



# MULTIKRITERIÁLNA OPTIMALIZÁCIA V SLUŽBÁCH LESNÍCKEHO PLÁNOVANIA

# Obsah



## Toolbox

Čo je to optimalizácia a multikriteriálna optimalizácia - metódy a nástroje k dispozícii na podporu plánovania hospodárenia v lese



## Motivácia

Prečo by sme mali optimalizácie používať v lesníctve – ekosystémové služby a ich vzťah k aktuálnemu systému hospodárenia v lese



## Konštrukcia

Je to len teória ? Ako by vo všeobecnosti mohol vyzeráť alternatívny inovovaný spôsob integrovaného hospodárenia v lese ...



## Aplikácia

Ukážka praktického použitia optimalizácie na riešenie konfliktov spojených s hospodárením v lese a krajine na území SR



# Optimalizácia pojmy

Merriam-Webster dictionary



## Definícia:

*an act, process, or methodology of making something (such as a design, system, or decision) as fully perfect, functional, or effective as possible*

## Užšie matematické chápanie:

- Je to teória a odbor zaoberajúci sa hľadáním minim a maxim určitých veličín využiteľných riešenie určitého problému
- Je to (aj) prieskum metód/algortimov a ich nastavení, ktoré môžu byť použité pre vyhľadanie riešení

## V podstate:

Vyhľadanie najlepšieho riešenia za daných okolností alebo pre daný problém pomocou určitého optimalizačného algoritmu

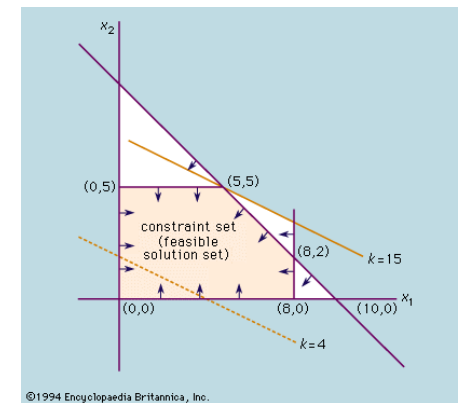
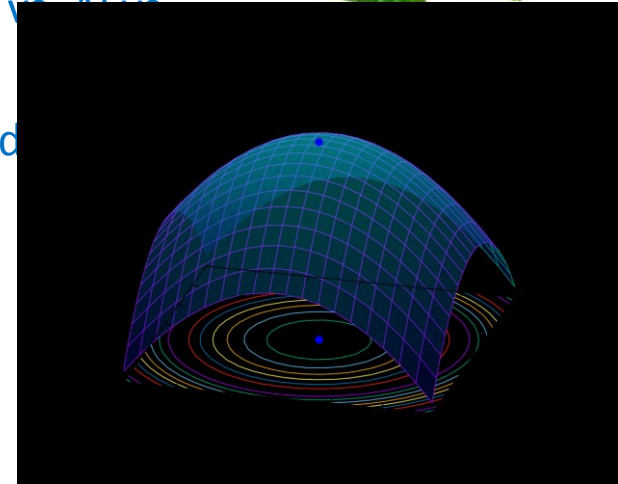
**Základom optimalizácií je matematický model**



# Optimalizácia – delenie metód



- **Podľa optimalizačnej stratégie:** matematické vs. heuristické vs. Algoritmy vs. špeciálne stratégie
- **Podľa počtu cieľov/premenných:** uni vs. multikriteriálne/jedno vs. viacrozmerné
- **Podľa povahy algoritmov:** deterministické vs. stochastické
- **Podľa robustnosti voči neistote:** so zahrnutím chybovosti/rizika/neurčitosti vs. bez zahrnutia chybovosti/rizika/neurčitosti
- **Podľa obmedzení rozhodovacieho priestoru:** s a bez obmedzení (constrained vs. unconstrained)
- **Podľa zohľadnenie času:** statické vs. dynamické
- **Podľa zohľadnenia priestoru:** so zohľadnením a bez zohľadnenia priestorových vzťahov
- **Podľa priestorovej mierky:** strom, porast, vlastnícky celok, región
- **Podľa časovej mierky:** minúty, hodiny, dni, mesiace, roky, desaťročia, rubná doba, ....



**Počet kombinácií ? Metód a prístupov je veľa ...**

# Optimalizačné stratégie podľa povahy

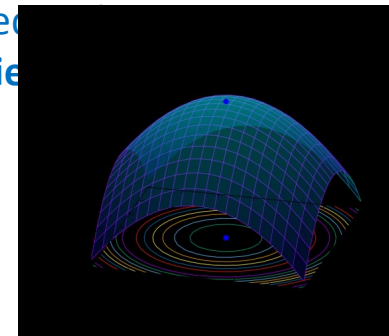


## Matematické optimalizácie - Matematické (deterministické) programovanie

**Podstata:** hľadanie optimálnych bodov cieľových funkcií  $z=f(x)$  pri rešpektovaní obmedzení definovaných na priestore optimalizovaných premenných  $X$  - **ak sa optimálne riešenie nájde, máme 100 % istotu, že je to najlepšie možné riešenie**

### Problémy:

- riziko prílišného zjednodušenia alebo až nerealistického definovania obmedzení
- exaktné riešenie sa nedá nájsť, hľadanie riešenia trvá neúmerne dlho, vyžaduje si extrémne výpočtové kapacity, pamäť ap.

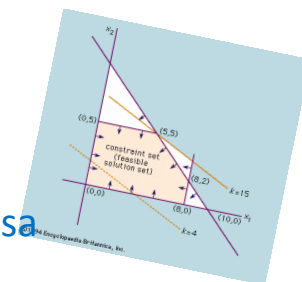


## Matematické optimalizácie - Heuristické (stochatické) metódy

**Výhoda:** rýchlejšie, výpočtovo a časovo menej náročné, vhodnejšie pre riešenie komplexných úloh, o ktorých máme navyše málo informácií (sú zle definované)

### Problém:

Riešenie, ktoré získavame, nemusí byť optimálne (môžu existovať aj lepšie), uspokojíme sa približným, aproximatívnym, dostatočne vyhovujúcim riešením



## Techniky AI, Machine Learning a Deep Learning

Aktuálne skúmané ako alternatívne prístupy k optimalizáciám simulujúce rozmýšľanie a rozhodovanie človeka na podklade údajov, ale na rozdiel od človeka s vyššou rýchlosťou a pamäťou ...

## Špeciálne (podporné) metódy a algoritmy na podporu rozhodovania

MCDA/MAUT, AHP/ANP, SMART, Promethee, DOE, RSM, Dopravné problémy, RPM, ...

# Základné pojmy optimalizácie



Unikriteriálny problém - optimalizuj  $z=f(\mathbf{x})$  pri obmedzeniach  $g_i(\mathbf{x})$

- **Premenné  $\mathbf{x}$**  – veličiny, ktoré vieme ovplyvňovať
- **Cieľový indikátor/kritérium  $z$**  - optimalizovaná (max,min) veličina/y závislá/é na vstupných premenných  $\mathbf{x}$
- **Cieľová/objektívizačná funkcia  $f(\mathbf{x})$**  – rovnica popisujúca vplyv  $\mathbf{x}$  na hodnotu  $z$
- **Riešenie** - konkrétny vektor/kombinácia hodnôt  $\mathbf{x}$  poskytujúca istú hodnotu  $z$
- **Priestor riešení/rozhodovací priestor** – všetky možné kombinácie  $\mathbf{x}$
- **Cieľový priestor** - všetky možné hodnoty  $z$
- **Optimálne riešenie** - kombinácia  $\mathbf{x}$ , ktoré prinesie max alebo min  $z$
- **Obmedzenia  $g_i(\mathbf{x})$**  – obmedzenia priestoru riešení/možných hodnôt  $\mathbf{x}$

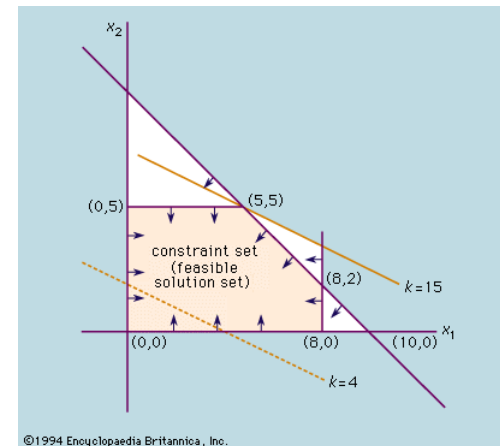
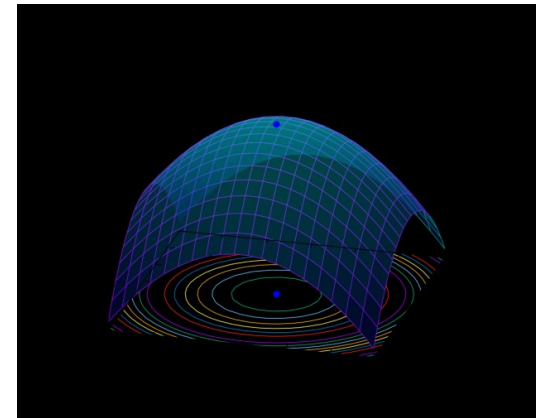
## Lesnícky príklad:

$z$  – tržby z ťažby dreva v určitom poraste v rámci určitého decénia,

$\mathbf{x}$  – stavové veličiny lesného porastu – napr. veková skladba stromov, bonita, druhové zloženie, rozdelenia početností hrúbok, výšok, zastúpenie stromových tried, kvalitatívnych tried, podiel poškodených stromov, zakmenenie, zásoba porastu ap.

$f(\mathbf{x})$  – rovnice popisujúce súvis medzi tržbami z ťažby a stavovými premennými porastu

$g_i(\mathbf{x})$  – podmienky napr. zakmenenie porastu po ľubovoľnom zásahu nesmie klesnúť pod kritické, porast sa nesmie premeniť na monokultúru, zastúpenie kvalitatívnych A+B nesmie klesnúť pod 20 %, zásoba na konci decénia nesmie byť menšia ako na začiatku decénia ap. , všetky  $\mathbf{x}$  sú kladné ap.



# Multikriteriálna optimalizácia



**Cieľov/kritérií je viac** (následne je viac aj cieľových funkcií) a **snažíme sa o simultánnu maximalizáciu/minimalizáciu viacerých cieľov/kritérií naraz** tým, že manipulujeme s  $x$

**Cieľové funkcie**  $z_i=f_i(x)$

Napr. chceme dosiahnuť nielen maximálny objem ťažieb za decénium, ale aj vylepšiť/maximalizovať jeho biodiverzitu, statickú stabilitu a jeho schopnosť chrániť kvalitu vody tým, že nastavíme parametre porastu/porastov vhodnými hospodárskymi opatreniami

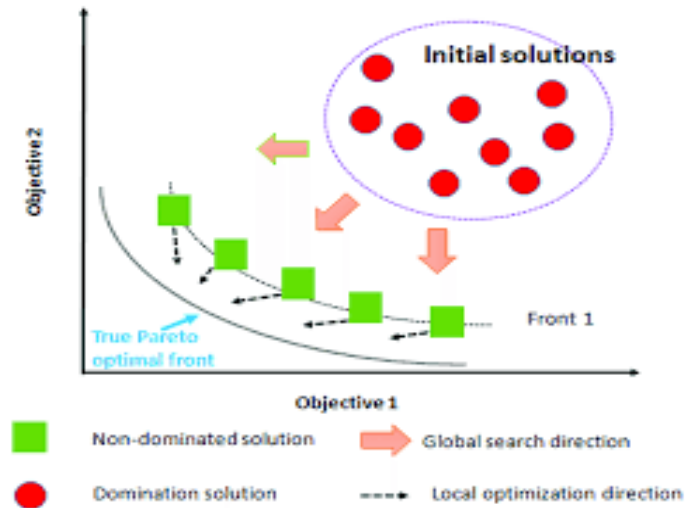
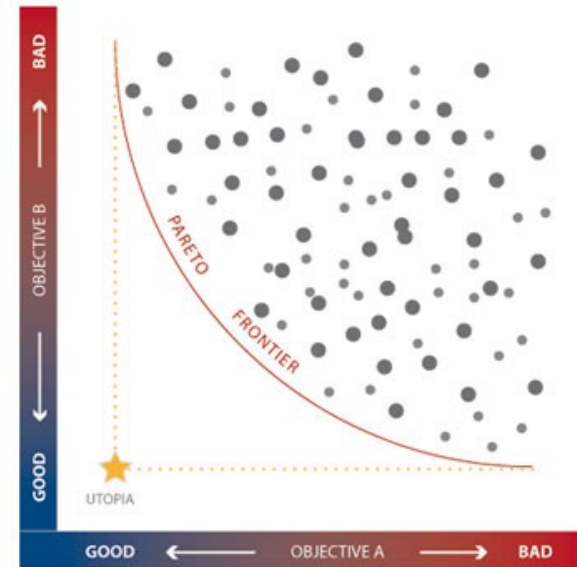
Kombinácie  $x$ , ktorá prinesú optimálne kombinácie  $z =$  **optimálne riešenia**. **Pozor: optimálnych riešení je vždy viac v dôsledku existencie tzv. trade-offs !**

**Tri typy vzájomných vzťahov medzi cieľmi:**

- Synergia
- Neutralita
- Trade-off

**Všeobecným cieľom optimalizácie** potom je snaha posilniť/využiť žiadúce synergie a potlačiť nežiadúce trade-offs tak, aby sa maximalizovala **celková multikriteriálna užitočnosť  $U$**  cieľového vektora  $z$

**Funkcia multikriteriálnej užitočnosti**  $U=f(z)$



# Multikriteriálna optimalizácia – všeobecný model a špeciálne prípady U

## Všeobecný model multikriterálnej užitočnosti U

$$\mathbf{z} = f(\mathbf{x}) \text{ a } U = f(\mathbf{z})$$

$$\max U = \sum w_i u_i(z_i)$$

$$z_i = f_i(\mathbf{x})$$

Linkovacia funkcia

$u_i(z_i)$  - štandardizované plnenie  $i$ -tého cieľa 0-1,

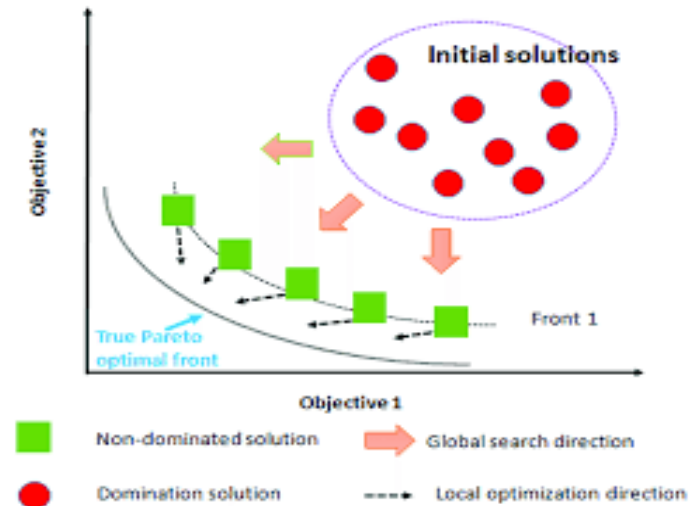
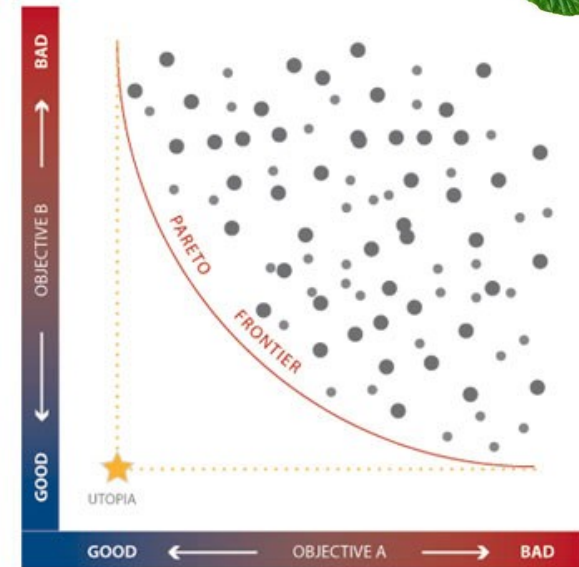
$w_i$  - váha pridelená plneniu  $i$ -tého cieľa  $\sum w_i = 1$

$U$  – rozpätie 0-1

Špeciálne prípady ohodnotenia  $U$  – pre služby ocenené trhom:

$$NPV = \sum_{t=0}^T \frac{R_t - C_t}{(1+i)^t} + \sum_{t=0}^T \frac{(B_t + M_t + S_t)}{(1+i)^t}$$

$$LEV = NPV \left[ 1 - \frac{1}{(1+i)^T} \right]^{-1}$$



# Multikriteriálna optimalizácia - iné formy U



$$z = f(\mathbf{x}) \text{ a } U = f(\mathbf{z})$$

## Základný model lineárneho programovania

$$\text{opt } z = \sum_{i=1}^n c_i x_i$$

Optimalizuje sa hodnota 1 najdôležitejšej cieľovej veličiny  $z$  - plnenie ostatných cieľov je zohľadnené nepriamo cez sústavu rovníc  $g(\mathbf{x})$  definujúcich obmedzenia vektorov  $\mathbf{x}$  a  $\mathbf{z}$ .

## Model cieľového programovania

$$\min U = \sum_{k=1}^K d_k^+ + \sum_{k=1}^K d_k^-$$

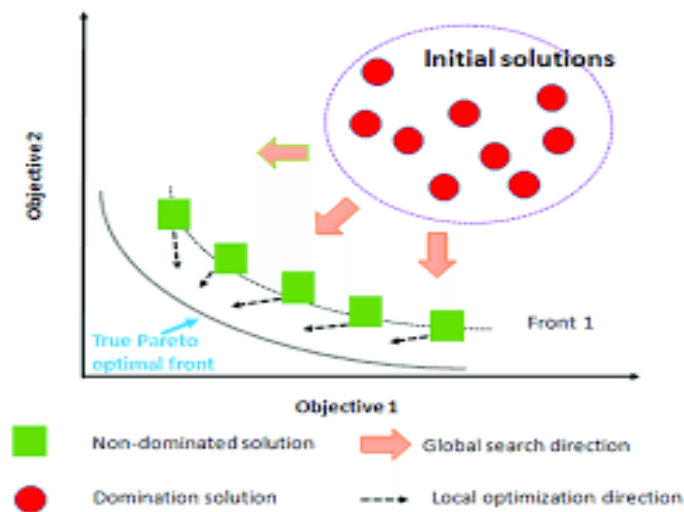
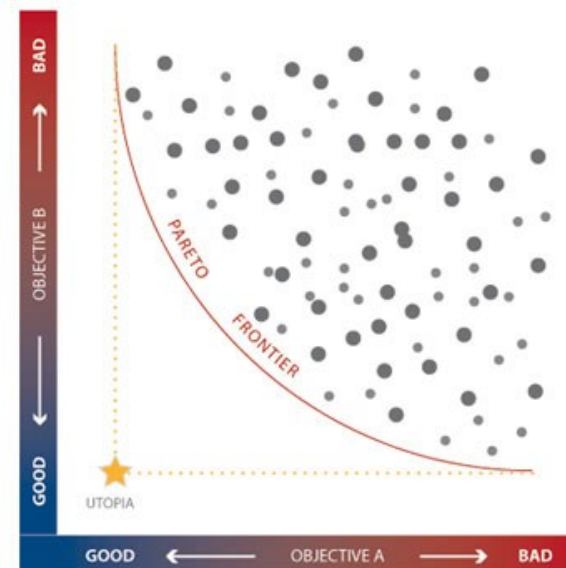
založený na minimalizácii odchýlky cieľových veličín od požadovaných/želaných/definovaných úrovní

## Model penalizovanej objektivizačnej funkcie

súčasne hľadá maximum najdôležitejšej cieľovej premennej klasickým modelom, ale berie do úvahy odchýlky ostatných cieľových veličín od požadovaného stavu

## Kompromisný model

V podstate model cieľového programovania, ale kontrolujú sa odchýlky od maximálnych hodnôt cieľových veličín  $z_{\max}$  (minimalizuje sa suma odchýlok od individuálne ideálneho - často utopického - plnenia)



# Matematické optimalizácie –deterministické programovanie



## Formulácia úlohy

$$Z = c_1 \cdot X_1 + c_2 \cdot X_2 + \dots + c_n \cdot X_n \rightarrow \text{opt ( max, min )}$$

Lineárne programovanie

### Špeciálne prípady

Nelineárne programovanie

Celočíselné a zmiešané úlohy

Cieľové programovanie

Dynamické programovanie

$$a_{11} \cdot X_1 + a_{12} \cdot X_2 + \dots + a_{1n} \cdot X_n \geq < b_1$$

$$a_{21} \cdot X_1 + a_{22} \cdot X_2 + \dots + a_{2n} \cdot X_n \geq < b_2$$

⋮

⋮

$$a_{m1} \cdot X_1 + a_{m2} \cdot X_2 + \dots + a_{mn} \cdot X_n \geq < b_m$$

## Typy problémov

**Výrobné problémy** – koľko rozličných výrobkov vyrobiť pri obmedzenom množstve rozličných surovín tak, aby sa maximalizovali tržby ?

**Spotrebné problémy** – minimalizovať spotrebu materiálu a náklady potrebné na výrobu predpísaného objemu rozličných výrobkov

**Optimálne zloženia zmesí** – ako vytvoriť z rozličných surovín s určitým obsahom zložiek finálnu zmes s potrebným zložením tak, aby sa minimalizovala spotreba surovín = vytvoriť čo najlacnejšiu zmes - nutričné problémy

## Algoritmy riešenia

Simplex , Newton, Quasi-Newton, Rosenbrock, Hooke-Jeeves, Levenberg-Marquard, ...

## Software – LPP solvers

GUROBI, Cplex, Lps, Python, Matlab, Excel,

...

# Lineárne programovanie – lesnícke aplikácie



## Príklad 1 Bettinger et al. (2017)

Aká maximálna dĺžka spevnených a nespevnených ciest sa dá vybudovať na určitom VC pri limitovanom rozpočte a určitých požiadavkách (minimálna a maximálna dĺžka) na jednotlivé kategórie ciest ?

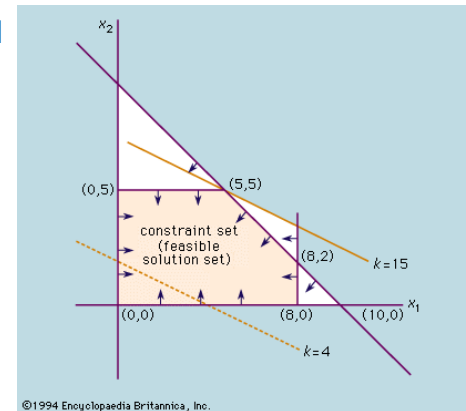
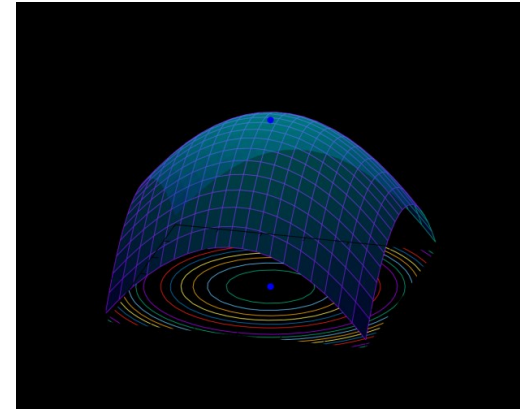
## Príklad 2 Kangas et al. (2006)

Maximalizovať tržby z ťažby dreva na malom vlastníckom celku (60ha) tak, aby po 30 rokoch zásoba dreva na VC bola aspoň taká istá ako na začiatku a súčasne, aby mal vlastník lesa v 1. decéniu tržbu aspoň 50 tis. €, v 2. decéniu 55 tis. € a v 3. decéniu 60 tis. €. Známe sú priemerná zásoba na ha a celková zásoba za VC a priemerné speňaženie na m<sup>3</sup>.

**Cieľové programovanie:**

$$\min U = \sum_{k=1}^K d_k^+ + \sum_{k=1}^K d_k^-$$

**Cieľové programovanie- cieľová objektivizačná funkcia – priamy prechod na riešenie viackriteriálnych problémov „klasickými“ prostriedkami matematického programovania**



# Dynamické programovanie



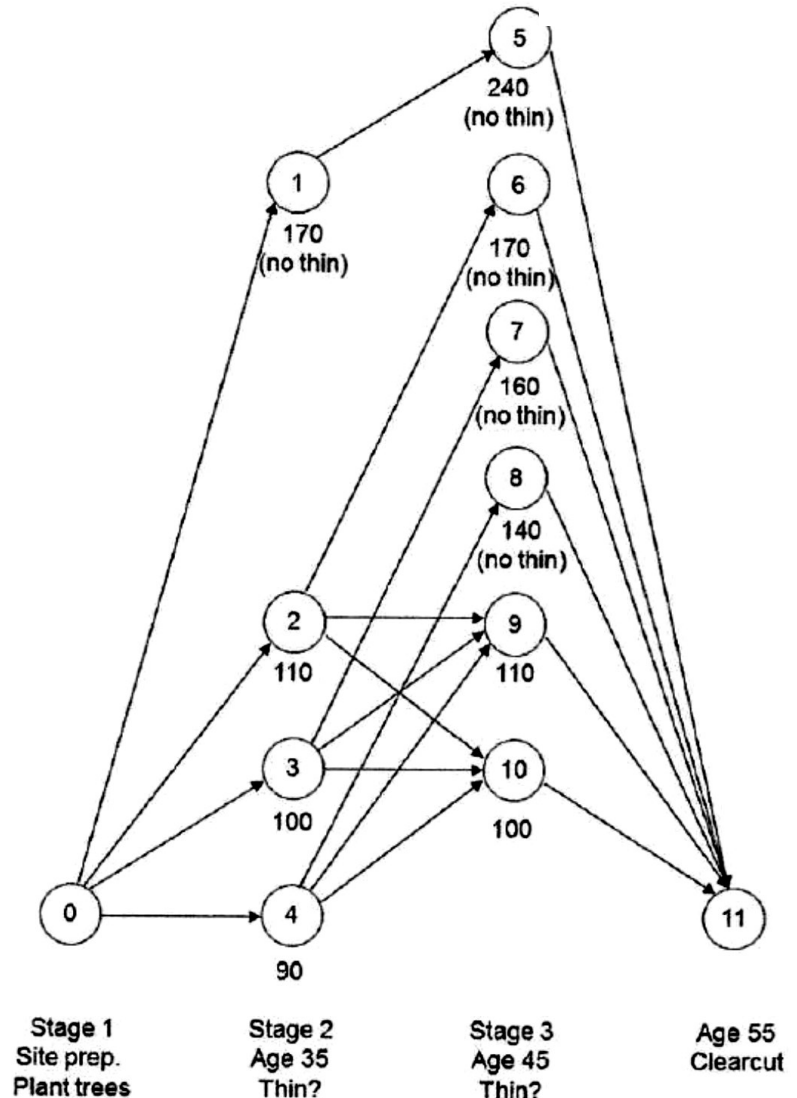
Asi najčastejšie používaná metóda optimalizácie pre procesy prebiehajúce **na úrovni lesného porastu** – napr. optimalizácia prebierok v rámci rubnej doby

**Veľmi flexibilná metóda** schopná riešiť široké spektrum problémov manažmentu prírodných zdrojov, ale aj obchodných a priemyselných problémov

**Problémy s praktickou výpočtovou zvládnuteľnosťou** pri riešení komplexných úloh vyriešil Yoshimoto (1988, 1990).

**Podstata:** Systematické určenie optimálnej kombinácie rozhodnutí rozvrhnutých v čase

**Príklad:** ako silu prebierky použiť v rozličných decéniách v rámci stanovenej rubnej doby, aby sme na konci rubnej doby dosiahli maximálny čistý zisk z produkcie dreva ?



# Heuristické (stochastické) optimalizácie

Založené na logických a/alebo empirických pravidlách a postupoch slúžiace primárne na náhodný alebo zámerný **pokusný prieskum** veľkého viacdimeznionálneho priestoru možných riešení  $\mathbf{x}$  a s ním spojeného cieľového priestoru  $z/z$  a vyhľadanie kombinácie  $\mathbf{x}$ , ktorá priniesie **dostatočne vysoké plnenie**  $z$  alebo  $U=f(z)$

**Podstata:** Priestor  $\mathbf{x}$  sa prehľadáva náhodne alebo podľa istej logiky s prvkami náhodnosti a sleduje sa, či uvažovaná kombinácia  $\mathbf{x}$  priniesla vylepšenie  $z=f(\mathbf{x})$  alebo  $U=f(\mathbf{z})$ , kde  $z_i=f_i(\mathbf{x})$

**Ukončenie:** Proces pokračuje dovtedy, kým nie je dosiahnutý predefinovaný počet pokusov alebo pokiaľ získané vylepšenie je už veľmi malé – menšie ako predefinované malé číslo  $\Delta$

Pri multikriteriálnych problémoch často ide o **čo najpresnejšie zmapovanie** celých priestorov  $\mathbf{x}$  a  $\mathbf{z}$ , na základe ktorého vieme vybrať potrebné/vhodné/akceptovateľné riešenia  $\mathbf{x}$  sami

## Výhody a nevýhody

- **Kovergencia k globálnemu optimu je pomalšia a hlavne nie je garantovaná**
- **Kvalita finálneho riešenia väčšinou nie je známa**
- Na druhej strane, **sú robustnejšie** – s vyššou pravdepodobnosťou skonvergujú k globálnemu optimu (nenájdu klamlivé lokálne optimum)
- Dajú sa ľahko použiť aj **pre multikriteriálne problémy**
- Dokážu riešiť problémy, v ktorých sa vzťahy a obmedzenia **nedajú dobre popísať rovnicami** (ani nelineárnymi)
- Sú výpočtovo zvládnuteľné a **prinášajú riešenia, aj keď je problém**



## Metódy:

### Vylepšovanie 1 riešenia:

Monte Carlo

**Simulated Annealing**

Threshold Accepting

Tabu search

HERO

Postupy teórie hier

### Populačné prístupy:

Ant colony

Bee colony

**Particle swarm method**

**Evolučné algoritmy**

- **Genetické**

- Kultúrne

# Simulated annealing – simulácia žihania kovov

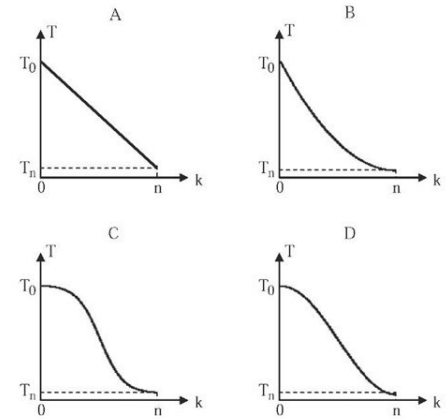
**Analógia:** proces postupného ochladzovania kovu – pri vysokej teplote je pohyb atómov veľký a kov ohybný, chladnutím pohyb atómov ustáva a tvar a vlastnosti kovového telesa sa fixujú



**Hľadáme maximum funkcie**  $z=f(\mathbf{x})$  alebo  $U=f(\mathbf{z})$  pri  $z_i=f_i(\mathbf{x})$

1. Náhodne generujeme  $\mathbf{x}$ , resp.  $\mathbf{x}+\Delta$  a skontrolujeme  $z$ , resp.  $U$
2. Ak je  $U_i > U_{i-1}$ ,  $\mathbf{x}$  je akceptované ako predbežne optimálne,  $U$  je zaznamenané ako best a slúži ako  $U_{i-1}$  v nasledujúcom kroku,
3. Ak  $U_i < U_{i-1}$ ,  $\mathbf{x}$  stále môže byť akceptované ako optimálne za istých okolností:
  - $p(\mathbf{x}) = 1/[1+\exp(-(z_i-z_{best})/T)]$ , keď  $T=f(n)$
  - generovanie náhodného čísla  $r$  z rozpätia  $[0,1]$  a akceptovanie zhoršenia, ak  $p(\mathbf{x}) > r$
4. Náhodne aktualizujeme  $\mathbf{x}+\Delta$  a proces opakujeme  $n$ -krát

Pokles parametra  $T$  s rastúcim počtom  $n$  generovaných hodnôt  $\mathbf{x}$  = **ochladzovanie**



Temperature: 25.0

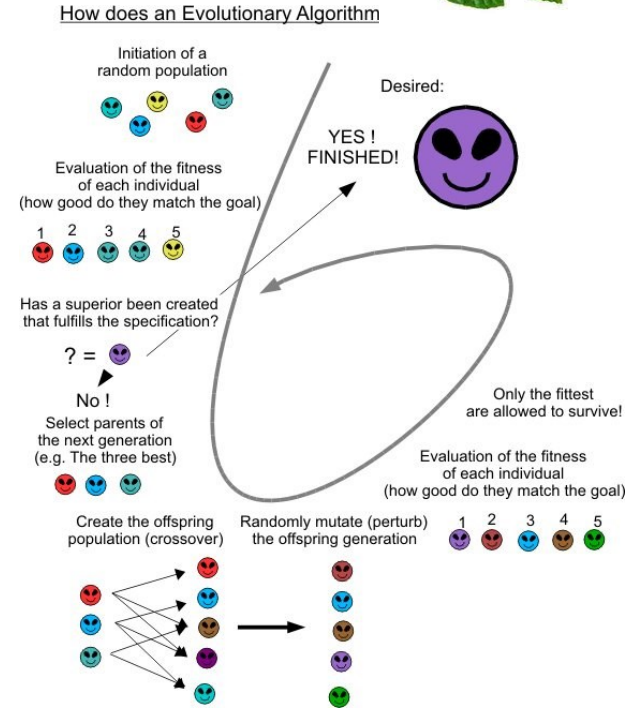


# Evolučné algoritmy – populačný stochastický princíp

**Analógia** – napodobovanie prirodzenej evolúcie druhov  
Vylepšujeme simultánne viacero – populáciu - riešení – ideálne pre multikriteriálne problémy, kde optimálnych riešení je veľa

## Terminológia (vysvetlenie na vzorovom príklade):

- **Gény** – kalendárne roky
- **Alely** – jednotlivé prebierkové zásahy (druh výberu, sila)
- **Chromozóm** – kombinácia prebierkových zásahov rozvrhnutá v čase v konkrétnom poraste – manažmentový výchovný systém
- **Jedinec** – rozdelenie manažmentových systémov v súbore lesných porastoch – plán výchovy za VC
- **Populácia** – množina rozličných alternatívnych plánov výchovy
- **Materská populácia/Rodičia** – množina rozličných plánov v určitom kroku optimalizácie vstupujúca do výberu, kríženia, mutácie, ...
- **Následná populácia/Potomstvo** – výstupná množina nových vylepšených plánov v určitom kroku optimalizácie
- **Fitness funkcia/Kondícia** – plnenie ES a U pre konkrétny výchovný plán
- **Selekcia** – výber materských plánov vhodných na tvorbu novej generácie (výber partnerov)
- **Kríženie** – výmena manažmentových systémov (alebo ich častí) medzi dvoma materskými plánmi
- **Mutácia** – náhodná zmena preb. zásahu v určitom kalendárnom roku v rámci prideleného manažmentového systému v konkrétnom poraste
- **Elitizmus** – zachovanie (prežitie) najlepších plánov starej a novej generácie s najlepšou kondíciou tj. plnením ES a U



**Vzorový problém:** ako rozvrhnúť prebierkové zásahy (druh, sila, interval) v lesných porastoch tak, aby v definovanom časovom horizonte (rubná doba, 30 rokov, decénium) došlo k maximalizácii príjmov z ťažby dreva, viazania uhlíka, ochrany pôdy, rekreačnej hodnoty a biodiverzity lesa. Kombinácií x podľa jednotlivých rokov uvažovaného obdobia je obyčajne prakticky nekonečne veľa ...

# Evolučné algoritmy – postup

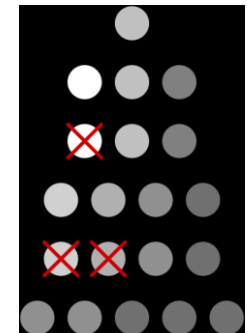
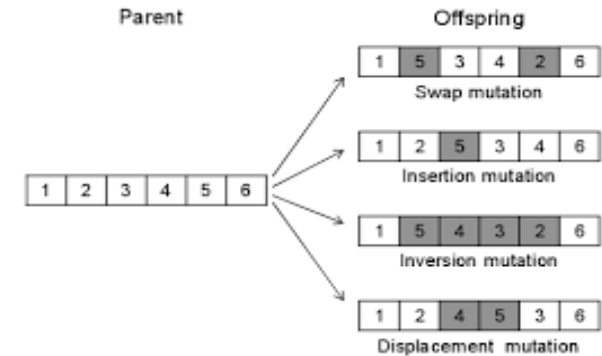
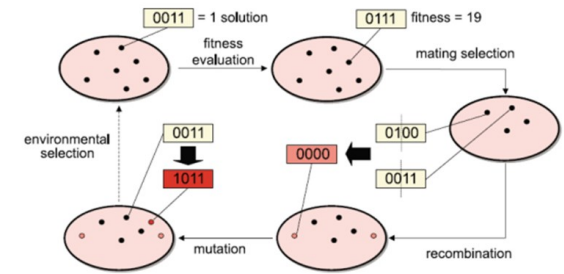


Typický sled krokov:

1. **Inicializácia** – vytvorenie náhodného iniciálneho súboru plánov
2. **Evaluácia kondície (fitness) jedincov a výber do šľachtenia** – posúdenie plnenia ES a výber plánov s najlepším U
3. **Mutácia a kríženie** vybraných rodičov a vytvorenie nových potomkov – vytvorenie nových prebiekových plánov
  - Mutácia** – vytvorenie nového individuálneho plánu zmenou druhu a sily prebiecky v určitom roku
  - Kríženie** – výmena sekvencií rokov a do nich naplánovaných akcií medzi vybranými materskými plánmi
4. **Prirodzený výber** - nahradenie jedincov so zlou kondíciou za potomkov s lepšou kondíciou – vylúčenie prebiekových plánov s neoptimálnym/dominovaným plnením ES

Z výnimkou inicializácie sa celý postup **iteratívne opakuje**, až pokiaľ nie je splnené určité kritérium ukončenia (typicky preddefinovaný počet generácií, malé % potomkov s lepšou kondíciou ako majú rodičia, iba mizivé vylepšenie priemernej kondície populácie ap. )

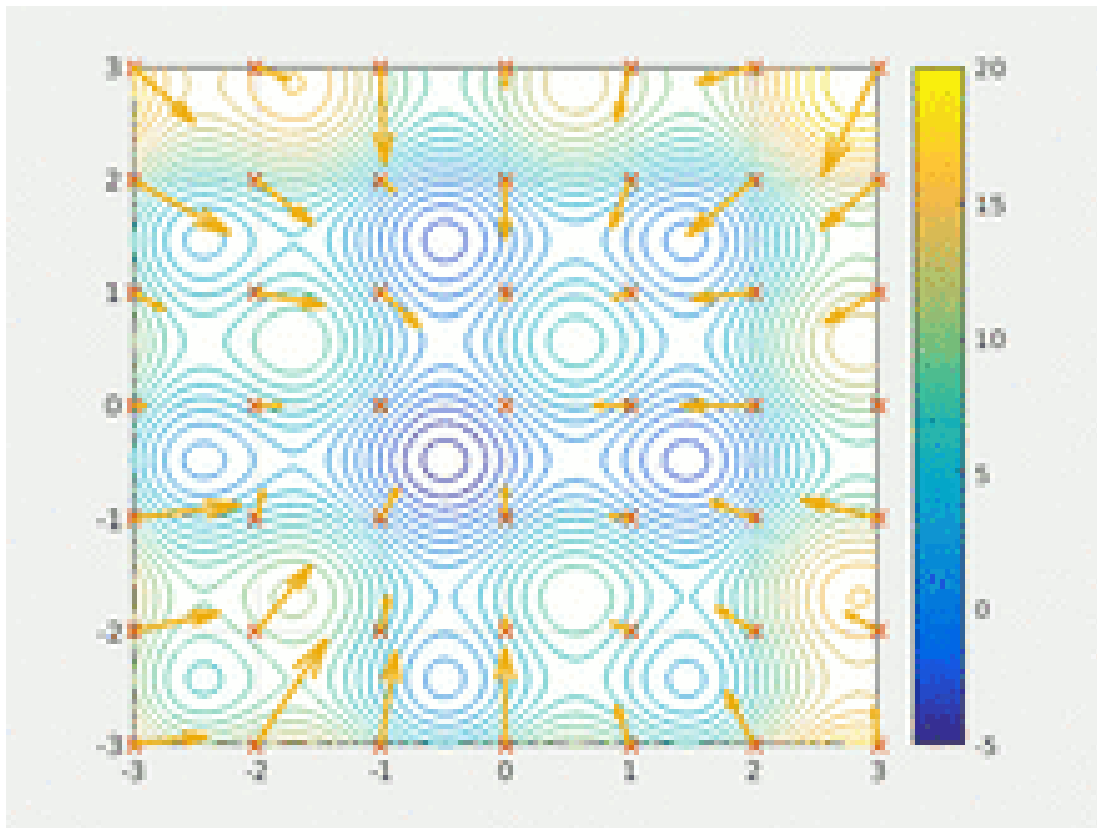
**Výsledok: po preddefinovanom počte interácií vytvorenie populácie riešení s výbornou kondíciou = vytvorenie súboru prebiekových plánov s rozličným, ale multikriteriálne optimálnym plnením ES ležiacich blízko Pareto hranice – podklad pre následné rozhodovanie**



# Particle swarm method – optimalizácia rojom častíc – populačná stochastická metóda



**Analógia:** napodobovanie správania sa a výmeny informácií medzi vtákmi/včelami/... v roji pri vyhľadávaní potravných zdrojov v určitom priestore



# Particle swarm method – optimalizácia rojom častíc – populačná stochastická metóda



**1. Inicializácia krdľa** – vygenerovanie polohy vybraného počtu jedincov a nastavenie parametrov ich pohybu

**2. Zmeranie fitness jednotlivých jedincov a výber najzdatnejšieho/vedúceho jedinca v celom krdli  $G_{best}$**  – stanovenie  $U$  pre jednotlivé prebierkové plány a výber plánu s najlepším multikriteriálnym plnením ES

**3. Aktualizácia smeru a rýchlosti pohybu  $v_i$  jedinca** - aktualizácia sily prebierky v jednotlivých rokoch optimalizovaného obdobia pre každý prebierkový plán

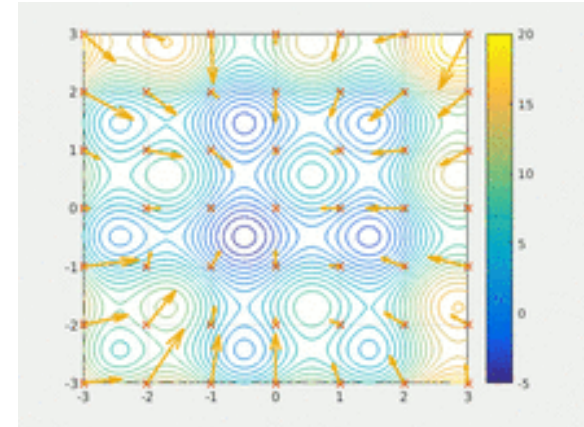
$$v_i^{t+1} = wv_i^t + c_1r_1(xbest_i^t - x_i^t) + c_2r_2(gbest_i^t - x_i^t)$$

$w$  – koeficient zotrvačnosti (odp. 0.721),  $r_{1,2}$  – náhodné čísla vygenerované z rovnomerného rozdelnia  $R(a,b)$ ,  $c_{1,2}$  – kognitívny koeficient (odp. 1.193),  $gbest$  – poloha lídra/doteraz najlepšieho plánu zo všetkých plánov,  $xbest$  – doteraz najlepšia poloha sledovaného jedinca/sledovaného plánu

**4. Aktualizácia polohy jedinca za pomoci**

$$x_i^{t+1} = x_i^t + v_i^{t+1}$$

**5. Opakovanie celého postupu, až do splnenia určitého ukončovacieho kritéria (napr.  $gbest$  sa nezmení ani po 1000 iteráciách)**



# Metódy umelej inteligencie

**AI** – umelý (počítačový) systém s 3 prvkami: schopný sa učiť sa a adaptovať, rozhodovať a riešiť problémy, čiže napodobovať ľudské myslenie a správanie

**ML** - metódy strojového učenia – **algoritmy a štatistické modely** schopné analyzovať a vyvodzovať závery zo štruktúr a informácií obsiahnutých **v údajoch** - tréningová a validačná vzorka

**DL** – podsúbor pokročilých metód strojového učenia inšpirovaných fungovaním ľudského mozgu, tj. **algoritmy a modely napodobňujúce viacvrstvovú sieťovú štruktúru ľudského mozgu** aplikované na analýzu údajov

## Algoritmy a štatistické modely

### Data mining

Rozhodovacie, klasifikačné a regresné stromy  
Diskriminačná analýza  
Zhuková (cluster) analýza  
GAM – zovšeobecnené aditívne regresné modely  
Random Forest

### Machine learning

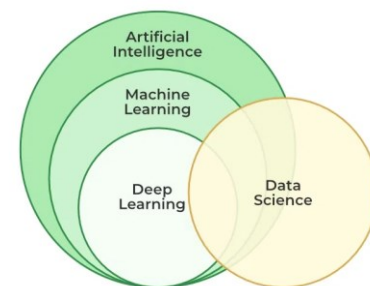
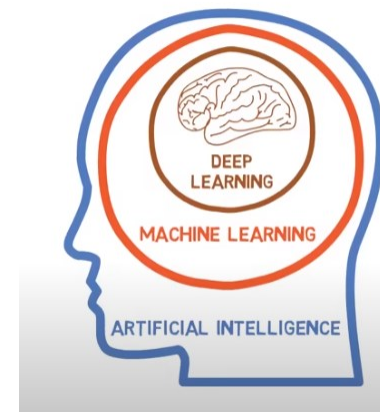
Podporné vektory - Support vectors  
Analýza k najbližším susedov - K-nearest neighbours  
Bayesian learning

### Deep learning

Neurónové siete – druhy  
Byesove vierohodnotné siete  
Fuzzy siete atď.

## Čo by sme mohli stroj/počítač naučiť v súvislosti s multikriteriálnymi optimalizáciami:

1.  $z=f(x)$  – vytvor matematický model definovaného problému – **popíš vzťahy**
2. Nájdi podmnožinu optimálnych nedominovaných  $x$  a im odpovedajúcich  $z$  – **klasifikuj 2 predefinované skupiny**
3. Vyber najviac preferované riešenie  $x$  zo sady optimálnych –



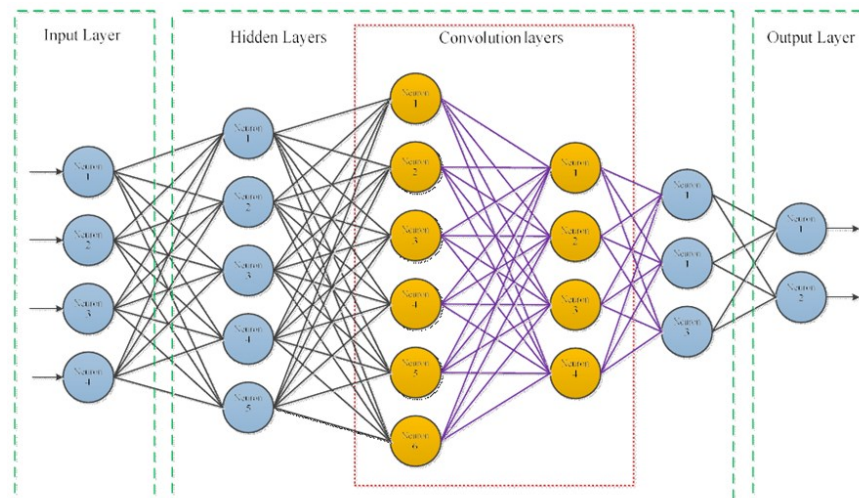
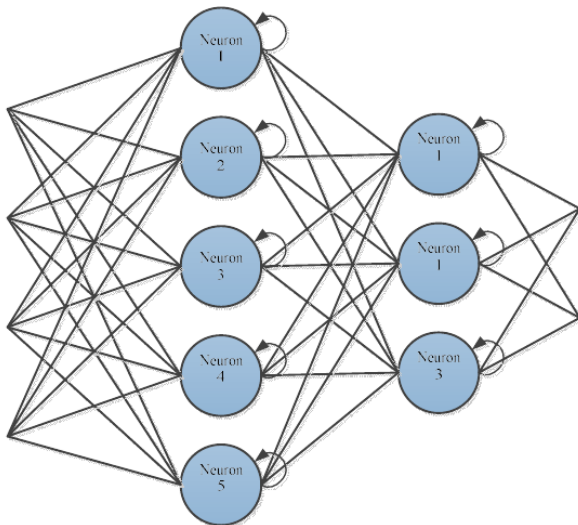
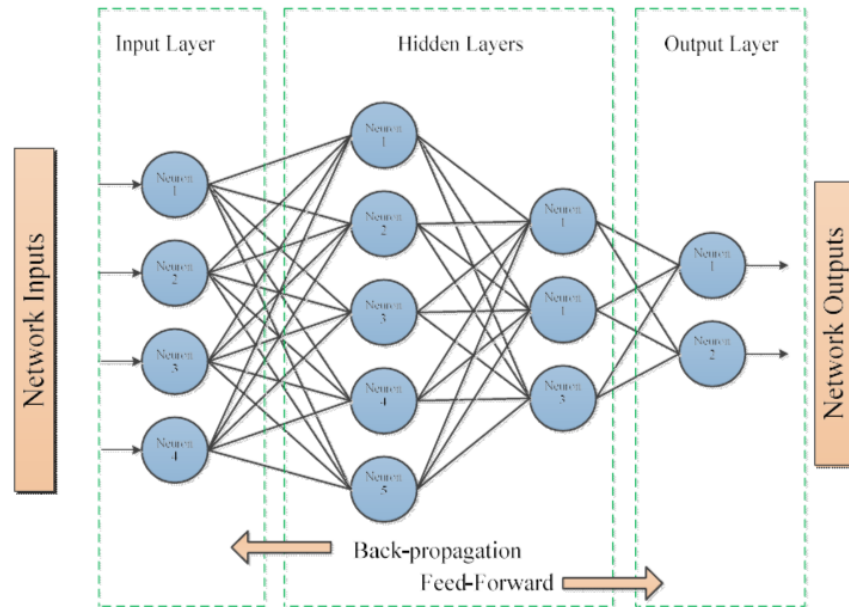
**Stroj sa učí (autonómne) z údajov a potom dokáže urobiť:**

- **Klasifikáciu objektov** do predefinovaných skupín
- **Popis vzťahov** medzi veličinami - regresia a predikcia
- **Zhlukovanie objektov** do nepreddefinovaných skupín a ich popis
- **Zoraďovanie objektov** podľa istého kritéria
- **Identifikáciu určitej štruktúry** v údajoch napr. sekvencie, vetvenia, matice ap.

# Neurónové siete



- Najznámejšie typy neurónových sietí:
  - Umelé neurónové siete
  - Rekurentné neurónové siete
  - Konvolučné neurónové siete
- Základná štruktúra umelej neurónovej siete:
  - Vstupná vrstva
  - Skryté vrstvy
  - Výstupná vrstva



# Obsah



## Toolbox

Čo je to optimalizácia a multikriteriálna optimalizácia - metódy a nástroje k dispozícií na podporu plánovania hospodárenia v lese



## Motivácia

Prečo by sme mali optimalizácie používať v lesníctve – ekosystémové služby a ich vzťah k aktuálnemu systému hospodárenia v lese



## Konštrukcia

Je to len teória ? Ako by vo všeobecnosti mohol vyzerat' alternatívny inovovaný spôsob integrovaného hospodárenia v lese ...



## Aplikácia

Ukážka praktického použitia optimalizácie na riešenie konfliktov spojených s hospodárením v lese a krajine na území SR



# Sú naše PSL optimálne ? Presnejšie sú multikriteriálne optimálne ? A prečo by mali byť ?



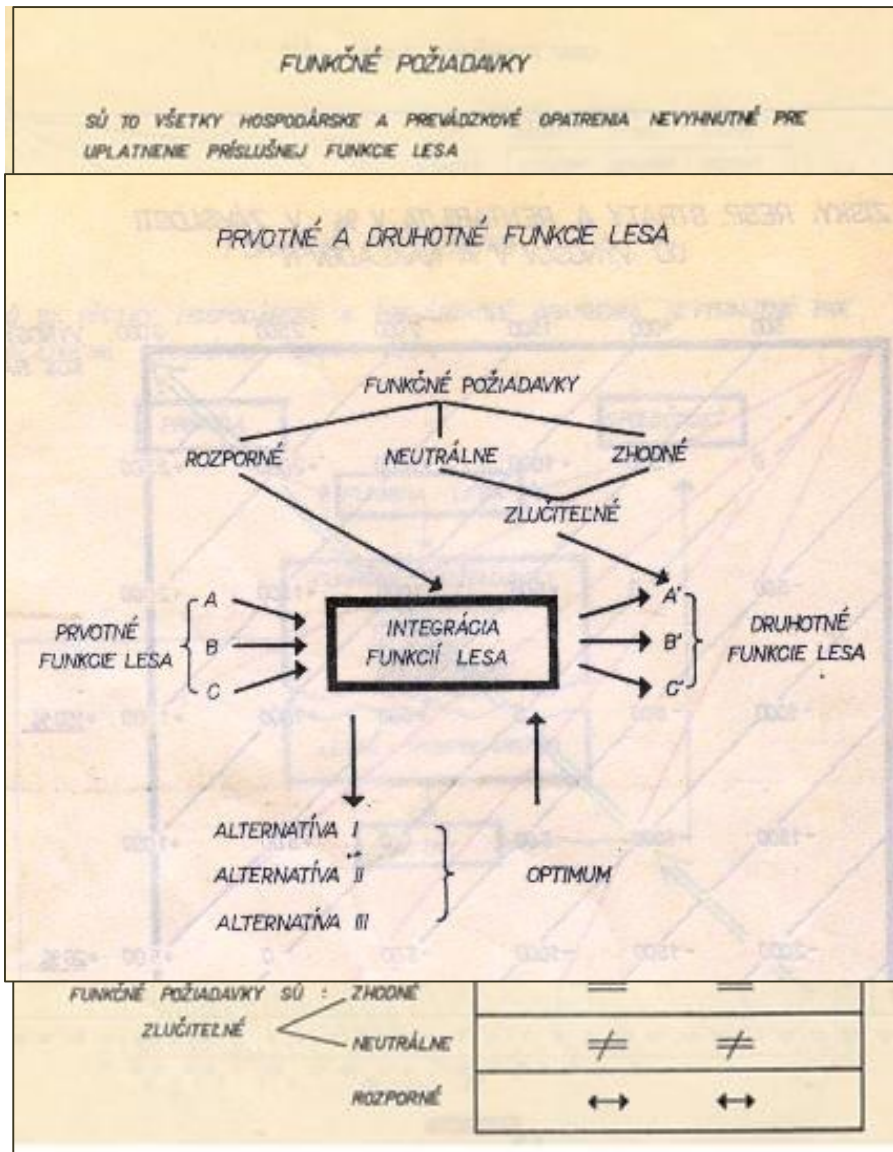
- Komplexné a podrobné zisťovanie stavu lesa
- Fytocenologický výskum (Zlatník 1959, Hančinský 1972, 1977)
- Teória funkčne-integrovaného lesného hospodárstva (Papánek 1978, Midriak 1981)
- Rastové tabuľky skonštruované na mimoriadne kvalitnej empirickej báze (Halaj et al. 1980, 1996)
- Veľké množstvo vedeckých poznatkov a praktických skúseností získaných od 18. storočia – začiatku organizovanej lesníckej činnosti

# Odkiaľ sa berie viera, že PSL sú optimálne ?



- Mimoriadne rozsiahle zisťovania **stavu lesa**
- Teoreticky výborne rozpracovaný a prakticky dobre overený **fytocenologický výskum** (Zlatník 1959, Hančinský 1972)
- Prepracovaná **teória funkčne-integrovaného lesného hospodárstva** (Papánek 1978, Midriak 1981)
- Podrobné plánovanie sú založené na použití domácich **rastových tabuliek** založených na mimoriadne kvalitnej empirickej báze (Halaj et al. 1980, 1996)
- **Veľké množstvo vedeckých poznatkov a praktických skúseností** získaných od 18. storočia – začiatku organizovanej lesníckej činnosti

# Teória integrácie funkcií lesa



Nadčasové myslenie (Papánek 1971, 1978):

1. ... hľadanie optimálneho riešenia z porovnania a zvažovania rozličných možných spôsobov skĺbenia rozmanitých funkcií lesa do harmonického systému hospodárenia v lese ...

2. **Čo čakal ? :**

- a, **narastúci dopyt po dreve** ako prírodne obnoviteľnom zdroji energie
- b, **spotreba vody bude narastať** (a jej zásoby sú ohrozené)
- c, intenzifikácia lesníctva vedie k **zvyšovaniu erózie pôdy**
- d, **vývoj rekreácie má charakter explózie**
- e, **rozloha prísne chránených území bude prudko narastať**

3. **Problém !** Toto sa nedá riešiť doterajším prístupom k užívaniu lesov založenom na územnom rozdelení plochy podľa ich rozdielneho poslania – zväčšujúca sa plocha účelových lesov i tak nepokryje potreby plnenia mimoprodukčných funkcií, ale zato silne obmedzí produkciu dreva

4. **Riešenie** - každý les bude poskytovať všetky potrebné úžitky a to v proporciách vyplývajúcich z konkrétnych podmienok – integrácia všetkých spôsobov využívania lesa do jediného premysleného systému hospodárenia

# Prax integrácie funkcií lesa



Upravil a rozvinul metódy „socialistického“ ocenenia funkcií

V súlade s vyhláškou č. 14/78 Zb. o HUL rozlišoval už len 3 kategórie lesa

Pre každý porast bol v teréne stanovený funkčný typ lesa (FT) a následne kategória lesa

FT napojil na typologiu a na obrovskú bázu expertných znalostí o zakladaní, pestovaní, ochrane lesa, HUL a ...

## Metodika

ako zostaviť rámcový model hospodárenia pre hospodársky súbor

## Hospodársky súbor

HSLT

HSPT

FT

Výsledok – (optimálne) hospodárenie v lese (model) rešpektujúce prírodné pomery a aktuálny stav porastu diferencovane podľa FT

LESNÍCKE ŠTÚDIE

Ing. Rudolf Midriak, CSc. a kolektív

DIFERENCOVANÉ  
OBHOSPODAROVANIE LESA  
PODĽA INTEGROVANÝCH FUNKCIÍ

1981

31

- Univerzalita
- Ekvivalencia
- ~~Adaptabilita~~
- ~~Optimalizácia~~
- Realizácia

# Po roku 1990 ...



Socialistické ocenenie ponuky funkcií lesa stratilo v tržnej ekonomike logický zmysel

- Tržné ceny reflektujúce ponuku a dopyt rýchlo sa meniace v čase

Zmena funkčnej typizácie

- FT ako kombinácie 3 základných funkcií (24) boli nahradené kombináciou hlavných funkcií detekovaných v teréne pre každý porast (67 FT)

Zmena významu a spôsobu kategorizácie

- Kategórie lesa boli rozdiferencované na subkategória podľa prevládajúcej hlavnej funkcie a ...

Rámcové modely boli naviazané na kategóriu a subkategóriu lesa, HSLT a HSPT

- a sú vypracovávané pre prevádzkové súbory – FT nehrajú rolu

- Univerzalita
- Efektívnosť
- Anonimnosť
- Objektivita
- Realizácia

FRANTIŠEK PAPÁNEK

*Papánek (1978)*

*... každý les bude poskytovať všetky potrebné úžitky a to v proporciách vyplývajúcich z konkrétnych podmienok ...*

LESNÍCKE ŠTÚDIE

Ing. Rudolf Midriak, CSc. a kolektív

DIFERENCOVANÉ  
OBHOSPODAROVANIE LESA  
PODĽA INTEGROVANÝCH FUNKCIÍ

PREVLÁDAJÚCICH FUNKCIÍ

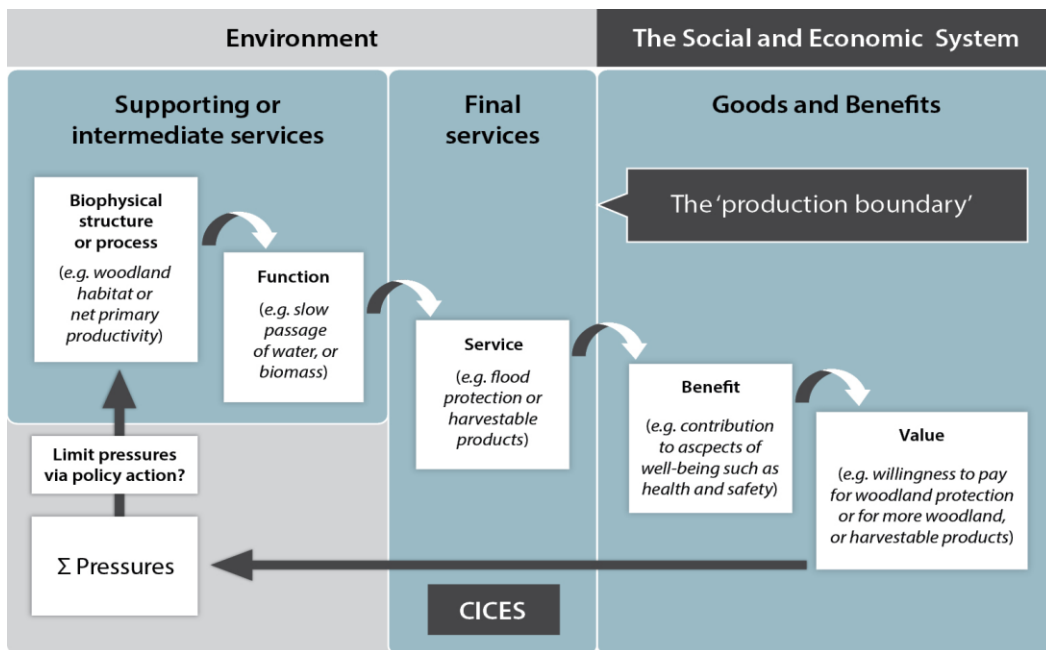
1901

31

**Doc. Jozef Konôpka (2010):**

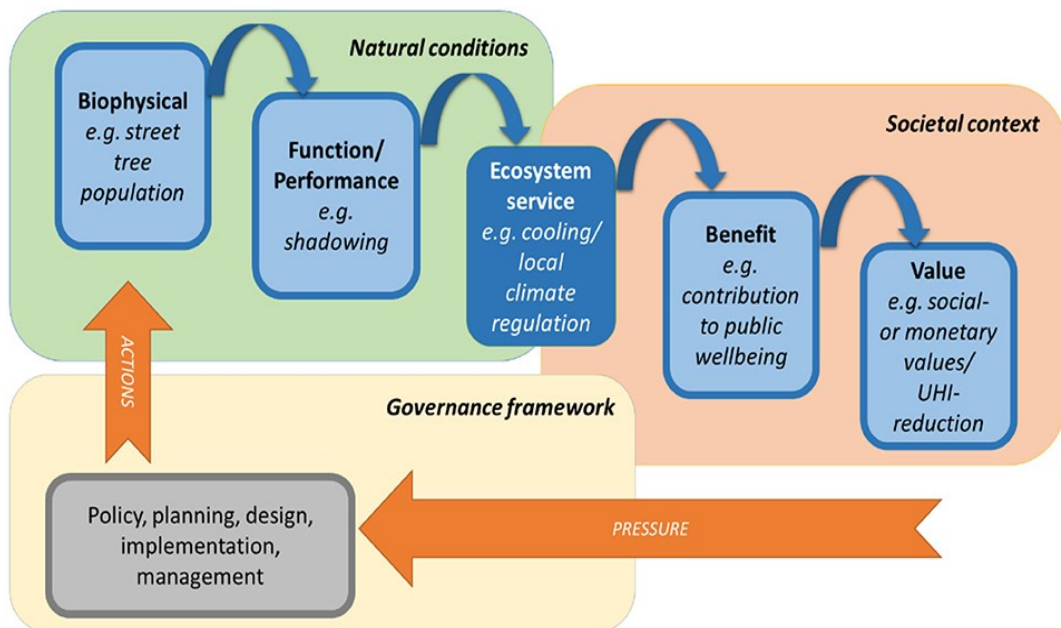
*„hoci sa slovne deklarovalo funkčne-integrované hospodárenie aj na úrovni lesného porastu a pre každý porast sa mal zostavovať zoznam plnených funkcií, reálne prioritizácia 1-2 vybraných funkcií viedla k priestorovej separácii plnenia rozličných funkcií lesa na určitom území“*

# Ekosystémové služby (ES) – Definícia



Služba výsledok určitej činnosti/práce smerujúcej k uspokojeniu ľudských potrieb

Ekosystémové služby sú úžitky/statky/, ktoré ľudia získavajú z ekosystémov – ide o priame a nepriame príspevky ekosystémov k ľudskému blahobytu



# Ekosytémové služby – delenie a súvis s blahobyt

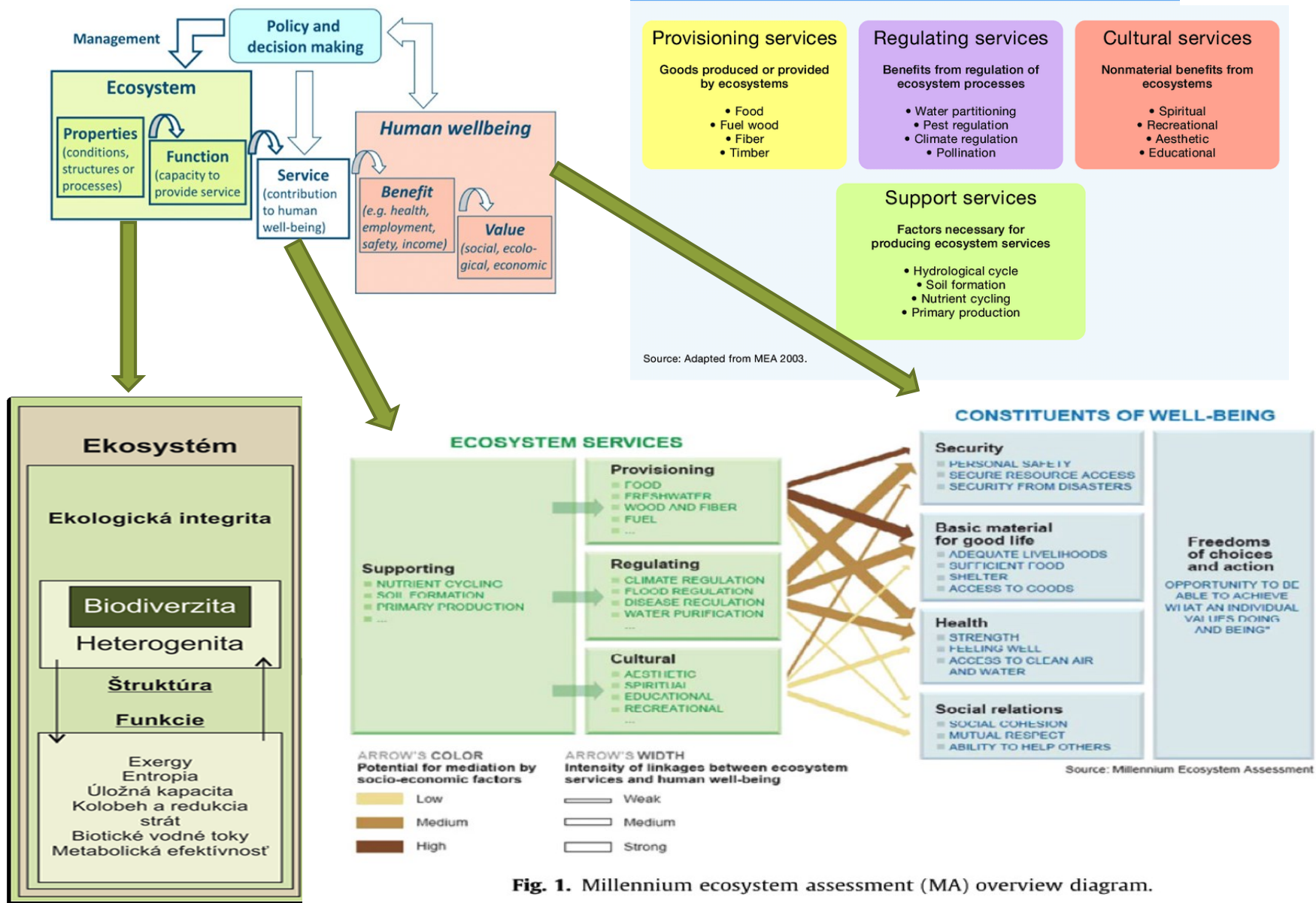
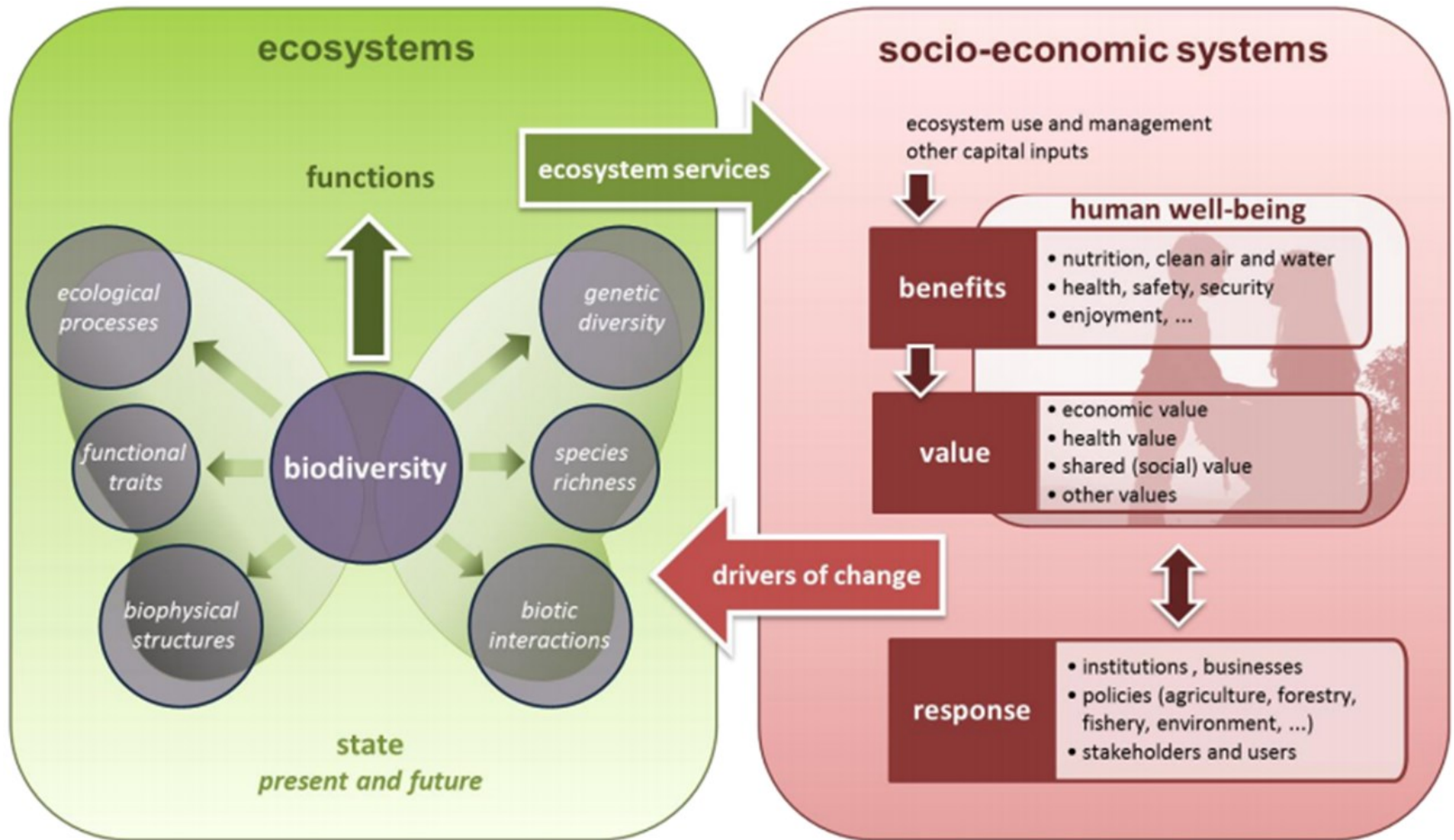
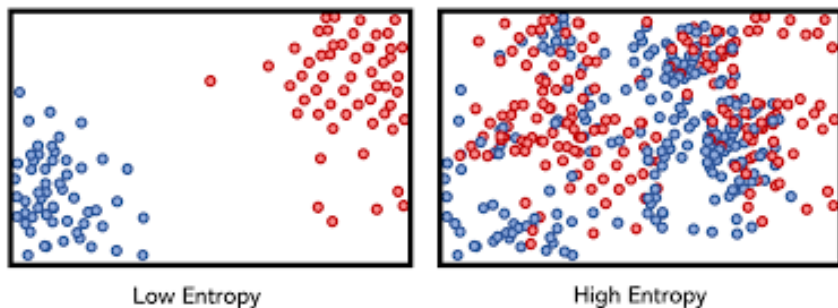


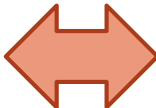
Fig. 1. Millennium ecosystem assessment (MA) overview diagram.

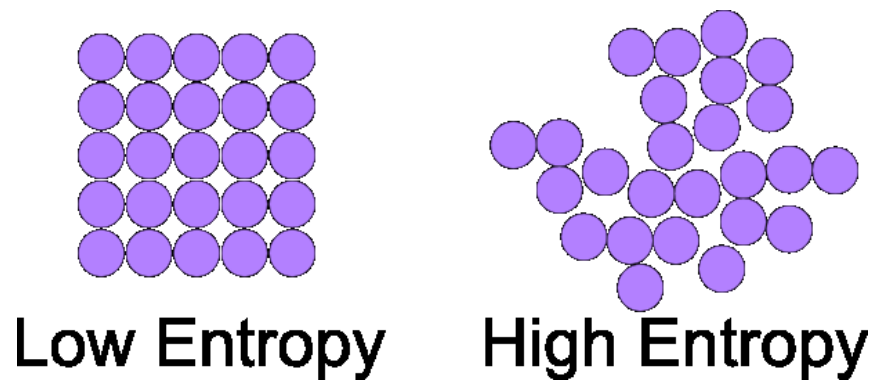
# Ekosytémové služby, biodiverzita a ekologická sta



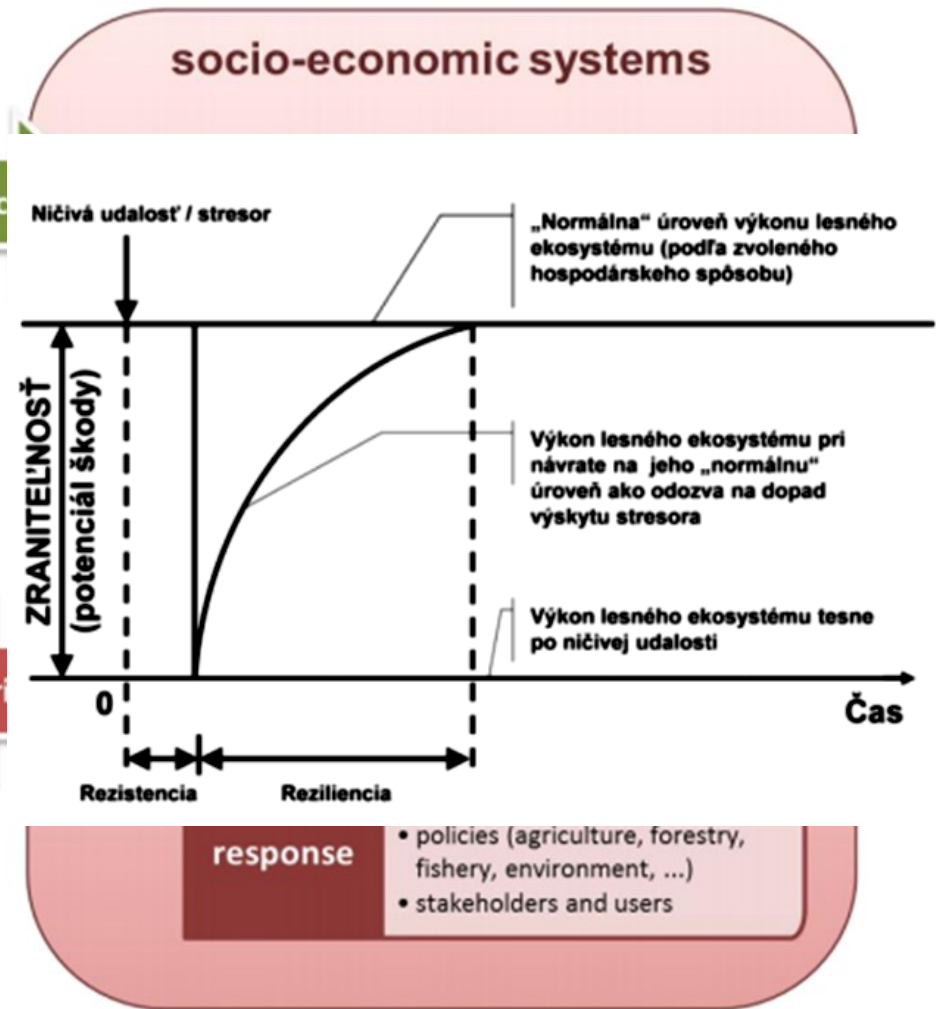
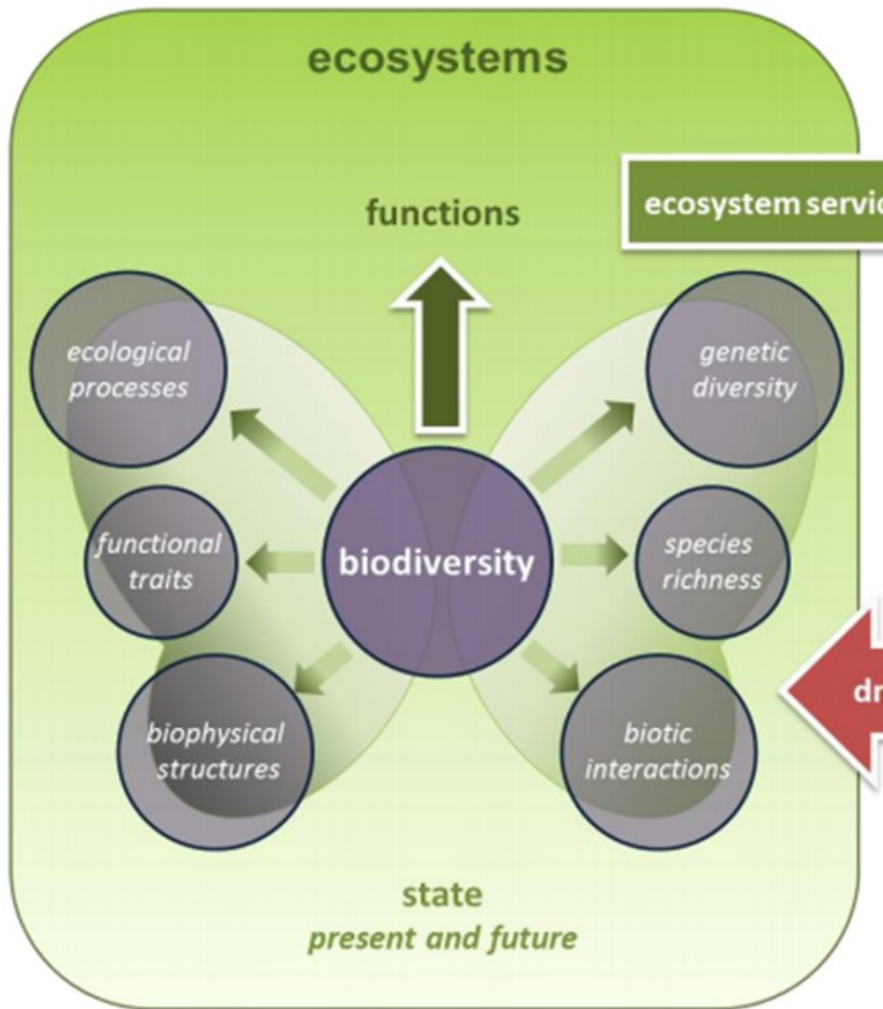
# Biodiverzita, entropia a samovývoj



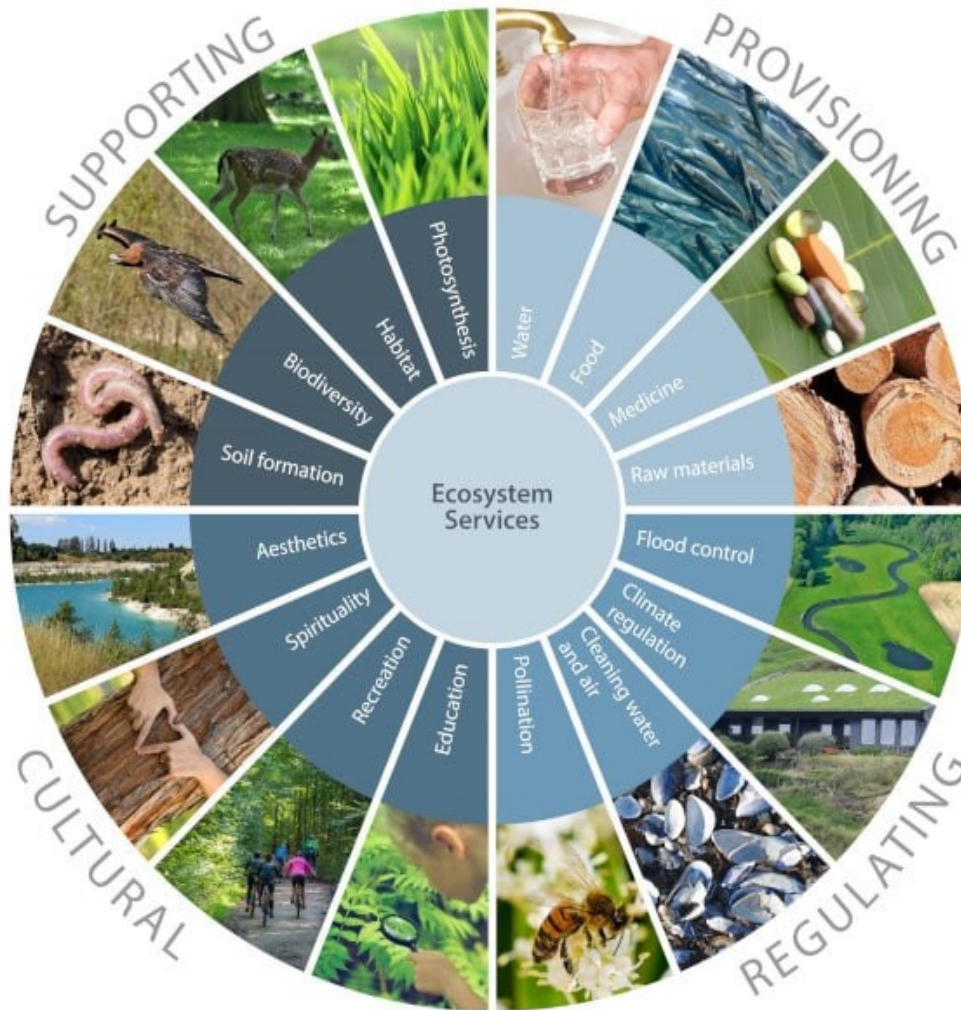
Entropy  Biodiversity



# Dopady z pohľadu plnenia ekosytémových služieb



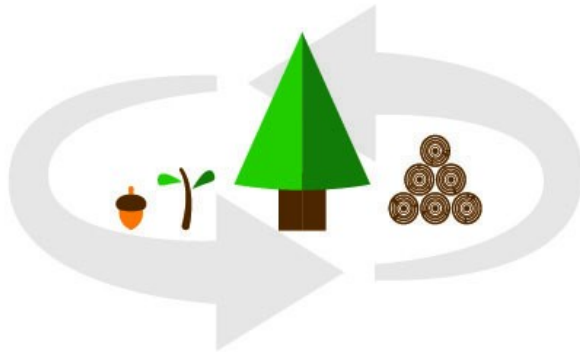
# Samovývoj a výpadky plnenia niektorých ekosystémových služieb



# Drevo ako prostriedok boja proti zmenám klímy

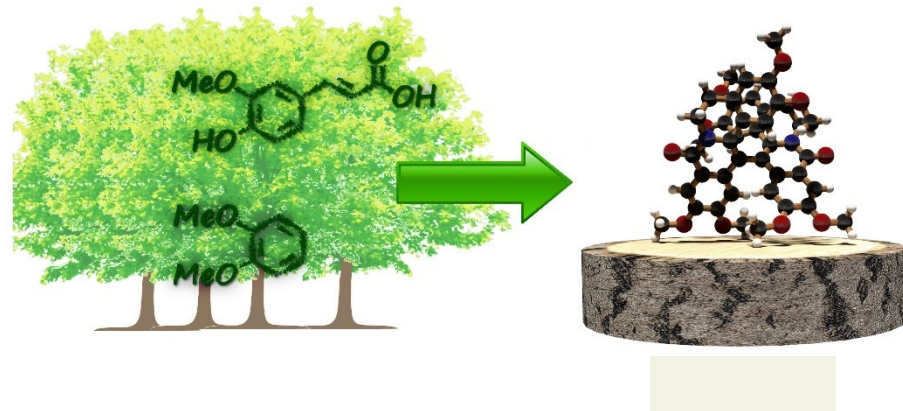


## WHY WOOD IS GOOD



RENEWABLE 

-  CLEAN 
-  RECYCLABLE 
-  BEAUTIFUL 
-  LONG-LASTING 
-  STRONG 
-  GREAT FOR CONSTRUCTION 
-  SOUND INSULATING 
-  THERMAL INSULATOR 
-  ENDLESS USES 





## Motivácia pre multikriteriálne optimalizácie

Les plní veľa služieb naraz a má svoju ekologickú stabilitu – už len preto, že existuje ....

Ludia požadujú/potrebujú trvalé – plynulé – vyrovnané a maximalizované plnenie viacerých ES naraz pre rozličné časové horizonty (hneď, o 10-30-50-100- ... rokov)

Požiadavky narastajú (aj v súvislosti s CC), tak na množstvo, ako aj vyrovnanosť plnenia čoraz širšieho spektra ES a biodiverzity ... **ALE:**

**Medzi ES existujú trade-offs !!!!!**

Nadčasové myslenie (Papánek 1971, 1978):

1. ... hľadanie optimálneho riešenia z porovnania a zváženia rozličných možných spôsobov skĺbenia rozmanitých funkcií lesa do harmonického systému hospodárenia v lese ...

2. **Čo čaká ? :**

- a, **narastúci dopyt po dreve** ako prírodne obnoviteľnom zdroji energie
- b, **spotreba vody bude narastať** (a jej zásoby sú ohrozené)
- c, intenzifikácia lesníctva vedie k **zvyšovaniu erózie pôdy**
- d, **vývoj rekreácie má charakter explózie**
- e, **rozloha prísne chránených území bude prudko narastať**

3. **Problém !** Toto sa nedá riešiť doterajším prístupom k užívaniu lesov založenom na územnom rozdelení plochy podľa ich rozdielneho poslania – zväčšujúca sa plocha účelových lesov i tak nepokryje potreby plnenia mimoprodukčných funkcií, ale zato silne obmedzí produkciu dreva

4. **Riešenie** - každý les bude poskytovať všetky potrebné úžitky a to v proporciách vyplývajúcich z konkrétnych podmienok – integrácia všetkých spôsobov využívania lesa do jediného premysleného systému hospodárenia

# Obsah



## Toolbox

Čo je to optimalizácia a multikriteriálna optimalizácia - metódy a nástroje k dispozícii na podporu plánovania hospodárenia v lese



## Motivácia

Prečo by sme mali optimalizácie používať v lesníctve – ekosystémové služby a ich vzťah k aktuálnemu systému hospodárenia v lese



## Konštrukcia

Je to len teória ? Ako by vo všeobecnosti mohol vyzeráť alternatívny inovovaný spôsob integrovaného hospodárenia v lese ...



## Aplikácia

Ukážka praktického použitia optimalizácie na riešenie konfliktov spojených s hospodárením v lese a krajine na území SR



# Multikriteriálna optimalizácia

## Alternatívny prístup k plánovaniu hospodárenia



Les plní všetky ES naraz a môže ich plniť v rozličných proporciách, preto

...

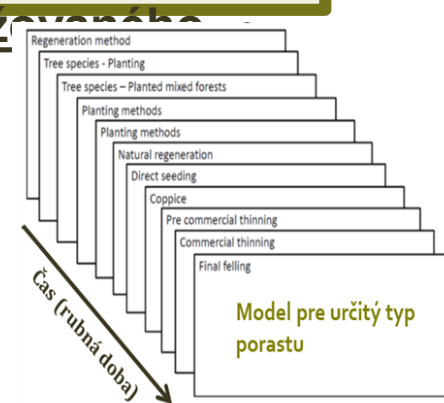
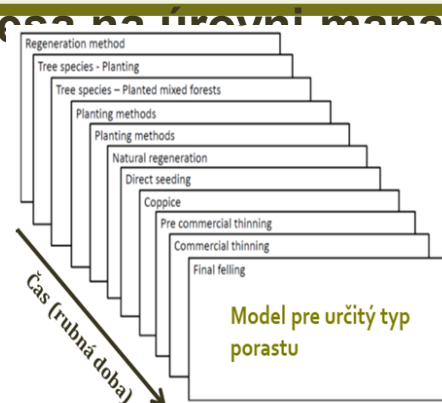
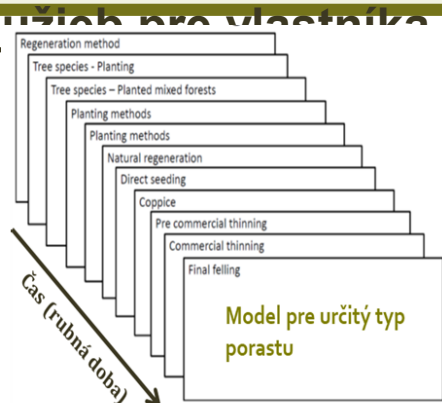
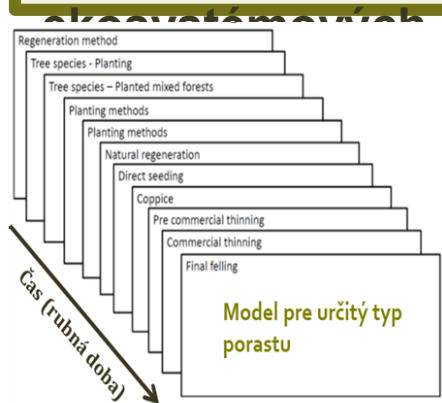


Plánovanie  $\neq$  predpísanie jedného „optimálneho“ MH pre každý porast

Naopak, v každej JPRL sa potenciálne môže aplikovať viacero manažmentových programov (modelov) – **pripúšťame, že nielen jeden model je vhodný !**

Každá MH predstavuje **osobitú časovú postupnosť** presne definovaných aktivít/akcií a **má svoju osobitú hodnotu z pohľadu sledovaných ES**

**Základnou úlohou potom je vyhľadanie takej kombinácie modelov hospodárenia na úrovni JPRL, ktorá poskytne žadovaný mix**



# Multikriteriálna optimalizácia

## Alternatívny prístup k plánovaniu hospodárenia v lese



- 1. Definícia optimalizačného problému**
- 2. Definícia cieľov optimalizácie, indikátorov ich plnenia a matematického modelu**
- 3. Definícia alternatívnych riešení analyzovaného problému**
- 4. Modelovanie a kvantifikácia dopadov rozličných alternatívnych riešení**
- 5. Identifikácia multikriteriálne optimálneho riešenia**
- 6. Testovanie optimality vybraného riešenia**

# Multikriteriálna optimalizácia a lesnícke plánovanie



## 1. Definícia problému

Optimalizácia výchovy kultúr, nárastov a mladín s cieľom minimalizovať náklady

Optimalizácia výchovy predrubných porastov s cieľom maximalizovať výšku výnosov a ekologickú stabilitu lesa

Optimalizácia časovej a priestorovej úpravy rubných ťažieb s cieľom dosiahnuť maximálne a vyrovnané výnosy z dreva

Optimalizácia taktického plánovania (zakladanie, výchova, obnova porastov) tak, aby sa na vlastníckom celku dosiahlo želané plnenie ES

...



## Vždy:

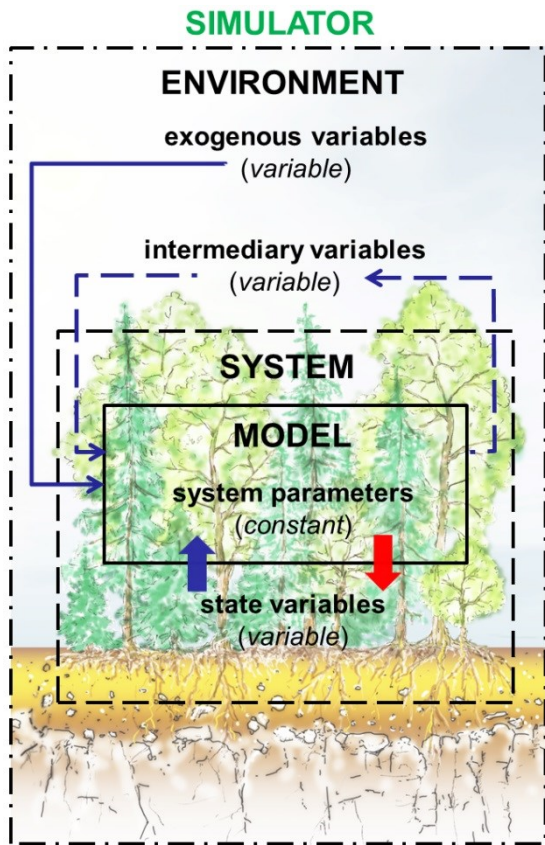
- Pre konkrétny časový rámec
- Pre konkrétny súbor porastov rastúcich v konkrétnych prírodných podmienkach
- Pre konkrétnu vlastnícku štruktúru a záujmy iných aktérov

# Multikriteriálna optimalizácia a lesnícke plánovanie



## 2. Formulácia matematického modelu

### Rastové modely – premenné a parametre rastových modelov



bez rastových modelov by nebolo možné 'kovať' vývoj lesa, bez predikcie zasa plánovať



Modelovanie lesa

### Premenné



stavové premenné (vstupy ↑ a výstupy ↓)



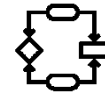
vstupy z prostredia, ktoré spätne neovplyvňujú model



vstupy z prostredia, ktoré spätne ovplyvňujú model



### Konštanty



nastavenie modelu



Fabrika a Pretzsch (2011)  
Analýza a modelovanie lesných ekosystémov

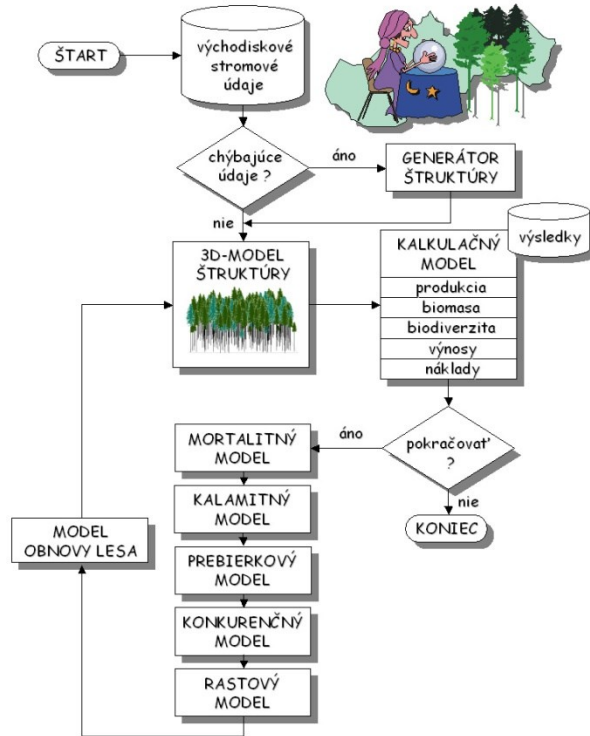


# Multikriteriálna optimalizácia a lesnícke plánovanie



\* Sibyla \*

\* Sibyla Triquetra \*



<http://etools.tuzvo.sk/>

<http://sibyla.tuzvo.sk/>

- 3D model porastu - realistická stromová štruktúra a kompetičné vzťahy stromov
- Priama bonitácia stanovišťa - klimatická a pôdna senzitivita
- Modelovanie rastu a prirodzenej mortality stromov – so zohľadnením stanovišťa a priestorovej štruktúry lesa
- Modelovanie dopadov úmyselného manažmentu - pre akýkoľvek typ pri akejkoľvek hustote lesa
- Široké spektrum výstupných informácií - produkcia ekonomika ekologická

# Multikriteriálna optimalizácia a lesnícke plánovanie



2. Definícia cieľov, optimalizácia a indikátory ich plnenia



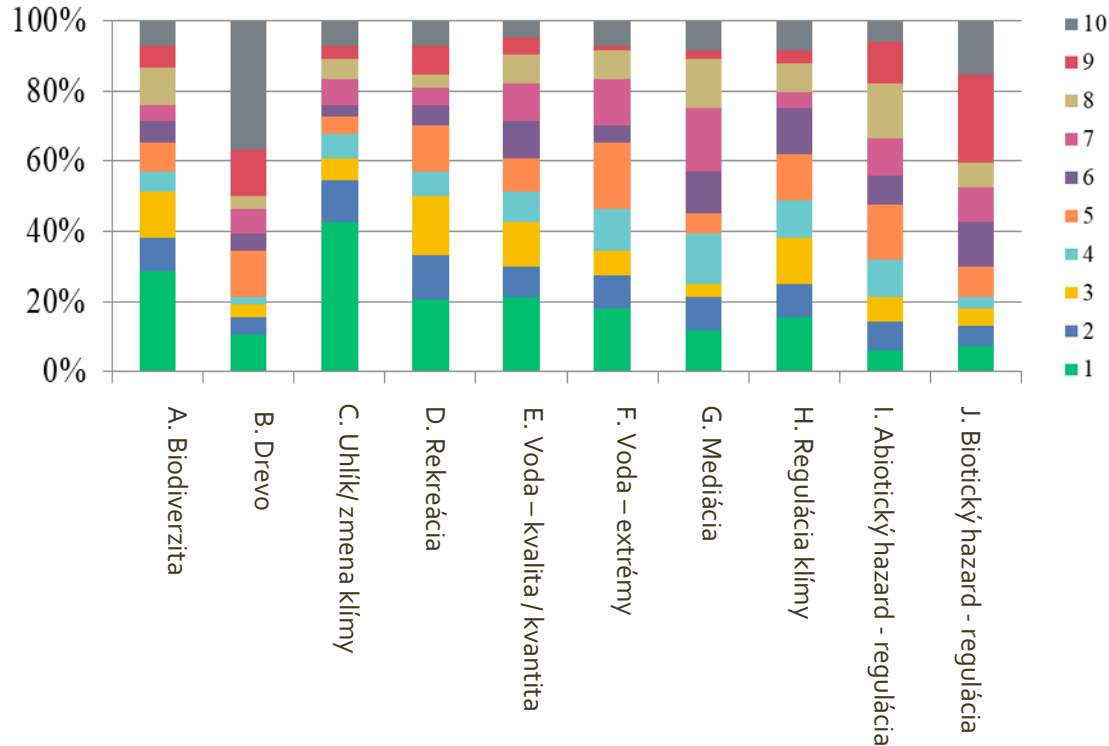
Skupina	Finálny indikátor	Basic indicators
Biodiverzita/ Podporné služby	Index biodiverzity B	$B = 4A + S + V + K$ A – druhová diverzita S - horizontálna diverzita V - vertikálna diverzita K – index korunovej diferenciácie
Produkčné služby	Zásoba hlavného porastu Objem výchovných ťažieb	$SDI_{rel} = SDI / SDI_{max}$
Regulačné služby	Index hustoty porastu $SDI_{rel}$	$SDI = N h a^{-1} \cdot (25/dg)^{-1,605}$
Kultúrne služby		$I_r = avg(E1_{rel}, 1/R_{rel}, A p i_{rel})$

Indikátory plnenia

# Multikriteriálna optimalizácia a lesnícke plánovanie



## 2. Definícia cieľov optimalizácie



Lesy:

- A. poskytujú priestor a ochranu pre živočíšne a rastlinné druhy
- B. sú zdrojom materiálu na drevené výrobky, stavby, papier, kúrenie a energiu
- C. pomáhajú v boji proti zmene klímy, zlepšujú ovzdušie
- D. poskytujú možnosti na oddych a šport
- E. sú zásobárňou kvalitných vodných zdrojov
- F. ochraňujú pred suchom a povodňami
- G. chránia pred prachom, hlukom, zápachom a vizuálnym smogom
- H. zlepšujú teplotné a vlhkosťné pomery prostredia
- I. zmierňujú škody pri extrémnych prírodných udalostiach
- J. ochraňujú proti patogénom a bránia šíreniu nežiadúcich druhov

od 1. najdôležitejšej po 10. najmenej dôležitú v kraji





# Multikriteriálna optimalizácia a lesnícke plánovanie

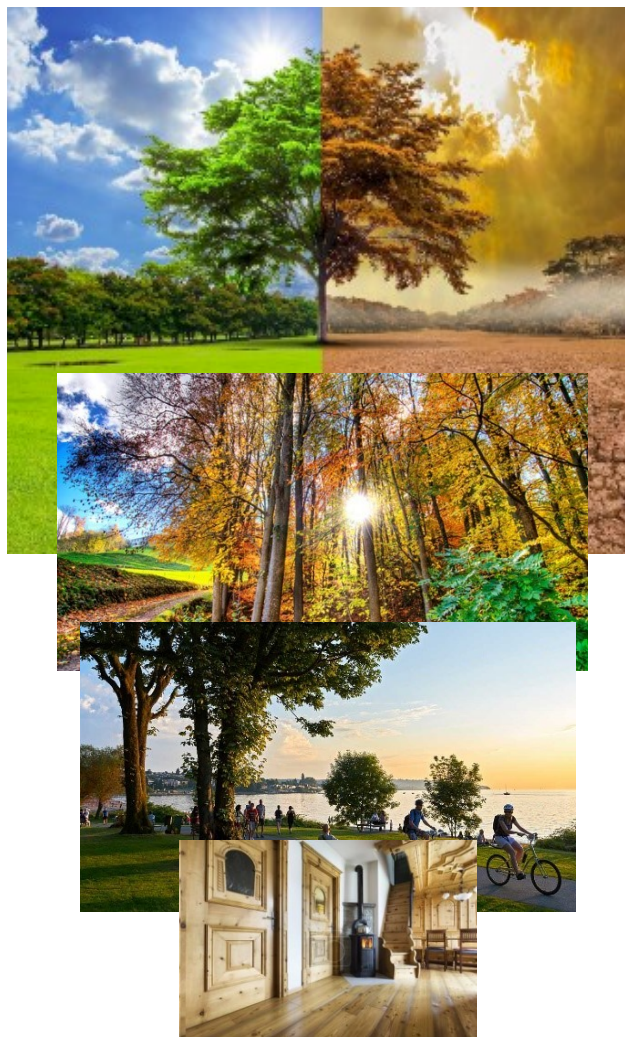


## 2. Definícia cieľov optimalizácie

### Výsledky pre celý BSK

#### Relatívne preferencie ES

- 1.C  0,31532
- 2.A  0,27688
- 3.D  0,267409
- 4.B  0,14039



	Celkové poradie ES pre VÚC BSK
1	C. Uhlík/ zmena klímy
2	A. Biodiverzita
3	D. Rekreácia
4	E. Voda - kvalita/kvantita
5	F. Voda - extrémny
6	H. Regulácia klímy
7	G. Mediácia
8	I. Regulácia - abiotický hazard
9	J. Regulácia - biotický hazard
10	B. Drevo

# Index rekreácie - Starostlivosť o les: Vnem starostlivosti



Udržiavaný les



Neudržiavaný les



Upratovaný les



Neupratovaný les

# Index rekreácie: Prirodzenosť lesa: Vnem narušovania prírodných procesov



Málo narušovaný les



Bežný hospodársky les

# Index rekreácie - Prirodzenosť lesa: Prirodzenosť drevinovej sklady

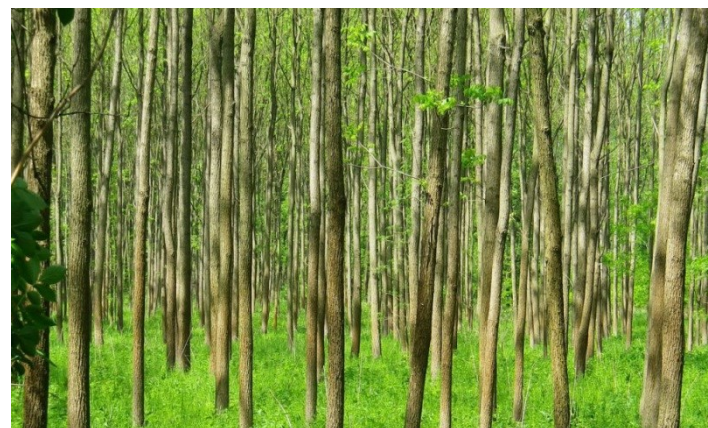
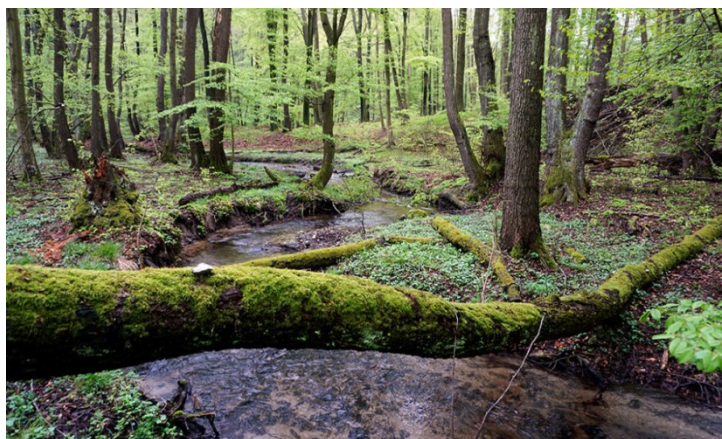


Drevinová skladba oспovedajúca stanovištu



Drevinová skladba neodpovedajúca stanovištu

# Index rekreácie - Prirodzenosť lesa: Vnem divočiny



Divočina/Biocenóza

Umelý les/Biocenoid

# Index rekreácie - Komplexnosť: Diverzita drevinového zloženia

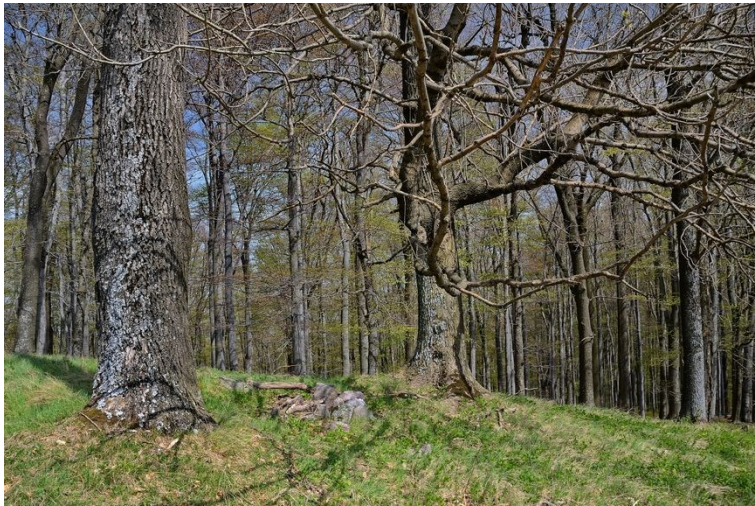


Druhovo bohatý les



Druhovo chudobný les

# Index rekreácie - Komplexnosť: Variabilita dimenzií stromov

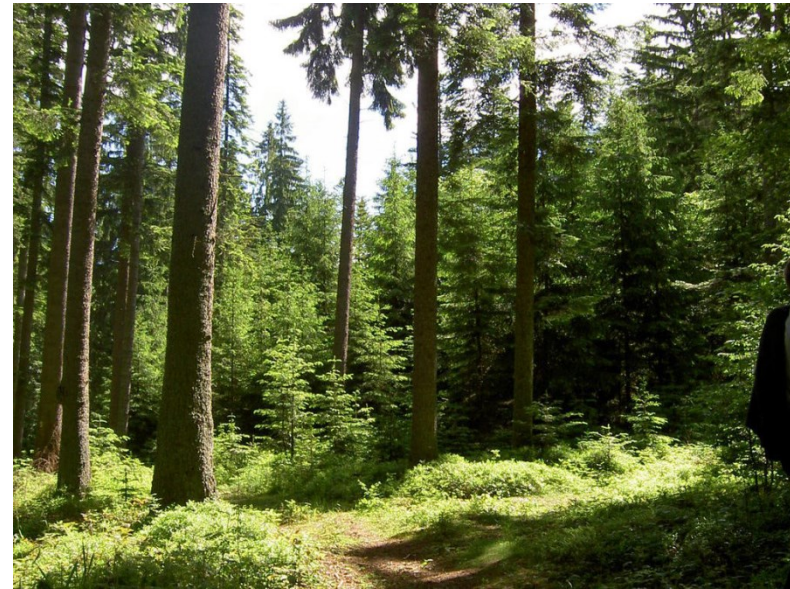


Dubový les s vysokou variabilitou stromových dimenzií      Dubový les s nízkou variabilitou stromových dimenzií

# Index rekreácie - Komplexnosť: Priestorová výstavba



Unifikovaná



Bohato štrukturovaná

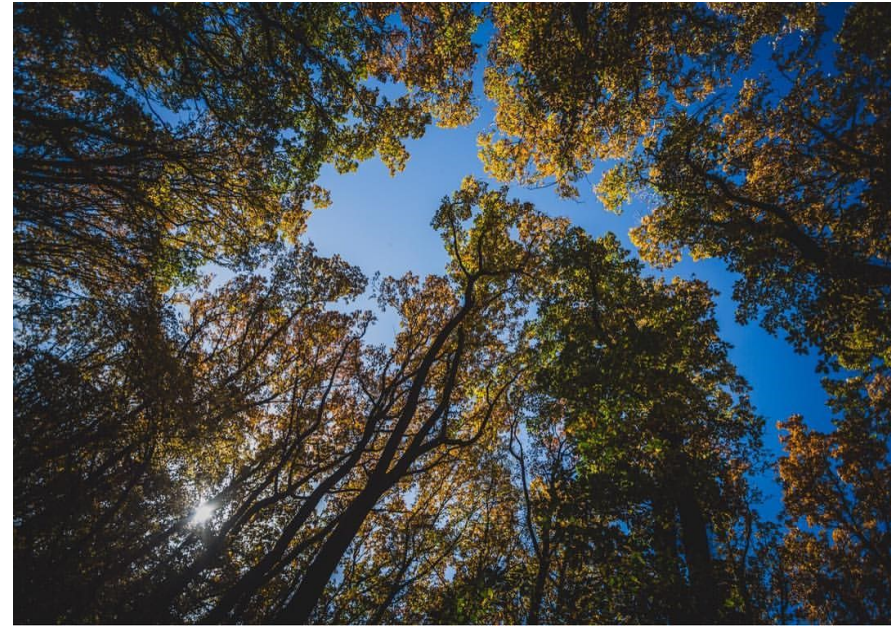


Pravidelná



Skupinovitá nepravidelná

# Index rekreácie - Vizuálnosť: Otvorenosť priestorov



Plne uzavretý les s vysokou hustotou



Rozpojený (riedko) les s otvorenými priestormi

# Index rekreácie - Vizuálnosť: Dohľadnosť



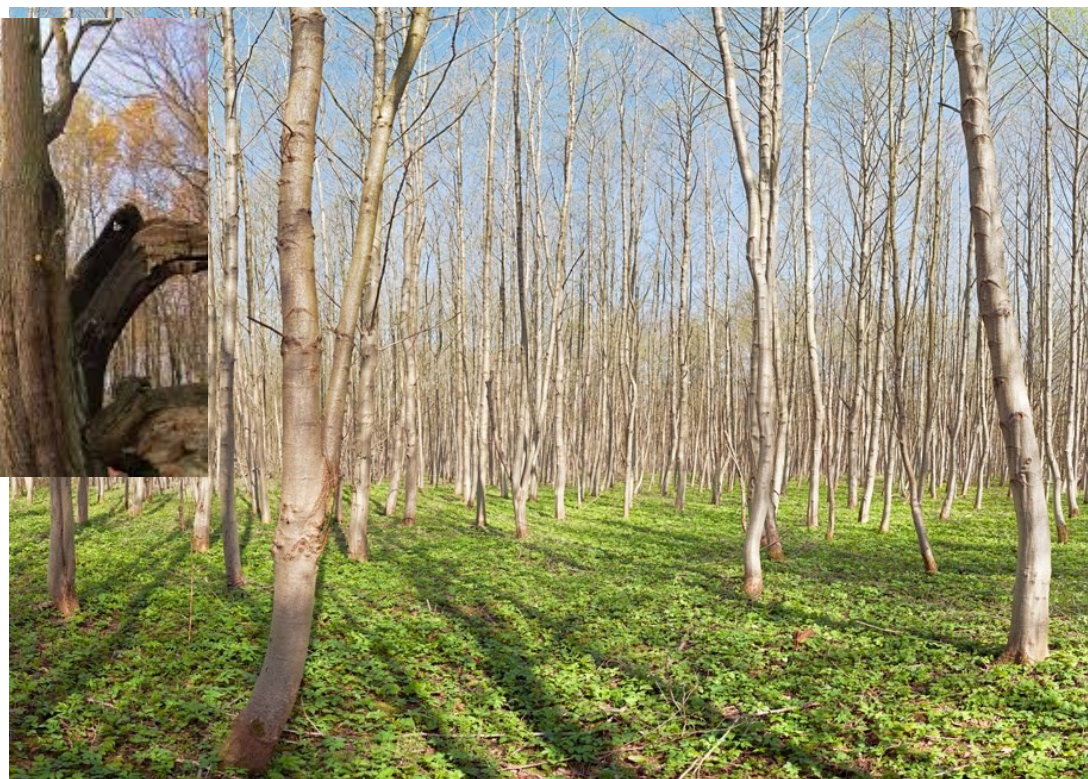
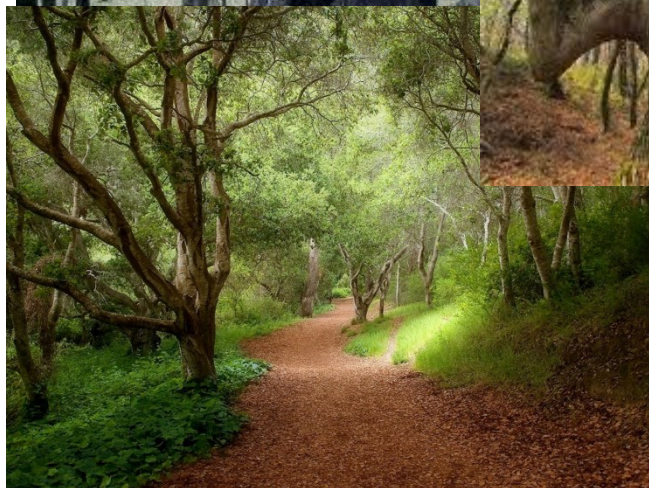
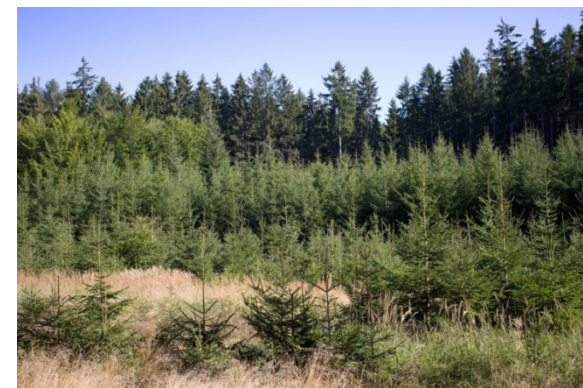
Les so zlou dohľadnosťou



„Otvorený“ les



# Index rekreácie - Historickosť: Historická hodnota



Vysoká historická hodnota

Nízka historická hodnota

# Index rekreácie - Estetika: Pestrosť a časová premenlivosť



Pestrý sezónne premenlivý les



Monotónny sezónne premenlivý les



Pestrý sezónne premenlivý les



Monotónny sezónne nepremenlivý les

# Index rekreácie



Koncepcia	Atribút	Indikátor	Jednotky
Starostlivosť o les	Vnem udržiavania (Sense of care)	Objem ťažbových zvyškov	$m^3 \cdot ha^{-1}$
Prirodzenosť/nenarušenosť lesa	Vnem umelého zasahovania do chodu prírodných procesov (Alteration)	Relatívna intenzita ťažieb (pomer objemu ťažieb zo zásoby na začiatku decénia)	%
	Prirodzenosť drevinovej skladby (Naturalness)	Podiel nepôvodných druhov drevín	%
	Vnem divočiny (Wilderness)	Objem mŕtveho dreva	$m^3 \cdot ha^{-1}$
Komplexnosť/Biodiverzita	Diverzita drevinového zloženia (Diversity)	Shannonov index druhovej diverzity	Bezrozmerná velična
	Variabilita dimenzií stromov (Variability)	Variačný koeficient hrúbok stromov	%
	Variabilita rozmiestnenia stromov	Index horizontálnej štruktúry lesa	Bezrozmerná velična

# Index rekreácie



Koncepcia	Atribút	Indikátor	Jednotky
Vizuálne vlastnosti	Otvorenosť priestoru (Openess)	Zakmenenie - relatívny stupeň obsadenia rastového priestoru	%
	Dohľadnosť (Visibility)	Počet etáží (vertikálnych stromových vrstiev)	Počet
Historicita	Historická bohatosť (Historicity)	Vek porastu a podiel dubov na drevinovej skladbe	Roky, %
Pestrosť/estetická atraktivnosť	Sezónna zmena a druhová premenlivosť (Ephemera)	Zastúpenie listnáčov a ihličnanov a počet druhov v drevinovom zložení	%, počet

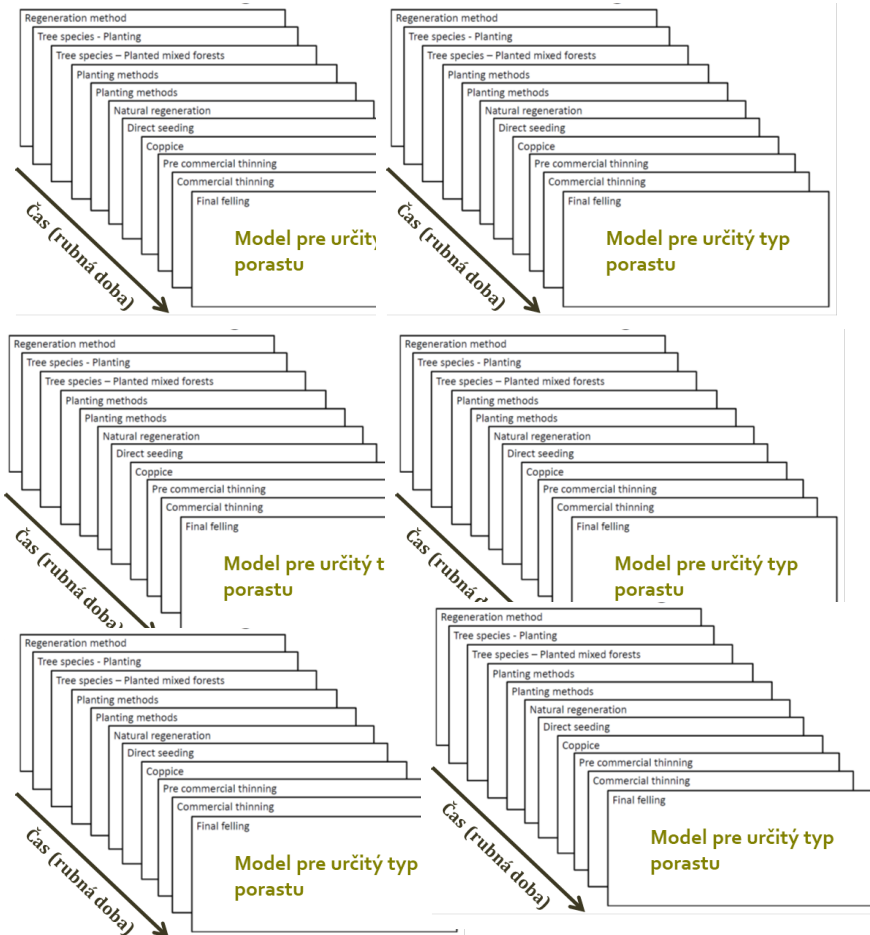
**Finálny index rekreácie:**  
0 – stav lesa úplne nevhodný pre rekreáciu  
1 – stav lesa ideálny pre rekreáciu

# Multikriteriálna optimalizácia a lesnícke plánovanie

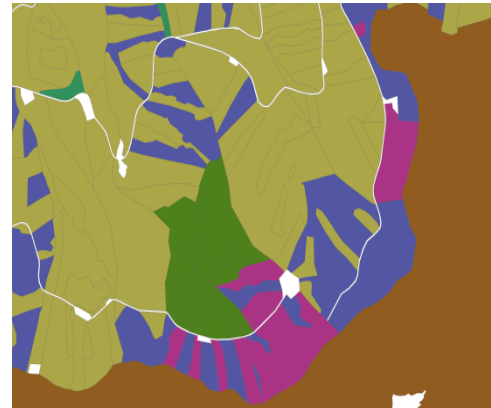


## 3. Definície alternatívnych riešení a analyzovanie ich problému

### Porastová úroveň



### Úroveň manažovaného celku



Distribúcia modelov na území

Vytváranie rozličných variantných plánov starostlivosti o les

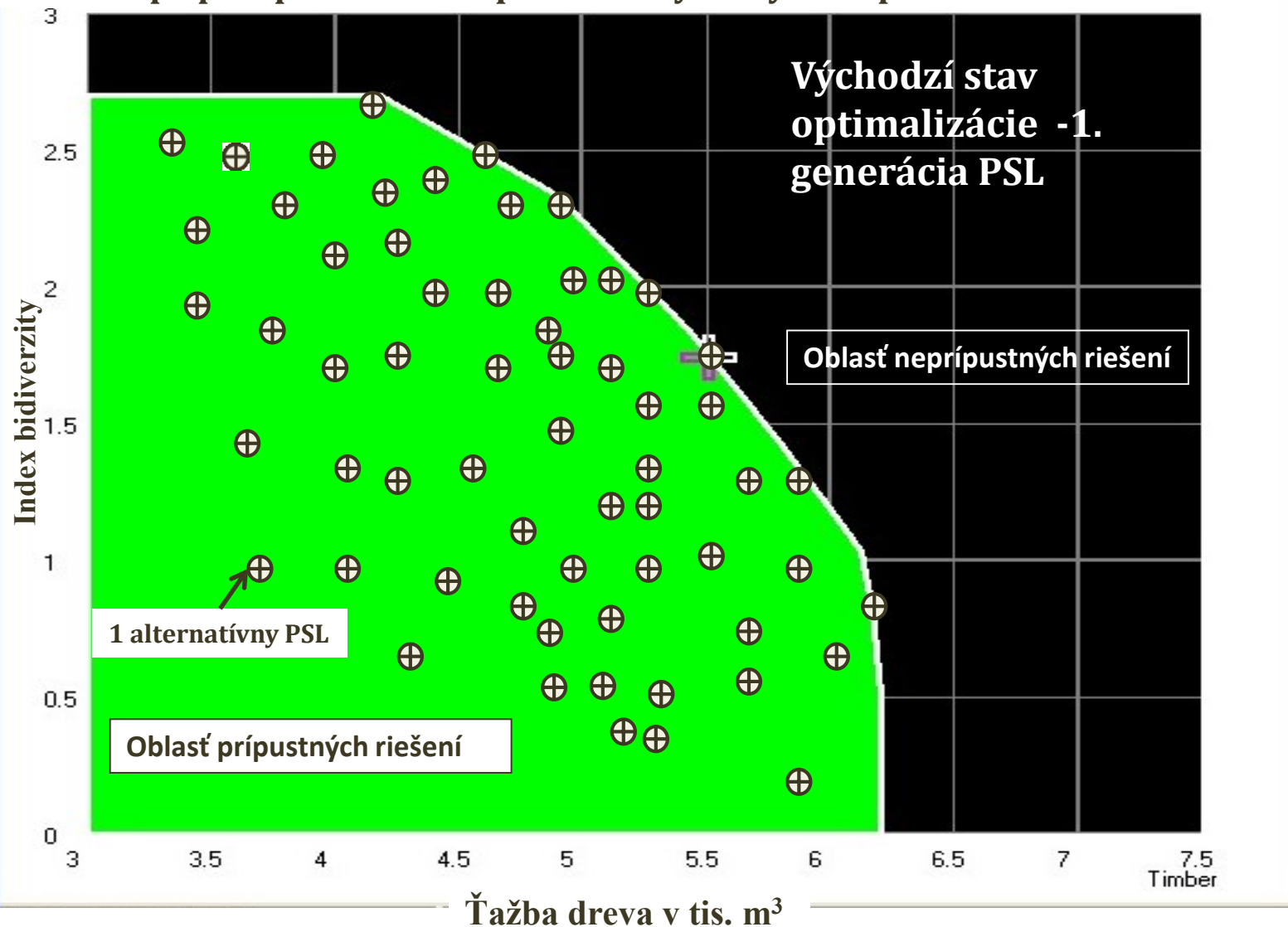


# Multikriteriálna optimalizácia a lesnícke plánovanie

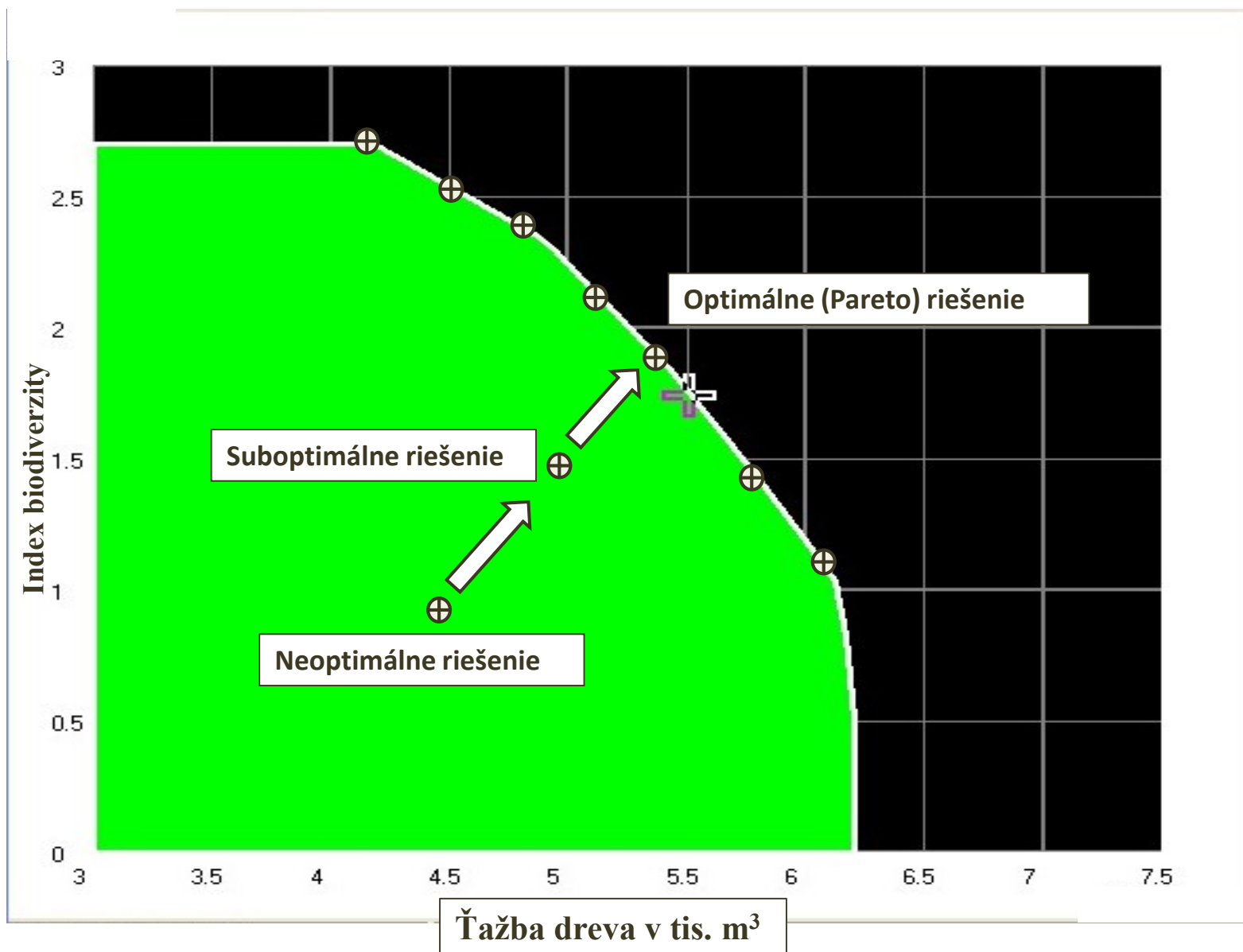


## 4. Modelovanie a kvantifikácia dopadov rozličných alternatívnych riešení

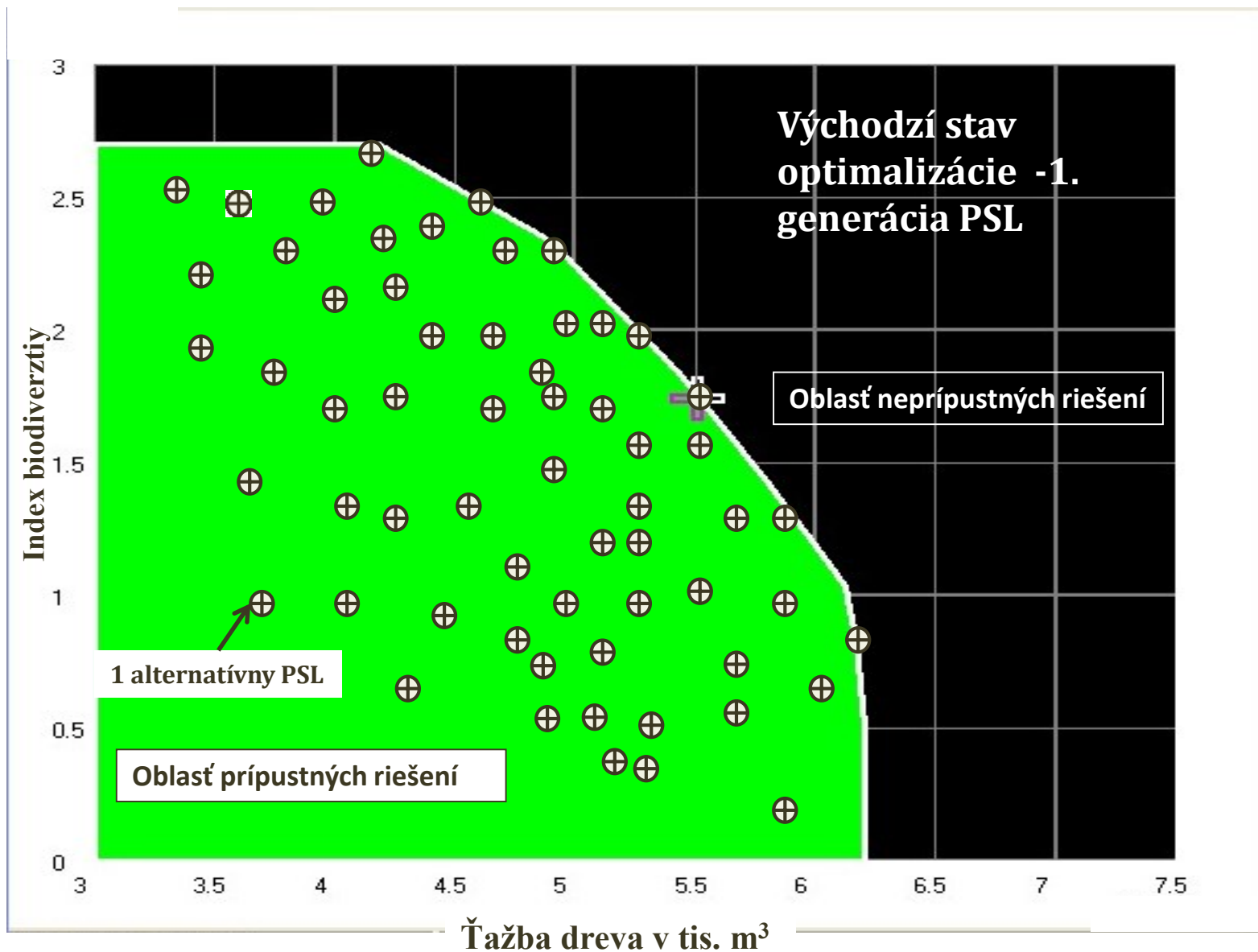
Mapa predpokladaného plnenia 2 vybraných ES po 30-tich rokoch



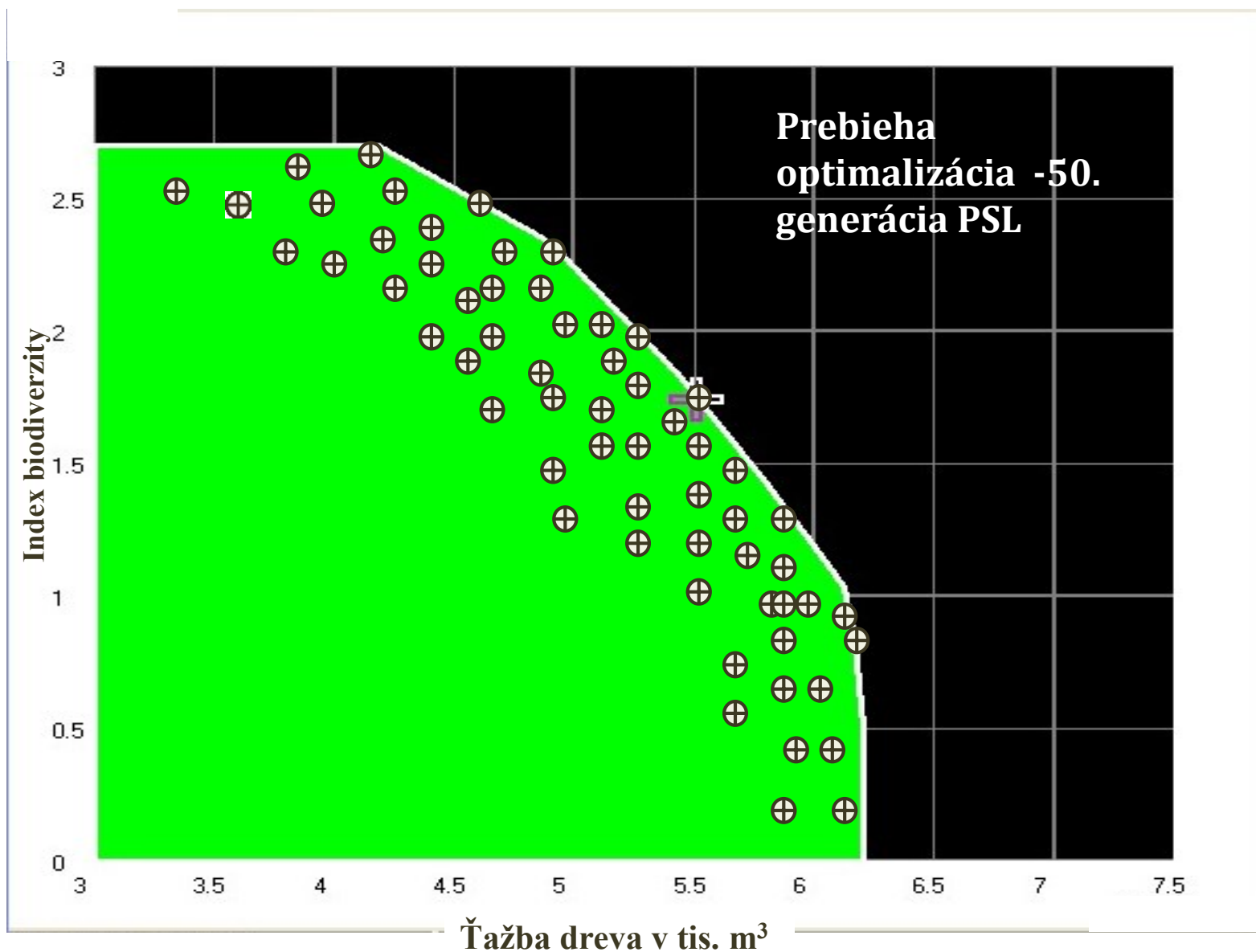
# Multikriteriálna optimalizácia a lesnícke plánovanie



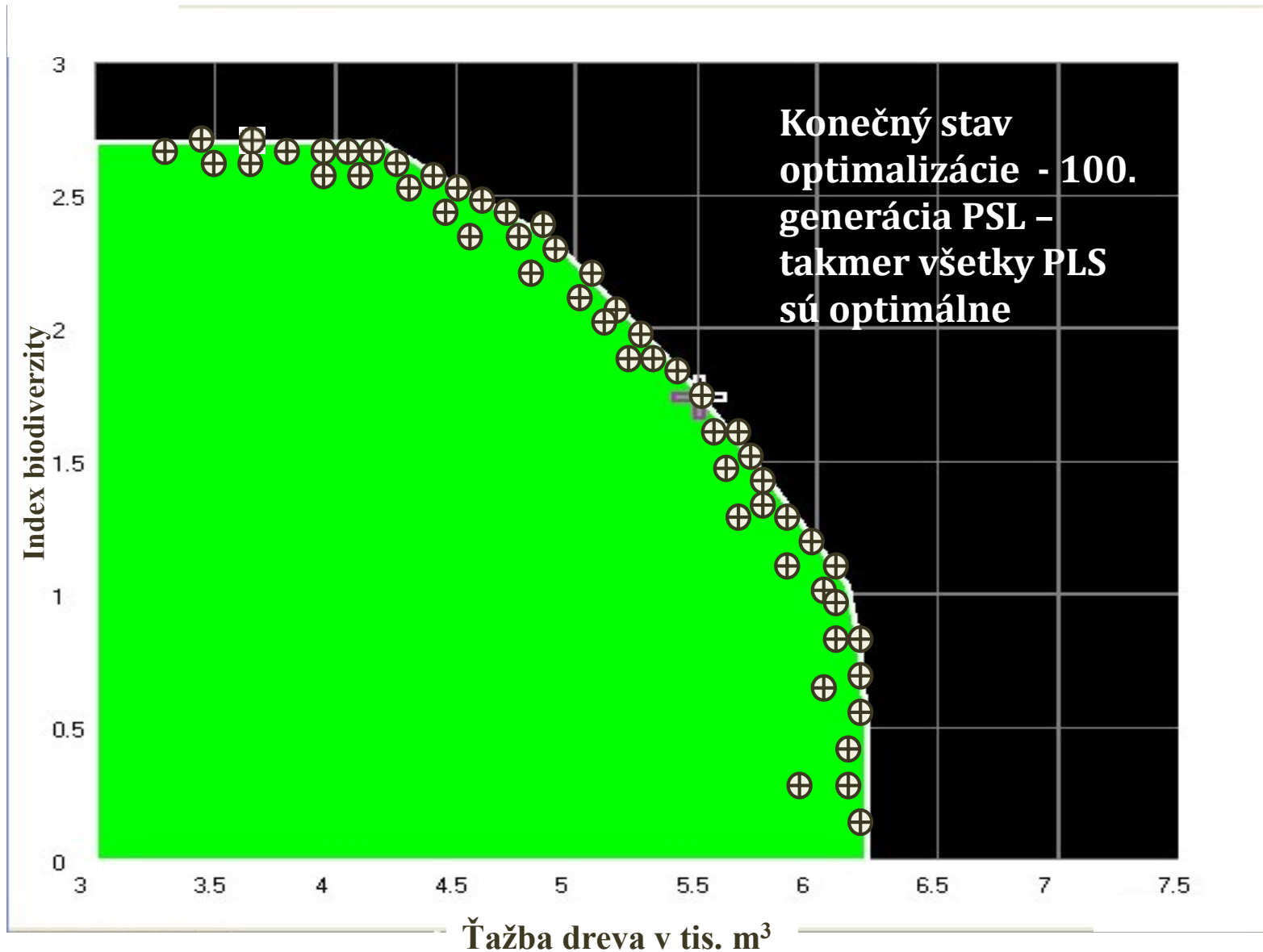
# Multikriteriálna optimalizácia a lesnícke plánovanie



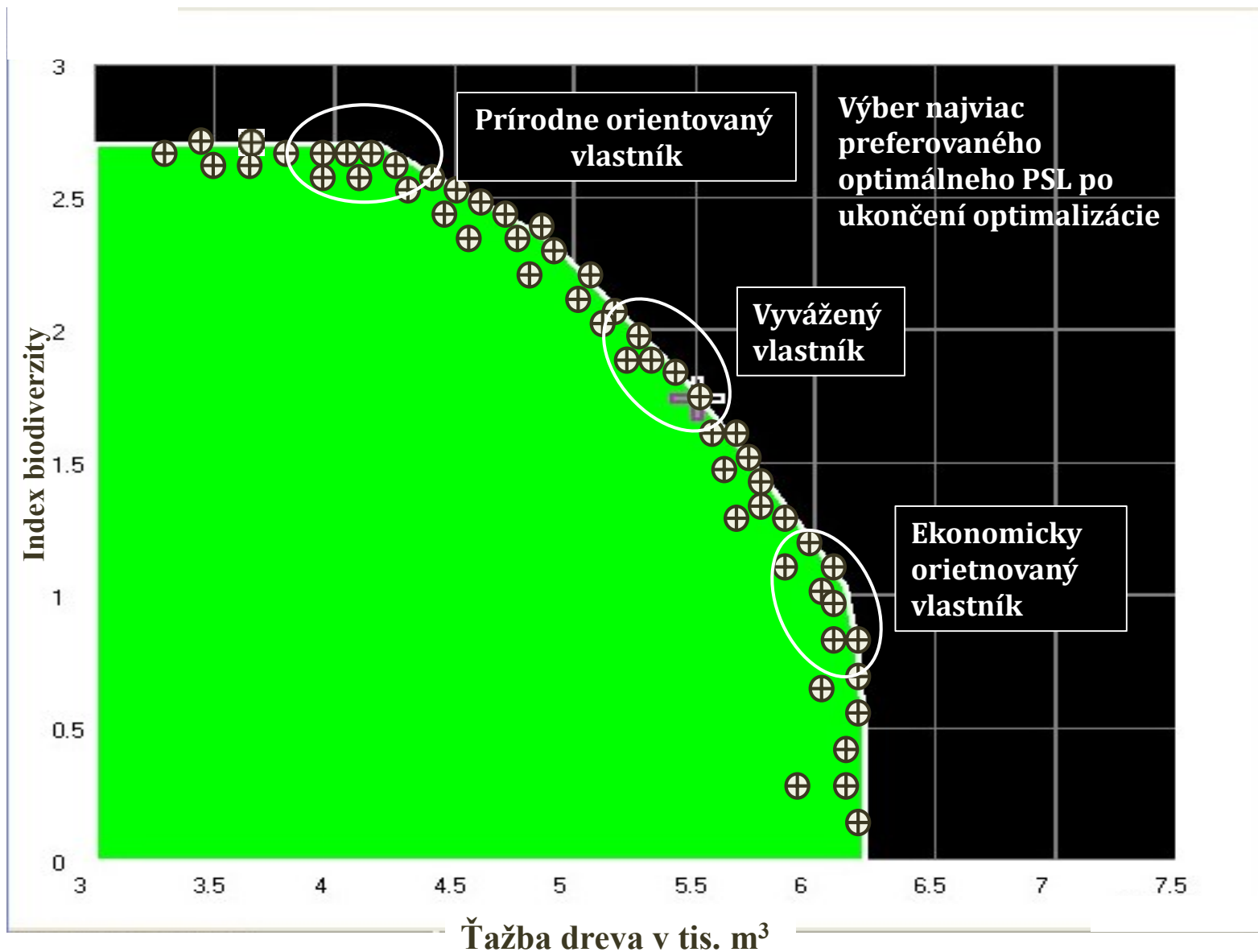
# Multikriteriálna optimalizácia a lesnícke plánovanie



# Multikriteriálna optimalizácia a lesnícke plánovanie



# Multikriteriálna optimalizácia a lesnícke plánovanie



# Obsah



## Toolbox

Čo je to optimalizácia a multikriteriálna optimalizácia - metódy a nástroje k dispozícií na podporu plánovania hospodárenia v lese



## Motivácia

Prečo by sme mali optimalizácie používať v lesníctve – ekosystémové služby a ich vzťah k aktuálnemu systému hospodárenia v lese



## Konštrukcia

Je to len teória ? Ako by vo všeobecnosti mohol vyzeráť alternatívny inovovaný spôsob integrovaného hospodárenia v lese ...



## Aplikácia

Ukážka praktického použitia optimalizácie na riešenie konfliktov spojených s hospodárením v lese a krajine na území SR



# Dá sa to celé použiť ?

## Len za posledných 5 rokov ...



- **BA mesto vs. ŠL BA** – rekreácia vs. produkcia dreva – podklad **pre dohodu medzi mestom a GR na nasledujúcich 10 rokov** a následne podpísanie Dohody o vytvorení Bratislavského lesoparku
- **CHKO Poľana – projekt Alterfor** – 6 ES – 4 hospodárske stratégie – 4 scenáre vývoja – 4 typy rozhodovateľov pre cca 30 000 ha Podpoľania – bez optimalizácie to nepôjde... Po optimalizácií vieme sa dohodnúť !
- **BSK akčný plán pre posilnenie plnenia mimoprodukčných služieb a ochrany prírody** – 3 alebo 4 ES pre 6 územných oblastí – **katalóg optimálnych riešení** pre cca. 40 000 ha lesa vrátane vykalkulovania potreby kompenzácií pre vlastníkov lesa – **podklad pre konsenzuálne dohody**
- **NP Muráň** – prognóza dopadov rozličných variantov zonácie na 4 ES pre cca. 23 000 ha lesa na štátnych pozemkoch – **podklad pre rozhodovanie v NR SR**
- **ML Banská Štiavnica** - optimalizácia 4 ES s akcentom na rekreáciu **so zapojením aktérov do rozhodovacieho procesu** – **prevencia budúcich konfliktov** a zmena hospodárenia vo forme odsúhlasenia **nového PSL** v okolí mesta zapísaného do svetového dedičstva UNESCO
- **Urbár a PS Štefanov nad Oravou** - optimalizácia produkcie dreva a viazania uhlíka v nasledujúcich 10 rokoch – **podklad pre zavedenie PES pre malé vlastnícke subjekty a diverzifikáciu ich príjmov**

# Zadanie úlohy pre SL Bratislava 2020



CRZ: 7004/2018/LSR

Príloha č. 1 zmluvy o dielo č.7004/2018

## Podrobná špecifikácia predmetu zmluvy:

- 1. Posúdenie dopadov realizácie opatrení platného programu starostlivosti o lesy na zabezpečenie rekreačnej funkcie lesov na LC Lesy SR Bratislava.**
  - Vplyv bežného obhospodarovania uvedeného v PSL (dnes platného-schváleného), ako aj povinností vyplývajúcich z § 28 zákona č. 326/2002 Z.z. o lesoch
  - Ekonomická kalkulácia nákladov, výnosov tj. ekonomický dopad na správcu pozemkov.
- 2. Návrh optimalizácie manažmentu lesov bežného obhospodarovania pri zohľadnení ich rekreačných funkcií na LC Lesy SR Bratislava.**
  - Modifikácia manažmentu bežného (dnes platného-schváleného) obhospodarovania uvedeného v bode 1 a jeho optimalizácia s cieľom posilnenia rekreačných funkcií (vrátane povinností vyplývajúcich z § 28 zákona č. 326/2002 Z.z. o lesoch).
  - Ekonomická kalkulácia finančných strát, zvýšených nákladov (vrátane nákladov na modifikovaný PSL), výnosov - ekonomický dopad na správcu pozemkov.
- 3. Alternatíva bezzásahového režimu na plnenie rekreačnej funkcie na LC Lesy SR Bratislava. (Tzn. žiaden manažment ani údržba infraštruktúry).**
  - Ekonomická kalkulácia strát správcu pozemkov.
- 4. Alternatíva bezzásahového režimu na plnenie rekreačnej funkcie. Zabezpečovaná bude iba údržba rekreačnej infraštruktúry (tj. údržba, oprava ciest, chodníkov, činností na zabezpečenie bezpečnosti turistov) na LC Lesy SR Bratislava.**
  - Ekonomická kalkulácia – strát + nákladov na zabezpečenie infraštruktúry
- 5. Vyhodnotenie a stanovenie najoptimálnejšieho modelu, prípadne kombinácia modelov.**

## Ciele štúdie:

Ako optimalizovať plnenie rekreačnej a produkčnej funkcie lesa na území LC Lesy SR Bratislava ?

## Úlohy:

1. Kvantifikovať plnenie produkčnej a rekreačnej funkcie pre zadefinované hospodárske koncepcie (body 1-4)
2. Poskytnúť návod na optimálne hospodárenie (bod 5)
  - Identifikovať množinu multikriteriálne optimálnych riešení
  - diskretný počet optimálnych riešení s kvantifikovaným plnením produkčnej a rekreačnej

# Metodika



Modelovani  
e

- Modelovanie rastu lesa pri použití rozličných manažmentových systémov

Plánovanie

- Vytvorenie alebo vygenerovanie pridelenia manažmentových systémov do jednotlivých porastov= vytvorenie alternatívnych programov starostlivosti o les - (PSL)

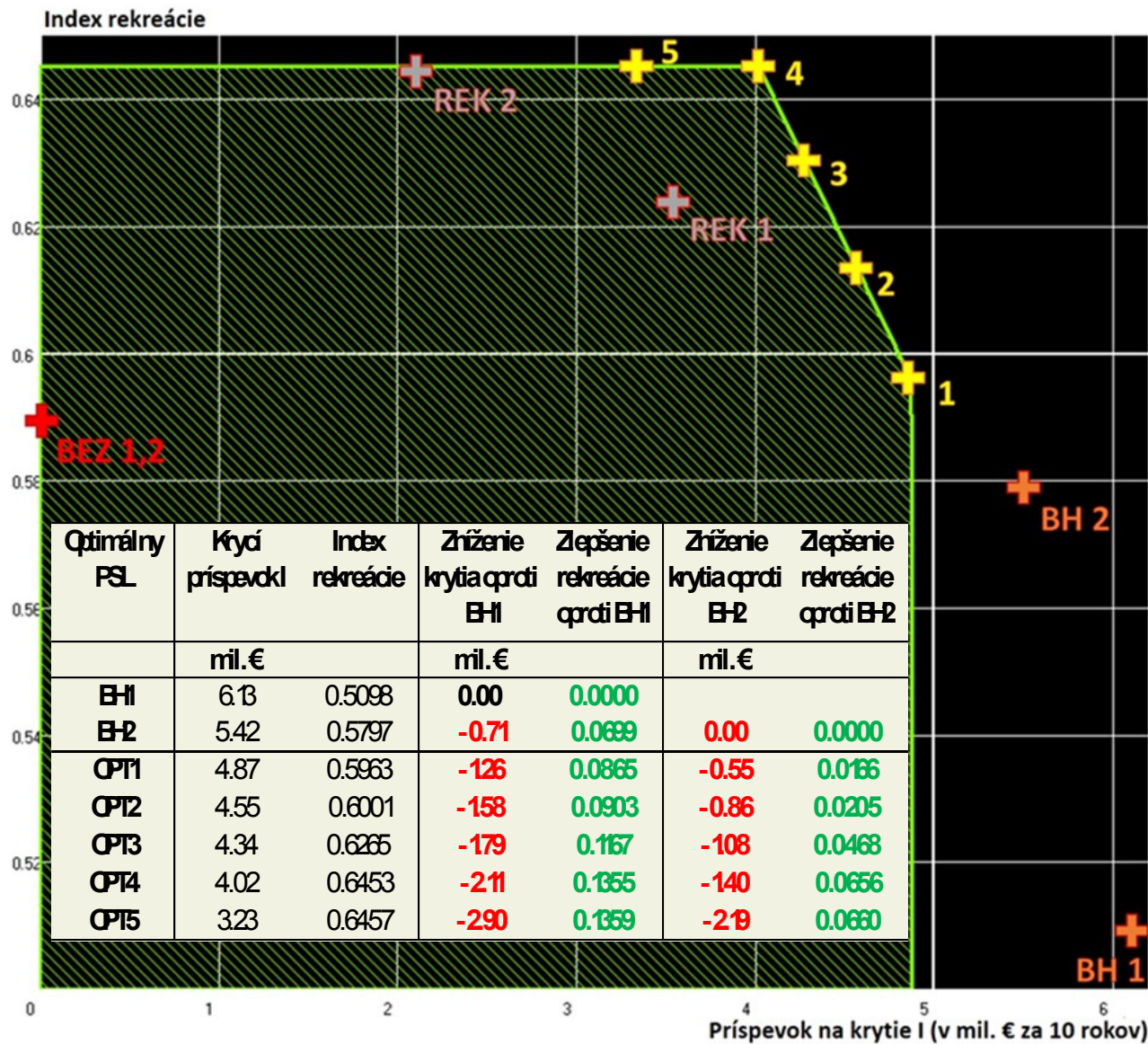
Kvantifikáci  
a

- Výpočet indikátorov plnenia produkcie a rekreácie pre rozličné PSL na úrovni LC

Rozhodova  
nie

- Porovnanie dopadov rozličných PSL a výber optimálneho riešenia

# Analýza zámien plnenia produkcie dreva a rekreácie v množine optimálnych PSL



# Riešenie konfliktov



S1



Site in English  
Textová verzia stránky  
Vyhľadávanie

ZDRAVIE BLOG

**Vitamin C 1000mg  
akcia 2+1 zdarma**

Kvalitný vitamín C pre lepšiu imunitu



Ministerstvo □ Tlačový servis □ Podpory - výzvy □ Infoservis □ Diskusné fórum □ Kontakty □

## Aktuálne

Spoločná poľnohospodárska politika  
2023-2027

Koronavírus

Kupujte slovenské potraviny

Zastavme spoločne AMO

Zášťity nad podujatiami

Nahlasovanie zásob komodít

## Témy

Poľnohospodárstvo

Potravinárstvo a obchod

Rozvoj vidieka a priame platby, Rybné  
hospodárstvo

Regionálny rozvoj

Lesy, drevo, poľovníctvo

Politika a rozpočet

Legislatíva, pôda, pozemky

## Aktuality

### Skvelá správa pre milovníkov bratislavských lesov!

08-04-2021

Začiatkom apríla dostáva Bratislava dobrú správu. MPRV SR, štátny podnik LESY SR a hlavné mesto SR Bratislava vychádzajú maximálne v ústrety k dlhodobej spoločenskej požiadavke o rozširovaní rekreačných možností prímestských lesov v Bratislave. Rozloha budúceho bratislavského lesoparku sa vďaka štátnym lesom a spolupráci zúčastnených strán zväčšuje z 3 031 ha na výmeru 7 226,86 ha.

Zrodila sa historická vec. Hlavné mesto SR Bratislava uzavrelo prelomovú dohodu s LESMI SR o obmedzení hospodárenia v štátnych lesoch na území Bratislavy. Uzavretiu dohody predchádzala rozsiahla analýza dopadov a štúdiá modifikovania manažmentu lesov vyvolaného posilnením rekreačných funkcií na lesnom celku Lesy SR Bratislava a s výrazným obmedzením celkovej výšky ťažby. Podporné dohody súhlasia s výstavou lesoparku z Lesníckej fakulty Technickej univerzity vo Zvolene. Ide o prelomové riešenie, ktoré zabezpečí funkcionality budúceho bratislavského lesoparku.

Aj týmto masívnym rozšírením obľúbeného lesoparku lesníci potvrdzujú, že lesy považujú za dôležitú súčasť svojej práce. Práve preto sa dá tento krok považovať za spoločenskú objednávku na správu lesov ako jedného zo základných nástrojov na odolnosť voči klimatickým zmenám a schopnosti uspokojovať dôležité potreby ľudí. Tento krok rezonuje čoraz silnejšie. Bude to samozrejme vyžadovať nielen prípravu, ale aj veľmi blízke, ale taktiež nové nastavenie samotnej spoločnosti, ktorá musí zabezpečiť funkcie ne-drevných funkcií lesov vyjadriť aj pomocou ekonomických nástrojov.

Čo chcete vyhľadať...

hľadaj!

**NAHLASOVANIE  
ZÁSOB KOMODÍT**

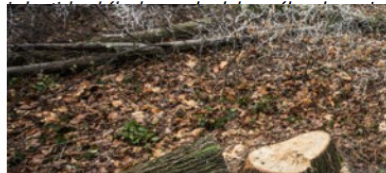
BRATISLAVA

7 dní

stavať na jar 2024 23

Bratislava pripomínajú

električka s autom 6



# Raz, po skutočnej optimalizácii plnenia ekosystémových služieb ....



Dakujem za  
pozornosť!

