



VPP

Valsts pētījumu
programma

Enerģētika

Enerģētikas un klimata modelēšana virzībā uz oglekļa neitralitāti, VPP-EM-2018/NEKP_0001

“Meža eksperts” modeļa uzturēšana, datu pieejamības un parametru aktualizēšana. Sasaiste izveide ar sistēmdinamikas un TIMES modeli.

**Pētījumu finansē Latvijas Republikas Ekonomikas Ministrija, projekts
“Enerģētikas un klimata modelēšana virzībā uz oglekļa neitralitāti”, projekta
Nr. VPP-EM-2018/NEKP_0001**

“Meža eksperts” modeļa uzturēšana un parametru aktualizēšana. Datu pieejamības analīze., 2020. gads, 22 lpp.,

Izstrādāja

Latvijas Lauksaimniecības universitāte, Meža fakultāte

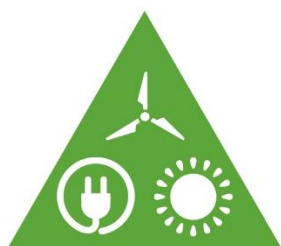
Autori

Dagnis Dubrovskis, Dr.silv., profesors

Salvis Daģis, M.sc.ing., pētnieks



Latvijas
Lauksaimniecības
universitāte



SATURS

SATURS	4
1. IEVADS.....	5
1.1. Eiropas Savienības Zaļā kursa paradigmas, to ietekme uz meža apsaimniekošanas nosacījumiem	5
2. Datu apstrādes programmas “Meža eksperts” procesu modeļa pilnveide	9
2.1. Metodika.....	9
2.2. Ierobežojumi.....	12
2.3. Meža apsaimniekošanas modelēšanas scenāriji	18
3. “MEŽA EKSPERTS” SASAISTE AR SISTĒMDINAMIKAS UN TIMES MODELI..	19

1. IEVADS

1.1. Eiropas Savienības Zaļā kursa paradigmas, to ietekme uz meža apsaimniekošanas nosacījumiem

2019. gada nogalē Eiropas Komisijas izsludinātais Zaļais kurss nosaka jaunas Eiropas Savienības attīstības paradigmas. Eiropas Komisijas Prezidente Ursula fon der Leiena šo ekonomiku nosaukusi par Eiropas sociālo tirgus ekonomiku.¹, kas norāda uz regulētas ekonomikas veidošanu Eiropā.

Par plānotajām kardinālajām izmaiņām liecina ierosme noslēgt paktu, kurš iedzīvotājus visā to daudzveidībā savedīs kopā ar nacionālajām, reģionālajām un vietējām iestādēm, pilsonisko sabiedrību un industriālajām nozarēm, kas cieši sadarbosies ar ES iestādēm un padomdevējām struktūrām. Eiropas Zaļais kurss faktiski nozīmē sabiedrības paradumu un ekonomisko brīvību pārskatīšanu, to pamatojot ar vides problēmu risināšanas nepieciešamību. Šiem uzdevumiem tiek plānots novirzīt milzīgus finanšu resursus (vajadzīgas papildus investīcijas 260 miljardi Eur, kas ir aptuveni 1,5% no 2018. gada IKP) un pārveidot līdzšinējo finanšu sistēmu.

Dokumentā norādīts, ka galvenais mērķu sasniegšanas uzdevums ir novērtēt dabisko ekosistēmu aizsardzību un atjaunošanu, resursu ilgtspējīgu izmantošanu un cilvēka veselības stiprināšanu. To iespējams nodrošināt pārveidojot līdzšinējā finanšu tirgus darbības principus. Izšķiroša nozīme zaļās pārkārtošanās finansēšanā būs privātajam sektoram. Turklāt Eiropas Komisija pārskatīs Nefinanšu informācijas atklāšanas direktīvu, lai nodrošinātu vidisko risku un to mazināšanas iespēju pienācīgu pārvaldību un samazinātu saistītās darījumu izmaksas. Komisija atbalstīs arī uzņēmumu un citu ieinteresēto personu centienus izstrādāt standartizētas dabas kapitāla uzskaites prakses ES un starptautiskā mērogā. Tas tiek darīts lai trešajām pusēm radītu iespējas pārņemt servitūtu tiesības uz īpašuma aktīviem. Sagaidāma arī "nodokļu zaļināšana". Lai novērstu "zaļmaldināšanas" risku, tiks ieviesti standarti, kas kļūs obligāti visiem tirgus dalībniekiem (piemēram FSC meža sertificēšanas sistēma), kā arī obligāta audita sistēma. Pamatojoties uz 2030. gada bioloģiskās daudzveidības stratēģiju, Komisija sagatavos jaunu ES meža stratēģiju, kas aptvers pilnu meža ciklu un popularizēs daudzus mežu sniegtos pakalpojumus.

Eiropas Komisijas Ilgtspējīgas izaugsmes finansēšanas plāns paredz Eiropas finanšu sistēmas transformēšanu, pārliekot finansēšanas uzsvaru no finanšu vērtības maksimizēšanas uz integrētās vērtības pieeju, kad uzņēmējdarbības finansēšana ir atkarīga ne tikai no iespējām kāpināt finansiālo vērtību, bet arī vienlīdz svarīga ir sociālās un vides ietekmes novērtēšana (D.Scoenmaker, W.Schramde)(skatīt tabulu 1.1.)

1.1. tabula

Ilgtspējīgu finanšu ietvars (SF)

SF Tips	Radītā vērtība	Faktoru ranžēšana	Optimizēšana	Laika limits
Finansējums kā parasti (Finance as usual)	Akciju vērtība	F	Max F	īstermiņa
SF 1.0	Precizēta akciju vērtība	F>>S un E	Max F ņemot vērā S un E	īstermiņa

¹ https://ec.europa.eu/commission/sites/beta-political/files/political-guidelines-next-commission_en.pdf

SF 2.0	Akciju vērtība atbilstoši "Trīskāršai apakšējai līnijai" TBL*	$I=F+S+E$	Optimizēt I	Vidēja termiņa
SF 3.0	Kopējo labumu vērtība	S un $E>F$	Optimizēt S un E pakļauts F	Ilgtermiņa

F= finansiālā vērtība; S= sociālā ietekme; E= vides ietekme; I= integrētā vērtība, SF 1.0. Maksimizēt F pakļaujot nelieliem S un E ierobežojumiem.

*TBL - Triple bottom line (vai kā citādi norādīts kā TBL vai 3BL) ir grāmatvedības sistēma ar trim daļām: sociālo, vides (vai ekoloģisko) un finanšu. Dažas organizācijas ir pieņēmušas TBL sistēmu, lai novērtētu savu sniegumu plašākā perspektīvā, lai radītu lielāku biznesa vērtību.²

Tradicionālais banku bizness ir ilgtermiņa aizdevumu nodrošināšana, ko finansē ar īstermiņa noguldījumiem. Bankas ir izstrādājušas aizņēmēju pārbaudes un uzraudzības tehnoloģijas, lai samazinātu asimetrisko informāciju starp aizdevēju un aizņēmēju.

Šī uzraudzības funkcija bankām ļauj novērtēt sociālos un vides riskus kā daļu no kredītriska pārvaldības procesa. Bankas var analizēt arī nozares mēroga ilgtspējības tendences un atklāt labāko praksi.

Ir noteiktas divas galvenās pieejas ilgtspējības integrēšanai kredīvēšanā: balstīta uz risku un balstīta uz vērtību. Uz risku balstītā pieeja pārbauda, vai vides, sociālie un pārvaldības (ESG) faktori ietekmē kredītrisku tādā veidā, kas nav iekļauts pašreizējā kredītriska novērtēšanas un pārbaudes metodoloģijā. Izmantojot uz vērtību balstītu pieeju, ieinteresētajām personām, piemēram, noguldītājiem vai ieguldītājiem klientiem, nemonētāru apsvērumu dēļ var rūpēties par ESG faktoriem.

ES tiek veidota Zaļā klasifikācija – taksonomija, kas mērķēta uz to, lai palīdzētu investoriem un kompānijām izmantot lielāku informācijas apjomu, pieņemot lēmumus videi draudzīgās aktivitātēs. ES Zaļā klasifikācija vērsta uz finanšu tirgu izaugsmi, pārorientējot kapitāla plūsmas uz aktīviem, kas sekmētu ilgtspējīgu attīstību un atļautu tirgus dalībniekiem investēt ilgtspējā ar lielāku pašāvērtību un vieglāk. Latvijai kopā ar Igauniju un Lietuvu jāveido kopējs kapitāla tirgus, lai tas būtu spēcīgs un funkcionētu veiksmīgāk. Finansēm vajadzīga aprīte, tām jāieplūst jaunos uzņēmumos un inovācijās – tas savā ziņā ir konkurences mandāts.

Eiropas Savienības Taksonomijas Regula (TR)³ reglamentēs ilgtspējīgas resursu apsaimniekošanas principus un papildinās ar deleģētajiem aktiem, kas satur sīki izstrādātus tehniskos pārbaudes kritērijus, lai noteiktu, kad ekonomisko darbību var uzskatīt par ilgtspējīgu, un atbilstošu taksonomijas regulas prasībām. Eiropas Komisija izveidoja ilgtspējīgu finanšu tehnisko ekspertu grupu, kurai tika uzdots izstrādāt ieteikumus vairākos tematiskajos virzienos, ieskaitot taksonomijas tehniskos skrīninga kritērijus klimata pārmaiņu mazināšanas mērķiem un adaptācijai.

Deleģētos aktus, kas satur tehniskos skrīninga kritērijus, izstrādās divos posmos: Pirmā tehniskā pārbaude - Kritēriji darbībām, kas būtiski veicina klimata pārmaiņu mazināšanu vai pielāgošanos tām, tiks pieņemti līdz 2020. gada beigām un stāsies spēkā līdz 2021. gada beigām. Otrās tehniskās skrīninga kritēriju komplekts, kas attiecas uz ekonomisko darbību, kas būtiski veicina pārējo četru vides mērķu sasniegšanu, tiks pieņemts līdz 2021. gada beigām un stāsies spēkā līdz 2022. gada beigām.

² https://en.wikipedia.org/wiki/Triple_bottom_line

³ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LV/TXT/HTML/?uri=CELEX:32019R2100&from=LV>

Līdz 2021. gada 1. jūnijam Eiropas Komisija pieņems deleģēto aktu, precizējot, kā korporatīvās informācijas atklāšanas pienākumi būtu jāpiemēro praksē. Deleģētajā aktā tiks ņemtas vērā atšķirības starp nefinanšu un finanšu kompānijām.

Turpmāku taksonomijas attīstību pārvaldīs Eiropas Komisija, izveidojot ilgtspējīgu finanšu platformu. Turklāt dalībvalstu ekspertu grupa piedalīsies padomdevēja statusā.

Zaļās taksonomijas regula nosaka sešus vides mērķus:

- (1) klimats - pārmaiņu mazināšana,
- (2) pielāgošanās klimata izmaiņām,
- (3) ūdens un ilgtspējīga izmantošana un aizsardzība jūras resursi,
- (4) pāreja uz aprites ekonomiku,
- (5) piesārņojuma novēršana un kontrole,
- (6) bioloģiskās daudzveidības un ekosistēmu aizsardzība un atjaunošana.

Vides mērķu sasniegšanā nedrīkst koncentrēties uz kādu konkrētu, ignorējot pārējos.

Eiropas Zaļais kurss nosaka arī jaunus Bioloģiskās daudzveidības aizsardzības nosacījumus, kas atspoguļoti Bioloģiskās daudzveidības stratēģijā 2030⁴. Stratēģijas galvenais mērķis - līdz 2050. gadam atjaunot visas pasaules ekosistēmas, nodrošinot elastīgu un atbilstošu aizsardzību. Pasaulei jāapņemas ievērot neto ieguvuma principu: "dodiet dabai atpakaļ vairāk, nekā saņēmts". Pasaulei būtu jāapņemas apturēt sugu izmiršanu un iespējami samazināt ietekmi. Lai līdz 2030. gadam virzītu bioloģisko daudzveidību uz atveseļošanu, jāpastiprina dabas aizsardzība un atjaunošana. Tas jādara, uzlabojot un paplašinot aizsargājamās teritorijas un izstrādājot vērienīgu **ES dabas atjaunošanas plānu**.

- Eiropā izveidot saskaņīgu Transeiropas dabas tīklu. Ekoloģisko koridoru izveide Eiropas mērogā.
- Aizsargājamo teritoriju paplašināšana ir ekonomiskais pienākums. Pētījumi par jūras sistēmu novērtējumu ka katrs eiro, kas ieguldīts aizsargājamās jūras teritorijās, atdot vismaz 3 eiro lielu atdevi. Ieguvumi no Natura teritorijām vērtējami 200-300 miljardi eur gadā.
- Ne mazāk kā 30% no sauszemes teritorijas un 30% no jūras jābūt aizsargātām!
- Ne mazāk par 10% no sauszemes un 10% no jūras platības jābūt stingri aizsargātām! ES izstrādās stingri aizsargājamo platību atbilstības kritērijus.
- Īpaši jāpastiprina veco mežu aizsardzība Eiropā. Resursu ieguves samazināšanu nedrīkst kompensēt ar resursiem no citiem reģioniem.
- Mežsaimniecība ietekmē augsnes. Augšņu saglabāšana ir viens no uzdevumiem.
- Papildus tam, ka tiek stingri aizsargāti visi atlikušie ES primārie un vecmežu meži, ES jāpalielina mežu daudzums, kvalitāte un noturība, jo īpaši pret ugunsgrēkiem, sausumu, kaitēkļiem, slimībām un citiem draudiem, kas, iespējams, palielināsies līdz ar klimata izmaiņām. Paturēt to funkcijas gan bioloģiskajā daudzveidībā, gan klimatā, visi meži ir jā saglabā labā veselības stāvoklī. Elastīgāki meži var atbalstīt izturīgāku ekonomiku. Mežam ir svarīga loma materiālu, produktu un pakalpojumu nodrošināšanā. Mežsaimniecībai ir liela nozīme bioekonomikā.
- Eiropas meža stratēģijā 2021. jāiekļauj plašākas bioloģiskās daudzveidības aizsardzības un klimata pārmaiņu mazināšanas ambīcijas.
- Līdz 2030. gadam Eiropā jāiestāda papildus 3 miljardi koku.
- Meža apsaimniekošanai jābūt balstītai uz meža apsaimniekošanas plāniem. Plāniem jābūt obligātiem publisko mežu apsaimniekošanā, to īpatsvars jāpalielina privātajā sektorā. ES izstrādās dabai tuvas meža apsaimniekošanas vadlīnijas.

⁴ <https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12096-EU-2030-Biodiversity-Strategy>

- Izstrādāt vienotu Eiropas meža informācijas sistēmu, lai iegūtu labāku ainu par kopējo Eiropas meža veselības stāvokli.
- Lai nodrošinātu bioloģiskās daudzveidības saglabāšanu, pārskatīt ES Atjaunojamās enerģijas direktīvu.
- Noteikt jaunus ilgtspējības kritērijus meža biomasas ieguvei enerģijas ražošanai 2021.gadā.
- Izveidot jaunu Eiropas bioloģiskās daudzveidības aizsardzības pārvaldes ietvaru.
- ES Taksonomijas ietvaros izveidot bioloģiskās daudzveidības ietekmes pierādīšanas ietvaru, nosakot kritērijus.
- Lai apmierinātu šīs stratēģijas vajadzības, ieskaitot Natura 2000 un zaļo investīciju prioritātes infrastruktūrai, vismaz 20 miljardi eiro gadā būtu jānovirza izdevumiem dabai. Tam būs jāpiesaista privātais un publiskais finansējums valsts un ES līmenī, caur dažādām programmām nākamajā ES ilgtermiņa budžetā. Turklāt, kā dabas atjaunošana sniegs lielu ieguldījumu klimata mērķu sasniegšanā, tas ir nozīmīga daļa no 25% no ES budžeta.
- Saskaņā ar Invest ES būs izveidota īpaša dabas kapitāla un aprites ekonomikas iniciatīva, lai nākamajos 10 gados mobilizētu vismaz 10 miljardus eiro, pamatojoties uz publisko / privāto jaukto finansējumu. Daba un bioloģiskā daudzveidība ir arī Eiropas Zaļā darījuma Investīciju plāna prioritāte. Lai palīdzētu atbrīvot vajadzīgos ieguldījumus, ES jānodrošina ilgtermiņa ieguldījumu pamatotību un jāpalīdz iestrādāt finanšu sistēmas ilgtspēju. ES ilgtspējīga finanšu taksonomija palīdzēs virzīt ieguldījumus uz videi draudzīgu atveseļošanu un attīstību dabai draudzīgos risinājumos. 2021. gadā tiks ieviesti Taksonomijas Regulas noteikumi, kas noteiks vienotu ekonomisko aktivitāšu klasifikāciju ilgtspējīgai darbībai bioloģiskās daudzveidības un ekosistēmu aizsardzībā un atjaunošanā. Principi tiks iekļauti šogad pārskatīšanai nodotajā ilgtspējīgu finanšu stratēģijā.
- ES Komisija turpinās virzīt nodokļu sistēmas un vērtēšanas sistēmas izveidi, kas ietvers vides izmaksas un daudzveidības zuduma kompensācijas. Tas ietekmēs nacionālās fiskālās sistēmas, pārliks izmaksas uz piesārņotāju "lietotājs un piesārņotājs maksā".
- Dabas vērtība tiks novērtēta. 2021. gadā tiks pieņemtas metodes, kritēriji un standarti bioloģiskās daudzveidības, pakalpojumu vērtības un ilgtspējības novērtēšanai.

Eiropas Zaļais kurss ieviesīs būtiskas izmaiņas Latvijas meža resursu apsaimniekošanas sistēmā. Lai modelētu potenciālo ietekmi un attīstītu integrēto pieeju meža resursu stratēģiskās plānošanas procesos, datu apstrādes programmai "Meža eksperts" tiek pilnveidots lēmumu pieņemšanas atbalsta procesu modelis.

2. DATU APSTRĀDES PROGRAMMAS “MEŽA EKSPERTS” PROCESU MODEĻA PILNVEIDE

Lai novērtētu Eiropas Zaļā kursa, Nacionālā attīstības plāna NAP2027⁵ un stratēģijas “Latvija 2030”⁶ sagaidāmos rezultātus un sagatavotu priekšlikumus meža resursu apsaimniekošanas efektivitātes paaugstināšanai, tika izvirzīti šādi darba uzdevumi:

1. Aprobēt meža bioloģisko aktīvu un dabas kapitāla vērtēšanas metodiku un novērtēt Latvijas meža bioloģisko aktīvu vērtību monetārā izteiksmē,
2. Zaļās taksonomijas regulas 6 mērķu iekļaušanu datu apstrādes programmas “Meža eksperts” modeļos. Izveidot produktu vides pēdas nospieduma (PVPN) vērtēšanas algoritmu atbilstoši ES klimata pārejas etaloniem (klimats – pārmaiņu mazināšana un pielāgošanās klimata izmaiņām).
3. Izveidot kritēriju un indikatoru sistēmu, kā arī algoritmus meža resursu stāvokļa dinamikas modelēšanai atbilstoši 3 scenārijiem:
 - a. Līdzšinējais normatīvo aktu ietvars un meža apsaimniekošanas pieeja;
 - b. Ekonomiski izdevīgākais meža apsaimniekošanas modelis;
 - c. Eiropas Zaļā kursa noteiktais meža apsaimniekošanas modelis.
4. Sagatavot priekšlikumus meža resursu apsaimniekošanas efektivitātes paaugstināšanai un normatīvās vides pilnveidošanai.

2.1. Metodika

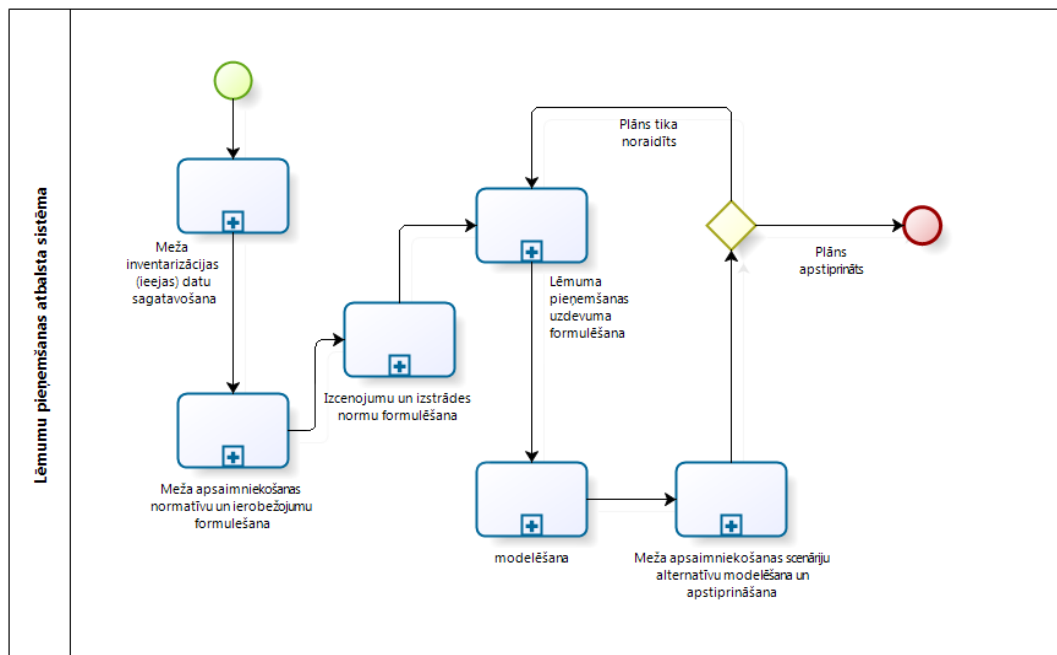
Projekta metodika:

1. Pilnveidot lēmumu pieņemšanas atbalsta sistēmu Meža eksperts, tajā iekļaujot uz jaunākajām zinātniskajām atziņām bāzētus vienādojumu parametrus un algoritmus.
2. Valsts meža reģistra datu pieprasīšana, apstrāde un sagatavošana aprēķinu veikšanai (valsts meži, pārējie meži, kopā).
3. Meža apsaimniekošanas ekonomisko indikatoru bāzes vērtību saskaņošana (diskonta likme, kokmateriālu cenu indeksēšana, alternatīvo modelēšanas scenāriju saskaņošana, 6 vides mērķu ierobežojumi u.t.t.).
4. Meža resursu stāvokļa izmaiņu dinamika un tās ietekme uz meža kapitālvērtību.
5. Normatīvo aktu izmaiņu iekļauto atbalsta pasākumu ietekme uz meža kapitālvērtību.
6. Meža resursu apsaimniekošanas efektivitātes paaugstināšanas iespēju risinājumu izvērtēšana un priekšlikumu apspriešana.

Kopējā lēmumu pieņemšanas atbalsta sistēma parādīta 1.2.1. attēlā.

⁵ <https://www.pkc.gov.lv/lv/attistibas-planosana-latvija/nacionalais-attistibas-plans/nap2027>

⁶ <https://www.pkc.gov.lv/lv/valsts-attistibas-planosana/latvijas-ilgtspējigas-attistibas-strategija>



1.2.1.attēls. Lēmumu pieņemšanas atbalsta sistēma shēma

Integrētās meža apsaimniekošanas plānošanas uzdevumu izpildīšanai ir izveidots lineārās optimizācijas algoritms. Mērķis ir optimizēt ikgadējos ciršanas apjomus ilgtermiņā atbilstoši izvirzītajiem mērķa indikatoriem. No optimālā ikgadējā ciršanas apjoma izriet izpildāmie saimnieciskie rīkojumi, galvenās cirtes un meža atjaunošanas, kā arī krājas kopšanas ciršu izpildes apjomi. Lai atrastu optimālo apsaimniekošanas scenāriju, optimizācijas uzdevumam nepieciešams apstrādāt dažādus saimnieciskās darbības alternatīvus scenārijus ikvienai zemes vienībai. Katrā scenārijā tiek mainīti viens vai vairāki saimnieciskās darbības nosacījumi, piemēram, galvenās cirtes izmaiņas. Otrs mainīgais parametrs ir krājas kopšanas ciršu intensitāte un izpildes laiks. Trešais mainīgais parametrs var būt atjaunojamās sugas izvēle. Saskaņā ar ES Zaļās taksonomijas principiem, kā ierobežojošie un mainīgie lielumi tiek paredzēti ne vien peļņas un kapitālvērtības maksimizēšanas nosacījumi, apaļo kokmateriālu ieguves nosacījumi, bet arī CO₂ akumulēšanas un reducēšanas nosacījumi, saimnieciskās darbības ietekme uz nodarbinātību un bioloģiskās daudzveidības aizsardzības raksturlielumi. Atbilstoši izvirzītajiem mērķiem tiek noteikti optimizācijas scenāriji (skatīt 1.2.1.tabulu).

1.2.1.tabula

Optimizācijas scenāriji

Scenārijs	Mainīgais lielums	Mainīgā vērtība
1	Galvenās cirtes izpildes gads	G.C.V. +- 20 gadi
2	Neveikt saimniecisko darbību	Pirmajā periodā (5 gadus)
3	Krājas kopšanas cirtes intensitāte	- 10%
4	Krājas kopšanas cirtes izpildes gads	+5 gadi
5	Atjaunojamās sugas izvēle pēc AAT	Suga pēc AAT
6	Atjaunojamās sugas alternatīvā izvēle	Alternatīvā suga

Starp šiem scenārijiem var būt arī kombinācijas, piemēram, krājas kopšanas cirtes intensitāte +10% un izpildes gads +5 gadi.

Globālā optimizācijas uzdevuma risināšana

Globālā optimizācijas uzdevuma mērķis meža apsaimniekošanas plānošanā ir maksimizēt tīrās tagadnes vērtību. Uzdevuma matemātiskais pieraksts ir redzams 1.1.formulā.

$$\sum_{n=0}^N \sum_{p=0}^P \sum_{c=0}^C x_{n,p,c} \times TTV_{n,p,c} \rightarrow \max^{(1.1)}$$

x – *palīg mainīgais (slēdzis)*

n – *nogabala indekss,*

N – *nogabalu skaits*

p – *perioda indekss,*

P – *periodu skaits*

c – *scenārija indekss,*

C – *scenāriju skaits*

s – *sugas indekss,*

k – *izcērtamā krāja,*

kGC – *galvenā cirtē izcērtamā krāja,*

kKKC – *kopšanas cirtē izcērtamā krāja*

o – *sortimenta indekss,*

TTV – *tīrā tagadnes vērtība,*

Globāla optimizācijas uzdevuma sastādīšanā ir izmantoti šādi mainīgie:

Nogabala indekss (n) apraksta kādu konkrētu nogabalu, piemēram, indekss 1 atbilst pirmajam nogabalam no optimizācijas uzdevumā iekļautās kopas. Iekļauto nogabalu skaits ir tieši saistīts ar optimizācijas uzdevuma risināšanas ātrumu.

Scenārija indekss (c). Scenārijs apraksta, kādas darbības tiks veiktas ar nogabalu visā plānošanas periodā un no tā ir atkarīgas visu pārējo nogabalu raksturojošo lielumu vērtības.

Scenāriju skaits (C). Apskatot globālās optimizācijas iespējas tika izskatīti vairāki scenāriju varianti, kas ļauj sastādīt optimizācijas uzdevumu ar lielāku kombināciju un risinājumu skaitu. Apskatītie scenāriju varianti ir redzami 12.1. tabulā. Katram scenāriju variantam tika sagatavota vērtība kopa visiem plānošanas periodiem, kas norāda tā rakstura lielumus katrā periodā atbilstoši šim variantam. Scenārija indekss (c) norāda, kuru no iepriekš sagatavotās scenāriju kopas variantiem izmantot konkrētajā gadījumā.

Perioda indekss (p) norāda, kura plānošanas perioda vērtība tiek apskatīta. Viena plānošanas perioda garums ir atkarīgs no uzdevuma veidošanas brīdī izvirzītajiem pieņēmumiem – periods var būt 5 gadi, 10 gadi vai kāda cita vērtība. Svarīgi ir izvēlēties tādu perioda garumu, kas ir nozīmīgs meža apsaimniekošanas kopējā ciklā, piemēram, ja iedalījums periodos tiks veikts ar 1 gada soli, rezultātā būs ļoti liels kopējais periodu skaits un salīdzinoši mazas vērtību izmaiņas starp tiem.

Periodu skaits (P) norāda kopējo periodu skaitu, kas tiek iekļauti optimizācijas uzdevumā.

Izcērtamā krāja (k) apraksta izcērtamās krājas apjomu. Uzdevuma sastādīšanai mainīgais k tiek lietots ar indeksiem n, p un c ($k_{n,p,c}$), kas norāda, ka tas ir izcērtamās krājas apjoms, kas atbilst noteikta nogabala scenārija krājas apjomam dotajā plānošanas periodā.

Tīrā tagadnes vērtība (TTV) raksturo meža īpašuma vērtību. Tā var tikt lietota īpašuma tirgus vērtības noteikšanai, saimnieciskās darbības un iespējamās finansu plūsmas noteikšanai un analīzei.

Galvenā cirtē izcērtamā krāja (kGC).

Kopšanas cirtē izcērtamā krāja (kKKC).

Sugas indekss (s).

Sugu skaits (S).

Sortimenta indekss(o).

2.2. Ierobežojumi

Meža apsaimniekošanas plānošanas globālā optimizācijas uzdevumā ir četru veidu ierobežojumi: vērtību tipa, starpperiodu, sliekšņa vērtību un scenāriju ierobežojumi. Pirmā veida ierobežojums, ko nosaka meža apsaimniekošanas prakse (nogabals var tikt izcirsts vai neizcirsts) norāda, ka mainīgajam x , ko var interpretēt kā veicamās darbības intensitāti ir tikai divas iespējamās vērtības 0 vai 1.

Otrā veida ierobežojumi norāda pieļaujamās vērtību izmaiņas starp plānošanas periodiem. Izmantojot šos ierobežojumus ir iespējams ietekmēt kopējās rezultātu svārstības. Starpperiodu ierobežojumus var sastādīt, tā lai tie aprakstītu pieļaujamo vērtību izmaiņas starp diviem konkrētiem periodiem vai veidotu pakārtotu saistību sistēmu starp visiem periodiem.

Trešā veida ierobežojumi ļauj noteikt sliekšņa vērtības, piemēram, norādīt, ka sugas sortimenta krāja nedrīkst būt lielāka vai mazāka par kādu noteiktu vērtību.

Ceturtais veida ierobežojumi nosaka, ka visā plānošanas ciklā vienam nogabalam drīkst izpildīt tikai vienu scenāriju. Ja šāds ierobežojums nav definēts, pastāv iespēja, ka uzdevuma risinājumā ir paredzēts nogabalu nocirst pirmajā desmitgadē, pēc pirmā scenārija un otrajā desmitgadē pēc otrā scenārija, ko nav iespējams realizēt.

Starpperiodu ierobežojumi

Kopējās krājas ierobežojums starp pirmo un pēdējo periodu ir noteikti 1.2. un 1.3. formulā.

$$\sum_{n=0}^N \sum_{c=0}^C x_{n,p=1,c} \times k_{n,p=1,c} \leq z \times \sum_{n=0}^N \sum_{c=0}^C x_{n,p=P,c} \times k_{n,p=P,c} \quad (1.2.)$$

$$\sum_{n=0}^N \sum_{c=0}^C x_{n,p=1,c} \times k_{n,p=1,c} \geq m \times \sum_{n=0}^N \sum_{c=0}^C x_{n,p=P,c} \times k_{n,p=P,c} \quad (1.3.)$$

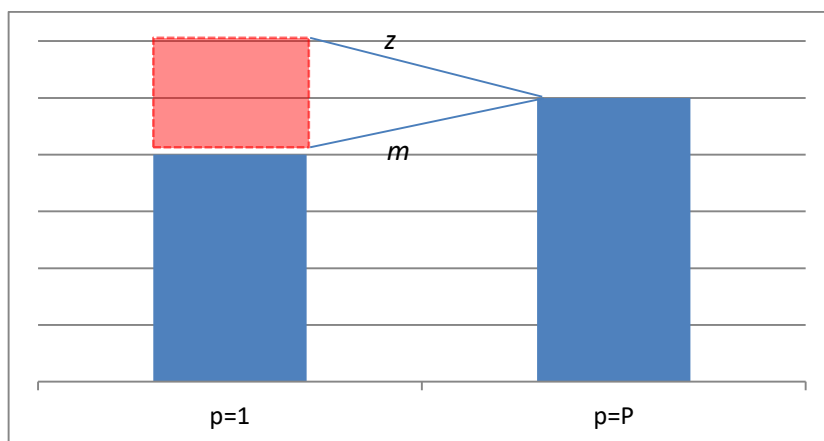
Koeficienti z un m norāda kopējo pieļaujamo izmaiņu starp pirmo un pēdējo periodu. Šie koeficienti ļauj norādīt gan izmaiņu proporciju, gan arī izmaiņu virzienu (tabula 1.2.2.).

1.2.2. tabula

Koeficientu z un m vērtību piemēri un nozīme

Koeficienta m vērtība	Koeficienta z vērtība	Nozīme
1	1	Izcērtamai krājai pirmajā periodā ir jābūt vienādai ar izcērtamo krāju pēdējā periodā
0,8	1,2	Izcērtamā krāja pirmajā periodā nedrīkst būt vairāk kā par 20% lielāka par pēdējo periodu. Pirmā perioda izcērtamā krāja nedrīkst būt mazāka par 80% no pēdējā perioda krājas.
1	1	CO ₂ piesaistei pirmajā un nākamajā periodā jābūt vienādai
0.13	0.3	Aizsargājamo dabas teritoriju raksturlielumiem jāpieaug

Koeficientu z un m grafiskais attēlojums ir dots 1.2.2.attēlā



1.2.2.att. Koeficientu z un m savstarpējā sakarība.

Šāda ierobežojuma iekļaušana optimizācijas uzdevumā ietekmē maksimālo izcērtamo krājas vērtību. Līdzīgā veidā šādu ierobežojumu ir iespējams attiecināt ne tikai uz kopējo krāju, bet uz galvenās cirtes, kopšanas cirtes, kādas konkrētas sugas vai sugas sortimenta krāju (1.2.3.tabula).

1.2.3. tabula

Krājas ierobežojumi starp plānošanas periodiem

Apraksts	Ierobežojums
Kopējās krājas izlīdzināšana starp pirmo un pēdējo periodu	$\sum_{n=0}^N \sum_{c=0}^C x_{n,p=1,c} \times k_{n,p=1,c} \leq z \times \sum_{n=0}^N \sum_{c=0}^C x_{n,p=P,c} \times k_{n,p=P,c}$ $\sum_{n=0}^N \sum_{c=0}^C x_{n,p=1,c} \times k_{n,p=1,c} \geq m \times \sum_{n=0}^N \sum_{c=0}^C x_{n,p=P,c} \times k_{n,p=P,c}$
Galvenā cirtes krājas izlīdzināšana starp pirmo un pēdējo periodu	$\sum_{n=0}^N \sum_{c=0}^C x_{n,p=1,c} \times kGC_{n,p=1,c} \leq z \times \sum_{n=0}^N \sum_{c=0}^C x_{n,p=P,c} \times kGC_{n,p=P,c}$ $\sum_{n=0}^N \sum_{c=0}^C x_{n,p=1,c} \times kGC_{n,p=1,c} \geq m \times \sum_{n=0}^{NP} \sum_{c=0}^C x_{n,p=P,c} \times kGC_{n,p=P,c}$
Kopšanas cirtes krājas izlīdzināšana starp pirmo un pēdējo periodu	$\sum_{n=0}^N \sum_{c=0}^C x_{n,p=1,c} \times kKKC_{n,p=1,c} \leq z \times \sum_{n=0}^N \sum_{c=0}^C x_{n,p=P,c} \times kKKC_{n,p=P,c}$

Apraksts	Ierobežojums
	$\sum_{n=0}^N \sum_{c=0}^C x_{n,p=1,c} \times kKkC_{n,p=1,c}$ $\geq m \times \sum_{n=0}^N \sum_{c=0}^C x_{n,p=P,c} \times kKkC_{n,p=P,c}$
Konkrētas sugas izcērtamās ierobežojums krājas	$\sum_{n=0}^N \sum_{c=0}^C x_{n,p=1,c} \times k_{n,p=1,c,s}$ $\leq z \times \sum_{n=0}^N \sum_{c=0}^C x_{n,p=P,c} \times k_{n,p=P,c,s}$ $\sum_{n=0}^N \sum_{c=0}^C x_{n,p=1,c} \times k_{n,p=1,c,s}$ $\geq m \times \sum_{n=0}^N \sum_{c=0}^C x_{n,p=P,c} \times k_{n,p=P,c,s}$
Konkrētas sugas sortimenta izcērtamās krājas ierobežojums	$\sum_{n=0}^N \sum_{c=0}^C x_{n,p=1,c} \times k_{n,p=1,c,s}$ $\leq z \times \sum_{n=0}^N \sum_{c=0}^C x_{n,p=P,c} \times k_{n,p=P,c,s}$ $\sum_{n=0}^N \sum_{c=0}^C x_{n,p=1,c} \times k_{n,p=1,c,s,o}$ $\geq m \times \sum_{n=0}^N \sum_{c=0}^C x_{n,p=P,c} \times k_{n,p=P,c,s,o}$

Izcērtamās krājas izmaiņu ierobežojumu sistēmu pa periodiem var aprakstīt līdzīgi, kā izmaiņu starp pirmo un pēdējo periodu. Būtiskākā atšķirība ir tas, ka šādi ierobežojumi ir jādefinē visiem periodiem (P). Tāpat kā gadījumā ar pirmo un pēdējo periodu arī šajos ierobežojumos ir iekļauti koeficienti z un m , kas norāda vērtību izmaiņas virzienu un attiecību pret iepriekšējo periodu (1.4., 1.5.formula).

$$\sum_{n=0}^N \sum_{c=0}^C x_{n,p=i,c} \times k_{n,p=i,c} \leq z \times \sum_{n=0}^N \sum_{c=0}^C x_{n,p=i+1,c} \times k_{n,p=i+1,c} \quad (1.4.)$$

$$\sum_{n=0}^N \sum_{c=0}^C x_{n,p=i,c} \times k_{n,p=i,c} \geq m \times \sum_{n=0}^N \sum_{c=0}^C x_{n,p=i+1,c} \times k_{n,p=i+1,c} \quad (1.5.)$$

Slietkšņa vērtību ierobežojumi

Slietkšņa vērtību ierobežojumus (1.2.4. tabula) izmanto, lai norādītu izcērtamās krājas maksimālo vai minimālo vērtību.

Krājas ierobežojumi ar robežvērtību

Apraksts	Ierobežojums
ierobežo kopējo izcērtamo sugas krāju.	$\sum_{p=0}^P \sum_{c=0}^C \sum_{n=0}^N x_{n,p,c} \times k_{n,p,c,s} \leq v$
ierobežo kopēja izcērtamo sugas sortimenta krāju	$\sum_{p=0}^P \sum_{c=0}^C \sum_{n=0}^N x_{n,p,c,s,o} \times k_{n,p,c,s,o} \leq v$
ierobežo kopējo izcērtamo sugas krāju noteiktā periodā (i)	$\sum_{c=0}^C \sum_{n=0}^N x_{n,p=i,c} \times k_{n,p=i,c} \leq v$
ierobežo kopējo izcērtamo sugas krāju noteiktā periodā (i)	$\sum_{c=0}^C \sum_{n=0}^N x_{n,p=i,c,s,o} \times k_{n,p=i,c,s,o} \leq v$

Līdzīgi kā 1.2.4. tabulā ir aprakstīti kopējās krājas sliekšņa vērtību ierobežojumi, ir iespējams tos norādīt atsevišķi gan kopšanas cirtēm, gan galvenajai cirtei.

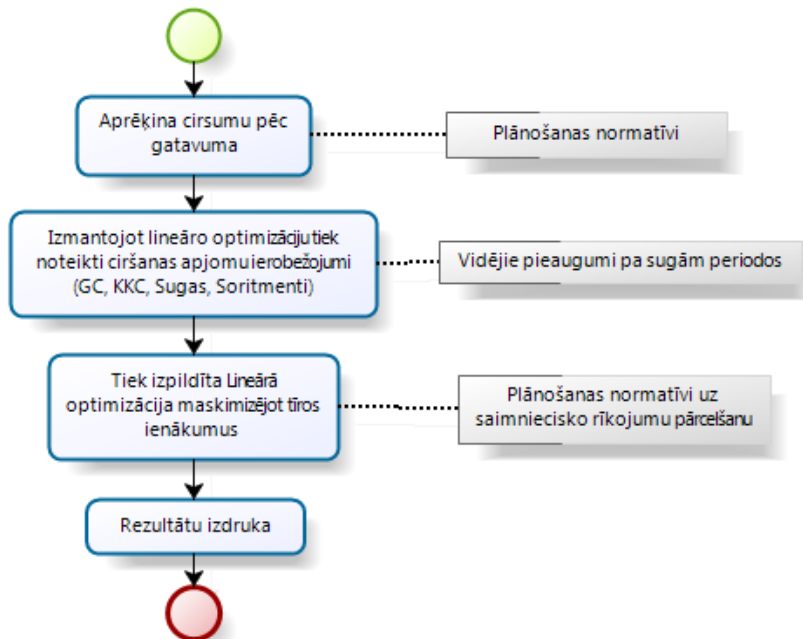
Scenāriju ierobežojumi

Scenāriju ierobežojumi ir aprakstīti 1.6.formulā.

$$\sum_{p=0}^P \sum_{c=0}^C \sum_{n=0}^N x_{n=i,p,c} = P \quad (1.6.)$$

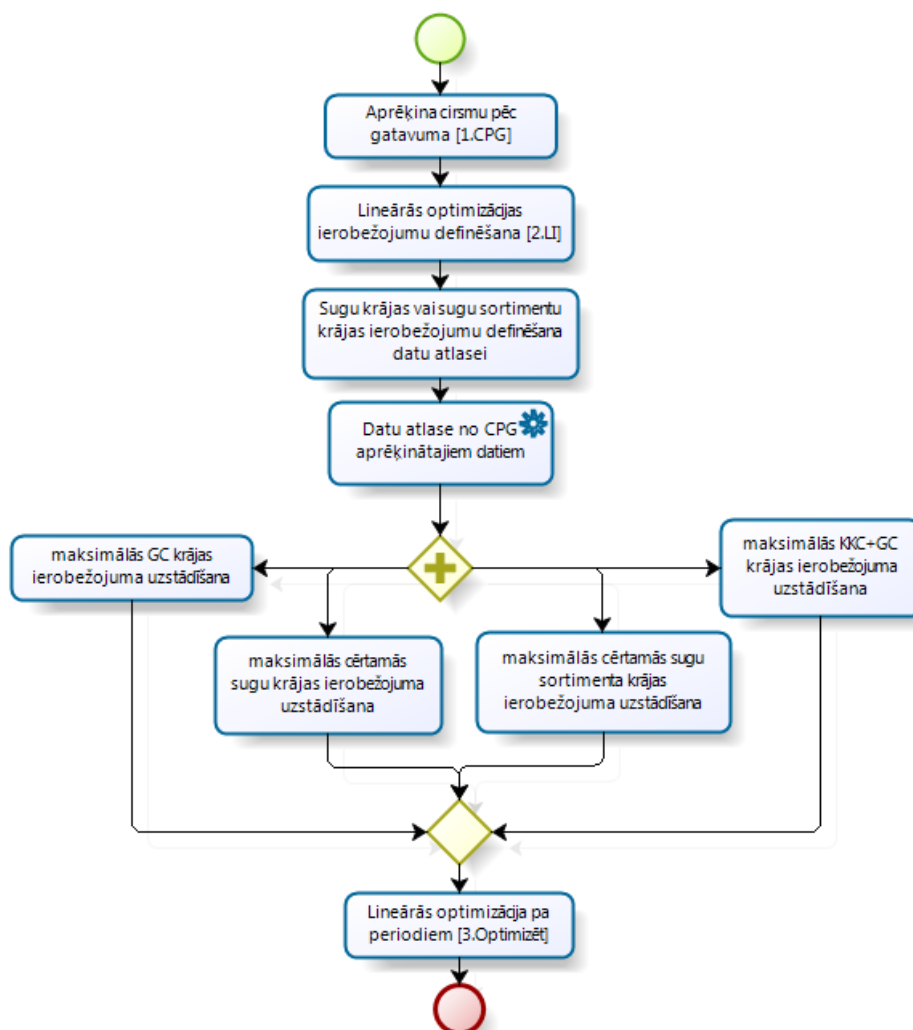
Lineārās optimizācijas globālā maksimuma uzdevuma ierobežojumu definēšana ir complicēts uzdevums, jo vienam nogabalam drīkst izpildīt tikai vienu scenāriju un šim scenārijam jāizpildās visos prognozēšanas periodos.

Divkārsnā lineārā optimizācija tiek izmantota, lai pirmajā solī aprēķinātu (optimizētu) maksimālo ciršanas apjomu visiem periodiem, nepieļaujot lielus ciršanas apjomu svārstības starp periodiem (1.2.3. att.).



1.2.3. att. Vispārināts lokālās optimizācijas process

Nākamajā posmā (1.2.4. att.) tiek veikta optimizācija atlasot nogabalus, lai efektīvāk izpildītu iepriekš uzstādītos nosacījumus.



1.2.4. att. Lokālās optimizācijas process

1.2.4. attēlā redzamais lokālais optimizācijas process sastāv no 2 posmiem, kuros tiek risināti atsevišķi lineārās optimizācijas uzdevumi:

1. starp plānošanas periodiem ar lineārās optimizācijas uzdevumu tiek noteikts maksimālais ciršanas apjoms;
2. katrā plānošanas periodā tiek veikta lineārā optimizācija pēc uzdotajiem ierobežojumiem maksimizējot „**MAX_Koef**”.

Lineārās optimizācijas maksimizēšanas koeficients

Ja rīkojums ir veikt galveno cirti, tad:

$$SR_Koef = \text{Max}(A/GCV, D/GCD);$$

$$RE_Koef = \text{Max}(\text{rente_uz_ha periodā})/\text{rente};$$

Ja rīkojums ir veikt krājas kopšanas cirti, tad:

$$SR_Koef = G/G_PAL;$$

$$RE_Koef = 1;$$

$$\text{MAX_Koef} = \text{SR_Koef} * (1 - k) + \text{RE_Koef} * k;$$

kur **k** ir lietotāja definēta konstante intervālā **0..1** [Normatīvi-> Plānošanas parametri -> Nr.11].

Ja **k=0**, tad tiek ņemts vērā tikai **SR_Koef**, bet ja **k=1** tad izpildās tikai **RE_Koef**.

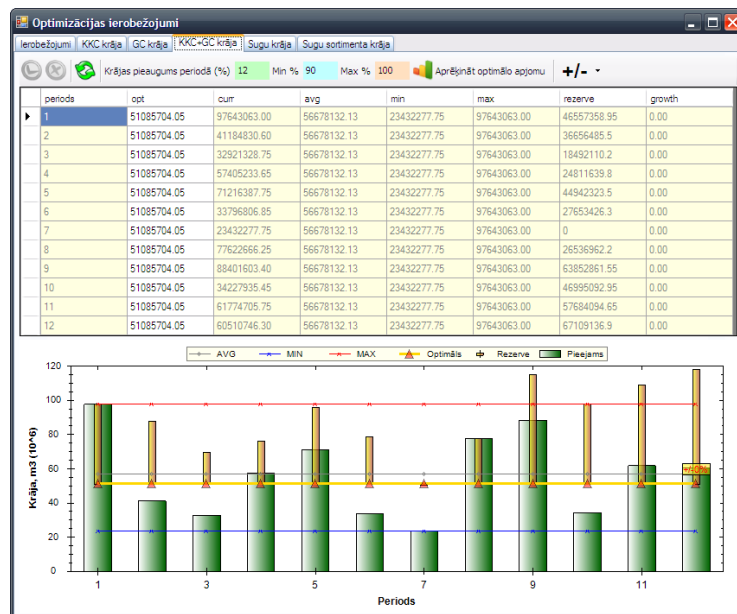
Šāds risinājums negarantē globāla optimuma atrašanu, bet tas sniedz suboptimālu rezultātu, kura realizēšana ļauj sasniegt labākus rezultātus meža apsaimniekošanā salīdzinot ar līdz šim praksē lietotajām metodēm.

Lokālās optimizācijas algoritma realizācijai un Lokālās optimizācijas algoritma testēšanai izstrādāts programmas prototips, kura ļauj sastādīt ierobežojumu kopu (1.2.5.att.) un izpildīt divas iepriekš aprakstītās optimizācijas.

ierobežojums	Suga	Sortiments	min_proc_no_ļepnejsaja_perioda	max_proc_no_ļepnejsaja_perioda	aktīvs
Sugu sortimenta krāja	Bērzs	R+V+T	90.00	100.00	<input checked="" type="checkbox"/>
Sugu sortimenta krāja	Priede	R+V+T	90.00	100.00	<input checked="" type="checkbox"/>
Sugu sortimenta krāja	Egļe	R+V+T	90.00	100.00	<input checked="" type="checkbox"/>
Sugu krāja	Priede		80.00	100.00	<input checked="" type="checkbox"/>
Sugu krāja	Egļe		80.00	100.00	<input checked="" type="checkbox"/>
Sugu krāja	Bērzs		80.00	100.00	<input checked="" type="checkbox"/>
Sugu krāja	Melnalkanis		80.00	100.00	<input checked="" type="checkbox"/>
Sugu krāja	Apse		80.00	100.00	<input checked="" type="checkbox"/>
Sugu krāja	Baltalkanis		80.00	100.00	<input checked="" type="checkbox"/>

1.2.5. att. Ierobežojumu definēšana

Attēlos 1.2.4. un 1.2.5. ir redzama testēšanas programmas galvenā forma. Attēlā 1.2.5, ir parādīta ierobežojumu kopu, kuru lietotājs sastāda tabulas formā norādot tā veidu, sugu uz kuru tas attieksies, sortimentu, minimālos, maksimālos procentus salīdzinājumā ar iepriekšējo periodu.



1.2.6. attēls. Optimizētais ciršanas apjoma ierobežojums

Pēc ierobežojumu kopu sastādīšanas tiek izpildīts pirmais optimizācijas uzdevums, kas ļauj izlīdzināt ciršanas apjomus pa periodiem atbilstoši iepriekš aprakstītajiem ierobežojumiem. Optimizācijas rezultātu norāda 1.2.6. attēlā redzamajā tabulā un grafikā, ja lietotāju rezultāts

apmierina, var tikt veikta otrā optimizācija, pretējā gadījumā pamainot parametrus, var tikt atkārtota pirmā.

2.3. Meža apsaimniekošanas modelēšanas scenāriji

Projekta nākamajā etapā paredzēts īstenot meža apsaimniekošanas modelēšanu atbilstoši trīs scenārijiem:

- Līdzšinējais normatīvo aktu ietvars un meža apsaimniekošanas pieeja;
- Ekonomiski izdevīgākais meža apsaimniekošanas modelis;
- Eiropas Zaļā kursa noteiktais meža apsaimniekošanas modelis.

Šādi scenāriji izvēlēti, lai būtu iespējams izvērtēt spēkā esošo normatīvo aktu un ierobežojumu ietekmi uz meža resursu stāvokli, vērtību un apsaimniekošanas perspektīvām. Iegūtie rezultāti tiks integrēti enerģētikas un sistēmdinamikas modelī, turpmākas analīzes veikšanai, kā arī tie tiks savstarpēji salīdzināti.

Scenāriji tiek raksturoti ar definētiem, konkrētiem un izmērāmiem mērķiem, kas optimizācijas uzdevumā tiek aprakstīti ar nosacījumu indikatīvām vērtībām. Meža apsaimniekošanas modelēšanas scenāriju apraksts sniegts 1.3.1.tabulā.

1.3.1.tabula

Meža apsaimniekošanas modelēšanas scenāriji

Meža apsaimniekošanas modelis	SF Tips	Radītā vērtība	Faktoru ranžēšana	Optimizēšana	nosacījumi
Ekonomiski izdevīgākais meža apsaimniekošanas modelis	Finansējums kā parasti (Finance as usual)	Akciju vērtība	F	Max F	Maksimizēt meža kapitālvērtību atbilstoši optimālajiem ekonomiskās efektivitātes nosacījumiem
Līdzšinējais normatīvo aktu ietvars un meža apsaimniekošanas pieeja	SF 1.0	Precizēta akciju vērtība	F>>S un E	Max F ņemot vērā S un E	Maksimizēt kapitālvērtību un kokmateriālu plūsmu ilgtermiņā, atbilstoši spēkā esošajai normatīvo aktu bāzei
Eiropas Zaļā kursa noteiktais meža apsaimniekošanas modelis	SF 2.0	Akciju vērtība atbilstoši "Trīskāršai apakšējai līnijai" TBL*	I=F+S+E	Optimizēt I	Optimizācijas uzdevumā iekļaut Zaļās taksonomijas regulas 6 vides mērķus

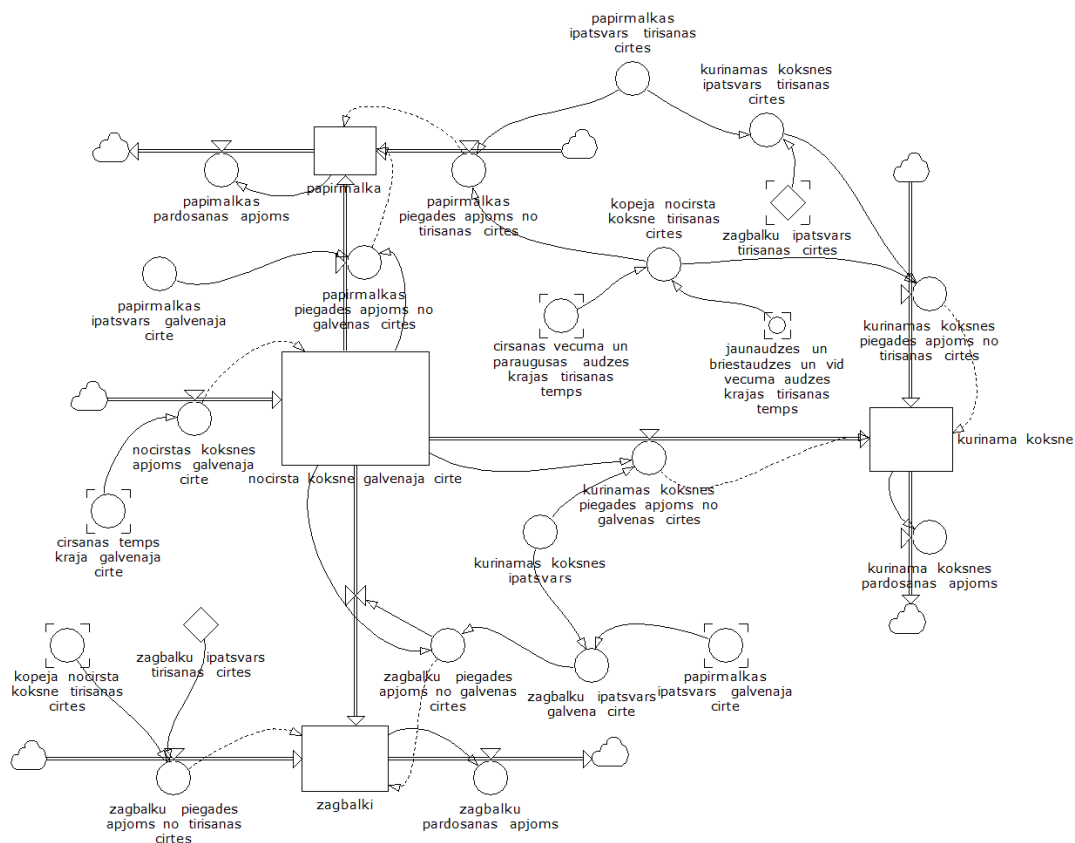
F= finansiālā vērtība; S= sociālā ietekme; E= vides ietekme; I= integrētā vērtība, SF 1.0. Maksimizēt F pakļaujot nelieliem S un E ierobežojumiem.

3. “MEŽA EKSPERTS” SASAISTE AR SISTĒMDINAMIKAS UN TIMES MODELI

Modelēšanā tiek iegūti šādi meža apsaimniekošanas modelēšanas scenārijus raksturojošie rezultatīvie rādītāji:

- **Kapitālvērtība.** Raksturo bioloģisko aktīvu vērtību, peļņu, ražošanas ienākumus un izmaksas
- **Prognozētā koksnes kopkrājas dinamika.** Raksturo kopējo augošu koku krāju, kopējos ciršanas apjomus un platību
- **Prognozētie ciršanas apjomi pa sugām.** Raksturo augošu koku krāju, ciršanas apjomus un platību
- **Apažo kokmateriālu ciršanas apjomu iznākuma prognozes.** Raksturo kokmateriālu dimensijas, apjomu, vērtību un potenciālo pieejamību tirgū.
- **Biomasa.** Raksturo kopējo biomasu un biomasas pieejamību enerģētikā.
- **CO₂ piesaiste.** Raksturo kopējo emisiju piesaistes un radīto izmešu apjomu.
- **Nodarbinātība.** Raksturo nodarbinātību (pilna darba laika ekvivalentā) dažādos darbos, atalgojumu, nodokļus
- **Aizsargājamās platības.** Aizsargājamo platību struktūra, saimnieciskās darbības ierobežojumi, platība, krāja
- **Ainavas raksts.** Raksturo meža ainavas koku sugu un vecuma struktūru
- **Koku sugu sastāvs (sugu skaits)** Raksturo audžu struktūru un bioloģiskās daudzveidības struktūru

Rezultāti ir izmantojami turpmākā sistēmdinamikas modelēšanas procesā. Lai uzlabotu rezultātu ticamību un ievērotu izstrādāto matemātisko modeļu spēju pēc iespējas precīzāk atdarināt procesus, ieteikts pārskatīt līdzšinējo sistēmdinamikas modeli koksnes meža resursu modelēšanai.



1.4.1. attēls. Sistēmdinamikas modelis koksnes meža resursu modelēšanai

Esošajā sistēmdinamikas modelī (1.4.1.attēlā) integrētos meža resursu vienādojumus var aizstāt ar precīzākiem aprēķinu rezultātiem, kas tiek iegūti ar datu apstrādes programmu “Meža eksperts”, nodrošinot iespēju rezultātus izmantot turpmākajos sistēmdinamikas modeļu risinājumos.

Augstāka precizitāte tiks nodrošināta ar šo datorprogrammu galvenokārt ar to, ka atšķirībā no esošā sistēmdinamikas meža resursu modeļa:

- Tiek analizēti reāli pieejamie meža resursi pilnā nogabalu detalizācijā no VMD datubāzes;
- Tiek izmantoti koku augšanas gaitas modeļi;
- Tiek ievēroti MK normatīvi kokmateriālu iznākumu prognozēšanai;
- Tiek izmantoti koku stumbru veidules un sortimentu prognozēšanas algoritmi;
- Iespējams modelēt meža apsaimniekošanas mērķus, mainīt nosacījumus un veikt rezultātu salīdzināšanu.

Datu apstrādes programmas “Meža eksperts” meža apsaimniekošanas klašu modelis parādīts 1.4.2.attēlā.

TIMES modeļa datu apmaiņas datu struktūras apraksts

Datu lauka nosaukums	Datu tips	Mērvienība
Gads	Vesels skaitlis	-
Malka	Vesels skaitlis	m ³
Papīrmalka	Vesels skaitlis	m ³
Ciršanas atliekas	Vesels skaitlis	m ³
Biomasa no sausajiem zariem	Vesels skaitlis	m ³
Biomasa no zaļajiem zariem	Vesels skaitlis	m ³

Izveidotā sasaiste un sasaistes struktūra (datu apmaiņu) ar abiem modeļiem ļauj pilnvērtīgāk izmantot “Meža eksperts” rezultātus (izvades datus), tādējādi nodrošinot precīzākus modeļu gala rezultātus.

ⁱ D.Scoenmaker, W.Schramde. Principles of Sustainable Finance. Oxford University Press 2019. p 374. ISBN 987-0-19-882660-6