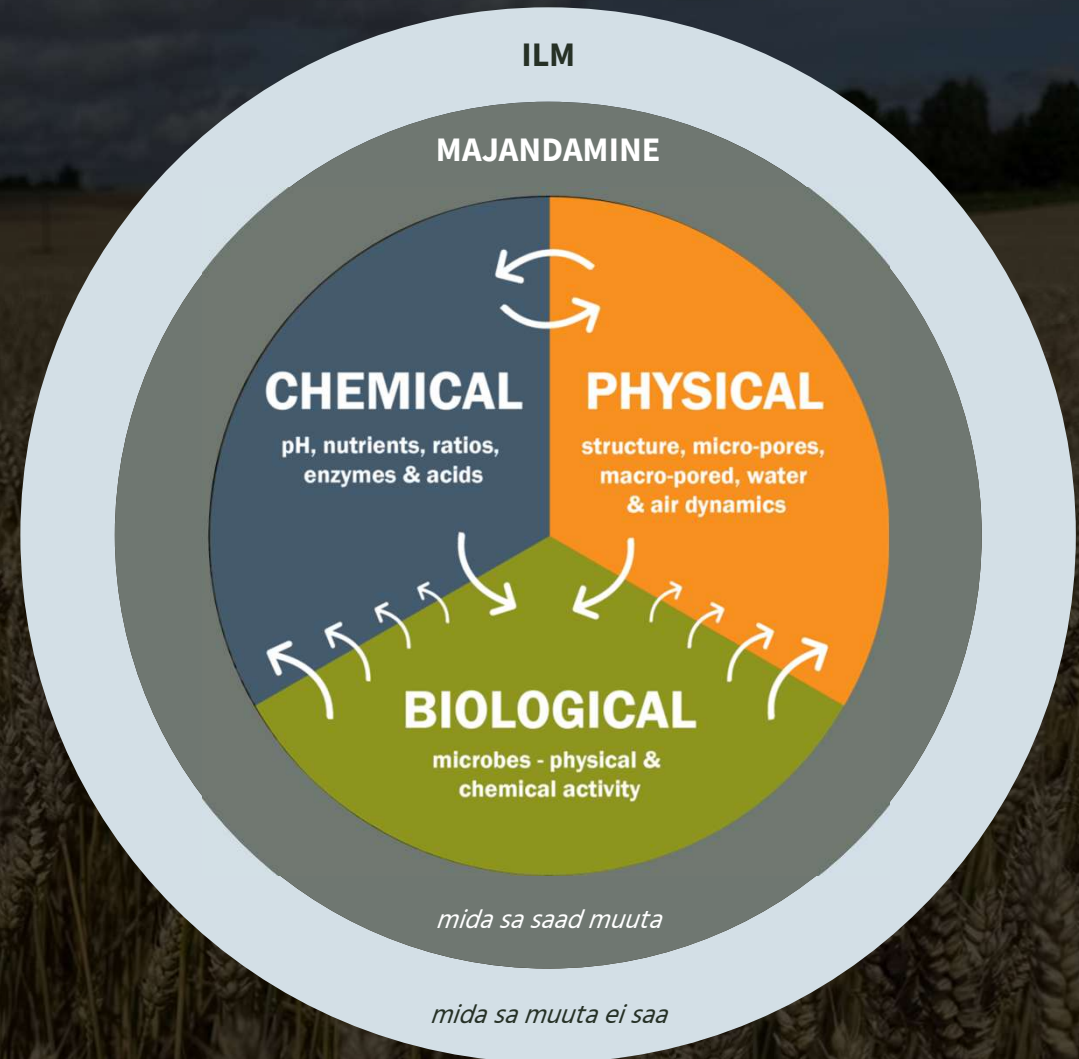
Mitme aasta satelliidi- ja saagikaardid jagavad tsoonid nendesse rühmadesse enne, kui ühtki mullaproovi on võetud. Mullaaugud ja labidatestid kinnitavad seejärel põhjuse.

Kus põhjused peituvad

Keemia, struktuur ja bioloogia mõjutavad üksteist. Majandamine mõjub kõigile kolmele, ilm seab tingimused.

Mida me mõõdame Sadalas

- **Keemia** mullaanalüüs laboris, tsoonide kaupa
- **Füüsika** labidas, penetromeeter, vesi, juured
- **Bioloogia** vihmaussid, respiratsioon, nematoodid
- **Majandamine** põlluraamat, vedelsõnniku analüüsid
- **Ilm** sademetemõõtja, mullaandurid
- **Taim** mahlaanalüüsid ja saagikaardid



Katsed

Umbes 600 ha põllumaad katses kümnel põllul, esimesel aastal neli kultuuri.

- Veiste vedelsõnnik kui peamine toitaine allikas
- Põllud 17 kuni 167 ha
- Põllunimed on asendatud tähtedega A-J

603

hektarit katses

10

põldu

3

hooaega, samad pooled

50/50

Kontroll / Programm

Eelmise aasta kultuur → selle aasta kultuur

Põllud	2025/26	2026/27	ha
A–F (kuus põldu)	Talinisu	Taliraps + sügised kaaskultuurid	260
I, J	Taliraps	Talinisu + allakülvina ristik	117
G	Talinisu	Sügise vahekultuur, seejärel kanep	59
H	Kanep	Suvioder + ristik	167

Põllul H kasvab veel kanep: hindame pärast kanepi koristust.

Kaks peamist ülesannet

Ettevõtte praeguse lähenemise analüüs ja uue lähenemise testimine

- 1. tasub end ära, olenemata katse tulemusest
- 2. tasub end ära, kui uus lähenemine annab oodatud tulemuse
- Mõlemad kasutavad samu mõõtmisi



1

„Tervisekontroll“

Juurpõhjuse analüüs

Muld, struktuur, bioloogia ja taimede toitumine mõõdetud kindlates punktides kõigil 603 ha-l.

Tulemus: nimekiri sellest, mis on iga põllu piirav tegur, palju see maksab ja mida parandamine vajab.



2

Kõrvuti katse

Kontroll vs Programm

Iga põld jagatakse kaheks. Üks pool jätkab nagu praegu (Kontroll), teine saab uue programmi.

Sama põld, sama ilm, sama hooaeg – seega tuleneb erinevus sellest, mida me muutsime.

Võrreldav tulemus

**Sama põld, sama ilm, sama pool
kolm aastat – ja kuus rapsipõldu
kordavad sama katset.**

- Jaotus piki töösuunda: ainult täislabisõidud
- Võrreldav mullastik mõlemal poolel
- Sama pool jääb Kontrolliks kõik kolm aastat

Suured põllud: jaotus 50/50

Põllud A, B, G, H, I, J



↑ töösuund ↑

Väikesed põllud: paarikaupa

Naabrid



6

rapsipõldu: kuus kordust
samast katsest samal hooajal

3

hooaega samadel pooltel ja
samades märgitud punktides

0.2–0.3

t/ha: väikseim saagivahe, mida
saagikaardid suurtel põldudel
peaksid tuvastama

Mis muutub: muld ja algus

**Pane mullaelustik tööle ja anna
taimele hea start (enne kui ta peab
end ise hakkama toitma)**

- Igal muudatusel on mõõdetav põhjus
- Sisendid vastavalt mullaanalüüsile
- Kontrollpool jätkab nagu praegu



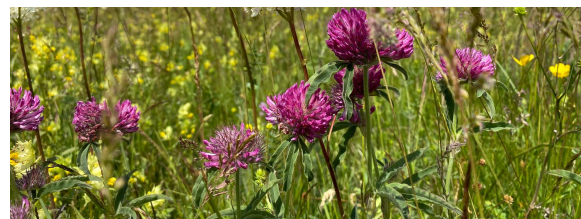
Töödeldud vedelsõnnik

Vedelsõnnikut töödeldakse talvel hoidlas, et see säilitaks rohkem lämmastikku. Sama norm ja kuupäev mõlemal poolel.



Kõrrepõllu biotöötlus

Bioloogiline töötlus pärast koristust aitab põhku lagundada ja hoiab mullaelustiku aktiivsena talveni.



Kaas- ja vahekultuurid

Rapsiga koos külvatud kaaskultuurid varjavad seda maakirbu eest ja hukkuvad talvel. Teraviljadele külvatakse alla ristik.



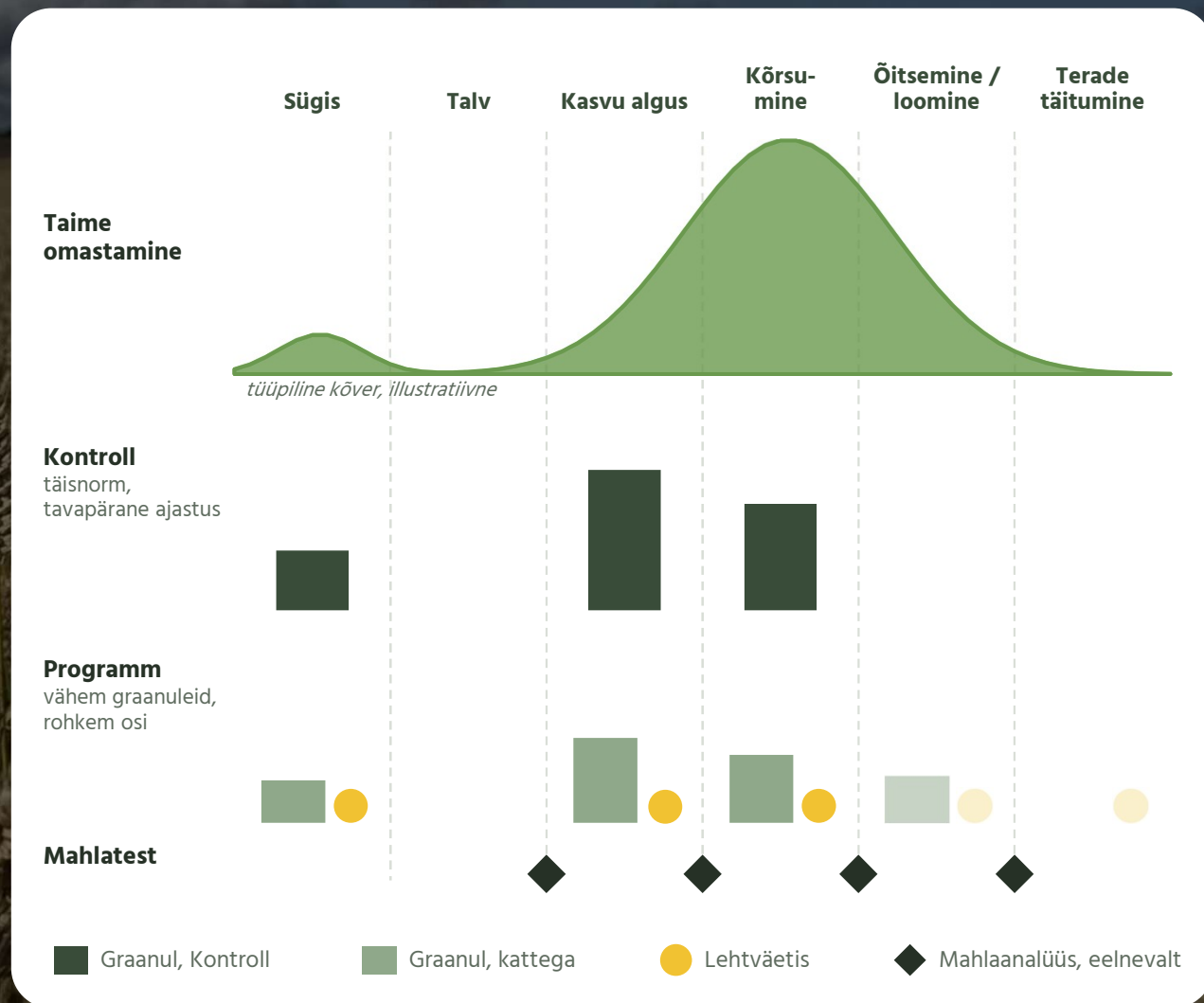
Seemnekate ja starterväetis

Mikroelemendid seemnel. Stardiväetis vastavalt mullaanalüüsile, mitte standardnormiga.

Mis muutub: väeta siis, kui taim seda vajab

Taim omastab suurema osa toitainetest mõne kevadise kasvunädala jooksul. Väeta siis, väiksemate kogustena.

- Üldine eesmärk: 30% vähem graanulväetist, keeleeritud ja ositi
- Lehtväetamine taimemahlaanalüüside põhjal: kogu toitainete profiil, mitte ainult NPK
- Pritsisegudele lisame aminohapped, leevendamaks taimede stressi



Ausalt lämmastikust

30% vähem väetist ei tähenda 30% vähem lämmastikku. Kui lehtväetis juurde arvestada, on vähendus 14–26%.

- Saak peaks jääma samaks või paranema – mitte vähenema
- Lehe- ja graanulväetise normid täpsustatakse hooaja jooksul taimemahlaanalüüsidega
- Vedelsõnnik läheb mõlemale poolele, katsealal optimeeritud normidega.

–30%

graanulväetis



+ lehtväetis

N, P, K, S + mikroelemendid



**–14 kuni
–26%**

lämmastik kokku

Lämmastik kultuuride kaupa, kg/ha (planeeritud)

Kultuur	Kontroll	Programm	Muutus
Taliraps	143	107–110	–23 kuni –26%
Talinisu	159	125–137	–14 kuni –22%
Suvioder	119	90–98	–17 kuni –24%

Kontroll = talu varasem keskmine programm, mis asendatakse selle hooaja tegeliku plaaniga. Programm = 70% sellest graanulväetisest pluss planeeritud lehe- ja seemneväetamine. Suvioder on suunav.

Hoia me N vedelsõnnikus paigal

**Vedelsõnnik kaotab ammoniaaki
nii hoidlas kui põllul. pH
alandamine hoiab rohkem
lämmastikku kinni.**

- Looduslik kääritamine hoidlas alandab pH-d
- Katsealal optimeeritud vedelsõnnik, norm ja aeg; kontrollil praegune praktika
- Tõenäoline boonус: vähem lõhna hoidlas ja laotamisel

1

Kuidas

Piimhappebakterid ja suhkruallikas kääritavad vedelsõnnikut hoidlas. Kontroll 14 päeva pärast: pH alla 5,0, ideaalis 4,0–4,5.

2

Miks

Madala pH juures jääb lämmastik vedelsõnnikusse ammooniumina, selle asemel et lenduda ammoniaagina. Rohkem jõuab taimeni.

3

Kuidas me teame

Kontrollpool: töötlemata vedelsõnnik.
Programmipool: töödeldud vedelsõnnik samast karjast ja hoidlast. Mõlemat analüüsitakse enne iga laotamist, et arvutada tegelik N vedelsõnnikus ja antud N.



Mida me mõõdame ja millal

Üks lähteolukord enne muudatusi, seejärel samad mõõtmised igal hooajal kolm aastat.

LÄHTEOLUKORD

aug-okt 2026

- Mullaanalüüs tsoonide kaupa: keemia, süsinik, bioloogia
- Labidatest, penetromeeter, vee infiltratsioon, vihmaussid, juured
- Pritsivee kvaliteet
- Satelliidi-, saagi- ja mullakaardid → tsoonid

SÜGIS-TALV

2026/27

- Taimde tärkamine
- Kaas- ja vahekultuuride kasv
- Vedelsõnniku pH kontroll; analüüs enne iga laotamist

KEVAD

2027

- Taimemahlaanalüüsid enne iga olulist kasvufaasi
- Talvekindlus
- Satelliidipiltide võrdlus droonipiltidega

SUVI

2027

- Taimemahlaanalüüsid
- Haiguste ja juurte kontroll
- Sademete ja mullatemperatuuri andmete kogumine
- Satelliidipiltide võrdlus droonipiltidega

KORISTUS

2027

- Saagikaart poolte kaupa
- Koormate kaalumise per pool
- Vilja kvaliteet ja toitainesisaldus → toitainete kasutustõhusus

Igal sügisel: põlluvaatlused korraldatakse võtmepunktides. **3. aasta:** täielik mullaanalüüs korraldatakse, k.a orgaaniline süsinik.

Kus me mõõdame

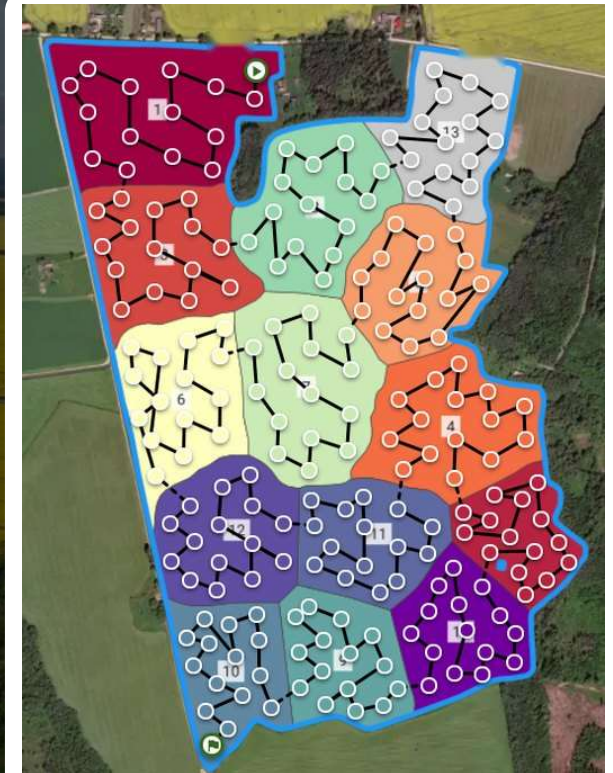
Iga põld jagatakse sarnaselt käituvateks tsoonideks. Igast tsoonist võetakse proov samades märgitud punktides.

- Tsoonid on loodud mitme aasta satelliidi- ja saagikaartidest ning mullakaardist
- Igast tsoonist üks koondproov
- Sama arv punkte mõlemal poolel
- Samad GPS-punktid kõigil kolmel aastal



Produktiivsustsoonid

Mitme aasta satelliidiandmetest: punane = nõrgem, roheline = tugevam



Proovivõtuplaan

14 tsooni; iga punkt on torge selle tsooni koondproovi jaoks

Põlluvaatlus

Viis kiiret testi igas tsoonis, ühe külastusega, kui muld on niiske.

- Umbes 45 minutit tsooni kohta
- Salvestatakse telefonirakendusse, kaardistatakse tsoonide kaupa
- Samad testid iga põllu mõlemal poolel



Labidatest (VESS)

Struktuuri hinne 1 (hea) kuni 5 (halb)



Penetromeeter

Sügavus, kus muld muutub tihedaks



Infiltratsioonirõngas

Aeg, mil 2 × 25 mm vett imub



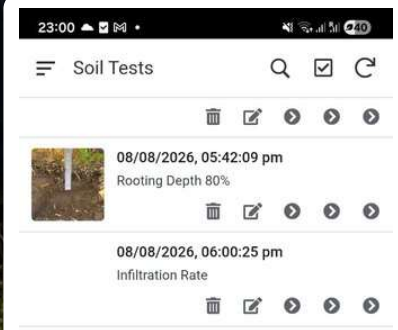
Vihmaussid

Loendatakse mullaploki lahtimurdmisel



Juurte sügavus

Kus eelmise kultuuri juured peatusid



Telefonirakendus

Iga test salvestatakse koos tsooni ja ajaga

Stardijoon, august 2026

**Mõõdetud enne igasugust töötlust.
Iga edasist tulemust võrreldakse
sellega.**

- Hinnatud 8.–27. augustil nisu- ja rapsikõrrel
- Mõlemat poolt majandati veel ühtemoodi
- Labor: keemia, orgaaniline süsinik, CO₂ respiratsioon, nematoodid 33 tsoonis
- Veel tulemas: lõimis, toitainete varud, boor 33 tsoonis ja ülejäänud tsoonides

9

põldu testitud

Põld H järgneb pärast kanepi koristust

71

tsooni põlluvaatlustega

Labidas, penetromeeter, vesi, vihmaussid, juured

33

tsooni labori tulemustega

Neli põldu (A–D), esialgne aruanne

0

töötlust enne hindamist

Mõlemad pooled alustavad võrdselt

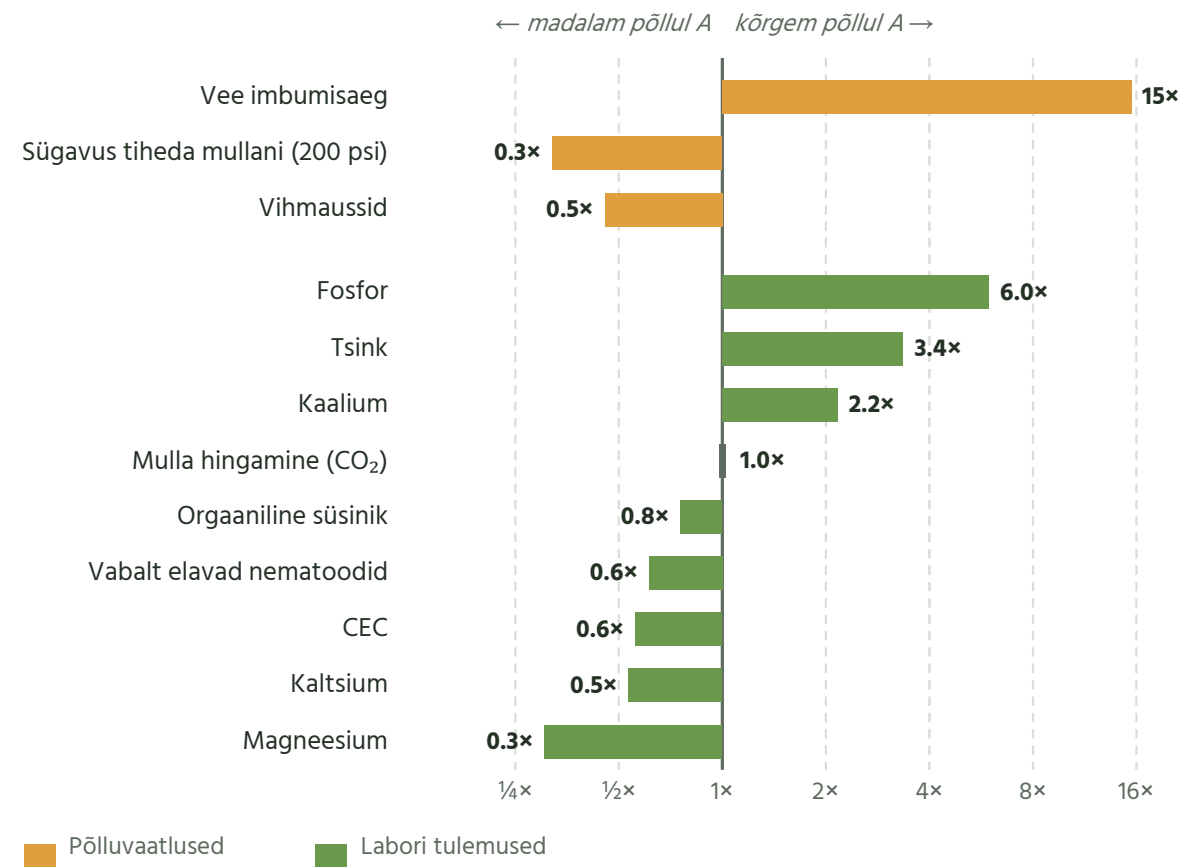
Üks põld eristub

Põld A: vesi imub 15× aeglasemalt, muld muutub tihedaks 10 cm juures ja keemia on tasakaalust väljas.

- Sama VESS hinne kui teistel: probleem asub hinnatud kihist sügavamal
- Madal kaltsium, magneesium ja CEC; kõrge fosfor ja kaalium
- Vähem mullaelustikku: poole vähem vihmausse, vähem nematoode

Põld A võrreldes põldudega B–D

Mediaan tsooni kohta (põld A: 11 tsooni, põllud B–D: 22). Mitu korda kõrgem või madalam põllul A.



Miks nii palju teste?

Erinevad testid annavad mulla seisundist erinevat infot. Mõned näitajad on omavahel seotud, kuid üks test ei asenda teist.

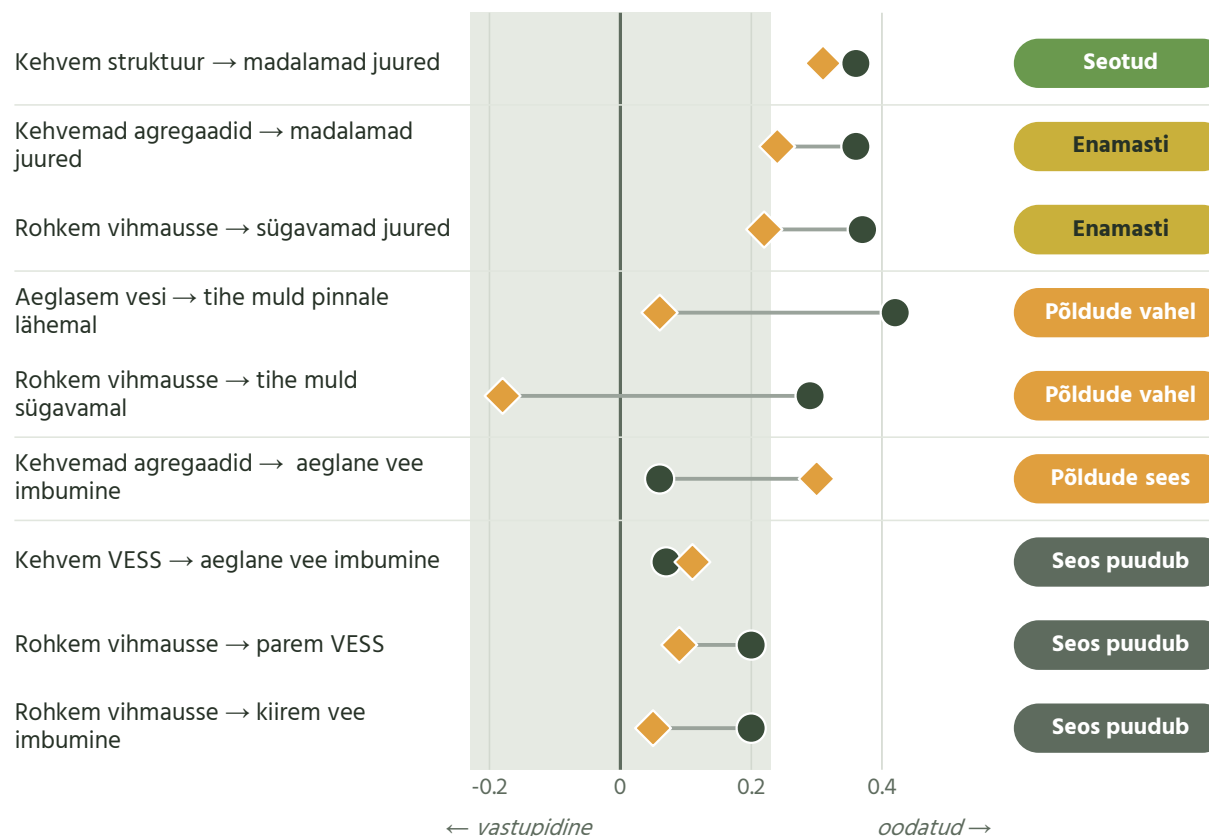
- VESS ja juurte sügavus: selge seos nii põldude võrdluses kui ka sama põllu piires.
- VESS ja vee imbumine: põldude võrdluses selge seos puudub. Ühel põllul oli labidatesti tulemus teistega sarnane, kuid vesi imbus 15 korda aeglasemalt.
- Vihmaussid: rohkem vihmausse seostus sügavamale ulatuvate juurtega, kuid mitte parema mullastruktuuri ega kiirema vee imbumisega.

Millised testid liiguvad koos? 71 tsooni, üheksa põldu

● Kõik tsoonid koos

◆ Iga põllu sees

□ Võib olla juhus ($\pm 0,23$)



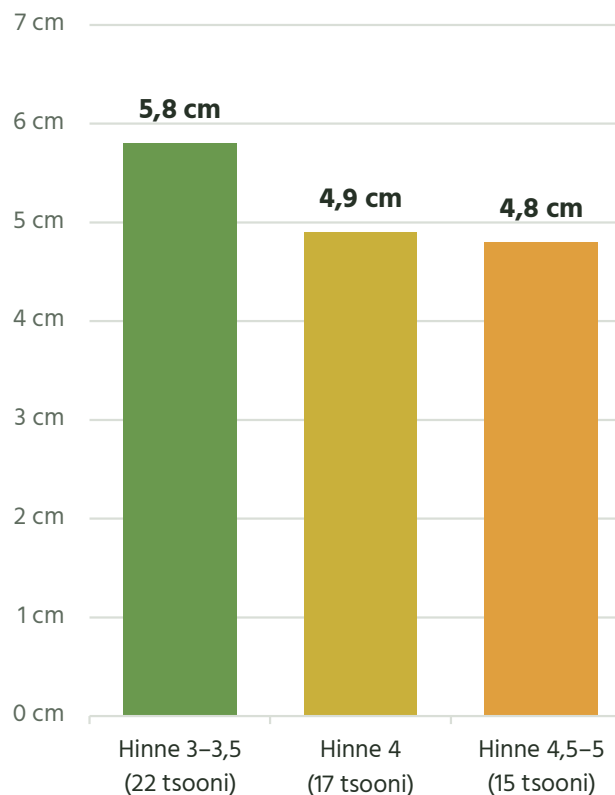
Struktuur ja juured käivad koos

Kus VESS saab halvema hinde, jäävad juured pinnapealseks – ja seos kehtib iga põllu sees.

- Nisukõrs, 54 tsooni seitsmel põllul
- Sama suund igal piisavate tsoonidega põllul
- Nõrk seos: struktuur on üks mitmest piirangust

Juurte sügavus labidatesti hinde järgi

Nisukõrs, keskmine sügavus, kus on 80% juurtest



Parem struktuur

Pude, juured pääsevad läbi



Halvem struktuur

Tihedad, plaatjad tükid

Võrdle juuri kultuuri sees

Rapsi sammasjuured ulatusid 14–20 cm, nisu juured 3–7 cm. See vahe tuleneb kultuurist, mitte mullast.

- Võrdle tsoone sama kultuuri sees
- Võrdle Kontrolli ja Programmi sama põllu sees
- Järgmisel sügisel on igal põllul teine eelvili



Raps

Sammasjuured: 14–20 cm (17 tsooni, põllud I ja J)



Talinisu

Narmasjuured: 3–7 cm (54 tsooni, seitse põldu)

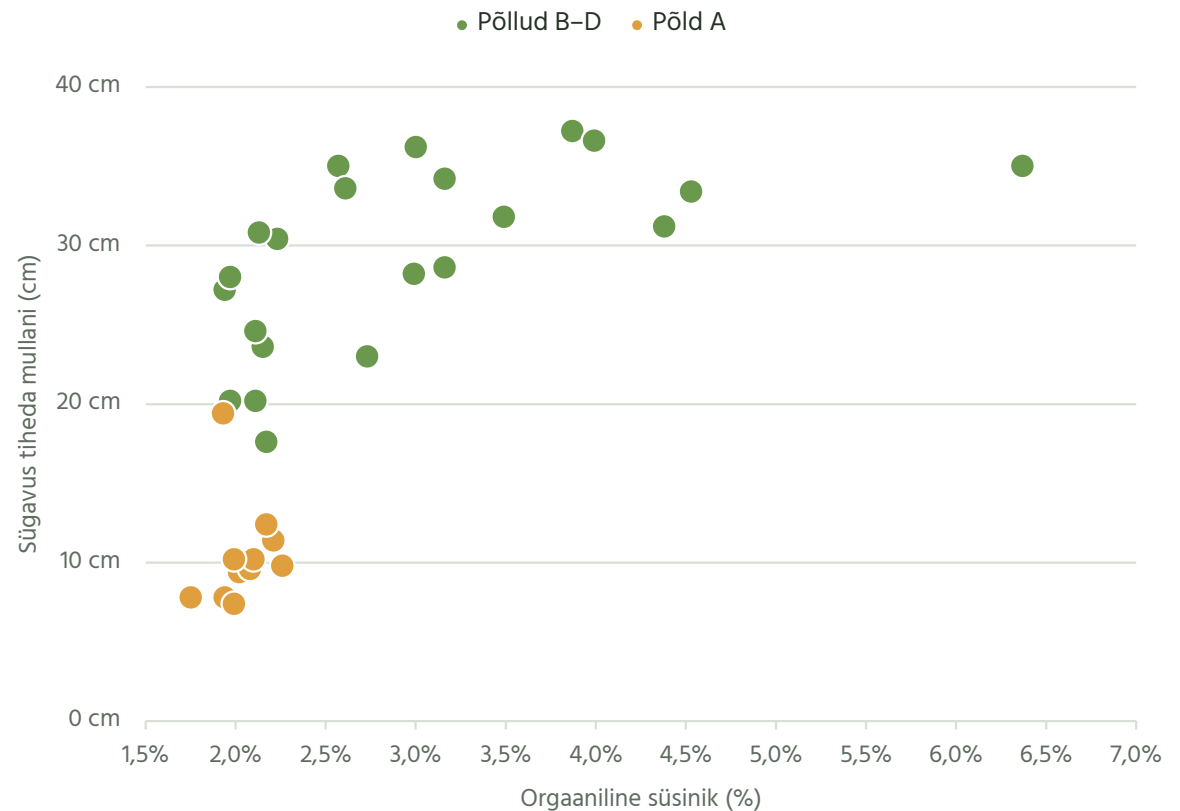
Orgaaniline aine hoiab mulla kobedana

Kus on rohkem orgaanilist süsinikku, läheb penetromeeter sügavamale, enne kui muld muutub tihedaks.

- Kehtib nii põllusees kui põldude vahel võrdluseks
- Põllul A on tihes pinna lähedal, sõltumata süsinikust
- Süsinik koguneb aeglaselt: mõõdetakse uuesti 3. aastal

Orgaaniline süsinik vs sügavus tiheda mullani

Iga punkt on üks tsoon. Tihe muld = penetromeeter jõuab 200 psi-ni.



Mida labor ütleb

Fosforit on ühel põllul palju ja kolmel vähe. pH, kaltsium, vask ja tsink vajavad tähelepanu.

- Sama ettevõtte, vastupidised vajadused
- Üks väetusplaan kõigile põldudele ei sobi kummalgi juhul
- Lõpparuanne lisab lõimise ja toitainete varud

	Põld A (11 tsooni)	Põllud B–D (22 tsooni)
Fosfor eesmärk 45–60 mg/kg	Kõrge: 108–151 igas tsoonis	Madal: 15–33 igas tsoonis
pH (KCl) eesmärk 6,0 või üle	Alla 6,0 8 tsoonis 11-st	Alla 6,0 7 tsoonis 22-st
Kaltsium	Alla 1500 mg/kg 9 tsoonis 11-st	1670–4530 mg/kg
Magneesium	86–103 mg/kg (7–9% CEC)	190–410 mg/kg (10–16% CEC)
CEC toitainete sidumisvõime	9–11 meq/100 g	12–30 meq/100 g
Vask madal alla 1,5 mg/kg	Madal kõigis 11 tsoonis	Madal 7 tsoonis 22-st
Tsink madal alla 2,2 mg/kg	Piisav	Madal 15 tsoonis 22-st
Mulla hingamine (CO₂)	41–104 ppm	31–107 ppm: sarnane

Mehlich-3, esialgne laboriaruanne. Klassid Eesti juhiste järgi (PMK, PIKK).

Mõju programmile

**Mullaanalüüs muudab plaani põllu
kaupa – mitte üks retsept kõigile.**

- Leia põhjus enne lahenduse valimist
- Tulemused mõjutavad hooaja norme
- Mõned lahendused ei mahu katse võimalustesse

1

Fosfor Põllul A on seda küllaga: stardifosforit pole vaja. Põldudel B–D on puudus: hoia stardiväetis seal, kus taim seda vajab.

2

Lubi Põllu A madal pH ja kaltsium tõstavad selle lupjamise nimekirja tippu. Kuidas lupjamine katsesse sobitub, lepitakse kokku enne laotamist.

3

Mikroelemendid Põllul A on puudu vasest, B–D tsingist: lisatakse seemnekattega ja taimemahlaanalüüsil põhineva lehtväetamisega.

4

Tihes Põllu A tihes juba 10 cm juures: poolkaevad põhjuse leidmiseks – tehnika liikumine, künnialune kiht või lõimise muutus – enne lahenduse valimist.

5

Tsoonid Kontrolli tsoonipiire labori tulemuste põhjal ja joonista need vajadusel ringi

Mida parandada esimesena

Järjesta probleemid nende hinna, mitte välimuse järgi.

- Paks pahandus 8 ha-l pole nii oluline mõõdukas mure 200 ha-l
- Suured lahendused – lubi, kuivendus, tehnika liikumine – lähevad kogu ettevõtte plaani
- Esimese aasta põhitulemus on järjestatud probleemide nimekiri

Kuidas iga probleemi järjestatakse

hektarid × saagivahe × saagi hind

vs

parandamise kulu ja aeg

Järjestatud tööde nimekiri

Põllu kaupa: kuhu raha suunata ja mida pole mõtet torkida

Sisendite kokkuhoid

Hinnanguliselt ~18–20 tuh € hooajas programmipoolel tänu väiksemale graanulväetise kasutusele

Rohkem N-i vedelsõnnikust

Mõõdetud, mitte oletatud: töödeldud vs töötlemata igal laotamisel.

Tõendid oma põldudelt

Kuus rapsipõldu ja kolm hooaega enne kogu ettevõtte plaani võtmist.

Mida see meile ütleb ja mida mitte

Kolm hooaega on miinimum, et meil oleksid usaldusväärsed tulemused

Järgmised sammud

- Lõplik laboriaruanne kõigi põldude kohta
- Põld H testitakse pärast kanepi koristust
- Poolkaevad põllu A tihedas kihis
- Esimesed taimemahlaanalüüsid kevadise kasvu alguses

See ütleb meile

- Mis piirab iga põllu tootlikkust ja kui palju maksab probleemi lahendamine? – kitsaskohtade järjestamine lahendamise maksumuse järgi.
- Kas 14–26% väiksema lämmastikukogusega säilivad saagikus ja kvaliteet? – rapsi puhul kontrollime seda kuuel põllul, et saada usaldusväärsed tulemused.
- Kas töödeldud vedelsõnnik aitab vähendada lämmastikukadusid?
- Kas rakendatud meetmed tasuvad end majanduslikult ära?
- Kas mulla seisund muutub? – muutuste jälgimine samades, püsivalt märgistatud mõõtmispunktides.

See ei ütle meile

- Milline muudatus andis tulemuse? – korraga rakendatakse üheksat erinevat meetet, mistõttu ei saa nende mõju eraldi hinnata.
- Kas mulla süsinikuvaru on muutunud? – ühe aastaga ei ole võimalik usaldusväärselt hinnata pikaajalisi muutusi.
- Kas tulemused korduvad ka teistsugustes tingimustes? – üks hooaeg peegeldab vaid ühe aasta ilmastikku ja kasvutingimusi.
- Kas tulemused kehtivad ka suviokra ja kanepi puhul? – mõlemat kultuuri kasvatatakse katses vaid ühel põllul.
- Kui palju toitaineid leostub juurestikust sügavamale? – toitainete kadusid hinnatakse arvutuslikult, mitte otseste mõõtmiste põhjal



Aitäh

Küsimused?

info@gens.eu

kerttu.tammik@metk.agri.ee

Projekti tegevusi toetab Euroopa Maaelu Arengu Põllumajandusfond (EAFRD)